

**VISOKA ŠOLA ZA VARSTVO OKOLJA**

**DIPLOMSKO DELO**

**PRIMERJAVA TEHNOLOGIJE IN EFEKTOV ČIŠČENJA  
NA ČN MARKOVCI IN ČN FORMIN**

**ŽIGA BEZJAK**

**VELENJE, 2019**

**VISOKA ŠOLA ZA VARSTVO OKOLJA**

**DIPLOMSKO DELO**

**PRIMERJAVA TEHNOLOGIJE IN EFEKTOV ČIŠČENJA  
NA ČN MARKOVCI IN ČN FORMIN**

**ŽIGA BEZJAK**

Varstvo okolja in ekotehnologije

Mentorica: doc. dr. Cvetka Ribarič Lasnik

Somentor: mag. Jernej Šömen, dipl. ing. kem. teh.

VELENJE, 2019

Na podlagi Diplomskega reda izdajam naslednji

### SKLEP O DIPLOMSKEM DELU

Študent Visoke šole za varstvo okolja **Žiga Bezjak** lahko izdela diplomsko delo z naslovom v slovenskem jeziku:

**Primerjava tehnologije in efektov čiščenja na ČN Markovci in ČN Formin.**

Naslov diplomskega dela v angleškem jeziku:

**Comparison of the technology and purification effects at the wastewater treatment plants Markovci and Formin.**

Mentorica: **doc. dr. Cvetka Ribarič Lasnik.**

Somentor: **mag. Jernej Šömen.**

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](http://www.vsvo.si)



## IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani **BEZJAK ŽIGA**, z vpisno številko **34130001**, študent visokošolskega strokovnega študijskega programa Varstvo okolja in ekotehnologije, sem avtor diplomskega dela z naslovom **PRIMERJAVA DELOVANJA IN EFEKTOV ČIŠČENJA NA ČN MARKOVCI IN ČN FORMIN**, ki sem ga izdelal pod mentorstvom **doc. dr. Cvetke Ribarič Lasnik** in somentorstvom **mag. Jerneja Šömna dipl. ing. kem. teh.**

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo delo moje avtorsko delo, torej rezultat mojega lastnega raziskovalnega dela;
- da oddano delo ni bilo predloženo za pridobitev drugih strokovnih nazivov v Sloveniji ali tujini;
- da so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženem delu, navedena oz. citirana v skladu z navodili VŠVO;
- da 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 Barbara Volmajer prof. slov. jezika
- da dovoljujem objavo diplomskega dela v elektronski obliki na spletni strani VŠVO;
- da sta tiskana in elektronska verzija oddanega dela identični.

Datum: \_\_\_\_ . \_\_\_\_ . \_\_\_\_\_

Podpis avtorja: \_\_\_\_\_

## ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorici doc. dr. Cvetki Ribarič Lasnik in somentorju mag. Jerneju Šömnu univ. dipl. inž. kem. teh. za pomoč in nasvete pri pisanju diplomske naloge.

Zahvaljujem se tudi družini in prijateljem, ki so me v času študija podpirali, da sem lahko uspešno zaključil študijske letnike in samo diplomsko nalogo.

Zahvala gre tudi Komunalnemu podjetju Ptuj d.d. za pomoč pri zbiranju literature.

Hvala vsem!

## IZVLEČEK

ČN Markovci in ČN Formin sta komunalni čistilni napravi, ki uporabljata različno tehnologijo čiščenja, vendar pa sta obe zasnovani na bioloških postopkih. ČN Markovci je zasnovana po principu BIOCOS, medtem ko gre pri ČN Formin za sekvenčno SBR napravo. Diplomsko delo je sestavljeno kot primerjava delovanja in učinkov čiščenja obeh čistilnih naprav.

V teoretičnem delu opisujemo veljavno pravno zakonodajo, hkrati pa so podane osnove biološkega čiščenja in odvajanja odpadne vode, ki po kanalizacijskem sistemu dotekajo na čistilno napravo, opisane so tudi vrste in lastnosti posameznih delov ter princip delovanja obeh naprav. Hkrati pa je podana tudi primerjava učinkov čiščenja.

V sklopu diplomske naloge je bila izvedena raziskava s pomočjo ankete, s katero smo želeli ugotoviti, kako so občani občine Markovci seznanjeni s problematiko odvajanja in čiščenja odpadnih voda in kakšen pogled imajo na izvajanje le-te. Anketiranci so prepoznali, da z urejenim odvajanjem in čiščenjem ustvarimo dober učinek na okolje. Z raziskavo smo ugotovili, da je več kot 95 % zajetih v raziskavo že priključenih na kanalizacijski sistem, ki se konča na čistilni napravi. Hkrati se anketiranci zavedajo, da lahko z racionalno porabo vode in pravilno uporabo kanalizacije, s katero želimo preprečiti motnje in dodatne stroške, vplivajo na ceno čiščenja in odvajanja.

**Ključne besede:** ČN Markovci, ČN Formin, BIOCOS, SBR tehnologija, primerjava učinkovitosti čiščenja, seznanjenost prebivalcev

## **ABSTRACT**

The wastewater treatment plants Markovci and Formin are sewage-treatment plants that both use different cleaning technologies, but are both based on biological processes. The wastewater treatment plant Markovci is based on the BIOCOS principle, while the wastewater treatment plant Formin is a sequencing SBR device. The diploma paper is a comparison of the functioning and cleaning effects of both treatment plants.

The theoretical part describes the current legislation as well as the basics of biological cleaning and discharge of waste water, that is flowing into the treatment plant through the sewerage system. Further the types and characteristics of individual parts as well as the principles of operation of both plants are described. There is also a comparison of both cleaning effects.

In compliance with the diploma paper a research was performed, which would help us to establish, how familiar the residents of Markovci are with the issue of wastewater discharge and treatment and show us their viewpoints regarding the topic. The respondents understood that a regulated discharge and treatment is having a positive impact on the environment. The research also showed that more than 95% of respondents are already connected to the sewerage system, which is ending at the treatment plant. At the same time the respondents are aware that a rational use of water as well as the right use of the sewerage, that help us to avoid failures and additional costs, are affecting the cleaning and discharge price.

**Keywords:** Wastewater treatment plant Markovci, wastewater treatment plant Formin, BIOCOS, SBR technology, comparison of the cleaning effects, familiarity of the residents

# KAZALO

1 UVOD .....	1
1.1 Opredelitev problema .....	1
1.2 Namen in cilji diplomske naloge .....	1
1.3 Zastavljene hipoteze .....	2
2 TEORETIČNI DEL .....	3
2.1 Zakonodaja na področju čistilnih naprav in odvajanju ter čiščenju komunalne in padavinske odpadne vode .....	3
2.1.1 Slovenska zakonodaja .....	3
2.2 Viri odpadnih voda.....	8
2.2.1 Lastnosti odpadnih vod .....	9
2.2.2 Fizikalne lastnosti odpadnih vod .....	9
2.2.3 Kemijske lastnosti odpadnih vod .....	11
2.2.4 Biološke lastnosti odpadnih vod .....	14
2.3 Odvajanje odpadnih voda .....	15
2.3.1 Osnovni postopki čiščenja odpadnih vod .....	16
2.3.2 Vzorčenje odpadnih voda.....	18
2.3.3 Načini vzorčenja in vrste vzorcev odpadnih vod .....	19
3 PREDSTAVITEV OBRAVNAVANIH ČISTILNIH NAPRAV .....	21
3.1 Čistilna naprava Markovci .....	21
3.2 Čistilna naprava Formin.....	28
3.3 Učinek čiščenja .....	33
4 METODE DELA .....	41
4.1 Anketiranje, obdelava in prikaz podatkov.....	41
5 REZULTATI IN RAZPRAVA.....	42
5.1 Rezultati .....	42
5.2 Razprava.....	48
6 ZAKLJUČEK.....	49
7 POVZETEK.....	51
8 SUMMARY .....	52
9 LITERATURA .....	53
PRILOGA 1: Anketni vprašalnik .....	1



## KAZALO SLIK

Slika 1: Metode čiščenja odpadnih vod .....	17
Slika 2: Črpališče .....	22
Slika 3: Stopničaste avtomatske grablje.....	23
Slika 4: Imhoffov dvoetažni usedalnik .....	24
Slika 5: BIOCOS - postopek (floris).....	25
Slika 6: Faze BIOCOS sistema .....	27
Slika 7: Zalogovnik blata .....	28
Slika 8: ČN Formin.....	29
Slika 9: SBR bazena .....	30
Slika 10: Zalogovnik blata .....	32
Slika 11: Centrifuga- dekanter s postajo za pripravo raztopine polielektrolita .....	32
Slika 12: Naprava za sprejem blata iz greznic in MKČN.....	33

## KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Mejne vrednosti pri sekundarnem in terciarnem čiščenju.....	6
Preglednica 2: Mejne vrednosti pri terciarnem čiščenju.....	7
Preglednica 3: Pogostost meritev in čas vzorčenja odpadne vode iz komunalne ali skupne čistilne naprave.....	8
Preglednica 4: Učinek čiščenja KPK in BPK <sub>5</sub> za leto 2017 .....	34
Preglednica 5: Učinek čiščenja TP in TN na ČN Markovci za leto 2017 .....	36
Preglednica 6: Učinek čiščenja KPK in BPK <sub>5</sub> za leto 2017 .....	37
Preglednica 7: Učinek čiščenja TP in TN na ČN Formin za leto 2017 .....	39
Preglednica 8: Povprečni učinek čiščenja KPK in BPK <sub>5</sub> na ČN Markovci in ČN Formin za leto 2017 .....	40
Preglednica 9: Povprečni učinek čiščenja TP in TN ČN Markovci in ČN Formin za leto 2017 .....	40

## KAZALO GRAFOV

Graf 1: Učinek čiščenja KPK na ČN Markovci za leto 2017.....	35
Graf 2: Učinek čiščenja BPK <sub>5</sub> na ČN Markovci za leto 2017 .....	35
Graf 3: Učinek čiščenja TP na ČN Markovci za leto 2017 .....	36
Graf 4: Učinek čiščenja TN na ČN Markovci za leto 2017 .....	37
Graf 5: Učinek čiščenja KPK na ČN Formin za leto 2017.....	38
Graf 6: Učinek čiščenja BPK <sub>5</sub> na ČN Formin za leto 2017 .....	38
Graf 7: Učinek čiščenja TN na ČN Formin za leto 2017 .....	39
Graf 8: Spol anketirancev .....	42
Graf 9: Starost anketirancev .....	42
Graf 10: Izobrazba anketiranih.....	43
Graf 11: Število družinskih članov v gospodinjstvu.....	43
Graf 12: Poraba vode v m <sup>3</sup> na mesec .....	44
Graf 13: Ali je objekt priključen na javno kanalizacijo .....	44
Graf 14: Ozaveščenost uporabnikov kaj ne sodi v kanalizacijo .....	45
Graf 15: Ali veste kje oziroma na kateri ČN se čisti vaša odpadna voda .....	45
Graf 16: Ali uporabniki lahko vplivamo na višino cene za kanalščino .....	46
Graf 17: Načini za zmanjšanje cene kanalščine .....	46
Graf 18: Poznavanje delovanja ČN.....	47
Graf 19: Prednosti naselij priključenih na javno kanalizacijo.....	47

## UPORABLJENE KRATICE

ARSO	Agencija RS za okolje
BB	biološki bazen
BPK	biokemijska potreba po kisiku
BPK5	biokemijska potreba po kisiku, izražena v petih dneh
CBPK	celotna biokemijska potreba po kisiku
CČN	centralna čistilna naprava
ČN	čistilna naprava
ES	Evropska skupnost
EU	Evropska unija
HE	hidroelektrarna
KP	komunalno podjetje
KPK	kemijska potreba po kisiku
LOD	meja zaznavnosti, meja detekcije (Limit of detection)
MKČN	mala komunalna čistilna naprava
TN	celotni dušik
TP	celotni fosfor
PE	populacijski ekvivalent
SBR	sekvenčni biološki reaktor
TOC	celotni (totalni) ogljik
UMB	usedalno mešalni bazen
Ur. l. RS	Uradni list Republike Slovenije

## 1 UVOD

### 1.1 Opredelitev problema

Odpadne vode nastajajo iz različnih virov, kot so industrija, gospodinjstvo, kmetijstvo ter padavine, s katerimi onesnažujemo okolje. Z nadzorovanjem kakovosti in količine izpuščenega onesnaženja v vodotoke bistveno pripomoremo k boljšemu gospodarjenju z vodnimi viri. Če želimo zmanjšati oziroma preprečiti onesnaženje okolja zaradi odpadnih voda, je nujno potrebno vodo očistiti na čistilni napravi in očiščeno spuščati v okolje. V večjih naseljih in mestih lahko izvedemo čiščenje odpadnih voda na čistilni napravi, v katero se stekajo odpadne vode preko kanalizacijskih sistemov. Čistilne naprave pri svojem delovanju uporabljajo različne tehnološke postopke čiščenja odpadne vode.

Ker živim v občini Markovci, kjer je v vseh naseljih že izgrajena javna kanalizacija, sem se odločil za naslov diplomske naloge Primerjava tehnologije in učinkovosti čiščenja na ČN Markovci in ČN Formin. Javna kanalizacija na tem področju je zaradi naravnih terenskih danosti izvedena v dveh med seboj nepovezanih sistemih, od katerih se prvi zaključuje v ČN Markovci, drugi pa v ČN Formin.

V diplomski nalogi v teoretičnem delu predstavljam primerjavo tehnologij čiščenja in učinkovitost delovanja ČN Markovci, katere projektna zmogljivost je 2000 PE, ki je zasnovana po principu BIOCOS (biological combined system) in ČN Formin s kapaciteto 4000 PE, ki temelji na SBR (Sequencing Batch Reactor) tehnologiji.

V raziskovalnem delu diplomske naloge so podane ugotovitve, kako so prebivalci občine Markovci seznanjeni s problematiko dejavnosti odvajanja in čiščenja odpadnih voda.

### 1.2 Namen in cilji diplomske naloge

Namen diplomskega dela je primerjati tehnologijo čiščenja in ugotoviti učinkovitost delovanja ČN Markovci in ČN Formin Markovci. Namen je tudi predstaviti, kako so prebivalci občine Markovci seznanjeni s problematiko dejavnosti odvajanja in čiščenja odpadne vode.

Cilji diplomskega dela so:

- predstavitev obravnavanih čistilnih naprav,
- analiza učinkovitosti čiščenja,
- preveritev zaznavanja problematike dejavnosti odvajanja in čiščenja s pomočjo anketnega vprašalnika.

### **1.3 Zastavljene hipoteze**

V diplomski nalogi sem si zastavil naslednje hipoteze:

H1: Vpliv različnih letnih časov na učinkovitost čiščenja odpadne vode.

H2: Različna tehnologija čiščenja dosega različne stopnje učinkovitosti čiščenja.

H3: Večina prebivalcev je ozaveščena o nujnosti izvedbe objektov javne kanalizacije in priključitvi na čistilno napravo.

## 2 TEORETIČNI DEL

### 2.1 Zakonodaja na področju čistilnih naprav in odvajanju ter čiščenju komunalne in padavinske odpadne vode

Država je kot skrbnik celotnega naravnega bogastva v Republiki Sloveniji dolžna zagotoviti sonaravno, celostno in trajnostno načrtovanje ter urejanje zaščite in rabe voda.

Za izvajanje celostnega gospodarjenja z vodami so potrebna temeljna načela, ki vključujejo med drugim tudi zahteve podpisanih konvencij in usmeritev Evropske unije (v nadaljevanju EU). Med temeljna načela prištevamo (Roš in Panjan, 2012, str. 25 - 26):

- celostno gospodarjenje z vodami v času, prostoru in po posameznih dejavnostih,
- proces trajnostnega gospodarjenja,
- porabnik odgovarja za posledice svoje dejavnosti (ne samo onesnaževanja),
- povračilo stroškov z vodo,
- preventivno ukrepanje,
- kontrola onesnaževanja pri viru,
- celovitost urejanja vodnega sistema pri določanju ciljev,
- uporaba najboljše tehnologije in najboljše okoljske prakse,
- vzpostavitev razmer za vključevanje privatnega sektorja pri urejanju voda.

Čiščenje odpadne vode je v vsaki državi neposredno vezano na obstoječo zakonodajo. Slovenija pri tem ni izjema. V zadnjih letih ji je uspelo zakonodajo s področja voda uskladiti z mednarodno skupnostjo, saj voda ni omejena samo na posamezno državo, ampak je z rekami, jezeri in morji (porečji) povezana z vsemi sosedami.

#### 2.1.1 Slovenska zakonodaja

Slovenija je povzela zakonodajo Evropske skupnosti (ES). Ta je izdala vrsto direktiv, ki jih z leti posodablja, dopolnjuje in spreminja. Njen osnovni dokument je tako imenovana Vodna krovna direktiva (angl. WFD – Water Framework Directive), sprejeta leta 2000, ki je bila z različnimi predpisi prenesena v slovenski pravni red. Področje odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode v Slovenij urejajo predpisi, izdani na podlagi Zakona o varstvu okolja, Zakona o vodah, Zakona o gospodarskih javnih službah in Zakona o prostorskem načrtovanju.

**Zakon o varstvu okolja**, Ur. l. RS, št. 41/04, 20/06, 39/06, 70/08, 108/09, 48/12, 57/12, 92/13  
Ta zakon ureja varstvo okolja pred obremenjevanjem kot temeljni pogoj za trajnostni razvoj in s tem določa temeljna načela varstva okolja, ukrepe varstva okolja, spremljanje stanja okolja in informacije o okolju, ekonomske in finančne inštrumente varstva okolja, javne službe varstva okolja in druga z varstvom okolja povezana vprašanja. Namen varstva okolja je spodbujanje in usmerjanje takšnega družbenega razvoja, ki omogoča dolgoročne pogoje za človekovo zdravje, počutje in kakovost njihovega življenja ter ohranjanje biotske raznovrstnosti. Zakon se je skozi leta ob izpolnjevanju direktiv ES spreminjal in dopolnjeval.

**Zakon o vodah (ZV-1), Ur. l. RS, št. 67/02**

Zakon ureja upravljanje vod v Republiki Sloveniji. Prepoveduje odvajanje odpadnih voda v površinske vodotoke in podtalnico, prepoveduje tudi uporabo fitofarmaceutskih sredstev in gnojenje v bližini površinskih voda na območjih izvirov in kjer bi ta uporaba negativno vplivala na podtalnico.

**Zakon o gospodarskih javnih službah, Ur. l. RS, št. 32/93**

Zakon določa način in oblike izvajanja gospodarskih javnih služb. Z gospodarskimi javnimi službami se zagotavljajo materialne javne dobrine kot proizvodi in storitve, ki so v javnem interesu RS oz. občine ali druge lokalne skupnosti. Gospodarske javne službe se določijo z zakoni s področja energetike, prometa in zvez, komunalnega in vodnega gospodarstva, varstva okolja ter z zakoni, ki urejajo druga področja gospodarske infrastrukture.

**Zakon o prostorskem načrtovanju, Ur. l. RS, št. 33/07, 208/09**

Ta zakon ureja prostorsko načrtovanje kot del urejanja prostora tako, da določa vrste prostorskih aktov, njihovo vsebino in medsebojna razmerja ter postopke za njihovo pripravo in sprejem. Ureja tudi opremljanje stavbnih zemljišč ter vzpostavitev in delovanje prostorskega informacijskega sistema. Cilj prostorskega načrtovanja je omogočiti skladen prostorski razvoj z obravnavo in usklajevanjem različnih potreb in interesov razvoja z javnimi koristmi na področjih varstva okolja, ohranjanja narave in kulturne dediščine, varstva naravnih virov, obrambe in varstva pred naravnimi in drugimi nesrečami.

Na podlogi Zakona o varstvu okolja je bilo sprejetih še veliko podzakonskih predpisov:

**Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih vod v vode in javno kanalizacijo, Ur. l. RS, št. 64/12, 64/14, 98/15**

Uredba določa mejne vrednosti emisije snovi in toplote pri odvajanju odpadnih vod v vode in javno kanalizacijo. V uredbi so za vire onesnaženja določene mejne vrednosti emisije snovi v vode in javno kanalizacijo, mejne vrednosti za emisije snovi in toplote, prepovedi, omejitve in drugi ukrepi zmanjševanja emisije snovi in toplote ter vsebino in načine pridobivanja okoljevarstvenega dovoljenja. Na iztoku iz čistilne naprave se brez predhodnega razredčenja odpadne vode določa emisija snovi in toplote. Glede na način iztoka očiščene vode se na urejenih in stalnih merilnih mestih, kjer se izvajajo meritve, določajo parametri za odpadno vodo. Uredba določa enoto populacijski ekvivalent (PE), ki predstavlja obremenitev vode, ki jo povzroči en prebivalec na dan, to je 60 g BPK<sub>5</sub>/dan.

