

UNIVERZA V NOVI GORICI  
FAKULTETA ZA ZNANOSTI O OKOLJU

Damjan TURK

**DELOVANJE KOMUNALNE ČISTILNE NAPRAVE IN  
MOŽNOST UPORABE PRODUKTOV ČIŠČENJA**

DIPLOMSKO DELO

Mentor: prof. dr. Milenko Roš

Nova Gorica, 2008

Dva planeta krožita po vesolju.  
Vsakih 23 milijonov let se srečata  
in se veselo pozdravita:  
»Pozdravljen!«  
»Živijo!«  
In zadovoljno krožita naprej.  
Ko se nekoč spet srečata, je prvi planet videti  
ves izmučen in bolan.  
»Kaj pa je s teboj? Nekam slab si videti!«  
ga zaskrbljeno vpraša drugi.  
»Kako ne bi,« mu prvi čemerno odvrne,  
»ko sem pa staknil homo sapiensa!«  
»Ne ženi si k srcu,« ga skuša potolažiti drugi,  
»to hitro mine!«

Hubert Požarnik, Prihodnost napredka

*To delo s hvaležnostjo posvečam svojim staršem.*

## **ZAHVALA**

Zahvalil bi se prof. dr. Milenku Rošu za mentorstvo, pomoč in usmeritve pri izdelavi diplomskega dela. Ob zbiranju podatkov in literature, sem bil deležen velikega razumevanja in podpore s strani podjetja Komunale Koper d.o.o.-s.r.l., tu se moram posebej zahvaliti ga. Danici Škerbec Turk in go. Valterju Rihterju.

Še zlasti bi se rad zahvalil svojim staršem, bratu z družino, ostalim ožjim družinskim članom ter prijateljem, ker so mi veliko pomagali in verjeli vame v vseh letih študija.

## POVZETEK

Diplomsko delo obravnava segment čiščenja komunalne odpadne vode s širokim teoretskim ozadjem. V teoretičnem delu diplomskega dela opisujemo zakonodajo in predpise kot ključna orodja pri doseganju ustreznih učinkov čiščenja in s tem zmanjševanja obremenjevanja okolja in preprečevanja širjenja nalezljivih bolezni. Komunalno odpadno vodo ovrednotimo na osnovi kemijskih, bioloških in fizikalnih lastnosti, z velikim poudarkom na samem načinu vzorčenja. Komunalna odpadna voda mora v procesu čiščenja skozi več faz. To so primarna, sekundarna in terciarna faza čiščenja. Med samim procesom čiščenja odpadne vode nastaja blato. Ravnanje z blatom predstavlja tudi do 50 % obratovalnih stroškov čistilne naprave, zato je zelo pomembna ustrezna izbira načina njegove obdelave. Pri doseganju dobrih rezultatov čiščenja odpadne vode je pomembna izbira ustreznega sistema čiščenja in pravilno upravljanje komunalne čistilne naprave. Na podlagi teorije in zbranih analiz smo skušali ovrednotiti učinek čiščenja na CČN Koper. CČN Koper čisti odpadno vodo s primarno stopnjo. Ugotovili smo, da voda na iztoku iz CČN Koper zaradi slabega učinka čiščenja ne ustreza zakonsko predpisanim mejnim vrednostim. CČN Koper se nahaja na občutljivem območju, zato smo predlagali sanacijo z ustreznim sistemom z aktivnim blatom in dezinfekcijo iztoka. Pri predlogu smo upoštevali novo stanje obremenitve, saj bodo na CČN Koper priključene tudi komunalne odpadne vode občine Izola.