**Uredba o okoljski dajatvi za onesnaževanje okolja zaradi odvajanja odpadnih voda, Ur. l. RS, št. 80/12, 98/15**

Uredba o okoljski dajatvi za onesnaževanje okolja zaradi odvajanja odpadnih voda nadomešča nekaj starejših predpisov o okoljskih taksah za obremenjevanje vode in določa način obračunavanja odmere in višine le-te, plačevanje okoljske dajatve, ki je posledica odvajanja odpadnih voda v okolje. Nadzor nad njenim izvajanjem je v pristojnosti Carinske uprave RS.

Pri odvajanju veljajo mejne vrednosti učinkov čiščenja odpadne vode ter posebni ukrepi v zvezi z načrtovanjem in obratovanjem komunalnih čistilnih naprav in dejavnosti, za katere veljajo posebne zahteve pri odvajanju industrijske odpadne vode.

Država je za potrebe ureditve področja odvajanja in čiščenja komunalnih odpadnih vod sprejela Operativni program odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode (v nadaljevanju OP KOV), ki predstavlja enega od ključnih izvedbenih aktov za doseg ciljev na področju varstva voda pred onesnaženjem Nacionalnega programa varstva okolja.

Cilji operativnega programa so:

- izvedba javne kanalizacije na območjih iz osnovnega programa v predpisanih rokih in v skladu s tehničnimi ter okoljskimi standardi, ki veljajo za odvajanje in čiščenje komunalne odpadne vode;
- izvedba javne kanalizacije na območjih dodatnih stopenj operativnega programa, kjer je to tehnično-tehnološko in ekonomsko upravičeno do leta 2017 in v skladu s tehničnimi ter okoljskimi standardi, ki veljajo za odvajanje in čiščenje komunalne odpadne vode;
- izvedba individualnih rešitev odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode za posamezne stavbe, za katere javna kanalizacija ni predpisana in ne bo zgrajena do leta 2017 oziroma do leta 2015 na območjih s posebnimi zahtevami, v skladu s tehničnimi ter okoljskimi standardi, ki veljajo za odvajanje in čiščenje komunalne odpadne vode.

#### **Uredba o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne vode**, Ur. l. RS, št. 98/15, 76/17

Uredba je začela veljati z letom 2016. Njene glavne novosti so:

- lastnikom greznic na območju, kjer ni javne kanalizacije in ta ni predvidena, ni več potrebno do konca leta 2017 preurediti obstoječih greznic v male komunalne čistilne naprave; obstoječi lastniki greznic morajo preurediti svoje greznice najkasneje ob prvi rekonstrukciji objekta, medtem ko še vedno velja, da morajo vsi lastniki novogradenj na teh območjih vgraditi MKČN;
  - lastnik objekta, ki odvaja komunalno odpadno vodo brez predhodnega čiščenja vode (neposredno v okolje – brez greznice), mora zagotoviti odvajanje in čiščenje odpadne vode skladno z uredbo o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne vode najpozneje do 31. decembra 2021; to velja tudi za lastnike objekta, kjer obstoječa ureditev odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode ni skladna s predpisi, ki so veljali v času gradnje njegovega objekta;
  - v primeru novogradnje ali rekonstrukcije objekta se lahko vgradi MKČN ali pretočna greznica z obvezno nadgradnjo predpisano v uredbi (ponikanje, filtriranje);
  - še vedno velja, da je na območjih, kjer je zgrajena javna kanalizacija, priključitev nanjo obvezna v roku 6 mesecev po pridobitvi uporabnega dovoljenja;
  - nepretočne greznice so dovoljene v izjemnih primerih – vodovarstvena območja.
- (<http://www.imsa.si/nova-uredba-za-male-cistilne-naprave/>, 12.12.2017).

V Uredbi o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne vode so določene mejne vrednosti emisije snovi (preglednica 1, preglednica 2).

Preglednica 1: Mejne vrednosti pri sekundarnem in terciarnem čiščenju

Parameter onesnaženosti	Izražen kot	Enota	Skupna obremenitev aglomeracije ali zmogljivost čistilne naprave (a)		
			>= 2.000 PE in < 10.000 PE	>= 10.000 PE in < 100.000 PE	>= 100.000 PE
biokemijska potreba po kisiku (BPK <sub>5</sub> )	O <sub>2</sub>	mg/L	25	20	20
	učinek čiščenja	%	90	90	90
kemijska potreba po kisiku (KPK)	O <sub>2</sub>	mg/L	125	110	100
	učinek čiščenja	%	80	80	80
neraztopljene snovi		mg/L	35	35	35
amonijev dušik (b)	N	mg/L	10	10	10
celotni dušik (c)	N	mg/L	(d)	(d)	(d)

- (a) Mejne vrednosti pri sekundarnem in terciarnem čiščenju glede na skupno obremenitev aglomeracije veljajo tudi za malo komunalno čistilno napravo, če se v tej komunalni čistilni napravi čisti komunalna odpadna voda iz aglomeracije s skupno obremenitvijo iz te preglednice.
- (b) Mejna vrednost za amonijev dušik se uporablja pri temperaturi odpadne vode 12 °C in več na iztoku iz aeracijskega bazena.
- (c) Celotni dušik je vsota dušika po Kjerdahlu (Norganski + N-NH<sub>4</sub>), nitratnega dušika (N-NO<sub>3</sub>) in nitritnega dušika (N-NO<sub>2</sub>).
- (d) Mejna vrednost pri sekundarnem čiščenju ni določena; prve meritve in meritve obratovalnega monitoringa se izvajajo.



Preglednica 2: Mejne vrednosti pri terciarnem čiščenju

Parameter onesnaženosti	Izražen kot	Enota	Skupna obremenitev aglomeracije ali zmogljivost čistilne naprave (a)		
			$\geq 2.000$ PE in $< 10.000$ PE	$\geq 10.000$ PE in $< 100.000$ PE	$\geq 100.000$ PE
celotni fosfor	P	mg/L	2	2	1
	učinek čiščenja	%	80	80	80
celotni dušik (b) (c)	N	mg/L	15	15	10
	učinek čiščenja	%	70	70	80

- (a) Mejne vrednosti pri terciarnem čiščenju glede na skupno obremenitev aglomeracije veljajo tudi za malo komunalno čistilno napravo, če se v tej mali komunalni čistilni napravi čisti komunalna odpadna voda iz aglomeracije s skupno obremenitvijo iz te preglednice.
- (b) Mejna vrednost za celotni dušik se uporablja pri temperaturi odpadne vode 12 °C in več na iztoku iz aeracijskega bazena.
- (c) Celotni dušik je vsota dušika po Kjeldahlu (Norganski + N-NH<sub>4</sub>), nitratnega dušika (N-NO<sub>3</sub>) in nitritnega dušika (N-NO<sub>2</sub>).

Poleg zgoraj naštetih zakonov in uredb s področja odpadnih voda ter Operativnim programom odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode poznamo še nekaj pravilnikov, ki so vezani na odpadne vode:

- **Pravilnik o prvih meritvah in obratovalnemu monitoringu odpadnih voda**, Ur. l. RS, št. 94/14, 98/15  
Pravilnik določa vrste parametrov, ki so predmet prvih meritev in obratovalnega monitoringa odpadnih vod, podaja metodologijo vzorčenja in merjenja parametrov in količino odpadnih vod, vsebino poročila o prvih meritvah in emisijskem monitoringu ter način in obliko sporočanja podatkov pristojnemu ministru za varstvo okolja. Določeni so še posebni strokovni in referenčni pogoji, ki jih mora izpolnjevati oseba, ki pripravi prve meritve in monitoring. Standardi za izvajanje prvih meritev in emisijskega monitoringa so zapisani v pravilniku.

Osnovni parametri za komunalno odpadno vodo so: neraztopljene snovi, KPK in BPK<sub>5</sub>, če gre za komunalno odpadno vodo iz komunalne ali skupne čistilne naprave in KPK in BPK<sub>5</sub>, če gre za komunalno odpadno vodo iz male komunalne čistilne naprave.

Preglednica 3: Pogostost meritev in čas vzorčenja odpadne vode iz komunalne ali skupne čistilne naprave

Zmogljivost komunalne ali skupne čistilne naprave [PE]	Prve meritve [število meritev med poskusnim obratovanjem]	Občasne meritve [število meritev na leto]	Čas vzorčenja reprezentativnega vzorca <sup>(4)</sup> [ure]
< 50	1 meritev	<sup>(1)</sup>	trenutni vzorec
=> 50 < 200	2 meritvi	2 meritvi vsako drugo leto <sup>(2)</sup>	2
=> 200 < 1.000	2 meritvi	2 meritvi vsako leto	2
=> 1.000 < 2.000	2 meritvi	3 meritve vsako leto	6
=> 2.000 < 10.000	4 meritve	prvo leto obratovanja 12 meritev <sup>(3)</sup>	24
		vsako nadaljnje leto 4 meritve	24
=> 10.000 < 50.000	4 meritve	12 meritev vsako leto	24
=> 50.000	4 meritve	24 meritev vsako leto	24

<sup>(1)</sup> Občasne meritve niso predpisane.

<sup>(2)</sup> Prvi obratovalni monitoring se izvede leto po opravljenih prvih meritvah (prve meritve ne štejejo kot obratovalni monitoring).

<sup>(3)</sup> Prvo leto obratovanja je prvo koledarsko leto po pridobitvi uporabnega dovoljenja.

<sup>(4)</sup> Za preskušanje mikrobioloških parametrov, če je to predpisano, se odvzame trenutni vzorec.

## 2.2 Viri odpadnih voda

Odpadne vode nastajajo zaradi delovanja narave (padavinske onesnažene odpadne vode), kakor tudi zaradi človekovega delovanja v urbanih naseljih (komunalna odpadna voda), v industrijskih conah (industrijske odpadne vode) in na kmetijskih farmah (kmetijske odpadne vode). Vsaka od naštetih vrst odpadnih voda ima posebej specifične lastnosti s fizikalnega, kemijskega in biološkega vidika (Roš in Panjan, 2012, str. 30).

Odpadne vode v grobem delimo glede na njihov izvor, in sicer na:

- komunalne odpadne vode, kamor uvršamo odpadne vode iz gospodinjstev in gospodarske dejavnosti,
- kmetijske odpadne vode, kamor uvršamo odpadne vode iz kmetijskih dejavnosti,
- industrijske odpadne vode, kamor uvršamo odpadne vode, ki so posledica industrijskih dejavnosti,
- padavinske odpadne vode, kamor spada deževnica, ki se steka iz utrjenih površin,
- tuje vode, kamor uvršamo odpadne vode, ki niso posledica uporabe pitne vode, temveč nastajajo z infiltracijo podtalnice v odtok odpadnih voda.

Za komunalno industrijsko in farmsko odpadno vodo je značilno t.i. točkovno onesnaževanje. Točkovno onesnaževanje pomeni, da po kanalizacijskem omrežju pripeljemo odpadne vode na eno mesto (točkovno). Za namakalne, predvsem padavinske odpadne vode pa je značilno

t. i. netočkovno oziroma razpršeno onesnaženje, saj je tukaj odpadna voda razpršena po veliki površini.

Točkovno onesnaženje je lažje nadzorovati, medtem ko je netočkovno (razpršeno) onesnaženje v veliki meri problematično za nadzorovanje predvsem zaradi problematičnega vzorčenja in analiziranja take odpadne vode, razen v posebnem primeru, kjer je urejeno zbiranje padavinske odpadne vode. Zbiranje padavinske odpadne vode je možno v mestih pri mešanih ali ločenih kanalizacijskih sistemih ali ob avtocestah, kjer mora biti urejeno zbiranje in čiščenje padavinske odpadne vode na poseben način (Roš in Panjan, 2012, str. 33).

### 2.2.1 Lastnosti odpadnih vod

Splošno oceno oz. sliko o karakteristikah in lastnostih odpadne vode nam daje že sam podatek o viru nastanka odpadne vode, ki jo obravnavamo. Splošne ocene odpadne vode pa za korektno kontrolo procesa čiščenja zagotovo niso dovolj natančne, zatoj točnejše podatke o lastnostih odpadnih vod ugotavljamo z vzorčenji in analizami, s čimer pridobimo kompleksne informacije o obravnavani odpadni vodi (Roš, 2015, str.18).

Onesnaženje lahko razdelimo na naravno in antropogeno onesnaženje.

**Naravno onesnaženje** povzroča narava s svojim spreminjanjem. Tako dobimo onesnaženje zaradi odpadlega listja, raztapljanja določenih kamnin, preko katerih teče voda, in onesnaženje z zemljino, ki ga povzroča močno deževje.

**Antropogeno onesnaženje** je tisto, ki ga povzroča človek s svojo dejavnostjo tako v naseljih (komunalne odpadne vode) kot z intenzivnim kmetijstvom (kmetijske odpadne vode) ali industrijo (tehnološke odpadne vode).

Tako najdemo v odpadni vodi fizikalne, kemijske in biološke sestavine (Roš in sod., 2005, str. 27).

### 2.2.2 Fizikalne lastnosti odpadnih vod

Najpomembnejša fizikalna lastnost odpadne vode so celotne trdne snovi, ki so sestavljene iz plavajočih snovi, usedljivih snovi, koloidnih delcev in raztopljenih snovi. Ostale pomembne fizikalne lastnosti vključujejo porazdelitev trdnih delcev, motnost, barvo, prepustnost, temperaturo, prevodnost, koncentracijo in specifično maso (Roš, 2015, str. 18).

## Trdne snovi

Odpadna voda vsebuje vrsto trdnih suspendiranih snovi, ki se razlikujejo po velikosti delcev – od krp do koloidnih delcev. Pri določevanju lastnosti odpadnih vod se najbolj grobi material običajno odstrani pred vzorčenjem za analizo trdnih snovi.

Suspendirane snovi lahko razdelimo na:

- **celotne (totalne) trdne snovi (TS):** ostanek po sušenju vzorca odpadne vode pri 103–105 °C;
- **celotne hlapne (volatilne) snovi (TVS):** snovi, ki izpirajo pri žarenju vzorca TS pri 500±50 °C;
- **celotne fiksirane snovi (TFS):** ostanek po žarenju TS pri 500±50 °C;
- **celotne suspendirane snovi (TSS):** del TS, ki ostane na filtru s specifičnimi porami, po sušenju pri 103–105 °C;
- **hlapne suspendirane snovi (VSS):** snovi, ki izparijo po sežigu TSS pri 500±50 °C;
- **fiksne suspendirane snovi (FSS):** ostanek trdnih snovi po žarenju SS pri 500±50 °C;
- **celotne raztopljene snovi (TDS) – (TS-TSS):** trdne snovi, ki preidejo skozi filter in ne izparijo pri specifični temperaturi (103–105 °C);
- **celotne hlapne raztopljene snovi (VDS):** snovi, ki lahko izparijo pri sežigu TDS pri 500±50 °C;
- **fiksirane raztopljene snovi (FDS):** snovi, ki ostanejo pri žarenju TDS pri 500±50 °C;
- **usedljive snovi:** suspendirane snovi, izražene v mL na L, ki se usedajo iz suspenzije ob določenem času (30 min, 1 ura, 2 uri) (Roš in Zupančič, 2010, str. 29).

## Motnost

Motnost kaže na prisotnost suspendiranih snovi v odpadni vodi in predvsem nizko koncentracijo trdnih snovi. Motnost ni neposredno sorazmerna s koncentracijo suspendiranih snovi, ker lahko na njo vplivata tudi velikost delcev in barva. Motnost je pomembna predvsem na iztoku iz čistilne naprave, kjer lahko zaznavamo povečane koncentracije suspendiranih snovi (Roš in sod., 2005, str. 29).

## Temperatura

Temperatura odpadne vode je običajno nekoliko višja kot voda v vodovodnem sistemu, odvisna pa je od geografskega območja in uporabe vode. Temperatura vode je zelo pomemben parameter, ker vpliva na kemijske reakcije in reakcijske hitrosti, vodno življenje in primernost vode za koristno uporabo.

## Barva in vonj

Barva in vonj sta močno odvisna od vrste in starosti odpadne vode. Surova komunalna odpadna voda je svetlo rjavkasto do sive barve. Po določenem času, ko teče po kanalizacijskem sistemu, postaja temno siva, če pa so v sistemu anaerobni pogoji, lahko postane sivo črne barve, ki jo povzročajo sulfidi.

Vonj komunalne odpadne vode določajo plini, ki nastajajo pri razgradnji organskih snovi, prisotnih v odpadni vodi. Sveža odpadna voda ima značilen neprijetni vonj, ki je manj neprijeten od vonja odpadne vode, ki je bila izpostavljena anaerobnim pogojem (pogojem brez prisotnosti kisika). Najbolj značilna povzročitelja vonja sta sečnine in segnite (septične) odpadne vode ter vodikov sulfid (Roš in Zupančič, 2010, str. 32).

### **Koncentracija in specifična masa**

Koncentracija določene snovi v odpadni vodi je definirana kot masa snovi v enoti volumna vode in jo izražamo v g/L ali kg/m<sup>3</sup>. Specifična masa (gostota) tekočine je masa tekočine na enoto njenega volumna, izražamo jo kot kg/m<sup>3</sup> (Roš, 2015, str. 22).

### **2.2.3 Kemijske lastnosti odpadnih vod**

Tako kot fizikalna odstopanja so tudi kemijska odstopanja pokazatelji onesnaženosti vode.

Kemijske analize odpadne vode so nujno potrebne, saj se lahko na njihovi osnovi določajo lastnosti odpadne vode in podajo pogoji za procese čiščenja.

#### **Kloridi**

Klorid je sestavina odpadne vode, ki lahko vpliva na ponovno uporabo obdelane odpadne vode. Kloridi v naravi so rezultat izpiranja kamenin, ki vsebujejo kloride in trdne snovi, s katerimi pride voda v stik ter v obalnih področjih zaradi vdora slane vode. Viri kloridov so tudi domače (komunalne), kmetijske in industrijske odpadne vode, ki jih spuščamo v površinske vode (Husić, 2015, str. 20).

#### **Vrednost pH**

pH je merilo za kislost in alkalnost vodne raztopine. Koncentracija hidronijevih ionov je zelo pomemben parameter za naravne in odpadne vode.

Vrednost pH izrazimo s:

$$\text{pH} = -\log_{10} [\text{H}_3\text{O}^+]$$

Sprejemljiva vrednost pH vode v naravi je med 6,5 in 8,5 (Roš in Zupančič, 2010, str. 33).

#### **Alkaliniteta**

Alkaliniteta v odpadni vodi je rezultat prisotnosti hidroksidov [OH], karbonatov [HCO<sub>3</sub><sup>2-</sup>] in hidrogen karbonatov [HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>] ter kationov, kot so kalcijev, magnezijev, natrijev, kalijev ali amonijev ion. Od teh sta najpogostejša kalcijev in magnezijev dikarbonat. Borati, silikati, fosfati

in podobne spojine lahko prispevajo k alkaliteti. Alkaliteta v odpadni vodi preprečuje spremembe vrednosti pH, ki jih povzročajo dodatki kislin. Odpadna voda je običajno alkalna, ker sprejema svojo alkaliteto iz vodnih virov, podtalnice in dodatkov, ki pridejo v odpadno vodo med domačo rabo vode.

### **Raztopljeni plini**

V neobdelanih (surovih) odpadnih vodah lahko najdemo raztopljene pline, kot so dušik ( $N_2$ ), kisik ( $O_2$ ), ogljikov dioksid ( $CO_2$ ), vodikov sulfid ( $H_2S$ ), amonijak ( $NH_3$ ) in metan ( $CH_4$ ). Prvi trije plini izvirajo iz atmosfere in jih najdemo v vseh vodah, ki so izpostavljene zraku. Zadnji trije plini pa izvirajo iz razgradnje organskih snovi, prisotnih v odpadnih vodah in jih je treba upoštevati zaradi varnosti za zdravje. Pri obdelavi odpadne vode moramo biti pozorni tudi na klor ( $Cl_2$ ) in ozon ( $O_3$ ), ki ju uporabljamo pri dezinfekciji (Roš, 2015, str. 27).

### **Težke kovine**

Sledovi mnogih kovin, kot so kadmij (Cd), krom (Cr), baker (Cu), železo (Fe), svinec (Pb), mangan (Mn), živo srebro (Hg), nikelj (Ni) in cink (Zn), so pomembne sestavine mnogih voda. Nekatere od teh kovin so razvrščene tudi kot prioriteta onesnaževala. Med vire sledov kovin v odpadnih vodah se vključujejo izpusti iz gospodinjstev, infiltracija podtalnice in industrijski izpusti.

### **Skupne organske sestavine**

Organske spojine so navadno sestavljene iz kombinacije ogljika, vodika in kisika, v nekaterih primerih skupaj z dušikom. Organske spojine v odpadni vodi običajno vsebujejo proteine (40 do 60 %), ogljikove hidrate (25 do 50 %) in olja ter maščobe (8 do 12 %). Sečnina kot glavna sestavina urina, je naslednja pomembna organska spojina, ki prihaja v svežo vodo. Zaradi hitre razgradnje jo redko najdemo, razen v sveže onesnaženi vodi.