**Ključne besede:** biološka čistilna naprava, čiščenje odpadnih voda, zakonodaja, obdelava odpadnega blata

## ABSTRACT

The present thesis focuses on one of the segments of waste water treatment, supported by a broad theoretical background. In the theoretical part of this thesis the relevant legislation and regulations are presented as crucial tools in achieving adequate effects of waste water treatment and consequentially a reduction of pollution of environment and prevention of spreading of infectious diseases. The evaluation of municipal waste water is based on its chemical, biological and physiological characteristics whereby the main focus is placed on the manner of sampling. Municipal waste water undergoes several different treatment phases - primary, secondary and tertiary phase. During the treatment process waste sludge is being produced whereby its treatment represents up to 50 % of the waste water treatment plant's costs. It is because of this fact that the adequate manner of treatment of waste sludge is so important. Quality results in waste water treatment depend on the choice of an adequate waste water treatment system and on the correct management of the plant. Focusing on available theory and gathered analyses, we have attempted to establish the treatment effects of the Central Waste Water Treatment Plant in Koper (CWTPK) where primary treatment phase is applied. It has been established that due to poor effects of waste water treatment the water quality of the waste water stream at CWTPK does not comply with statutory limit values. The CWTPK is located in a very delicate area – this fact lead us to suggest a rehabilitation of the plant by resorting to an appropriate waste water treatment system which includes activated sludge and waste water stream disinfection. Such suggestion however also included the new loading conditions, as soon the waste water of the municipality of Izola shall be connected to the CWTPK.

**Key words:** biological waste water treatment plant, waste water treatment, legislation, waste sludge treatment

## SEZNAM OZNAK IN KRAJŠAV

ARSO	Agencija Republike Slovenije za okolje
B <sub>B</sub>	Obremenitev blata, g/g dan
B <sub>V</sub>	Volumska obremenitev čistilne naprave, g/l dan
BAT	Best Available Techniques - Najboljše razpoložljive tehnike
BPK <sub>5</sub>	Biokemijska potreba po kisiku v 5 dneh, mg/l
BČN	Biološka čistilna naprava
CČN	Centralna čistilna naprava
ČN	Čistilna naprava
CWTPK	Central Waste Water Treatment Plant in Koper
ES	Evropska Skupnost
ESRR	Evropski sklad za regionalni razvoj
KČN	Komunalna čistilna naprava
KPK	Kemijska potreba po kisiku, mg/l
MF	Membranski filter (Membrane Filter)
MLE	Modificiran Ludzack-Ettinger sistem reaktorjev
MO	Mikroorganizmi
MOP	Ministrstvo za okolje in prostor
MPN	Most Probable Number - Najbolj verjetno število
N	Dušik
C	Ogljik
O <sub>2</sub>	Kisik
O <sub>3</sub>	Ozon
OP	Operativni program
P	Fosfor
pH	Negativni desetiški logaritem koncentracije H <sub>3</sub> O <sup>+</sup> ionov
PE	Populacijski ekvivalent
Q	Pretok, l/h ali m <sup>3</sup> /h
RBK	Rotirajoči biološki kontaktorji
RČN	Rastlinska čistilna naprava
RK	Raztopljeni kisik
RS	Republika Slovenija
SBR	Sequencing Batch Reactor - Šaržni biološki reaktor
SS	Suspendirane snovi, g/m <sup>3</sup>
s.s.	Suhe snovi
SVLR	Služba vlade Republike Slovenije za lokalno samoupravo in regionalno politiko
T	Temperatura, °C
t <sub>z</sub>	Zadrževalni čas, h
TC	Total Carbon - Celotni ogljik, mg/l
TOC	Total Organic Carbon - Celotni organski ogljik, mg/l
UV	Ultravijolična svetloba
UWWTD	Urban Wastewater Treatment Directive - Direktiva o čiščenju komunalne odpadne vode
V <sub>P</sub>	Volumen prezračevalnika, l ali m <sup>3</sup>
VIB	Volumski indeks blata, ml/g
VU	Volumen usedanja, ml/l
WEF	Water Environment Federation - Mednarodna agencija za vode
WFD	Water Framework Directive - Okvirna vodna direktiva, krovna direktiva na področju varstva voda v ES
X	Koncentracija aktivnega blata, g/l

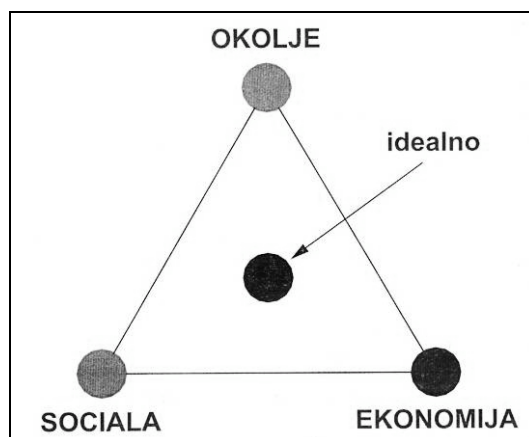
## KAZALO VSEBINE

<b>1 UVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 Komunalna odpadna voda</b> .....	<b>2</b>
<b>1.2 Čiščenje odpadne vode</b> .....	<b>3</b>
<b>1.3 Namen diplomskega dela</b> .....	<b>4</b>
<b>2 TEORETIČNI DEL</b> .....	<b>6</b>
<b>2.1 Zakonodaja in predpisi</b> .....	<b>6</b>
2.1.1 Evropski predpisi .....	6
2.1.1.1 Ostale pomembne direktive Evropske Skupnosti.....	7
2.1.1.2 Uredba o Evropskem registru izpustov in prenosov onesnaževal .....	8
2.1.2 Slovenska zakonodaja .....	8
2.1.2.1 Zakoni .....	8
2.1.2.2 Pravilniki .....	9
2.1.2.3 Uredbe .....	10
2.1.2.4 Operativni program odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode.....	13
2.1.3 Financiranje komunalnih čistilnih naprav .....	14
<b>2.2 Komunalne odpadne vode</b> .....	<b>15</b>
2.2.1 Viri odpadnih vod .....	15
2.2.2 Lastnosti odpadnih vod in blata .....	16
2.2.2.1 Kemijske in biokemijske lastnosti .....	16
2.2.2.2 Biološke lastnosti .....	22
2.2.2.3 Fizikalne lastnosti .....	23
2.2.2.4 Ostali pomembni parametri za procesa čiščenja odpadne vode .....	26
2.2.3 Vzorčenje odpadnih vod .....	28
2.2.3.1 Načini vzorčenja .....	29
2.2.3.2 Vzorčenje in plan analiz.....	30
2.2.3.3 Napake pri vzorčenju odpadnih vod .....	31
<b>2.3 Čiščenje komunalne odpadne vode</b> .....	<b>31</b>
2.3.1 Predčiščenje komunalne odpadne vode .....	32
2.3.2 Peskolovi .....	33
2.3.3 Primarno čiščenje komunalne odpadne vode .....	35
2.3.4 Biološko čiščenje odpadne vode .....	36
2.3.5 Kinetika razgradnje organskih snovi in odstranjevanja hraniv .....	38
2.3.6 Sistemi s pritrjeno biomaso .....	45
2.3.7 Sistemi z razpršeno biomaso .....	46
2.3.7.1 Šaržni biološki reaktor (SBR) .....	48
2.3.8 Dezinfekcija .....	50
<b>2.4 Ravnanje z blatom iz komunalnih čistilnih naprav</b> .....	<b>51</b>
2.4.1 Zgoščevanje blata.....	52