Razvitih je bilo veliko različnih analiznih metod za določevanje vsebnosti organskih spojin v odpadnih vodah. Splošno jih razporedimo v tiste, ki merijo skupne organske snovi, ki vsebujejo vrsto organskih sestavin s podobnimi lastnostmi, ki jih ne moremo označiti ločeno, in tiste analize, ki kvantificirajo posamezne organske spojine.

Laboratoriji uporabljajo običajno kumulativne metode, kot so:

- biokemijska potreba po kisiku (BPK),
- kemijska potreba po kisiku (KPK),
- celotni (totalni) organski ogljik (TOC).

Če poznamo kemijsko formulo, lahko določimo tudi teoretično kemijsko potrebo po kisiku (TKPK).

### **Biokemijska potreba po kisiku – BPK**

Biokemijska potreba po kisiku (BPK) predstavlja tisto količino kisika, ki je potrebna za stabilizacijo ogljikovih organskih snovi z biokemijskimi procesi. Ali drugače rečeno, to je tista množina kisika, ki je potrebna za biokemijsko razgradnjo razgradljivih organskih snovi, ki so prisotne v odpadni vodi. Popolno stabilizacijo dobimo po različnem času, običajno po 20 ali več dneh. Da bi skrajšali čas določitve biokemijske potrebe po kisiku so uvedli standardizirane metode, katerih rezultate lahko primerjamo med seboj. Tako je standardizirana metoda  $BPK_n$ , kjer je  $n$  običajno 5 ali 7 dni pri temperaturi 20 °C (prav tam, 2015. str. 28–29).

$BPK_5$  je značilen parameter, ki je osnova za določanje obremenitve in projektiranje čistilne naprave. Pri dimenzioniranju je  $BPK_5$  merilo za potrebno množino kisika za oksidacijo organskih snovi v vzorcu. Množino potrebnega kisika samo za oksidacijo ogljikovih organskih snovi imenujemo ogljikova BPK (CBPK). Če dovolimo, da potekajo reakcije v vzorcu naprej, se pojavi druga faza – to je nitrifikacija. Med to fazo druga vrsta bakterij spreminja amonij v nitrit in nitrat. Čas, ki je potreben za prehod iz ogljikovih v dušikove reakcije, je odvisen od vzorca. Če so nitrifikacijski organizmi prisotni že na začetku na osnovnem nivoju, včasih določimo dušikovo potrebo po kisiku, še preden poteče pet dni. Čistilne naprave za sekundarno čiščenje so navadno dimenzionirane za odstranjevanje CBPK, ne pa za dušikov BPK (Roš, 2001, str. 51).

### **Kemijska potreba po kisiku – KPK**

Kemijska potreba po kisiku (KPK) je merilo za organsko onesnaženje površinskih in odpadnih voda. KPK je tista množina kisika, ki je potrebna za oksidacijo organskih snovi, ki so prisotne v vodi. Organske nečistoče se določijo tako, da jih pri določenih pogojih oksidiramo in iz porabe oksidanta sklepamo na količino organskih snovi. S kemijsko potrebo po kisiku določimo vse organske snovi, ne moremo pa določiti med biološko razgradljivimi in biološko inertnimi organskimi snovmi. Zato je KPK dopolnilo BPK in ne nadomestilo zanj, ki pove, kolikšna je množina kisika, porabljenega za razgradnjo organskih snovi v razmerah v naravi, torej za biološko razgradnjo organskih snovi. Zato je nujno sočasno vrednotenje onesnaženja s KPK in  $BPK_n$ .

Za določanje kemijske potrebe po kisiku se zaradi velike oksidacijske sposobnosti in uporabnosti za širok spekter vzorcev in enostavne določitve pribitka dikromata danes največ uporablja kalijev dikromat ( $K_2Cr_2O_7$ ). Določevanje kemijske potrebe po kisiku (KPK) zagotovi hitro oceno celotne organske snovi v vzorcu (razgradljive in nerazgradljive). Ta postopek nam da rezultat v 3–4 urah namesto v 5 dneh. Rezultati KPK so običajno višji od  $BPK_5$ .

Razmerje med  $BPK_5$  in KPK se od čistilne naprave do čistilne naprave razlikuje. To razmerje se spreminja od vtoka do iztoka. Običajno razmerje  $BPK_5$  : KPK je 0,5 : 1 za surovo odpadno vodo in se zmanjša do 0,1 : 1 pri dobro stabiliziranemu sekundarnem iztoku (Roš in sod., 2005, str. 33)

### **Celotni (totalni) organski ogljik - TOC**

TOC (ang. Total Organic Carbon) je parameter, s katerim določamo prisotnost celotnega organskega ogljika v vodnem mediju. Z njim se podobno kot pri BPK in KPK določa onesnaženje odpadnih oz. površinskih vod z organskimi snovmi, vendar je metoda določanja TOC v primerjavi z metodami določanja BPK in KPK hitrejša, saj za izvedbo analize potrebujemo cca. 5–10 minut. Z razvojem merilne tehnike pa so razvili on-line merilnike TOC,

kar je v veliko pomoč tudi pri ugotavljanju BPK in KPK, saj lahko ob poznavanju parametra TOC in razmerij med TOC, BPK in KPK kaj hitro določimo tudi približne vrednosti BPK in KPK.

Ostali parametri, ki jih uporabljamo v laboratorijih odpadnih voda so:

- dušikove spojine ( Kjeldahlov dušik, amonijev dušik, nitritni in nitratni dušik, celotni dušik),
- fosforjeve spojine (celotni fosfor, orto-fosfor),
- bakteriološka onesnaženost – število koliformnih bakterij.

### **Preskus strupenosti**

Ena od meritev, ki določa vpliv vseh prisotnih spojin, je tudi preizkus (test) akutne strupenosti.

Uporabljamo ga za:

- oceno primernosti pogojev okolja za vodno življenje,
- študij učinkov parametrov kakovosti vode na toksičnost odpadne vode,
- oceno stopnje potrebnega čiščenja odpadne vode kot zahteva kontrola onesnaževanja,
- določitev učinkovitosti metod čiščenja odpadnih vod,
- določitev ustreznosti zakonodaje oziroma standardov kakovosti.

Taki preskusi nudijo rezultate, ki so koristni pri zaščiti človeškega zdravja, vodnih organizmov in okolja, ter kažejo vplive, ki jih povzročajo snovi, ki se sproščajo iz odpadnih vod, ki tečejo v površinske (Roš, 2015, str. 31).

### **2.2.4 Biološke lastnosti odpadnih vod**

Biološke lastnosti odpadne vode so temeljnega pomena zaradi kontrole bolezni, ki jih povzročajo patogeni organizmi človeškega izvora, in zato ker imajo obsežno in temeljno vlogo pri razgradnji in stabilizaciji organskih snovi v naravi in čistilnih napravah bakterije in drugi organizmi. Glavne skupine mikroorganizmov, ki jih najdemo v odpadnih vodah, so bakterije, glive, praživali, mikroskopske rastline in živali ter virusi. Večina mikroorganizmov (bakterije, praživali) je odgovorna in koristna za procese biološkega čiščenja v odpadnih vodah.

### **Indikatorske bakterije**

Patogeni organizmi se običajno pojavijo zaradi človeških izločkov iz prebavnega trakta in se izpuščajo v odpadno vodo. Bolezni, ki jih dobimo z vodo, so kolera, tifus, paratifus, driska in griža. Običajno je število patogenih organizmov v odpadni vodi majhno, zato jih je težko izolirati in diferencirati. Bakterije določamo kot celotne oziroma totalne koliforme (TC), fekalne kaliforme (FC) in fekalne streptokoke (FS). Običajno jih določujemo s štetjem na 1 ml (Roš in Zupančič, 2010, str. 43).



## Virusi

Virusi se v odpadni vodi pojavljajo manj pogosto kot bakterije in so odpornejši proti razkuževanju. Večkrat jih uporabljamo za oceno učinkovitosti tehnike razkuževanja (Roš in sod., 2005, str. 35).

## 2.3 Odvajanje odpadnih voda

Odvajanje onesnaženih voda iz naselij ne pomeni le odvajanje odpadnih voda iz gospodinjstev in industrije, ampak tudi odvajanje določenega dela padavinskih voda. Posebej so izpostavljene tudi onesnažene padavinske vode, h katerim se prištevajo predvsem vode s prometnih površin (cest in parkirišč), to velja predvsem po daljšem sušnem obdobju. Zanimariti pa ne smemo niti odvajanje padavinskih voda s cest in avtocest zunaj urbanih naselij (Roš in Panjan, 2012, str. 55). Komunalne odpadne vode je obvezno odvajati v javno kanalizacijsko omrežje, kjer je to zgrajeno. V kanalizacijo se lahko odvaja samo komunalna odpadna voda, ki nastaja v bivalnem okolju gospodinjstev zaradi rabe vode v sanitarnih prostorih, pri kuhanju, pranju in drugih gospodinjstevskih opravilih ter odpadna voda, ki je po nastanku in sestavi podobna vodi po uporabi v gospodinjstvu.

Osnovni cilji, ki so zajeti pri odvajanju odpadnih voda so:

- zaščita prebivalcev pred boleznimi,
- zaščita pred poplavami znotraj naselij in
- zaščita hidrosfere oz. varstvo okolja.

Te tri osnovne cilje urejamo:

- s pravilnim hidravličnim dimenzioniranjem sistemov za odvajanje,
- s pravilno regulacijo (zadrževanjem) in prelivanjem onesnažene vode – še dopustne mejne vrednosti koncentracij onesnažil za izpust v okolje in
- z ekološkim varovanjem odvodnikov (vodotokov, podtalnice, jezer in morja), zlasti tistih v varovanih (za pitno vodo) in občutljivih območjih (npr. kopalnih vodah).

Odvajanje odpadnih voda v urbanih naseljih s kanalizacijskim sistemom ali sistemi, ki obenem rešujejo probleme poplav, odvajanje odpadnih voda in onesnaženje odvodnikov, ki se zaključijo s komunalno čistilno napravo, imenujemo urbana odvodnja. Kanalizacijski sistem, ki že sam vsebuje številne tehnične ukrepe skupaj z objekti, kot so razbremenilniki in zadrževalni bazeni, varuje odvodnik vzdolž celotne trase sistema ali urbanizirane površine in mora biti zaključen s čistilno napravo, ki vodo očisti do zahtevane oz. potrebne stopnje čiščenja v odvisnosti od stanja vodotoka in njegove samočistilne sposobnosti (Roš in Panjan, 2012, str. 57).

Kanalizacijski sistem je sestavni del komunalne infrastrukture, ki pomembno zmanjšuje vplive človekovega delovanja na okolje, vpliva na varnost bivalnega prostora in zmanjšuje tveganja, ki bi lahko ogrozila naše zdravje. Pri kanalizacijskem sistemu gre za omrežje kanalnih vodov, kanalov in jarkov ter z njimi povezanih naprav, s pomočjo katerih se zagotavlja odvajanje

odpadnih voda. Omrežja kanalizacijskih sistemov vodijo do čistilnih naprav, kjer se odpadna voda na koncu tudi prečisti.

Vsaka kanalizacijska mreža se izteka v čistilno napravo. V čistilni napravi pride do očiščenja odpadne vode do te mere, da se lahko le-ta izpusti v naravno okolje in vodotoke in se s tem ne obremenjuje narave z onesnaženjem. Pri čistilni napravi poleg očiščene vode dobimo tudi odpadno blato, ki se lahko uporablja dalje.

Ločimo naslednje vrste kanalizacijskih sistemov:

Mešani kanalizacijski sistem

Mešani kanalizacijski sistem odvaja odpadno in padavinsko vodo v času padavin. Odtok se v času padavin v primerjavi s sušnim odtokom lahko poveča tudi od 50 do 100-krat. Pri mešanem sistemu kanalizacije lahko pride do preobremenitve in zaježitev kanalizacijskega omrežja ter povratnega toka v niže ležeče priključene prostore, ki jih je treba zaščititi pred preplavitvijo. V večini urbanih naselij nad 1.000 prebivalcev se gradijo mešani kanalizacijski sistemi.

Ločeni kanalizacijski sistem

Značilnosti teh sistemov je odvajanje odpadne vode po posebnem kanalizacijskem omrežju. Kanalizacija za odpadne vode se odvaja ločeno od padavinske vode. Padavinsko vodo odvajamo na več načinov, in sicer eden od načinov je, da se steka v padavinsko oz. meteorno kanalizacijo. Drugi način je, da ponika ali odteka kot pred ureditvijo kanalizacije. Tretji način pa predvideva ureditev sistema odprtih in zaprtih jarkov ali kanalov. Prednost ločenega sistema je v tem, da kanali za padavinsko vodo niso v povezavi s kanali za odpadno vodo in zato močnejša deževja ne povzročajo preobremenitev in zaježitev kanalov ter poplav nizko ležečih delov priključenih objektov. Prednost je tudi v zmanjšanju volumna in končnih odtokov padavinske vode, saj se le ta zadržuje ali ponika. Praviloma se ta sistem uporablja le v naseljih do 1000 prebivalcev, saj ne rešuje problema padavinske vode.

Delno ločeni sistemi

Takšni sistemi so značilni za industrijske cone. Značilnost je, da se uporablja ločeno za tehnološke odpadne vode (predvideno za več priključkov in izpustov), ločeno za sanitarne odpadne vode in onesnaženo padavinsko vodo ter ločeno za neonesnaženo padavinsko vodo.

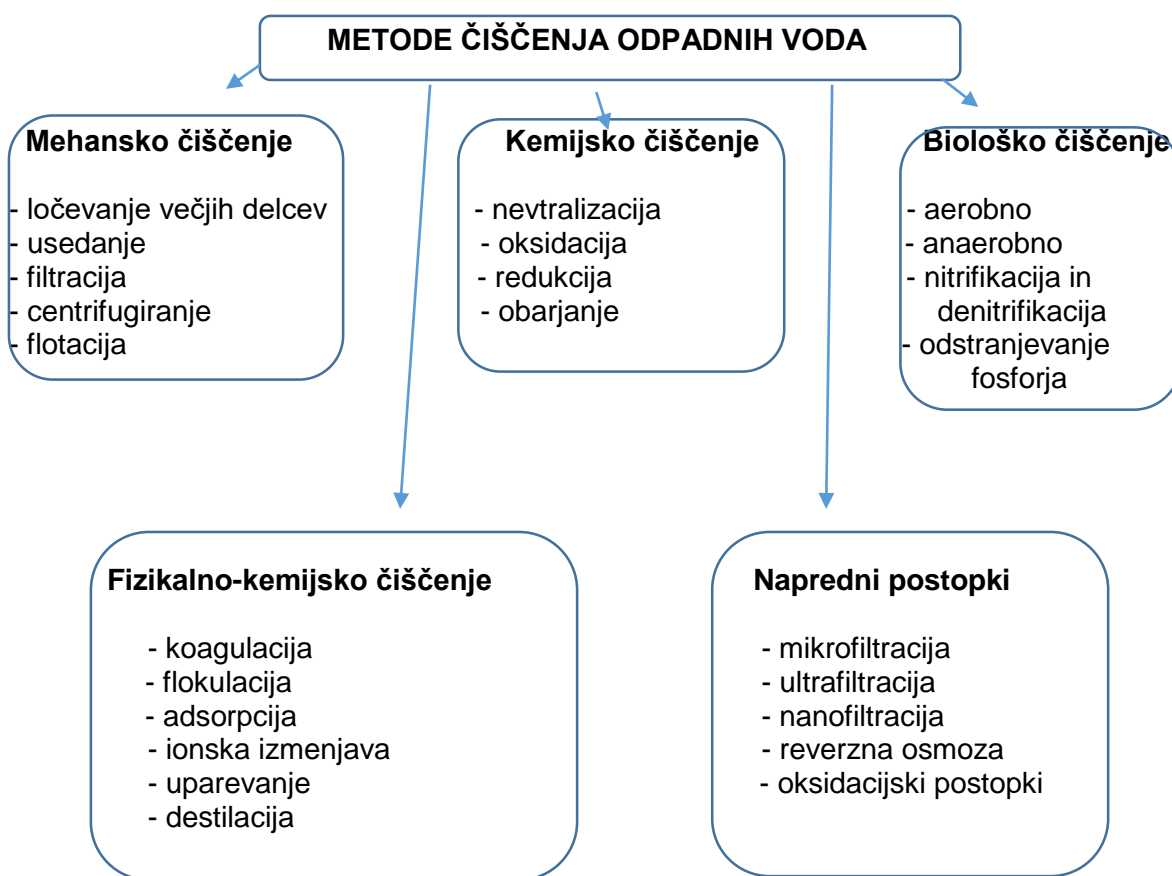
V preteklosti je bila ustaljena praksa pri mešanem sistemu, da se je padavinsko vodo odvajalo po najhitrejši poti do najbližjega vodotoka in vanj prelilo večji del vode. Danes je cilj vodo čim prej ponikniti na njenem mestu nastanka oziroma, da jo obdržimo tam. V ta namen se uporabljajo zadrževalniki. Vodo lahko zadržujemo na strehah, parkiriščih, depresijah itd. Z zadrževanjem dosežemo zmanjšano konico odtoka. Posledica tega je, da pri načrtovanju lahko dimenzioniramo manjše prereze kanalskih cevi in optimiziramo delovanje čistilne naprave, kar prispeva k boljšemu delovanju le-te (prav tam, 2012, str. 58).

### **2.3.1 Osnovni postopki čiščenja odpadnih vod**

Čiščenje odpadnih voda je proces, skozi katerega se odpadne vode očistijo do tolikšne mere, da izpolnjujejo okoljske in druge standarde kakovosti. Čistilna naprava je po navadi potrebna tudi za ločevanje suspendiranih snovi do ustrezne stopnje. Z ustrezno kombinacijo teh enot je možno pridobiti končni iztok dejanske kakovosti kateregakoli vtoka odpadne vode. Medtem ko lahko očiščeno odpadno vodo uporabljamo za ponovno napajanje podtalnice ali celo za ponovno uporabo, se običajno izliva v površinske vode, v glavnem v reke.

Med osnovne cilje čiščenja odpadnih voda štejemo:

- pretvorba odpadnih snovi, ki so prisotne v odpadni vodi, v stabilne oksidirane končne produkte, ki jih lahko varno odvajamo v površinske vode brez kakršnihkoli škodljivih učinkov na okolje;
- zaščita javnega zdravja;
- da je poskrbljeno, da se odpadna voda učinkovito odstrani na regularen način, brez motenj ali kršitev predpisov;
- da recikliramo in pridobimo nazaj koristne sestavine odpadne vode;
- da izberemo varčen postopek odstranjevanja odpadne vode;
- da upoštevamo zakonske predpise in zagotovimo ustrezno odvajanje voda (Roš in Panjan, 2012, str. 75).



Slika 1: Metode čiščenja odpadnih vod  
(Vir: Roš in Zupančič, 2010, str. 60)

Ko govorimo o čiščenju komunalnih odpadnih voda, so bistvenega pomena biološki postopki čiščenja odpadnih voda, kar predstavlja sekundarno stopnjo čiščenja. Seveda je za učinkovit potek bioloških postopkov izjemnega pomena učinkovitost mehanske predobdelave odpadnih vod, kar predstavlja predčiščenje in primarno stopnjo čiščenja.

Poznamo mnogo raznolikih postopkov biološkega čiščenja odpadnih vod, zato se v grobem delijo na:

- naravne sisteme čiščenja,
- sisteme čiščenja odpadnih vod s suspendiranim aktivnim blatom in

- sisteme čiščenja odpadnih vod s pritrjeno biomaso.

Pri vseh sistemih biološkega čiščenja odpadnih vod gre za razgradnjo organskih snovi s pomočjo mikroorganizmov, ki samo razgradnjo lahko opravljajo v različnih oksidacijskih razmerah. Biološko čiščenje odpadnih vod lahko poteka pri tako imenovanih aerobnih, anaerobnih ali anoksičnih razmerah (Roš in sod., 2005, str. 56–57).

### **Naravni sistemi čiščenja odpadnih vod**

Naravni sistemi čiščenja odpadnih vod so biološki procesi, ki jih načeloma uporabljamo za čiščenje komunalnih odpadnih vod. K naravnim sistemom čiščenja odpadnih vod uvrščamo rastlinske čistilne naprave ter tudi lagune in namakalna polja, ki pa so v večini primerov uporabljena kot terciarna stopnja čiščenja.

### **Sistemi čiščenja odpadnih vod z aktivnim blatom**

Sistem čiščenja odpadnih vod z aktivnim blatom je najbolj razširjen sistem čiščenja odpadnih vod, pri katerem gre za čiščenje s suspendirano biomaso pri aerobnih pogojih. Ta sistem se uporablja pretežno za odstranjevanje organskih snovi ter raztopljenih in manjših neraztopljenih snovi iz odpadne vode, v zadnjem času pa z nekoliko prilagojenimi procesi uporablja tudi za nitrifikacijo in denitrifikacijo, s čimer se iz odpadne vode odstranjujeta tudi amonijev in nitratni dušik.