2.4.2	Kondicioniranje blata .....	53
2.4.3	Stabilizacija blata .....	53
2.4.4	Odstranjevanje vode iz suspendiranih snovi .....	55
2.4.5	Sistemi za koristno uporabo blata .....	55
<b>2.5</b>	<b>Gospodarjenje s produkti, ki nastanejo pri čiščenju odpadnih vod .....</b>	<b>56</b>
<b>2.6</b>	<b>Osnove upravljanja komunalne čistilne naprave .....</b>	<b>58</b>
<b>3</b>	<b>EKSPERIMENTALNI DEL IN REZULTATI.....</b>	<b>59</b>
<b>3.1</b>	<b>Komunalna centralna čistilna naprava (CČN) Koper .....</b>	<b>59</b>
3.1.1	Dotok vode in kanalizacijski sistem.....	61
3.1.2	Obstoječa infrastruktura in oprema.....	61
3.1.3	Ravnanje s produkti čiščenja na CČN Koper.....	66
3.1.4	Spremljanje kvalitete odpadnih vod in blata na CČN Koper .....	66
<b>3.2</b>	<b>Učinek čiščenja CČN Koper in ustreznost iztoka trenutni zakonodaji.....</b>	<b>67</b>
<b>3.3</b>	<b>Ustreznost merjenih parametrov obdelanega blata trenutni zakonodaji .....</b>	<b>69</b>
<b>3.4</b>	<b>Skupna centralna čistilna naprava Koper - Izola.....</b>	<b>70</b>
3.4.1	Predvidena obremenitev skupne CČN Koper - Izola .....	71
3.4.2	Potreben učinek čiščenja .....	72
3.4.3	Ustreznost obstoječih objektov CČN Koper novim obremenitvam.....	74
<b>4</b>	<b>RAZPRAVA .....</b>	<b>76</b>
<b>4.1</b>	<b>Razmere in stanje obstoječe CČN Koper .....</b>	<b>76</b>
<b>4.2</b>	<b>Predlog postopka čiščenja in ureditve skupne CČN Koper - Izola.....</b>	<b>77</b>
<b>4.3</b>	<b>Predlog in možnosti uporabe produktov čiščenja.....</b>	<b>80</b>
<b>5</b>	<b>ZAKLJUČEK.....</b>	<b>83</b>
<b>6</b>	<b>VIRI.....</b>	<b>84</b>
<b>7</b>	<b>PRILOGE .....</b>	<b>88</b>

## 1 UVOD

Upravljanje z kanalizacijskim omrežjem in s tem ravnanje s komunalnimi in meteorinimi odpadnimi vodami (v nadaljevanju odpadne vode), je le eno od področij katerega zajema komunalna dejavnost oziroma gospodarska javna služba. Začetek razvoja komunalne dejavnosti v Sloveniji sega v obdobje rimskih naselbin (Emona, Petovia, Celeia), ki so dosegle visoko raven razvoja na komunalnem področju. Od njihovega razpada je ta dejavnost praktično stagnirala in sicer vse do 19. stoletja, ko je v njegovi drugi polovici doživela pravi razcvet, predvsem kar zadeva oskrbo z vodo in energijo ter kanalizacijsko omrežje. Potrebe po (ponovnem) komunalnem urejanju so se najprej pokazale v velikih mestih in na območjih z več prebivalstva oziroma tam, kjer se je naglo razvijala proizvodnja, obrt in trgovina (Klemenčič, 1997). Okolje se je začelo čezmerno onesnaževati in ogrožati pitno vodo. Po letu 1850, ko je Evropo zajela epidemija kolere, so začeli v zahodni Evropi (predvsem v Angliji in Franciji) pitno vodo klorirati, odpadno vodo pa so začeli sistematično zbirati (kanalizacijski sistemi). Z zbiranjem odpadne vode v kanalizacijski sistemih, se je rešil problem higiene v naseljih, hkrati pa je kanalizacija povzročila točkovno koncentriranje onesnaženja. Uvajati so začeli primarno čiščenje. V prvih letih so odpadke in odpadno vodo odlagali v morje. V letih 1850 do 1950 je bilo odvajanje in čiščenje odpadnih vod domena gradbenikov, oziroma zdravstvenih hidrotehnikov (civil engineers or sanitary engineers). Šele po letu 1950, ko se je začelo pri čiščenju odpadnih vod močno poudarjati kontrolo onesnaževanja, so se začeli v čiščenje odpadne vode vključevati strokovnjaki drugih ved, kot so kemiki, biologi, strojniki, kemijski tehnologi, inženirji elektrotehnike, računalništva, itd.; čiščenje odpadne vode je postala interdisciplinarna veda. V industrijsko razvitih državah (Zahodna Evropa, Avstralija, ZDA) so ustanovili fakultete, ki so začele vzgajati tako imenovane inženirje okolja (environmental engineers). Po letu 1950 se je začelo intenzivno uvajati sekundarno čiščenje, leta 1970 se je začelo uvajati odstranjevanje fosforja, predvsem na področjih, kjer so čiščene odpadne vode odvajali v jezera in morja. Na področjih, kjer primanjkuje vode, je postala izredno aktualna ponovna uporaba čiščene vode, predvsem za namakanje. Po letu 1990 je postalo izredno aktualno odstranjevanje dušikovih spojin, predvsem zaradi eutrofikacije rek, jezer in morja ter alternativni sistemi ponovne uporabe vode na področjih, kjer že primanjkuje vode. Po letu 2000 se je v razvitem svetu začelo razmišljati o celovitem upravljanju z vodami, predvsem s stališča koristne porabe vode. Evropska zakonodaja je uvedla izraz trajnostni razvoj (Roš, 2002). Oskrba in poraba vode je postala strateškega pomena in je odvisna od dejavnikov, kot so okolje, socialni moment in ekonomija (Slika 1).