Poznamo več različnih sistemov čiščenja odpadnih voda z aktivnim blatom, ki jih v grobem delimo na dva večja sistema čiščenja odpadnih vod z aktivnim blatom, in sicer:

kontinuirani procesi in

sistem šaržnega biološkega reaktorja (v nadaljevanju SBR), ki mu lahko pravimo tudi tako imenovani »napolni-in-izprazni« sistem z aktivnim blatom.

Biomasa oz. tako imenovano aktivno blato je v sistemih čiščenja z aktivnim blatom razpršena v reaktorju in za potek reakcije, torej oksidacijo organskih snovi in amonijevega dušika, potrebuje kisik, ki mora priti v stik z mikroorganizmi v odpadni vodi. Pri sistemih čiščenja z aktivnim blatom je torej pogoj prezračevanje oz. dovajanje zraka v reaktor.

### **Sistemi čiščenja odpadnih vod s pritrjeno biomaso**

Sistemi čiščenja odpadnih vod s pritrjeno biomaso delujejo po podobnem principu kot sistemi čiščenja odpadnih vod z aktivnim blatom. Glavna razlika je v biomaso, ki je pri sistemih čiščenja z aktivnim blatom razpršena v reaktorju, medtem ko je biomasa pri sistemu čiščenja s pritrjeno biomaso priraščena na takšne ali drugačne nosilce biomase. Najbolj razširjeni sistemi čiščenja s pritrjeno biomaso so rotirajoči kontaktorji ter različni biofiltri in precejalniki (Roš in Panjan, 2012, str. 81–90).

### **2.3.2 Vzorčenje odpadnih voda**

Osnovni cilji vzorčenja odpadnih voda je zagotoviti, da je dobljen vzorec reprezentativen toku, ki ga je potrebno analizirati. Vzorec predstavlja le majhen del toka odpadne vode, zato sta izbor vzorčevalnega mesta in tehnika vzorčenja odločilnega pomena. Zaradi napak, ki so storjene pri vzorčenju, lahko pridemo do napačnih podatkov, ki posledično vodijo do napačnih odločitev pri izvedbi analize ali pri vodenju procesa.

Vzorec odpadne vode je del toka odpadne vode, ki se odvzame na določenem merilnem mestu, v določenem časovnem obdobju, na določen način in je namenjen analizi odpadne vode (Roš, 2015, str. 39).

#### **Osnovni namen vzorčenja in analiziranja odpadnih voda je:**

- ugotavljanje kakovosti vode (površinske, pitne, odpadne),
- zagotavljanje primernosti vode (pitne, za druge namene, npr. v kmetijstvu ali industriji) in
- ugotavljanje učinkovitosti sistemov za čiščenje odpadnih voda.

Za vsako čistilno napravo je potrebno imeti izdelan načrt vzorčenja in analiziranja. Ta načrt določa vzorčevalna mesta, na katerih se jemljejo vzorci in določene analize, ki se opravijo iz odvzetega reprezentativnega vzorca. Načrt vzorčenja in analiziranja mora zagotavljati natančno reprezentativno vzorčenje. V primeru nepravilno odvzetih vzorcev na neustreznih mestih se razveljavijo rezultati programa vzorčenja in analiziranja.

### **2.3.3 Načini vzorčenja in vrste vzorcev odpadnih vod**

Namen in izvedba učinkovitega programa vzorčenja zahteva upoštevanje specifičnih razlogov za vzorčenje, način, kako se bodo vzorci odzemanali (zajemali), vzorčevalno mesto, analize, ki jih bomo izvedli v vzorcu ter posebne metode zbiranja in konzerviranja vzorca.

Vzorci se lahko zbirajo na različne načine, odvisno od informacije, ki jo potrebujemo, in narave procesa analiziranja. Zbiramo jih lahko ročno ali avtomatsko, z enkratnim odvzemom, združujemo lahko enkratne vzorce iz posameznih vzorcev. Nekatere analize in meritve lahko izvajamo kontinuirano (on-line) (npr. pH, prevodnost, koncentracijo raztopljenega kisika ali temperaturo).

Glede na način vzorčenja poznamo različne vrste vzorcev, kot so:

- naključni (trenutni vzorec): je nepovezan (diskretni) vzorec, ki se pobere ročno; uporabljamo ga, če želimo dobiti hitro informacijo o procesnem toku; naključni vzorci služijo za določanje različnih vodnih tokov v nekem časovnem obdobju; primerni so za takojšnje analize nestabilnih parametrov, kot so npr. pH, raztopljeni kisik, topni sulfid Cr (VI), preostali klor, temperatura, indikator bakterij;
- sestavljeni (kompozitivni) vzorec: je enovit vzorec, pripravljen s sestavljanjem ali mešanjem števila naključnih vzorcev za posebno (specifično) obdobje, običajno za 24 ur; sestavljeni vzorec, pripravljen ročno ali z opremo za avtomatko vzorčenje, zagotovi informacijo o povprečnih lastnostih vzorca za posebno obdobje; sestavljeni vzorci vključujejo dve vrsti vzorcev: časovno sorazmerne in pretočno sorazmerne vzorce;
- časovno sorazmerni vzorec: za pripravo časovno sorazmernega vzorca mora vzorčevalec zbirati enake volumne vzorca v enakem časovnem obdobju in jih sestavljati; tak vzorec je primeren za procesne tokove, ki niso močno odvisni od pretoka (npr. vsebina aktivnega blata iz prezračevalnika); časovno sorazmerne vzorce lahko zbiramo ročno ali avtomatično; celotni volumen sestavljenega vzorca je odvisen od števila in vrste analiz, ki jih želimo izvesti; za 24-urni sestavljeni vzorec lahko izračunamo pogostnost vzorčenja in volumen vsakega naključnega vzorca;
- pretočno sorazmerni vzorec: zahteva ali različne volumne naključnih vzorcev ali pogostosti vzorčenja, da uravnotežimo končni vzorec v pretočno sorazmerni vzorec glede na pretok, ki ga merimo med vzorčenjem; taki pretočno sorazmerni vzorci

vsebujejo odpadno vodo, enakovredno (ekvivalentno) sestavi realne odpadne vode, ki je tekla med vzorčenjem; pretočno sorazmerni vzorec zahteva točno merjenje pretoka v procesnem toku, kjer se vzorči.

Napake pri vzorčenju odpadnih vod

Pri vzorčenju lahko naredimo vrsto napak, ki vplivajo na končni rezultat analiz oziroma meritev, ki jih opravimo v vzorcih.

Napake lahko naredimo zaradi naslednjih vzrokov:

- nepravilnega vzorčenja (pretok ni konstanten),
- napačno izbranega odvzemnega mesta (kanalizacijski sistem, več izpustov),
- skladiščenja in konzerviranja vzorcev (KPK, BPK<sub>5</sub>, biorazgradljivost),
- analize plinov in komponent, ki hitro razpadejo (O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S itd.) (Roš, 2015, str. 39–41).

## 3 PREDSTAVITEV OBRAVNAVANIH ČISTILNIH NAPRAV

### 3.1 Čistilna naprava Markovci

Občina Markovci je že v letu 2009 imela ob levo obrežnem drenažnem jarku Ptujkega jezera zgrajeno biološko čistilno napravo kapacitete 1.200 PE (populacijskih enot). Ker pa je bila že polno zasedena, ob tem pa se je v občini gradilo še novo kanalizacijsko omrežje, ki se je priključilo na kanalizacijo povezano z obstoječo čistilno napravo, je bilo potrebno napravo razširiti. Nadgradnja se je z razširitvijo s še eno enako biološko linijo čiščenja odpadne vode zaključila v letu 2012.

Na obstoječi čistilni napravi se je komunalna odpadna voda čistila po mehansko-biološkem postopku BIOCOS, vendar z delno aerobno in delno anaerobno stabilizacijo biološkega blata v Imhoffovem usedalniku.

Po razširitvi se tehnologija malenkostno spremeni, in sicer tako, da imamo dve vzporedni biološki liniji po postopku BIOCOS, presežno blato iz obeh linij pa se ne odvaja več v Imhoffov usedalnik, temveč v na novo zgrajen zalogovnik blata. Imhoffov usedalnik služi po novem zgoj za usedanje primarnega blata in ločevanje maščob, ki pritečejo na napravo po kanalizaciji s svežo komunalno odpadno vodo. Skupna kapaciteta čistilne naprave Markovci (ČN Markovci) po nadgradnji je 2.000 PE.

ČN Markovci je zgrajena za čiščenje fekalne odpadne vode za naselja Markovci, Zabovci, Borovci, Prvenci, Strelci, Sobetinci in obrtno cono »Novi jork« (samo komunalne odpadne vode), kjer živi 2.198 prebivalcev.

#### Postopek čiščenja

Po razširitvi obstoječe čistilne naprave je postopek čiščenja sledeč:

- mehansko čiščenje na avtomatskih stopničastih grabljah in v Imhoffovem dvoetažnem usedalniku,
- biološko čiščenje v ozračenih bioloških bazenih z aerobno stabilizacijo blata in usedanjem biološkega blata v usedalno mešanih bazenih po tehnologiji BIOCOS.

Komunalna odpadna voda priteka v črpališče, ki se nahaja nekaj sto metrov pred čistilno napravo, od koder se po tlačnem vodu dolžine 330 m prečrpa na avtomatske stopničaste grablje. Na grabljah se iz odpadne vode izločijo grobi delci, ki se preko kompaktorja transportirajo v kontejner. Odpadna voda z grabelj odteka v Imhoffov usedalnik. V zgornjem delu Imhoffovega usedalnika se iz odpadne vode izločijo grobi usedljivi delci (primarno blato) ter plavajoče snovi (maščobe). Primarno blato se skozi reže na dnu zgornjega dela usedalnika izloča v spodnji del usedalnika (gnilišče) in se tam anaerobno stabilizira.

Maščobe, ki se nabirajo na gladini vode, se zadržijo s pomočjo potopne stene pred iztokom iz usedalnika in se občasno posnamejo.

Bistvena prednost uporabe Imhoffovega dvoetažnega usedalnika je v tem, da priteče v nadaljnje faze čiščenja relativno sveža nepregnita voda, kar omogoča intenzivno biološko razgradnjo.

Tako mehansko prečiščena odpadna voda odteka naprej v razdelilno korito, od koder odteka v biološki del čiščenja, ki ga po razširitvi sestavljata dve vzporedni liniji za biološko čiščenje zasnovani na postopku BIOCOS z aerobno stabilizacijo biološkega blata. Pri BIOCOS tehnologiji je biološki bazen z aktivnim blatom (BB) preko odprtin pri dnu hidravlično povezan s kombiniranim usedalno mešalnim bazenom (UMB), kjer poteka homogenizacija (mešanje) in usedanje. Presežno aerobno stabilizirano biološko blato se iz usedalno mešalnih bazenov prečrpa v nov zalogovnik blata (bazen za skladiščenje presežnega blata).

Fosfor iz odpadne vode odstranjujemo kemično z obarjanjem le-tega z raztopino železovega tri klorida ( $\text{FeCl}_3$ ).

Očiščena voda iz čistilne naprave odteka preko revizijskega jaška v levo obrežni drenažni jarek Ptujskega jezera, v katerega se že pred tem izljuje potoka Grajena in Rogoznica.

## Opis objektov

Komunalna odpadna voda priteka po kanalizaciji v črpališče (slika 2), ki je dislocirano nekaj 100 m pred čistilno napravo. Za prečrpavanje odpadne vode sta instalirani dve potopni centrifugalni črpalčki. Ena črpalčka je delovna, druga je rezervna. Delovna in rezervna črpalčka se tedensko menjata. Obratovanje črpališča je avtomatsko in se regulira z nivojskimi stikali. Poleg tega je v črpališču vgrajeno plovno stikalo, ki signalizira visok nivo odpadne vode v primeru izrednih razmer v črpališču.

Črpalčki sta instalirani na betonskih podstavkih, samo črpališče in dno črpališča sta izvedena tako, da je omogočeno usedanje grobih delcev. Usedline v črpališču se odstranijo štirikrat letno z vakumsko cisterno.



Slika 2: Črpališče  
(foto: Ž. Bezjak, 2018)

Stopničaste avtomatske grablje (slika 3) so namenjene odstranjevanju trdnih odpadkov iz odpadne vode. Grablje so sestavljene iz dvojnih stopnic, od katerih so prve stabilne in druge gibljive. Gibljive stopnice transportirajo ograbke preko stabilnih stopnic v kompaktor, ki je namenjen za pranje, kompaktiranje (stiskanje) in s tem dehidriranje ograbkov ter njihov transport v kontejner.





Slika 3: Stopničaste avtomatske grablje  
(foto: Ž. Bezjak, 2018)

V prostoru grabelj je nameščena dozirna posoda z mešalom za izločanje fosforja z obarjanjem z  $\text{FeCl}_3$  (železovim (III) kloridom). Obarjeni železovi fosfati se usedajo skupaj z biološkim blatom v usedalno mešalnem bazenu ter se skupaj s presežnim blatom prečrpajo v zalogovnik.

Imhoffov usedalnik (slika 4) je naprava, ki služi istočasno usedanju in gnitju blata. Zgornji del služi kot usedalnik, spodnji del pa kot gnilišče. Prednost Imhoffovega usedalnika pred greznico je ta, da je zaradi krajšega zadrževalnega časa v zgornjem predelu iztok iz usedalnika svež.

Dno usedalnika je oblikovano tako, da usedlo blato zdrsne v gnilišče. Potreben naklon dna je 1,5 : 1. Na stikih so reže, skozi katere blato zdrsne v gnilišče. Reže so oblikovane tako, da dvigajoči se plinski mehurčki ne morejo v usedalnik. Pred iztokom iz usedalnika je potopna stena, ki zadrži plavajoče gošče (predvsem maščobe), ki se s časom tudi usedajo v gnilišče.

V spodnjem delu Imhoffovega usedalnika (gnilišču) poteka anaerobno gnitje blata. Blato iz gnilišča odstranjujemo najmanj štirikrat letno, vendar ne več kot polovico blata.

Preko Imhoffovega usedalnika je nameščen podest, na katerem stojijo vzdrževalci, ko odstranjujejo maščobe in ko se s pomočjo stabilnega dvigala v sredino Imhoffovega usedalnika potopi centrifugalna potopna črpalka, s katero se ob potrebnem praznjenju po odstranitvi plavajočih maščob bistri del odpadne vode prečrpa v biološki bazen.



Slika 4: Imhoffov dvoetažni usedalnik  
(foto: Ž. Bezjak, 2018)

### Opis tehnologije BIOCOS

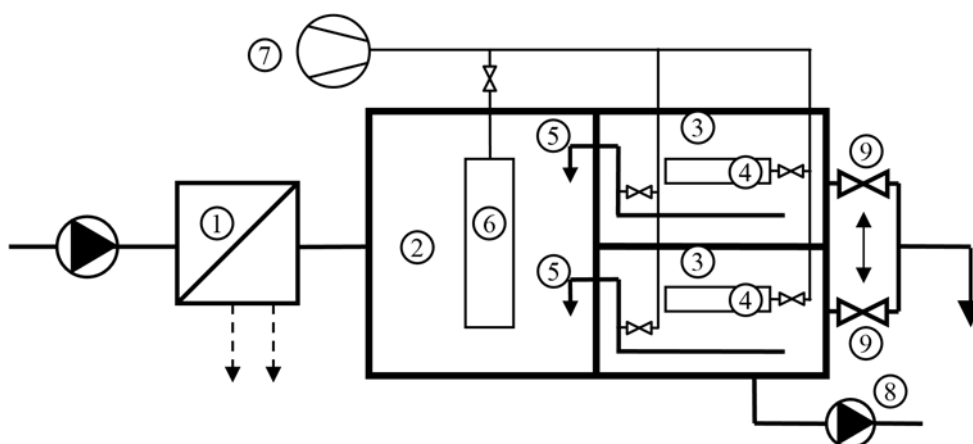
BIOCOS postopek za čiščenje komunalne odpadne vode je razvil prof. dr. ing. K. Ingerle, vodja Inštituta za okoljske tehnologije pri Univerzi Innsbruck.

Postopek temelji na poenostavitvi biološke stopnje čiščenja in zmanjšanja investicijskih in obratovalnih stroškov.

Tehnologija je patentirana pod imenom BIOCOS - **BIOLOGICAL COMBINED SYSTEM**.

Pri BIOCOS tehnologiji (slika 5) je biološki bazen z aktivnim blatom (BB) preko odprtin pri dnu hidravlično povezan s kombiniranim usedalno mešalnim bazenom (UMB), kjer poteka homogenizacija (mešanje) in usedanje.

Biološki bazen se ne razlikuje od konvencionalnega bazena z aktivnim blatom, naknadni usedalnik pa se nadomesti z UMB, katera funkcija in oprema se razlikuje od konvencionalnih naknadnih usedalnikov.



Slika 5: BIOCOS - postopek (tloris)  
(Vir: Tehnološki načrt, Markovci, 2012)

- 1 Mehansko predčiščenje
- 2 Biološki bazen z aktivnim blatom (BB)
- 3 Usedalno mešalni bazen (UMB)
- 4 Homogeniziranje (mešanje) s komprimiranim zrakom
- 5 Povratno blato
- 6 Prezračevalni elementi
- 7 Puhalo
- 8 Odvzem odvečnega blata
- 9 Iztok

Usedalno mešalna bazena sta vodena ciklično s 150 minutnim ciklusom, pri čemer odjem očiščene vode iz vsakega usedalno mešalnega bazena predstavlja polovico cikla, tako da je omogočen konstanten pretok odpadne vode. Med ciklom si v bazenu časovno zaporedno sledijo različne faze (vračanje blata, mešanje, usedanje, odvzem), podobno kot pri SBR postopku.

Pri teh obratovalnih pogojih imamo lahko v usedalno mešalnem bazenu višjo koncentracijo aktivnega blata in tako se v fazi mirovanja tvorijo usedajoče flokule – večji kosmi blata, ki zagotavljajo dobro ločevanje očiščene vode od aktivnega blata. Dodatno poteka v tem bazenu endogena denitrifikacija, (tako da se zniža vrednost dušikovih spojin v iztoku) KPK vrednost in tudi delno biološko odstranjevanje fosforja.

Pri tem postopku se povratno blato prečrpava z mamut črpalko, odvečno blato pa se prečrpava s centrifugalno potopno črpalko z nizkim obrati rotorja.

Z grobo zrnatimi prezračevalnimi elementi se homogenizira (meša) zgoščeno blato in preostanek prečiščene vode v usedalno mešalnem bazenu. Vgrajeni enostavni prezračevalni elementi znižajo investicijske stroške in porabo energije kot tudi vzdrževalne stroške.

Inštalirana puhala zagotavljajo potrebno količino zraka v biološkem bazenu (BB) in usedalno mešalnem bazenu (UMB). V času, ko puhala dovajajo zrak v usedalno mešalni bazen, se v biološkem bazenu vzpostavijo anoksični pogoji, tako da poteče denitrifikacija. Vodenje procesa teče ciklično odvisno od posamezne faze procesa.

Opis posameznih faz v usedalno mešalnem bazen (slika 6)

### **Faza vračanja blata »V«**

Zgoščeno blato, ki je nastalo v predhodnih fazah U (usedanja) in P (praznjenja) se z dna usedalno-mešalnega bazena prečrpava v biološki bazen. Izpodrinjena odpadna voda iz biološkega bazena pa preko odprtine odteka v usedalno mešalni bazen.

### **Faza mešanja »M«**

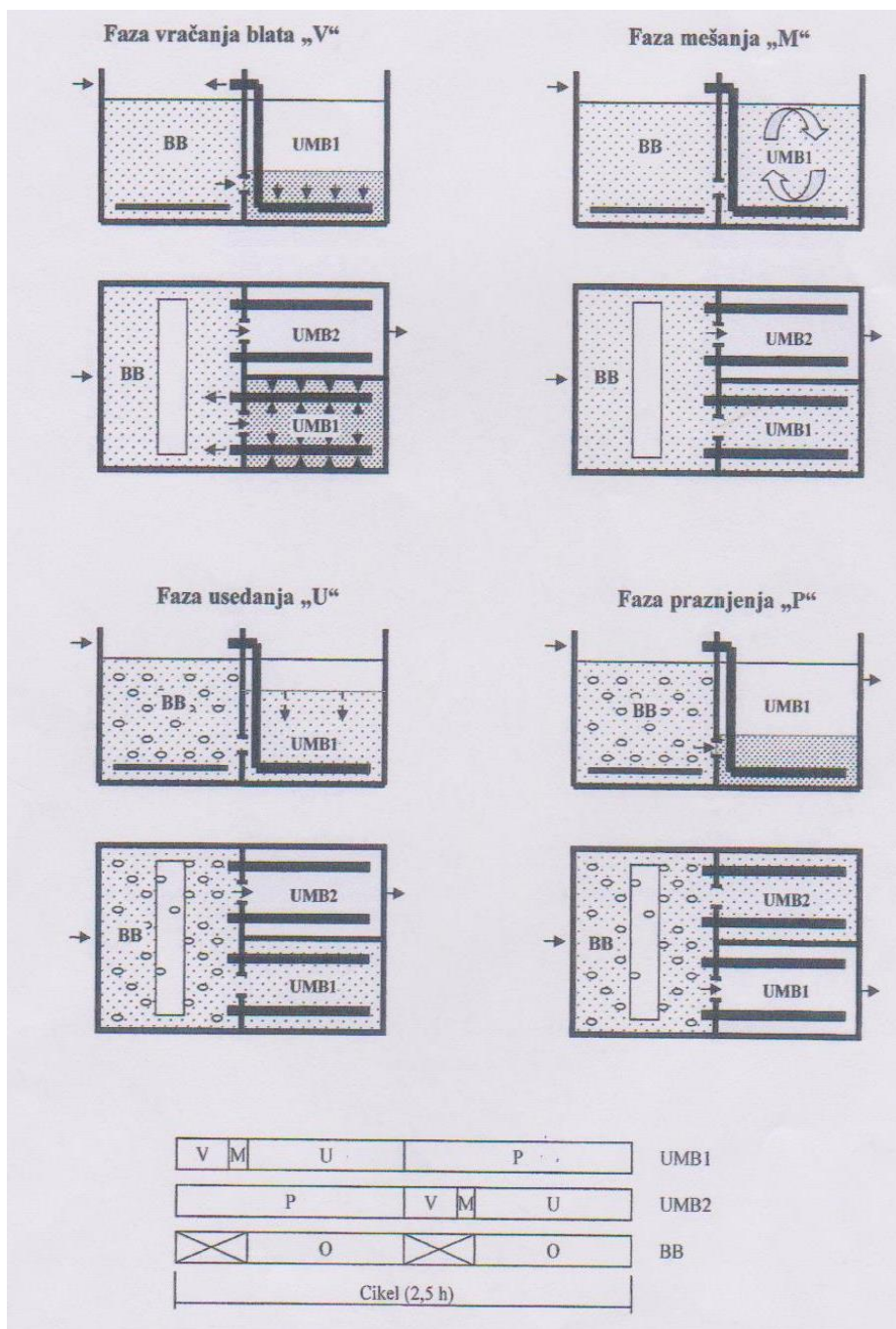
V tej fazi, ki traja le nekaj minut, se blato, ki je ostalo v usedalno mešalnem bazenu, premeša in homogenizira z odpadno vodo, ki je pritekla iz biološkega bazena.

### **Faza usedanja »U«**

Premešano blato tvori flokule (kosme), ki se počasi usedajo na dno bazena, plavajoči deli se združujejo in tako dobimo plast prečiščene vode.

### **Faza praznjenja »P«**

Prečiščena voda odteka iz usedalno mešalnega bazena, medtem ko se blato še zgoščuje. Količina prečiščene vode, ki je iztekla iz usedalno mešalnega bazena se nadomesti z mešanico blata in odpadne vode iz biološkega bazena.



Slika 6: Faze BIOCOS sistema  
(Vir: Tehnološki načrt, Markovci, 2012)

Zalogovnik blata (slika 7) je namenjen shranjevanju odvečnega blata, izveden je tudi kot zgoščevalec, saj ima potopljen izpust, ki omogoča iztok zgornje plasti čistejše vode v biološka bazena in nazaj v proces čiščenja.

Preko zalogovnika blata je postavljen pohodni podest, iz katerega se s pomočjo stabilnega dvigala v sredino zalogovnika blata potopi centrifugalna potopna črpalka, s katero se ob praznjenju po odstranitvi plavajočega blata bistri del odpadne vode prečrpa v biološka bazena.

Delno zgoščeno in aerobno stabilizirano biološko blato se občasno odpelje na večjo Centralno čistilno napravo na Ptuj (v nadaljevanju CČN), kjer se pomeša s presežnim blatom iz drugih manjših ČN v upravljanju Komunalnega podjetja d.d. Ptuj in blatom nastalim na CČN Ptuj, kjer se dehidrira v dveh centrifugah. Dobljeno dehidrirano blato na CČN Ptuj prevzame podjetje CEP d.o.o., ki je bilo leta 2018 izbrano z javnim razpisom za prevzem blata. Kot podizvajalec CEP-a v tem razpisu sodeluje Surovina d.d., z njo pa kompostarna Kogal iz Ceršaka.



Slika 7: Zalogovnik blata  
(foto: Ž. Bezjak, 2018)

### 3.2 Čistilna naprava Formin

Čistilna naprava Formin (slika 8) je mehansko biološka čistilna naprava zmogljivosti 4.000 PE. Zasnovana je kot sekvenčna (SBR – Sequencing Batch Reactor) naprava, kjer čiščenje odpadne vode poteka s pomočjo aktivnega (biološkega) blata v suspenziji z aerobno stabilizacijo blata (podaljšane aeracije) in dodatnim kemijskim izločanjem fosforja. Izveden je sistem z dvema sekvenčnima bazenoma. Čistilna naprava Formin (ČN Formin) je locirana ob iztočnem kanalu HE Formin. Prečiščene odpadne vode se iz čistilne naprave iztekajo v odvodni kanal HE Formin. ČN Formin je začela obratovati v letu 2015.

ČN Formin je zgrajena za namen čiščenja fekalne odpadne vode za naselja Bukovci, Stojnci in Nova vas pri Markovci (v izgradnji) v občini Markovci in naselja Muretinci, Mala vas, Gajevci, Placerovci, Zagojiči, Formin v občini Gorišnica, kjer živi 3.876 prebivalcev.

Lastnika kanalizacijskega sistema zaključenega v ČN Formin sta po teritorialnem načelu Občina Markovci in Občina Gorišnica; ČN Formin imata v lasti vsaka polovico. Z obravnavanim kanalizacijskim sistemom in ČN Formin upravlja Komunalno podjetje Ptuj, ki v okviru gospodarske javne službe odvajanja in čiščenja odpadne vode izvaja tudi vzdrževanje in skrbi za optimalno obratovanje.



Slika 8: ČN Formin  
(foto: Ž. Bezjak, 2018)

### Opis tehnologije čiščenja

Postopek čiščenja je sledeč:

- mehansko čiščenje na kombinirani enoti za mehansko predčiščenje (rotacijsko sito, ozračen peskolov in maščobnik),
- biološko čiščenje pa v ozračenih bioloških bazenih po tehnologiji SBR.

Komunalna odpadna voda iz dveh ločenih črpališč na kanalizaciji po tlačnih vodih priteka v zadrževalnik, od koder gravitacijsko odteka na kombinirano enoto. V njej se iz odpadne vode odstranijo mehanske nečistoče, pesek in plavajoče snovi – maščobe. Izločene nečistoče se perejo, kompaktirajo in transportirajo v kontejnerje. Voda iz kombinirane enote odteka v razdelilni objekt.

Iz razdelilnega objekta voda izmenično odteka v SBR reaktorja. SBR reaktor (sequence batch reactor – zaporedni saržni reaktor) je bazen, v katerem zaporedno potekajo sledeče operacije: polnjenje bazena ob istočasnem aerobnem/ anaerobnem čiščenju, biološko aerobno čiščenje, usedanje blata, dekantiranje (iztok) čiste vode in črpanje odvečnega blata v zalogovnik. SBR reaktorja delujeta izmenično tako, da je dotok na čistilno napravo kontinuiran.

Fosfor iz odpadne vode dodatno odstranjujejo kemično z obarjanjem le-tega z železovim (III) kloridom.

Odvečno blato se zbira v zalogovniku blata, ki deluje tudi kot zgoščevalec blata, od koder se črpa na strojno dehidracijo blata. Dehidrirano blato odvaža podjetje s koncesijo.

Očiščena voda iz čistilne naprave v intervalih odteka preko revizijskega jaška z merilcem pretoka in UV dezinfekcije v odvodni kanal Hidroelektrarne Formin.

Na čistilni napravi je izvedena tudi postaja za sprejem vsebin greznic in blata iz malih čistilnih naprav.

## Opis objektov

Mehansko predčiščenje odpadne vode se izvaja na kombinirani enoti, ki je sestavljena iz rotacijskega sita, ozračenega peskolova in transporterja za izločanje maščob. Na situ se izločijo mehanske nečistoče, ki se kompaktirajo, operejo in transportirajo v kontejner. V ozračenem peskolovu se iz odpadne vode izloči pesek, ki se odvede v klasifikator peska, kjer se opere in transportira v kontejner. V ozračenem peskolovu se iz odpadne vode izločijo tudi plavajoče snovi (maščobe), ki se odložijo v kontejner.

Kombinirana enota je nameščena v servisnem delu servisno upravne stavbe.

Razdelilni objekt je jašek z dvema odvodoma, namenjen je za distribucijo vode v SBR1 in SBR2, na katerih sta nameščena dva elektromotorna ventila. Z njima izmenično usmerjamo dovod odpadne vode v bazen SBR 1 oziroma bazen SBR 2, odvisno od cikla reaktorjev. V razdelilnem jašku sta pod vrhom izvedeni dve odprtini, preko katerih se v primeru dotoka nenormalno velikih količin odpadne vode na čistilno napravo le-ta prelivala v SBR bazena in preko njiju v iztok.

## Opis tehnologije SBR

SBR reaktor (slika 9) je bazen, v katerem zaporedno potekajo sledeče operacije:

- faza polnjenja reaktorja z mešanjem brez aeracije,
- faza polnjenja reaktorja z aeracijo brez mešanja,
- faza usedanja biološkega blata,
- faza dekantiranja (iztok) očiščene vode, v kateri se črpa tudi odvečno blato.

Za potrebe biološkega čiščenja izmenično obratujeta dva SBR reaktorja, tako da je dotok na čistilno napravo kontinuiran.

Celoten čas enega cikla traja 6 ur, od tega traja polnjenje bazena 3 ure, usedanje biološkega blata traja 2 uri, dekantiranje očiščene vode (praznjenje) traja 1 uro, v času praznjenja se izčrpa tudi odvečno biološko blato. V SBR reaktorju se v vsakem ciklu izmenja cca 25 % volumna odpadne vode.



Slika 9: SBR bazena  
(foto: Ž. Bezjak, 2018)



### **Faza polnjenja brez aeracije**

V SBR je vedno cca. 75 % volumna odpadne vode. V fazi polnjenja v SBR reaktor doteka odpadna voda. V začetnem času faze polnjenja se odpadna voda ne aerira, ampak samo meša. Čas polnjenja SBR bazena brez aeracije je odvisen od stopnje denitrifikacije odpadne vode, ki jo želimo doseči, običajno pa traja cca. 30 minut. V anoksični fazi se predhodno nastali nitrat reducira v elementarni dušik, ki se kot plin izloča v atmosfero. Ob denitrifikaciji pride do delne redukcije parametrov KPK in BPK<sub>5</sub>. Mešanje odpadne vode v SBR reaktorju v času denitrifikacije poteka s pomočjo potopnega mešala.

### **Faza polnjenja z aeracijo brez mešanja**

Po določenem času polnjenja SBR bazena se odpadno vodo aerira in v reaktorju sprožimo aerobne biološke procese in nitrifikacijo odpadne vode. Pri aerobni biološki razgradnji poteka v glavnem razgradnja organsko vezanega ogljika in nitrifikacija amonijevega dušika s pomočjo kisika iz vpihovanega zraka do nitratnega dušika. Ob aerobnih bioloških procesih nastaja biomasa. Biomasa nastaja tudi pri razgradnji amonijevega in organsko vezanega dušika. Faza aeracije in nitrifikacije tekom cikla traja cca. 90 do 120 minut. Kisik v odpadno vodo dovajamo s komprimiranim zrakom, ki ga v vodo vnašamo v obliki finih mehurčkov s pomočjo membranskih aeracijskih elementov. Komprimiran zrak zagotavljamo s pomočjo brezoljnih rotacijskih pihal.

Fazo polnjenja brez aeracije in polnjenja z aeracijo lahko izvajamo ciklično, in sicer v odvisnosti od stopnje denitrifikacije odpadne vode, ki jo želimo doseči.

### **Faza usedanja biološkega blata**

Po končanem polnjenju in aerobno anaerobnem biološkem čiščenju oz. končani aeraciji se prične faza usedanja aktivnega biološkega blata. V tej fazi se aktivno biološko blato loči od očiščene vode in usede na dno SBR bazena. Faza usedanja traja 120 minut.

### **Faza dekantiranja (izpusta) očiščene vode ter črpanja odvečnega blata**

Po končanem usedanju se najprej izčrpa odvečno blato s pomočjo potopne centrifugalne črpalke v zalogovnik blata. Črpanje odvečnega blata traja nekaj minut. Hkrati s črpanjem odvečnega blata se prične tudi dekantacija (izpustom) očiščene vode preko » plavajočega izpusta«. Izpust očiščene vode se izvaja tako, da ne odteče vrhnja plast očiščene vode, v kateri se lahko nahajajo plavajoče snovi. Po končanem izpustu odpadne vode se » plavajoči izpust« dvigne, s čimer se prepreči nekontrolirano odtekanje odpadne vode iz SBR bazena.

Vsak SBR bazen je opremljen z meritvijo nivoja vode v bazenu in meritvijo koncentracije kisika.

Celotni postopek čiščenja poteka v avtomatskem režimu, in sicer v odvisnosti od nastavljenih časovnih intervalov za posamezne faze in v odvisnosti od meritev, ki se izvajajo v procesu čiščenja. Očiščena voda iz čistilne naprave v intervalih odteka skozi iztočni jašek.

Fosfor se iz odpadne vode ne da v celoti izločiti z biološkim postopkom, zato ga izločamo tudi s kemičnim postopkom z obarjanjem z (FeCl<sub>3</sub>) železovim (III) kloridom. Oborjeni železovi fosfati se bodo usedli skupaj z biološkim blatom v SBR bazenu (Tehnološki načrt, Formin, 2015).

Zalogovnik blata (slika 10) je namenjen shranjevanju odvečnega blata. Zalogovnik blata je izveden tudi kot zgoščevalac, saj ima zalogovnik potopljen izpust, ki omogoča iztok zgornje plasti čistejšee vode nazaj v proces čiščenja. Izpust zgornje plasti vode se regulira z

elektromotornim ventilom, ki se odpira s programom nastavljenih časovnih intervalih. Pod vrhom zalogovnika je izveden varnostni preliv. Mešanje blata v zalogovniku blata je izvedeno s potopnim mešalom, ki se vključi pred črpanjem blata na strojno dehidracijo. Delno zgoščeno in aerobno stabilizirano biološko blato se strojno dehidrira.



Slika 10: Zalogovnik blata  
(foto: Ž. Bezjak, 2018)

Za strojno dehidracijo blata je vgrajena centrifuga – dekanter (slika 11). Zgoščeno blato se prečrpa na centrifugo, kjer se blato dehidrira. Za boljšo dehidracijo blata se pred centrifugo v blato dozira flokulant – polielektrolit, ki se pripravi v posodi za pripravo polielektrolita. Dehidrirano blato z 2–25 % suhe snovi se transportira v kontejner. Tekoči del od dehidracije blata odteka v zbirni bazen postaje za sprejem blata iz greznic in malih čistilnih naprav, od koder se potem skupaj z zbrano odpadno vodo prečrpa na biološki del čistilne naprave. Odvišno (presežno blato) se z avtocisternami odvaža na CČN Ptuj, tam se pomeša s presežnim blatom in dehidrira v dveh centrifugah. Na CČN Ptuj dobljeno dehidrirano blato prevzame podjetje CEP d.o.o., ki je bilo v letu 2018 izbrano z javnim razpisom za prevzem blata. Kot podizvajalec v tem razpisu sodeluje Surovina d.d., z njo pa kompostarna Kogal iz Ceršaka.

Postaja za strojno dehidracijo blata je nameščena v servisnem delu servisno upravnega objekta. Priprava polielektrolita in črpalka blata sta nameščena na tleh, centrifuga pa na podestu.



Slika 11: Centrifuga- dekanter s postajo za pripravo raztopine polielektrolita  
(foto: Ž. Bezjak, 2018)

Postaja za sprejem blata iz greznic in malih čistilnih naprav (slika 12) je kompaktna naprava, ki je v bistvu sestavljena iz posode iz nerjavečega jekla, v kateri je nameščeno rotacijsko sito. Blato se iz vakuumske cisterne preko priključka spusti na napravo. Blato odteka preko rotacijskega sita z odprtini 6 mm, kjer se izločijo grobi delci, ki se transportirajo v kontejner. Odpadna voda s sita odteka v zbirni bazen. Zbrana odpadna voda se iz zbirnega bazena v času manjšega dotoka na ČN po posebnem programu prečrpa na biološki del čistilne naprave. V zbirnem bazenu je nameščeno elektromotorno potopno mešalo, s katerim zmešamo vsebino pred črpanjem.

Postaja za sprejem blata iz greznic in malih čistilnih naprav je nameščena v servisnem delu servisno upravnega objekta, zbirni bazen pa je vkopan pod servisnim delom.

Postaja za sprejem blata iz greznic in malih čistilnih naprav služi kot rezervni sistem za mehansko čiščenje surove odpadne vode v primeru prevelikega dotoka le-te na čistilno napravo.



Slika 12: Naprava za sprejem blata iz greznic in MKČN (foto: Ž. Bezjak, 2018)

### 3.3 Učinek čiščenja

Učinek čiščenja je razmerje, ki je izraženo v %, med količino snovi izločeno pri čiščenju odpadne vode in količino te snovi v odpadni vodi pred njenim čiščenjem na čistilni napravi (Uredba o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne vode, Ur. l. RS št 98/15, 76/17).

Izračuna se po (1.1).

$$\eta = \left( \frac{C_v - C_i}{C_v} \right) \cdot 100(\%) \quad (1.1)$$

kjer je:

$\eta$  – učinkovitost čiščenja v %,

$C_v$  – masna koncentracija snovi na vtoku v mg/l,

$C_i$  – masna koncentracija snovi na iztoku v mg/l.

Učinek čiščenja je odvisen od iztoka vode, kar pomeni, manjši kot je iztok, večji je učinek čiščenja v odstotkih. Učinek čiščenja čistilnih naprav velikosti ČN Markovci in ČN Formin mora dosegati mejne vrednosti za vrednostni razred od 2.000 do 10.000 PE, pri čemer meritve izvaja akreditirani izvajalec Komunalno podjetje Ptuj d.d.

Učinkovitost čiščenja sem prikazal za naslednje parametre:

- KPK in BPK<sub>5</sub>, ki podata informacije o učinkovitosti čiščenja organskih snovi;
- celotni fosfor (P), ki poda učinkovitost čiščenja celotnega fosforja;
- celotni dušik (N) je vsota dušika po Kjeldahlu (organski in amonijev dušik), nitritni in nitratni dušik, ki poda učinkovitost celotnega dušika.

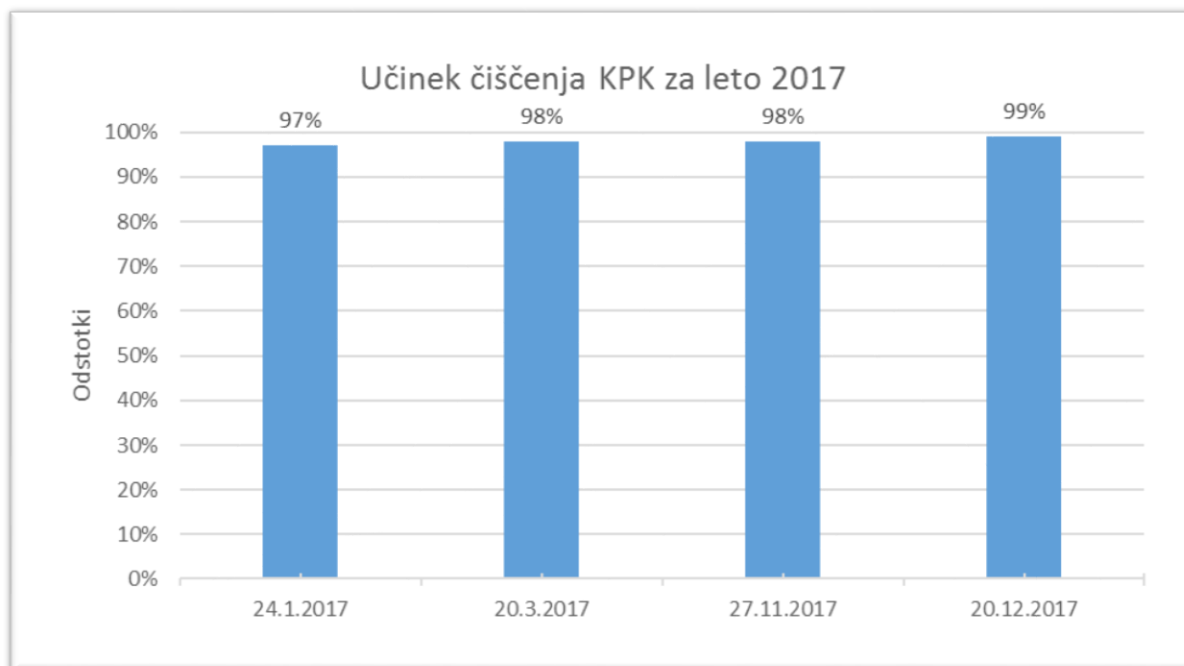
### **Prikaz rezultatov učinkov čiščenja na ČN Markovci**

V letu 2017 se je na ČN Markovci očistilo 72.470 m<sup>3</sup> komunalne odpadne vode. Izvedli smo štiri meritve vzorčenja, kar je v skladu z Preglednico 3 Pravilnika o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu odpadnih voda (Ur. l. RS št. 94/14 in 98/15) s časom vzorčenja 24 ur. Rezultati meritev, ki smo jih pridobili v okviru izvedbe obratovalnih monitoringov so prikazani v spodnjih preglednicah (preglednica 4, preglednica 5).