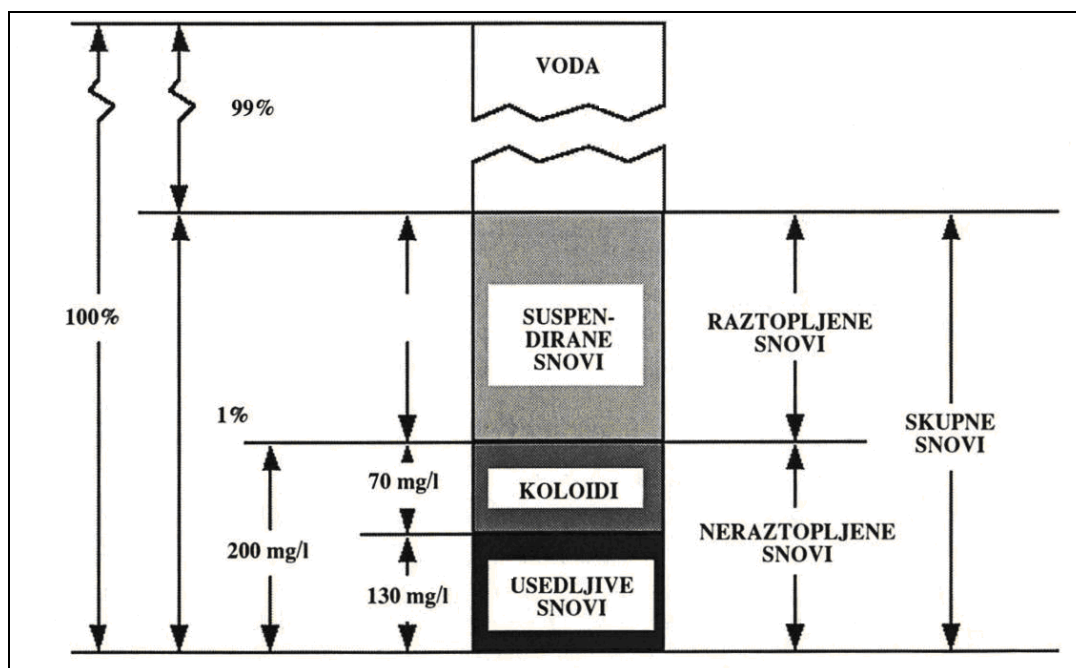
*Slika 1: Komponente trajnostnega razvoja za oskrbo in porabo vode (Roš, 2002)*



V trikotniku trajnostnega razvoja vključuje socialni vidik zaposlenost v določeni regiji (občini), okoljski vidik vključuje uporabljene vire in proizvedene odpadne produkte, ekonomski vidik pa vključuje kapital in pretok sredstev (stroškov). Temu so podrejeni tudi pristopi čiščenja odpadne vode. Nadaljeval se bo intenzivni razvoj čistilnih postopkov, racionalna obdelava blata ter izkoriščanje virov iz odpadne vode in nastalega blata, kar pa bo odvisno od lokalnih dejavnikov (količina razpoložljive vode na določenem področju, zakonodaja, kapital, itd.) (Roš, 2002).