Preglednica 4: Učinek čiščenja KPK in BPK<sub>5</sub> za leto 2017  
(povzeto iz Poročila o obratovalnem monitoringu odpadnih vod za leto 2017 na ČN Markovci)

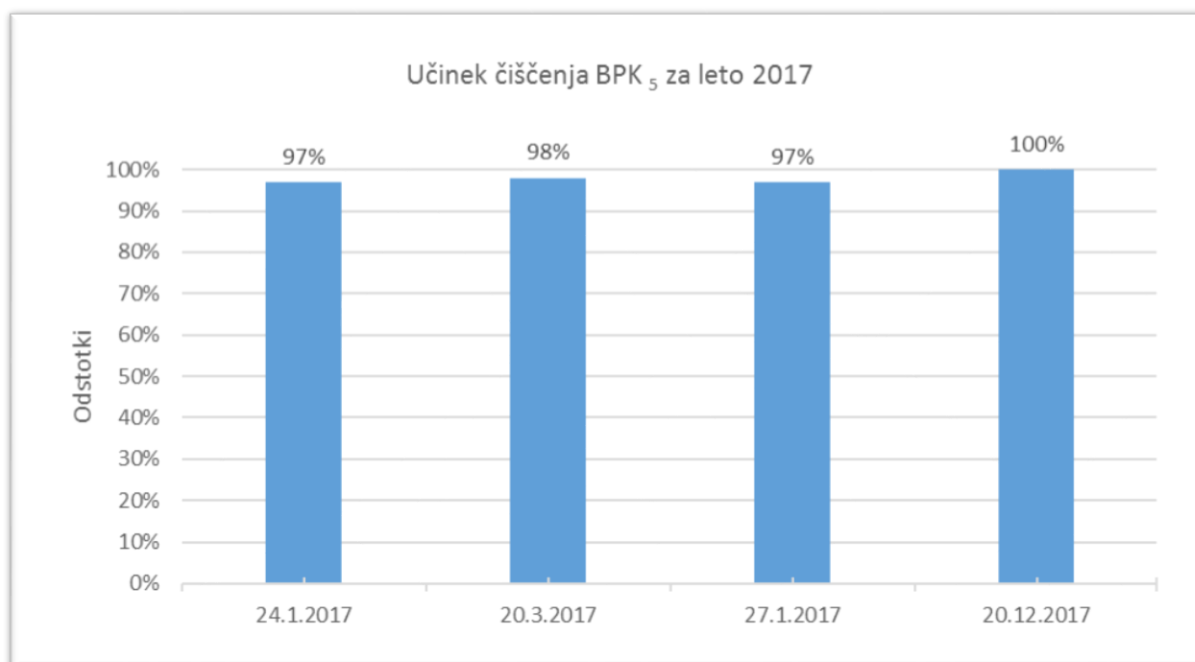
Datum	KPK [mg/l]		Učinek čiščenja KPK	BPK <sub>5</sub> [mg/l]		Učinek čiščenja BPK <sub>5</sub>
	vtok	Iztok	%	vtok	iztok	%
24.01.2017	952	31,4	97	510	15,9	97
20.03.2017	1201	24,1	98	556	13,5	98
27.11.2017	820	19,3	98	437	14,7	97
20.12.2017	1163	16,3	99	637	LOD	100
<b>Povprečje</b>	<b>1034</b>	<b>22</b>	<b>97,84</b>	<b>535</b>	<b>11</b>	<b>97,93</b>

(Vir: Komunalno podjetje Ptuj, 2018)



Graf 1: Učinek čiščenja KPK na ČN Markovci za leto 2017

Iz grafa 1 je razvidno, da je učinek čiščenja po parametru KPK nad 97 %.



Graf 2: Učinek čiščenja BPK<sub>5</sub> na ČN Markovci za leto 2017

Iz grafa 2 je razvidno, da so bile petdnevne meritve biokemijske potrebe po kisiku (BPK<sub>5</sub>) zelo visoke, izjema je bila meritev 20.12.2017, ko je bila mejna vrednost pri iztoku najnižja koncentracija komponente (BPK<sub>5</sub>), ki jo lahko določimo v vzorcu (LOD), učinek čiščenja pa je 100-odstoten.

Preglednica 5: Učinek čiščenja TP in TN na ČN Markovci za leto 2017  
(povzeto iz Poročila o obratovalnem monitoringu za leto 2017 na ČN Markovci)

Datum	TP [mg/l]		Učinek čiščenja	TN [mg/l]		Učinek čiščenja
	vtok	iztok	%	vtok	iztok	%
24.01.2017	13,1	1,9	85	114	12,00	89
20.03.2017	12,3	1,04	92	117	3,12	97
27.11.2017	9,99	0,99	90	97,9	6,05	94
20.12.2017	12,1	1,84	85	110	8,18	93
<b>Povprečje</b>	<b>11,87</b>	<b>1,45</b>	<b>87,78</b>	<b>109,73</b>	<b>7,32</b>	<b>93,32</b>

(Vir: Komunalno podjetje Ptuj, 2018)



Graf 3: Učinek čiščenja TP na ČN Markovci za leto 2017

Učinke čiščenja celotnega fosforja (TP) prikazuje graf 3, iz katerega je razvidno, da je bil 11.1. 2017 najslabši učinek 85 %, kar je vse nad določeno mejno vrednostjo, ki jo predpisuje Uredba o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne vode in znaša 80 % (preglednica 2), najboljši pa 92 %.



Graf 4: Učinek čiščenja TN na ČN Markovci za leto 2017

Najslabši učinek čiščenja celotnega dušika (graf 4) je bil dosežen 11.1. 2017. Zaradi izredno visoke vrednosti celotnega dušika na iztoku je znašal 89 %, kar pa je še vedno nad določeno mejno vrednostjo, ki jo določa Uredba o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne vode, ki znaša 15 mg/L (učinek čiščenja 70 %). Najboljši učinek čiščenja celotnega dušika je bil dosežen 3.5.2018 – 97 %.

### **Prikaz rezultatov učinkov čiščenja na ČN Formin**

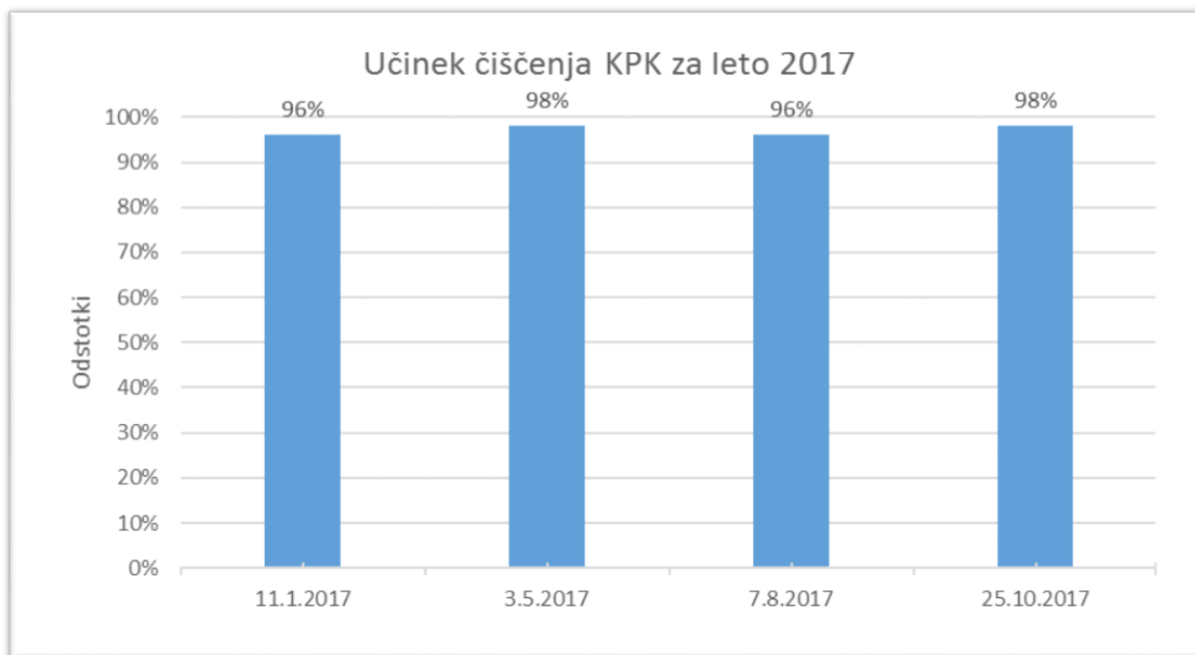
V letu 2017 se je na ČN Formin čistilo 91.657 m<sup>3</sup> komunalne odpadne vode. Izvedli smo štiri meritve vzorčenja, kar je v skladu z Preglednico 3 Pravilnika o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu odpadnih voda (Ur. l. RS št. 94/14, 98/15) s časom vzorčenja 24 ur. Na ČN Formin se v opazovanem obdobju v okviru obratovalnega monitoringa ni merilo vrednosti celotnega fosforja, ker v Okoljevarstvenem dovoljenju (OVD) ni določeno merjenje. Vsebinsko Okoljevarstvenega dovoljenja določijo na Ministrstvu za okolje in prostor (ARSO).

Rezultati meritev, ki smo jih pridobili v okviru izvedbe obratovalnih monitoringov so prikazani v spodnjih preglednicah (preglednica 6, preglednica 7).

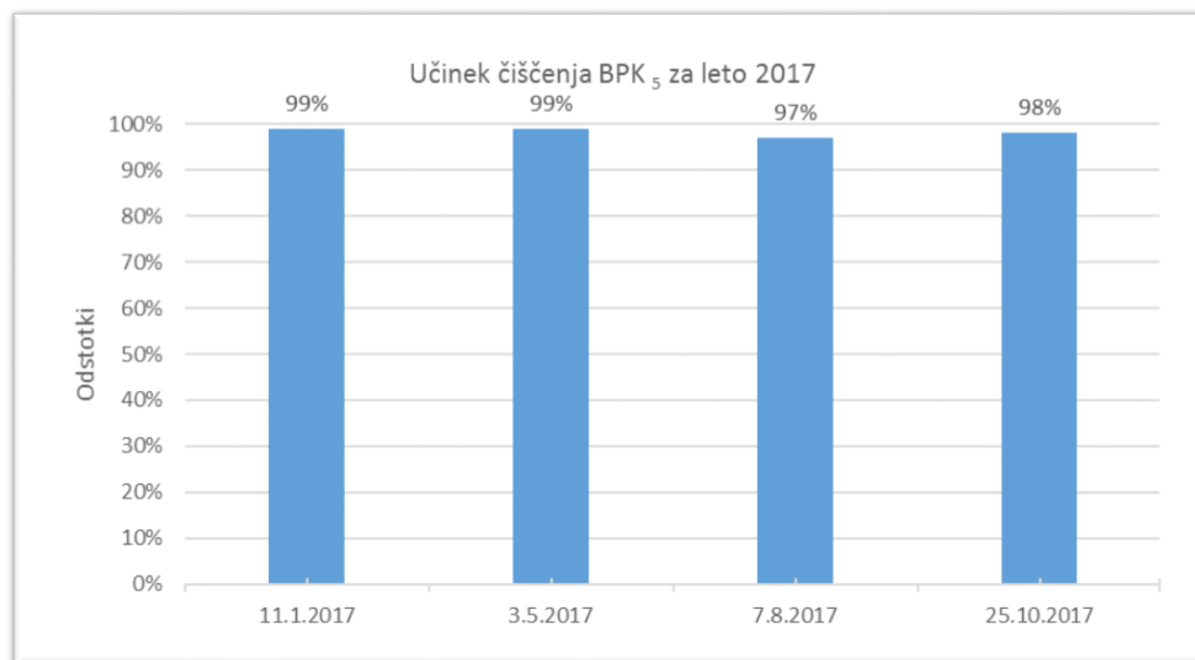
Preglednica 6: Učinek čiščenja KPK in BPK<sub>5</sub> za leto 2017  
(povzeto iz Poročila o obratovalnem monitoringu za leto 2017 na ČN Formin)

Datum	KPK [mg/l]		Učinek čiščenja KPK %	BPK <sub>5</sub> [mg/l]		Učinek čiščenja BPK <sub>5</sub> %
	vtok	iztok		vtok	iztok	
11.01.2017	1039	39,9	96	600	9	99
03.05.2017	1275	23,5	98	628	9	99
07.08.2017	715	25,8	96	378	12,8	97
25.10.2017	804	18	98	468	10	98
<b>Povprečje</b>	<b>958</b>	<b>26</b>	<b>97,11</b>	<b>519</b>	<b>10</b>	<b>98.02</b>

(Vir: Komunalno podjetje Ptuj, 2018)



Graf 5: Učinek čiščenja KPK na ČN Formin za leto 2017



Graf 6: Učinek čiščenja BPK<sub>5</sub> na ČN Formin za leto 2017



Preglednica 7: Učinek čiščenja TP in TN na ČN Formin za leto 2017  
(povzeto iz Poročila o obratovalnem monitoringu za leto 2017 na ČN Formin)

Datum	TP [mg/l]		Učinek čiščenja %	TN [mg/l]		Učinek čiščenja %
	vtok	iztok		vtok	iztok	
11.01.2017	/	/	/	132	11,4	91
03.05.2017	/	/	/	136	2,31	98
07.08.2017	/	/	/	85,6	3,29	96
25.10.2017	/	/	/	99,4	2,29	98
<b>Povprečje</b>	<b>/</b>	<b>/</b>	<b>/</b>	<b>113,25</b>	<b>4,82</b>	<b>95,74</b>

(Vir: Komunalno podjetje Ptuj, 2018)



Graf 7: Učinek čiščenja TN na ČN Formin za leto 2017

Povprečni letni učinek čiščenja KPK in BPK<sub>5</sub> v 2017 (preglednica 7) je nad mejnimi vrednostmi, ki so predpisane v Uredbi o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne vode (Uradni list RS, št. 98/15, 76/17) od 97,11 % na ČN Formin do 97,84 % na ČN Markovci za parameter KPK in za parameter BPK<sub>5</sub> pa od 97,93 % na ČN Markovci do 98,02 % na ČN Formin, s čimer se zagotavlja minimalna obremenjenost okolja. Učinek povprečne vrednosti KPK in BPK<sub>5</sub> na letni ravni za ČN Markovci je manjši za manj kot 1 %, kot je na ČN Formin, kar ne predstavlja bistvenega odstopanja. Razloge lahko iščemo v nihanju temperature okolice in vode, v večji ali manjši porabi vode v gospodinjstvih in vrsti prisotnih mikroorganizmov.

Preglednica 8: Povprečni učinek čiščenja KPK in BPK<sub>5</sub> na ČN Markovci in ČN Formin za leto 2017

Čistilna naprava	KPK 2017	BPK <sub>5</sub> 2017
ČN Markovci	97,84 %	97,93 %
ČN Formin	97,11 %	98,02 %

(Vir: Komunalno podjetje Ptuj, 2018)

Povprečni letni učinki celotnega fosforja in celotnega dušika za leto 2017 (preglednica 9) so nad mejnimi vrednostmi, ki jih predpisuje Uredba o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne vode iz komunalnih čistilnih naprav (Preglednica 2) z zmogljivostjo med 2.000 in 10.000 PE. Tako za celotni fosfor določa mejno vrednost 80 %, za celotni dušik pa mejno vrednost 70 %. Na ČN Markovci znaša učinek celotnega fosforja 87,78 %, medtem ko za ČN Formin ni podatka. Učinkovitost čiščenja odpadne vode glede na odstranjevanje celotnega dušika je v povprečju 93,32 % na ČN Markovci in 95,74 % na ČN Formin. Eden izmed faktorjev, ki ugodno vpliva na proces odstranjevanja dušika (denitrifikacija) je razmerje med celotnim dušikom in BPK<sub>5</sub> na vtoku. Za tipične komunalne odpadne vode je običajno razmerje do 0,2 (Baželj in Pipuš, 2004, str. 86–95).

Preglednica 9: Povprečni učinek čiščenja TP in TN ČN Markovci in ČN Formin za leto 2017

Čistilna naprava	TP 2017	TN 2017
ČN Markovci	87,78 %	93,32 %
ČN Formin	/	95,74 %

(Vir: Komunalno podjetje Ptuj, 2018)

## 4 METODE DELA

Diplomska naloga je sestavljena iz teoretičnega in empiričnega dela. Metode dela v diplomski nalogi so:

- študij domače literature,
- obdelava in prikaz podatkov.

Teoretični del diplomskega dela obsega zbiranje in pregled dostopne literature. Slikovni material je nastal med terenskim delom.

### 4.1 Anketiranje, obdelava in prikaz podatkov

Z raziskavo sem želel ugotoviti, kako so prebivalcev Občine Markovci seznanjeni s problematiko dejavnosti odvajanja in čiščenja odpadnih voda. Metoda zbiranja podatkov je v celoti temeljila na lastno oblikovanem anketnem vprašalniku. Želene podatke sem pridobil z osebnim anketiranjem na terenu. Anketiranje je potekalo od 04. 01. 2019 do 24. 01. 2019. Anketirancem sem predstavil namen raziskave in navodila za izpolnjevanje, tako da niso imeli težav z razumevanjem vprašanj. Po končanem anketiranju sem podatke oz. odgovore anketirancev analiziral in grafično prikazal s pomočjo Microsoft Excela.

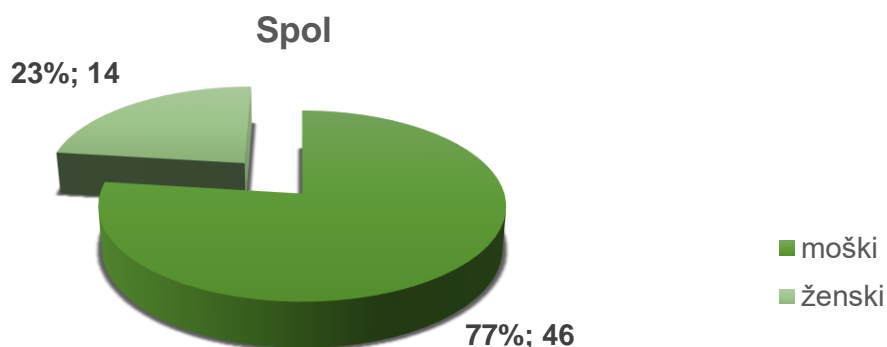
Anketni vprašalnik je vseboval 12 vprašanj, ki so bila razdeljena na dva sklopa. Prvi sklop je zajemal demografske podatke oz. spremenljivke, kot so: spol, starost in izobrazba, z drugim sklopom vprašanj pa sem poskusil pridobiti informacije o tem, ali so objekti, v katerih stanujejo anketiranci, priključeni na javno kanalizacijo, koliko m<sup>3</sup> vode porabijo v gospodinjstvu, ali so anketiranci dovolj dobro obveščeni, kaj ne sodi v kanalizacijo, ali vedo, na kateri čistilni napravi se čisti njihova odpadna voda, ali kot uporabniki lahko vplivajo na ceno odpadne vode. Prav tako sem želel pridobiti podatke o tem, ali poznajo delovanje ČN, kakšne so prednosti za naselja, ki so priključena na kanalizacijsko omrežje. Omeniti moram, da sem pri interpretaciji rezultatov določena vprašanja združil in jih razlagal na podlagi medsebojnih povezav, saj posamezna vprašanja sama zase ne dosežejo želenega učinka, izsledki so lahko preveč splošni in ne pokažejo dejanskega stanja kompleksnosti tematike oziroma problema.

## 5 REZULTATI IN RAZPRAVA

### 5.1 Rezultati

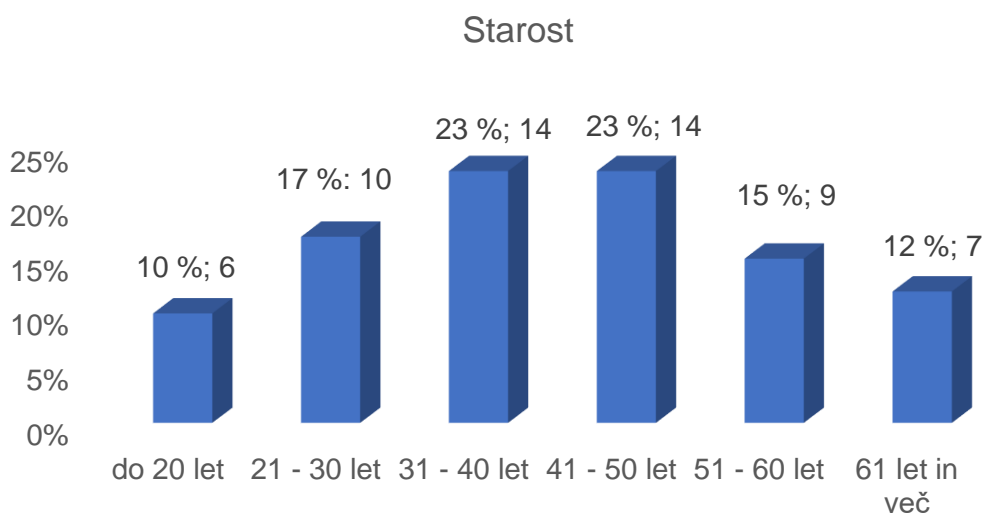
Anketne vprašalnike je izpolnilo 60 anketirancev. Anketni vprašalniki so bili izpolnjeni v celoti. Reševanje je potekalo prostovoljno.

Kot prikazuje graf 8 je v raziskavi sodelovalo 46 moških (77 %) in 14 žensk (23 %).



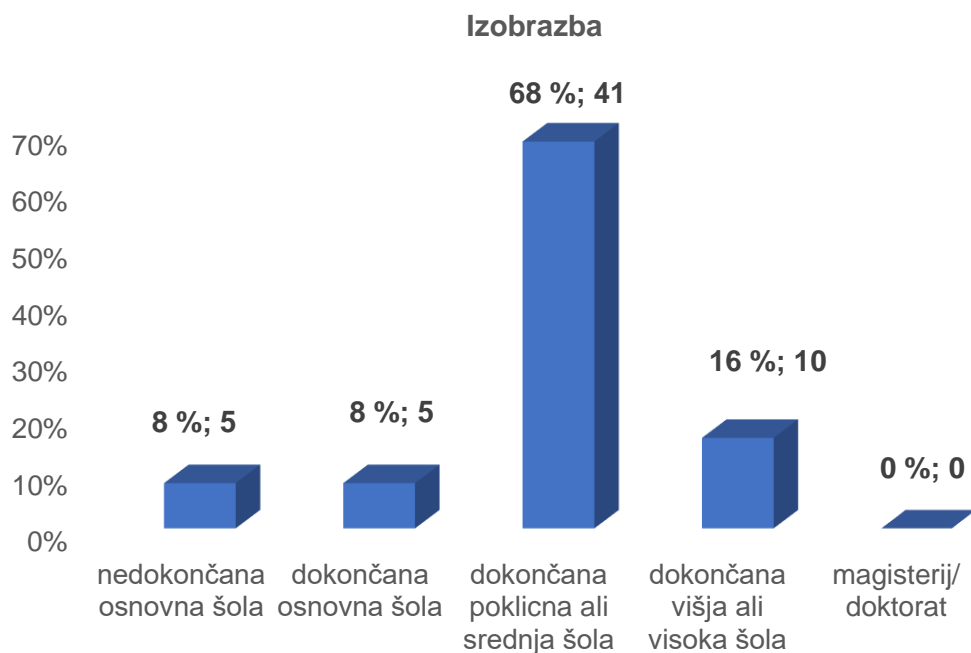
Graf 8: Spol anketirancev

Iz grafa 9 je razvidno, da je bilo največ sodelujočih v raziskavi starih od 31 do 50 let, in sicer 14 (23 %). Sledili so jim tisti od 21 do 30 let starosti, le-teh je bilo 10 (17 %), 9 (15 %) sodelujočih je bilo starih od 51 do 60 let, 7 (12 %) pa 61 in več let. Najmanj v raziskavi sodelujočih je bilo takih, ki so stari do 20 let, in sicer 6 (10 %).



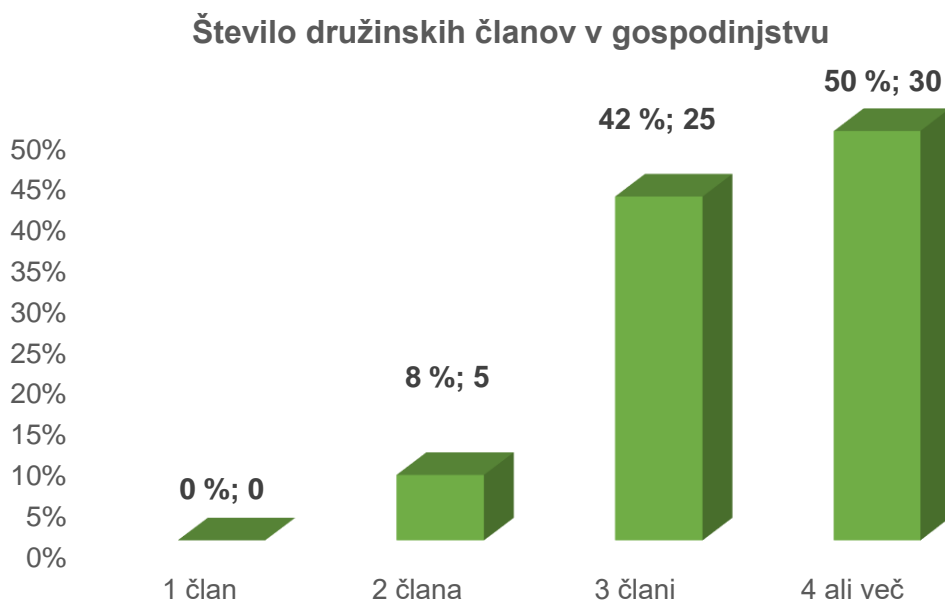
Graf 9: Starost anketirancev

Izobrazbena struktura anketiranih (graf 10) je bila sledeča: največ anketiranih je imelo dokončano poklicno ali srednjo šolo, in sicer 41 (68 %), sledijo jim tisti z dokončano višjo ali visoko šolo, takih je bilo 10 (16 %), 5 (8 %), je bilo takih z dokončano osnovno šolo. 5 (8 %) pa takih brez dokončane osnovne šole.



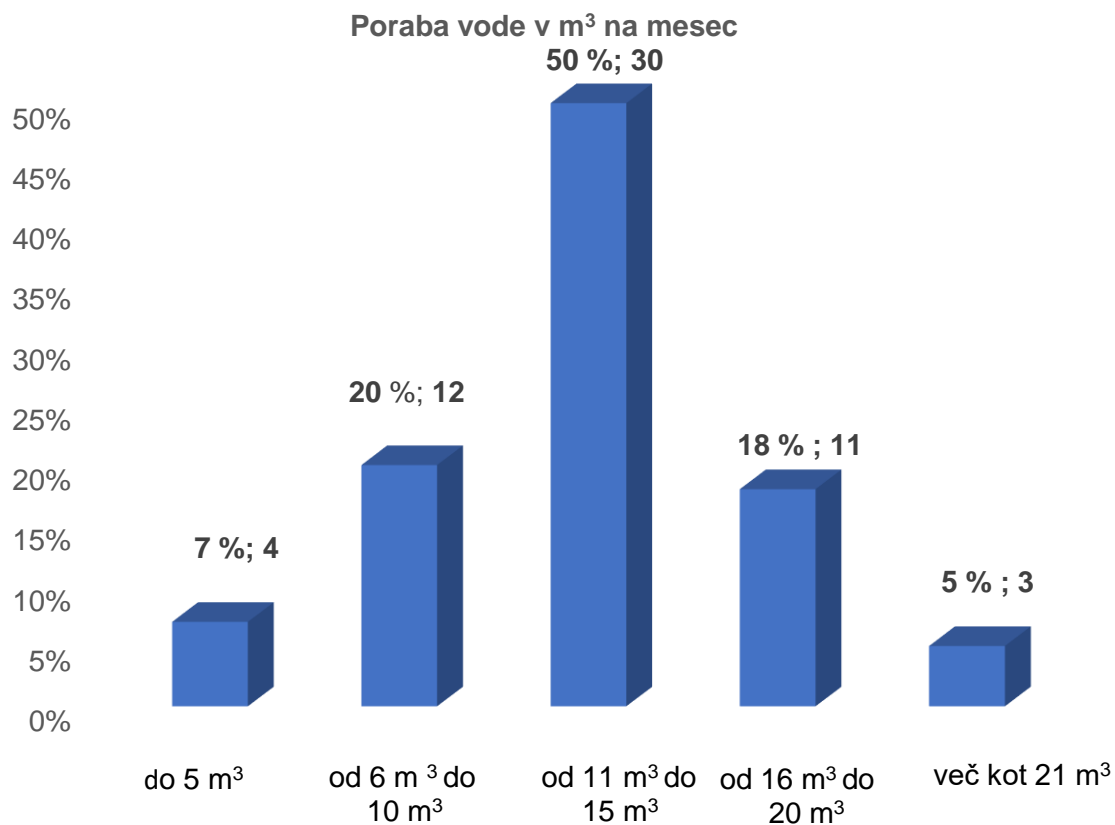
Graf 10: Izobrazba anketiranih

Največ anketiranih oseb, in sicer 30 (50 %), v Markovcih živi v gospodinjstvu s 4 ali več družinskimi člani, sledi jim skupina, kjer živijo 3 člani v gospodinjstvu, in sicer 25 (42 %), najmanjša skupina anketiranih pa je tista, kjer živita 2 člana v gospodinjstvu, in sicer 5 (8 %) graf 11.



Graf 11: Število družinskih članov v gospodinjstvu

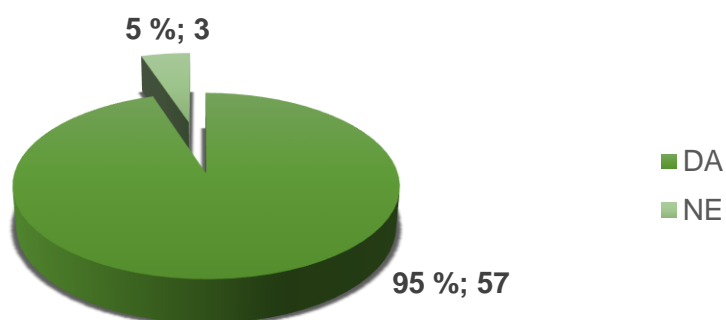
Z naslednjim vprašanjem sem želel ugotoviti, koliko m<sup>3</sup> vode na mesec porabijo gospodinjstva in prišel sem do naslednjih rezultatov (graf 12): 30 (50 %) anketiranih gospodinjstev porabi od 11 do 15 m<sup>3</sup> vode, od 6 do 10 m<sup>3</sup> vode porabi 12 (20 %) gospodinjstev, od 16 do 20 m<sup>3</sup> vode porabi 11 (18 %) gospodinjstev, sledijo jim gospodinjstva s porabo do 5 m<sup>3</sup>, teh je 4 (7 %). Gospodinjstva, ki porabijo več kot 21 m<sup>3</sup> vode, so 3 (5 %).



Graf 12: Poraba vode v m<sup>3</sup> na mesec

Anketa (graf 13) je pokazala, da je 95 % (57 anketiranih) objektov, v katerih stanujejo anketiranci priključenih na javno kanalizacijo, le 5 % oz. 3 objekti pa niso.

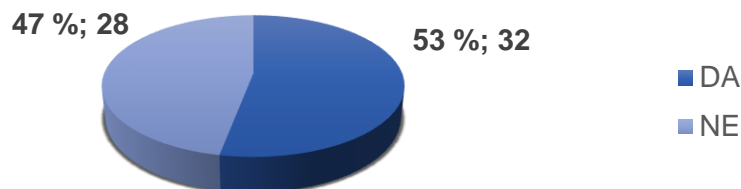
**Objekt priključen na javno kanalizacijo**



Graf 13: Ali je objekt priključen na javno kanalizacijo

Od anketirancev sem želel izvedeti, ali so kot uporabniki obveščeni o tem, kaj ne sodi v kanalizacijo. Analiza odgovorov (graf 14) je pokazala, da jih 32 (53 %) ve, kaj ne sodi v kanalizacijo, 28 (47 %) pa tega ne ve.

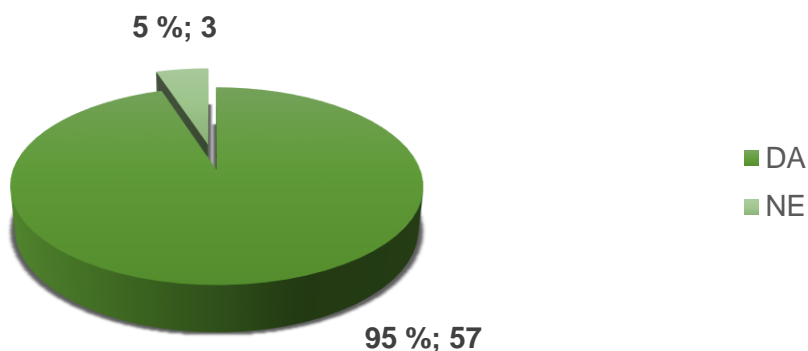
**Ozaveščenost uporabnikov o tem kaj ne sodi v kanalizacijo**



Graf 14: Ozaveščenost uporabnikov kaj ne sodi v kanalizacijo

Iz grafa 15 je razvidno, da kar 57 (95 %) anketiranih ve, kje se čisti njihova odpadna voda, 3 (5 %) anketirani pa tega ne vedo.

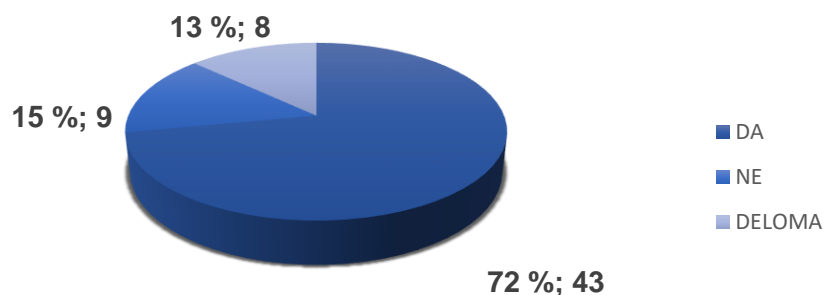
**Ali veste kje oz. na kateri ČN se čisti vaša odpadna voda?**



Graf 15: Ali veste kje oziroma na kateri ČN se čisti vaša odpadna voda

Iz grafa 16 je razvidno, da največ anketiranih 43 (72 %) meni, da lahko uporabniki vplivamo na višino cene za kanalščino. Sledi skupina 9 (15 %) anketiranih, ki meni, da na ceno ne moremo vplivati, 8 (13 %) anketiranih pa meni, da lahko na ceno vplivamo deloma.

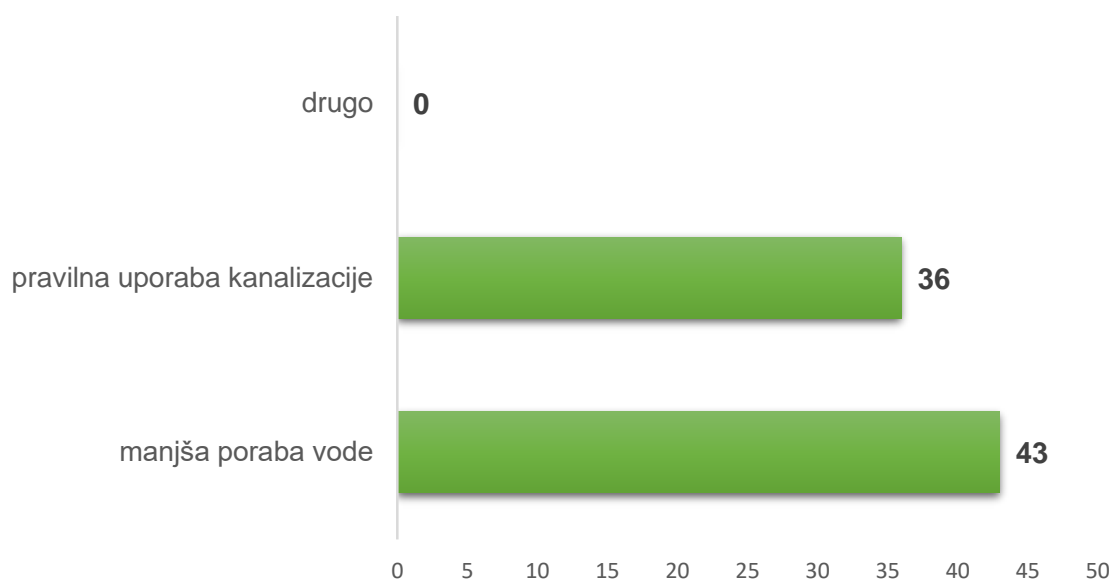
### Ali uporabniki lahko vplivamo na višino cene za kanalščino?



Graf 16: Ali uporabniki lahko vplivamo na višino cene za kanalščino

43 anketiranih je opredelilo načine, kako lahko kot uporabniki vplivajo na ceno kanalščine. Izbrali so lahko več ponujenih odgovorov. Da na ceno lahko vplivajo z manjšo porabo vode, je bilo enotnih 43 vprašanih, 36 vprašanih je menilo, da z pravilno uporabo kanalizacije znižamo ceno čiščenja odpadne vode. Nihče ni navedel drugega načina (graf 17).

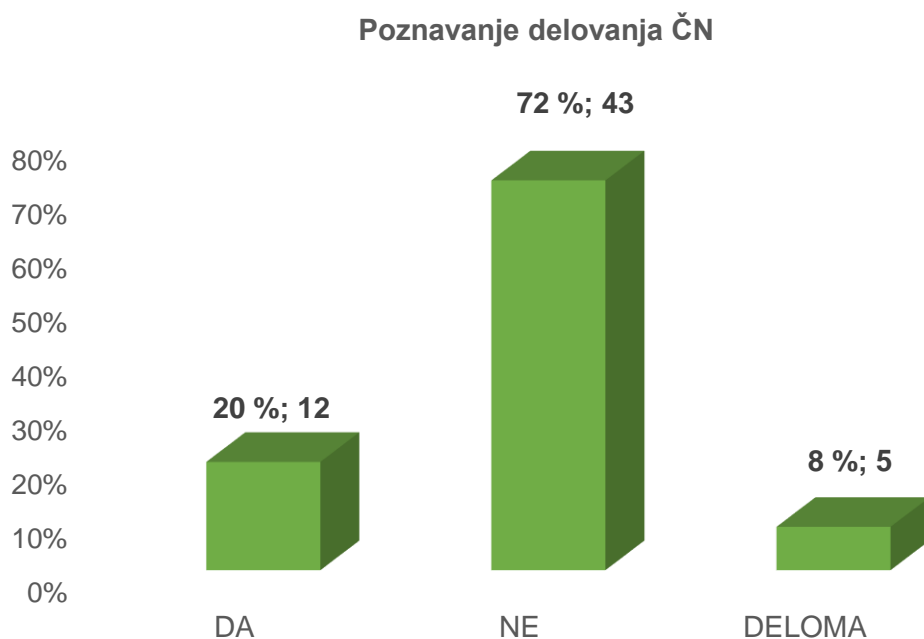
### Kako lahko sami vplivamo na zmanjšanje cene kanalščine



Graf 17: Načini za zmanjšanje cene kanalščine

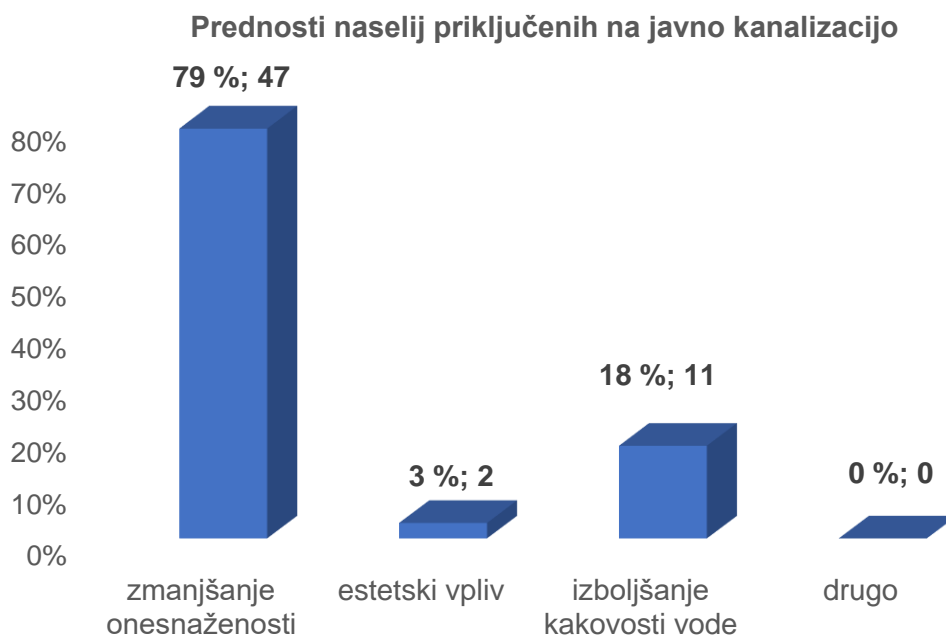
Kot prikazuje graf 18 je 43 (72 %) anketiranih, ki ne pozna delovanja ČN, 12 (20 %) anketiranih je navedlo, da poznajo delovanje ČN, 5 (8 %), pa delovanje čistilne naprave pozna deloma.





Graf 18: Poznavanje delovanja ČN

Iz grafa 19 je razvidno, da 47 (79 %) anketiranih meni, da je prednost naselij priključenih na javno kanalizacijsko omrežje zmanjšanje onesnaženosti naselij in okolja, 11 (18 %) jih meni, da je prednost naselij priključenih na javno kanalizacijo v izboljšanju kakovosti vode, le 2 (3 %) anketirance pa menita, da je prednost v estetskem vplivu na naselje.



Graf 19: Prednosti naselij priključenih na javno kanalizacijo

## 5.2 Razprava

Ob koncu diplomskega dela lahko potrdim ali zavržem hipoteze, ki sem jih postavil na začetku svoje raziskave.

Hipoteza 1: Vpliv različnih letnih časov na učinkovitost čiščenja odpadne vode.

Letni časi bistveno ne vplivajo na učinke čiščenja odpadne vode, saj ni bilo opaznih bistvenih razlik med letnimi časi pri različnih parametrih.

KPK in BPK<sub>5</sub> v iztoku iz čistilne naprave: na obeh ČN je bil učinek KPK in BPK<sub>5</sub> glede na letni čas približno enak. Manjša odstopanja je verjetno iskati v nihanju temperature okolice in vode ter v manjši ali večji porabi vode v gospodinjstvu ob vzorčenju.

Celotni dušik: na obeh ČN je učinek čiščenja celotnega dušika v zimskem času relativno slab.

Celotni fosfor: primerjave parametra celotnega fosforja nisem mogel opraviti, ker se celotni fosfor ni meril. Za ČN Markovci je učinkovitost celotnega fosforja v zimskem času glede na ostala obdobja nižje za približno 5–7%.

Hipoteza 2: Različna tehnologija čiščenja dosega različno stopnjo učinkovitosti čiščenja.

Hipotezo oziroma trditev lahko zavržem. Glede na podatke povprečnih učinkov za parametre KPK, BPK<sub>5</sub>, celotni dušik na obeh obravnavanih čistilnih napravah dosegajo skoraj enako stopnjo učinkov čiščenja. Pridobljeni rezultati so visoki, saj se njihove vrednosti gibljejo nad 90 %. Razlike po parametrih so manj kot 1 %, kar ne predstavlja bistvenega odstopanja.

Hipoteza 3: Večina prebivalcev je ozaveščena o nujnosti izvedbe objektov javne kanalizacije in priključitvi na čistilno napravo.

To hipotezo lahko potrdim, saj je večina stanovanjskih objektov že priključenih na javno kanalizacijo. Kljub temu da je za občane ureditev čiščenja komunalnih odpadnih vod dodaten strošek, se jih večina zaveda, da neočiščene komunalne vode obremenjujejo okolje in predvsem podzemne vode, zato vedo, da je čiščenje odpadnih vod ključnega pomena za varovanje vodnih virov.

## 6 ZAKLJUČEK

Zaradi naravnih terenskih danosti je v Občini Markovci izvedena javna kanalizacija v dveh med seboj nepovezanih sistemih, od katerih se prvi zaključuje v ČN Markovci, drugi pa v ČN Formin.

V diplomskem delu sem tako predstavil ČN Markovci in ČN Formin, njuni tehnologiji delovanja ter v nadaljevanju izdelal analizo učinkov čiščenja. Analiza učinkov čiščenja je vsebovala pregled poročil obratovalnih monitoringov za leto 2017, ki se izvajajo na teh dveh napravah.

Obravnavani čistilni napravi uporabljata precej podobno tehnologijo čiščenja. Obe temeljita na bioloških postopkih, kjer mikroorganizmi predstavljajo največji delež čiščenja.

ČN Markovci je zasnovana kot mehanska biološka naprava s skupno kapaciteto 2.000 PE, kjer se biološko čiščenje vrši v ozračeni biološki bazeni z aerobno stabilizacijo blata in usedanjem le-tega v usedalno mešalnem bazenu po tehnologijo BIOCOS. Dodatne biološke stopnje v usedalnem bazenu so ravno prednosti BIOCOS postopka v primerjavi s konvencionalnim postopkom.

ČN Formin je mehanska biološka čistilna naprava zmogljivosti 4.000 PE, zasnovana je kot sekvenčna (SBR) naprava. Njena posebnost je, da celoten proces biološkega čiščenja odpadne vode poteka v enem reaktorju. Enoviti procesi, ki potekajo v SBR na ČN Formin, so identični procesom, ki se vršijo na ČN Markovci.

Rezultati učinkov čiščenja glede na izbrane parametre KPK, BPK<sub>5</sub>, celotni fosfor in celotni dušik na obeh čistilnih napravah so pokazali, da delujeta zadovoljivo, saj dosejata zelo visoke učinke čiščenja glede na izbrano tehnologijo, s čimer se zagotavlja minimalno obremenjevanje okolja. Škodljivost nezadostno očiščenih odpadnih voda se ne odraža samo na viru onesnaženja, ampak povzroča širše posledice, kot so onesnaženje vodotokov in dragocenih virov podtalnice.

V sklopu diplomskega dela je bila izvedena raziskava, s katero sem želel preveriti, kakšen pogled imajo prebivalci občine Markovci na izvajanje in problematiko dejavnosti odvajanja in čiščenja odpadnih voda. V raziskavo je bil zajet sicer majhen vzorec (le 60) prebivalcev občine Markovci, a mi je kljub temu pomagalo priti do določenih ugotovitev.

Glede na analizo odgovorov sem ugotovil, da je že večina stanovanjskih objektov priključena na javno kanalizacijo. Vsi izvedeni priključki so bili realizirani na podlagi obvestil o možnosti priključitve ne glede na to, da priključitev predstavlja strošek za samo izvedbo priključka, kot tudi kasneje za gospodinjstva. Zaradi zakonskih določil o priključitvi na javno kanalizacijo je priključitev objektov po naseljih potekala množično.

Ugotovil sem, da bi kljub nepoznavanju problematike obratovanja in delovanja objektov javne kanalizacije bilo smiselno s strani občine in izvajalca javne službe redno izvajati aktivnosti in seznanjati ljudi s problematiko s članki v občinskem glasilu, zloženkah poslanih po domovih, na dnevih odprtih vrat na čistilni napravi in tako omogočiti kontakt med občani in javno službo.

Glede na to, da se obračunava odvajanje in čiščenje odpadnih vod na podlagi porabljene vode, se na višino zneska na položnici lahko vpliva z racionalno rabo vode. Tu sta dva pozitivna učinka. Prvi zaradi manjših količin porabljene vode in s tem neposredno nižji skupni znesek na položnici in drugi, ker večje količine odpadnih vod, ki jih je potrebno odvesti in očistiti, vplivajo na število obratovalnih ur opreme in s tem na ceno izvajanja storitev. Na samo višino cene pa vsak posameznik lahko vpliva s tem, da v javno kanalizacijo ne vnaša snovi, ki tja ne sodijo. V končni fazi večina v kanalizacijo vnesenih snovi konča na čistilni napravi, kjer se odpadna voda očisti najprej mehansko in nato biološko. Količina delcev izločenih v mehanskem čiščenju je povezana s stroški obratovanja tega dela naprave. Več je delcev, večjo pozornost in kvalitetnejšo ter zmogljivejšo opremo potrebujemo za odstranjevanje le-teh. Stroški obratovanja biološkega dela naprave pa so sorazmerni s količino v odpadni vodi prisotnih

razgradljivih snovi. Več je onesnaženja, večji je potreben vnos zraka v bazene, daljši zadrževalni časi so potrebni, kar zopet vpliva na porabljeno energijo in potrebno zmogljivost vgrajene opreme. Vse to draži stroške obratovanja in vzdrževanja objektov.

## 7 POVZETEK

V prvem delu diplomske naloge sem predelal strokovno literaturo s področja odvajanja in čiščenja odpadnih voda, predstavil delovanje ČN Markovci in ČN Formin in njune učinke čiščenja. Obe obravnavani čistilni napravi sta zasnovani kot mehanski biološki napravi, ki skrbita za redno čiščenje odpadne vode s pomočjo mikrobioloških dejavnikov. V ČN Markovci s kapaciteto 2.000 PE se biološko čiščenje vrši v ozračenih bioloških bazenih z aerobno stabilizacijo blata in usedanjem le-tega v usedalno mešalnem bazenu po tehnologiji BIOCOS. ČN Formin z zmogljivostjo 4.000 PE je zasnovana po SBR tehnologiji, kjer se celoten proces biološkega čiščenja izvede v enem reaktorju. SBR deluje ciklično, na principu šaržnega polnjenja in praznjenja, kjer je število ciklov odvisno od trajanja enega cikla in od količine dodatne vtočne odpadne vode. Tehnologija SBR na ČN Formin je nekoliko bolj fleksibilna od tehnologije BIOCOS na ČN Markovci, kjer gre za kontinuiran sistem. Torej na ČN Formin imamo možnost spreminjati in prilagajati čas prezračevanja, usedanja in dekantiranja, kar ni možno v kontinuiranih napravah, kjer časa usedanja in dekantiranja ni možno prilagajati in so odvisni le od pretokov. Na ČN Markovci lahko vplivamo le na količino vnesenega zraka in s tem na koncentracijo kisika v biološkem delu naprave. Slabost SBR naprav pa je v tem, da so povsem odvisni od avtomatskega krmilja. Takšna naprava z ročnim režimom obratovanja brez 24 urne prisotnosti operaterja ni možna. Tehnologija BIOCOS pa omogoča, da lahko v primeru okvar krmilja tudi z ročnimi nastavitvami napravo nekaj časa zadovoljivo obvladujemo. Rezultati meritev, ki smo jih pridobili na obeh ČN glede na parameter KPK, BPK<sub>5</sub>, celotni fosfor, celotni dušik so pokazali, da napravi dosejata zelo visoke učinke čiščenja glede na izbrano tehnologijo.

V drugem delu pa sem predstavil seznanjenost prebivalcev občine Markovci in njihov pogled na izvajanje odvajanja in čiščenja odpadnih voda. V ta namen je bila izvedena terenska anketa na območju občine Markovci, v kateri je sodelovalo 60 ljudi. Na podlagi analize odgovorov sem ugotovil, da so ljudje ozaveščeni o nujnosti izvedbe objektov javne kanalizacije in priključitev na čistilno napravo. Bistvene ugotovitve te raziskave so, da večina sodelujočih meni, da lahko kot uporabniki storitev vplivajo na višino zaračunane cene odvajanja in čiščenja odpadne vode z racionalno rabo vode in s tem, da v javno kanalizacijo ne vnašajo snovi, ki tja ne sodijo. Za poznavanje problematike in delovanje objektov javne kanalizacije je smiselno izvajanje aktivnosti s strani občine in izvajalca javne službe. V prihodnje bomo resnično morali delovati bolj odgovorno in se začeti zavedati, da višje cene vode nikakor ne bi smele biti razlog za to, da se začne z vodo varčevati in s tem tudi proizvajati manj odpadnih vod na vseh področjih.

## 8 SUMMARY

In the first part of my diploma paper I revised the professional literature concerning wastewater discharge and treatment, I introduced the operation of the wastewater treatment plant Markovci and Formin as well as their cleaning result. Both mentioned wastewater treatment plants are mechanical biological treatment plants that regularly maintain the treatment of wastewater with the help of microbiological factors. The wastewater treatment plant Markovci has a capacity of 2000 PE and enables biological treatment in ventilated biological pools with an aerobic stabilisation of the sludge and the settling of sludge in a settling circulating pool according to the BIOCOS technology. The wastewater treatment plant Formin with a capacity of 4.000 PE is designed in accordance with the SBR technology, where the whole biological cleaning process is happening in one reactor. The SBR functions cyclically, based on filling and emptying in batches, where the number of cycles depends on the duration of one cycle as well as the quantity of the additional incoming waste water. The SBR technology at the wastewater treatment plant Formin is somewhat more flexible in comparison to the BIOCOS technology at the wastewater treatment plant Markovci with a continuous system. The wastewater treatment plant Formin enables to change and adjust the ventilation, settling and decantation, which is not possible in continuous plants, where the settling and decantation periods cannot be adjusted and depend only on flows. The waste-water treatment plant Markovci enables only the adjusting of the incoming air and therewith the oxygen concentration in the biological part of the device. The disadvantage of the SBR plants lies in the completely automatic controlling, such a device requires in manual mode a 24-hour presence of an operator. The BIOCOS technology, on the other hand, enables in case of control failures an adequate controlling of the plant also in manual mode. The measurement results, obtained from both plants according to KPK, BPK<sub>5</sub> parameters, total phosphorus, total nitrogen, showed that both plants achieve high cleaning effects according to the chosen technology.

The second part of my diploma papers represents the familiarisation of the residents of the municipality Markovci as well as their opinion about the wastewater treatment. A questionnaire in the area of the municipality Markovci that involved 60 people was prepared for this purpose. The analysis of the results showed, that people are informed about the necessity of building the public sewerage system facilities and connection to the wastewater treatment plant. The main conclusions of the research were, that the majority of respondents believe that as users of this service they can influence the price of wastewater discharge and treatment by a rational use of water and by not polluting the public sewerage system. The activities around the issues and operation of public sewerage system facilities are best being performed by the municipality and public services. In the future we will need to be more responsible and aware, that higher water prices should not be the reason for saving water and therewith produce less wastewater in all areas.

## 9 LITERATURA

Baželj, B., dr. Pipuš, G., Posodobitev centralne čistilne naprave Kranj. Vodni dnevi 2004. Zbornik referatov. Velenje: Slovensko društvo za zaščito voda, 2004.

Husić, M., (2015). Odvajanje in čiščenje odpadnih vod. Visoka šola za gradbeništvo Kranj. Medmrežje: <https://vsgi.si/wp-content/uploads/2017/01/SKRIPTA-ODVAJANJE-IN-%C4%8C%C5%A0%C4%8CENJE-ODPADNIH-VODA-.pdf> (4.1.2019).

IMSA d.o.o. Čistilne naprave. Medmrežje: <http://www.imsa.si/nova-uredba-za-male-cistilne-naprave/> (13.9.2018).

Obratovalni monitoring (2017). Obratovalni monitoring odpadnih voda na lokaciji ČN Formin. Komunalno podjetje Ptuj d.d.

Obratovalni monitoring (2017). Obratovalni monitoring odpadnih voda na lokaciji ČN Markovci. Komunalno podjetje Ptuj d.d.

Operativni program odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode (novelacija za obdobje od leta 2005 do leta 2017), št. 35401-2/2010/3. Medmrežje: [http://www.mko.gov.si/fileadmin/mko.gov.si/pageuploads/zakonodaja/varstvo\\_okolja/operativni\\_programi/operativni\\_program\\_komunalne\\_vode.pdf%20](http://www.mko.gov.si/fileadmin/mko.gov.si/pageuploads/zakonodaja/varstvo_okolja/operativni_programi/operativni_program_komunalne_vode.pdf%20) (05.10.2018).

Pravilnik o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu odpadnih voda ter pogojih za njegovo izvajanje, Uradni list RS, št. 54/11  
Medmrežje: <http://pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=PRAV12112> (10.12.2018).

Roš, M., (2001). Biološko čiščenje odpadne vode. Ljubljana, GV založba.

Roš, M., (2015). Sodobni postopki čiščenja odpadnih vod. Celje, Fit media

Roš, M., Panjan, J.,(2012). Gospodarjenje z odpadnimi vodami. Celje, Fit media.

Roš, M., Simonič, M., Turk, S., (2005). Priprava in čiščenje vod. Maribor, Fakulteta za strojništvo, oddelek za tekstilstvo, Univerza v Mariboru.

Roš, M., Zupančič, G. D. (2010). Čiščenje odpadnih voda (Visoka šola za varstvo okolja izd). Velenje. Visoka šola za varstvo okolja.

Tehnološki načrt (2015). Biološka čistilna naprava Formin, SBR, 4000 PE, št. načrta: 1301-6-7. Komunalno podjetje Ptuj d.d.

Tehnološki načrt (2012). Biološka čistilna naprava Markovci, razširitev, 2000 PE, št. načrta: 1002-6-7. Komunalno podjetje Ptuj d.d.

Uredba o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne vode, Uradni list RS, št. 98/15, 76/17  
Medmrežje: <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=URED6951> (10.12.2018).

Uredba o okoljski dajatvi za onesnaževanje okolja zaradi odvajanja odpadnih voda, Uradni list RS, št. 80/12, 98/15  
Medmrežje: <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=URED6149> (10.12.2018).

Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih vod v vode in javno kanalizacijo, Uradni list RS, št. 64/12, 64/14, 98/15  
Medmrežje: <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=URED6070> (10.12.2018).

Zakon o vodah, Uradni list RS, št. 67/02.

Medmrežje: <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=ZAKO1244> (10.12.2018).

Zakon o varstvu okolja, Uradni list RS, št. 32/93 in 41/04

Medmrežje: <http://pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=ZAKO4844> (10.12.2018).

Zakon o gospodarskih javnih službah, Uradni list RS, št. 32/93

Medmrežje: <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=ZAKO272> (10.12.2018).

Zakon o prostorskem načrtovanju, Uradni list RS št. 33/07, 208/09

Medmrežje: <http://pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=ZAKO4675> (10.12.2018).



## PRILOGA 1: Anketni vprašalnik

### ANKETNI VPRAŠALNIK

Sem Žiga Bezjak, študent Visoke šole za varstvo okolja v Velenju. Ker pripravljam diplomsko nalogo, bi potreboval Vašo pomoč, zato vas vljudno prosim za izpolnitev anketnega vprašalnika »**Seznanjenost prebivalcev Občine Markovci s problematiko dejavnosti odvajanja in čiščenja odpadnih voda**«. Anketa je anonimna in bo uporabljena izključno za potrebe te raziskave.

Žiga Bezjak

Navodila za izpolnjevanje: Obkrožite/označite ustrezen odgovor ali ga napišite na črto.

#### 1. Spol:

moški

ženski

#### 2. Starost:

manj kot 20 let

od 20–30 let

od 31–40 let

od 41–60 let

61 let in več

#### 3. Pridobljena izobrazba:

- a) nedokončana osnovna šola
- b) dokončana osnovna šola
- c) dokončana poklicna ali srednja šola
- d) dokončana višja ali visoka šola
- e) magisterij/doktorat znanosti

#### 4. Število družinskih članov v gospodinjstvu:

- a) 1
- b) 2
- c) 3
- d) 4 ali več

#### 5. Koliko m<sup>3</sup> vode na mesec porabite v vašem gospodinjstvu:

- a) do 5 m<sup>3</sup>
- b) od 6 m<sup>3</sup> do 10 m<sup>3</sup>
- c) od 11 m<sup>3</sup> do 15 m<sup>3</sup>
- d) od 16 m<sup>3</sup> do 20 m<sup>3</sup>
- e) več kot 21 m<sup>3</sup>

**6. Ali je objekt, v katerem stanujete, priključen na javno kanalizacijo?**

da ne

**7. Ali mislite, da ste kot uporabnik dovolj dobro obveščeni o tem, kaj NE sodi v kanalizacijo?**

da ne

**8. Ali veste, kje oziroma na kateri ČN (čistilni napravi) se čisti vaša odpadna voda?**

da ne

**9. Ali uporabniki lahko vplivamo na višino cene kanalščine?**

da ne deloma

**10. Če ste na prejšnje vprašanje odgovorili z »da«, kako! (možnih je več odgovorov)**

- a) z manjšo porabo vode
- b) s pravilno uporabo kanalizacije
- c) drugo

**11. Ali poznate delovanje čistilne naprave?**

da ne deloma

**12. Kakšne so za Vas prednosti naselij, ki so priključena na javno kanalizacijsko omrežje (možnih je več odgovorov)?**

- a) urejenost odvajanja in čiščenja odpadnih vod in s tem zmanjšanje onesnaženosti naselij in okolja
- b) estetski vplivi
- c) izboljšanje kakovosti vode
- d) drugo \_\_\_\_\_

Hvala za sodelovanje