## 1.1 Komunalna odpadna voda

Ohranjanje narave se začne pri viru onesnaževanja, tam kjer začne komunalna odpadna voda nastajati, to je predvsem doma, kjer je možno veliko snovi (odpadno olje, papir, trdni odpadki, ostanki hrane, ...), ki pridejo v odpadno vodo, zadržati in jih drugače odstraniti. Kljub temu pa določene snovi preidejo v odpadno vodo in jih je potrebno, glede na ohranjanje narave, do določene mere oz. kar se le da odstraniti. Običajna komunalna odpadna voda vsebuje le približno 1% raztopljenih in neraztopljenih snovi, ostalo pa je voda (Slika 2) (Roš, 2001). Fizikalne, biološke in kemijske lastnosti odpadnih vod, so podrobneje opisane v nadaljevanju.



**Slika 2:** Sestava komunalne odpadne vode (Roš, 2001)

Tudi tako majhen delež raztopljenih in neraztopljenih snovi v odpadni vodi lahko močno poruši ravnotežje v naravi, zato jih je potrebno iz odpadne vode odstraniti, preden preidejo v naravo. Ta majhen delež snovi, ki je sestavni del odpadnih vod, lahko tudi pri čiščenju povzroči velike probleme, predvsem, če so te snovi strupene, težko razgradljive ali pa če imajo sinergistične ali antagonistične vplive (Roš, 2001).

Biološko čiščenje odpadne vode je le del izboljšanja okolja zaradi onesnaževanja, ki nastaja v urbanem okolju, kot komunalna odpadna voda.

## 1.2 Čiščenje odpadne vode

Odpadna voda, ki je produkt človeške rabe za zadovoljevanje higienskih, prehranskih in ostalih osnovnih potreb, se v vsakem primeru vrača ponovno v vodni krog. S čiščenjem odpadne vode se želimo izogniti oziroma zmanjšati degradacijo okolja in poslabšanju zdravstvenega stanja prebivalcev. Komunalna odpadna voda lahko vsebuje vrsto odpadnih vod in običajno vsebuje približno 99,9% vode in približno 0,1% trdnih snovi (Roš, 2001). Splošne metode čiščenja odpadnih vod delimo na intenzivne in ekstenzivne biološke metode čiščenja.

Intenzivne metode, je intenziviran proces samoočiščenja, kateri tudi sicer poteka v naravi in temelji na življenjski dejavnosti mikroorganizmov. Običajno se delijo na tri stopnje: primarna, sekundarna in terciarna stopnja čiščenja (Tchobanoglous in sod., 2003). V praksi je v uporabi delitev, ki se omejuje na način čiščenja odpadne vode, kot fizikalno, kemijsko in biološko čiščenje (Tabela 1). S primarno, sekundarno in terciarno stopnjo čiščenja, je predvsem opredeljena stopnja očiščenosti odpadne vode oz. katere snovi in v kakšni meri jih bomo iz odpadne vode odstranili.

**Tabela 1:** Osnovni principi čiščenja odpadne vode, glede na stopnjo in metode čiščenja (Tchobanoglous in sod., 2003)

STOPNJA ČIŠČENJA	METODA ODSTRANJEVANJA	OPIS POSTOPKA ČIŠČENJA
Primarno	Fizikalno in kemijsko	Predčiščenje, kot odstranjevanje peska in vejevja, flotacija olja in masti, delno usedanje in dodajanje kemičnih spojin za pospešitev usedanja.
Sekundarno	Fizikalno in biološko	Odstranitev biološko razgradljivega organskega materiala in večji del dušikovih spojin.
Terciarno	Fizikalno in kemijsko Biološko in kemijsko	Filtracija, ultrafiltracija, dezinfekcija in popolna odstranitev dušikovih in fosforjevih hraniv ter ostalih raztopljenih trdnih snovi.

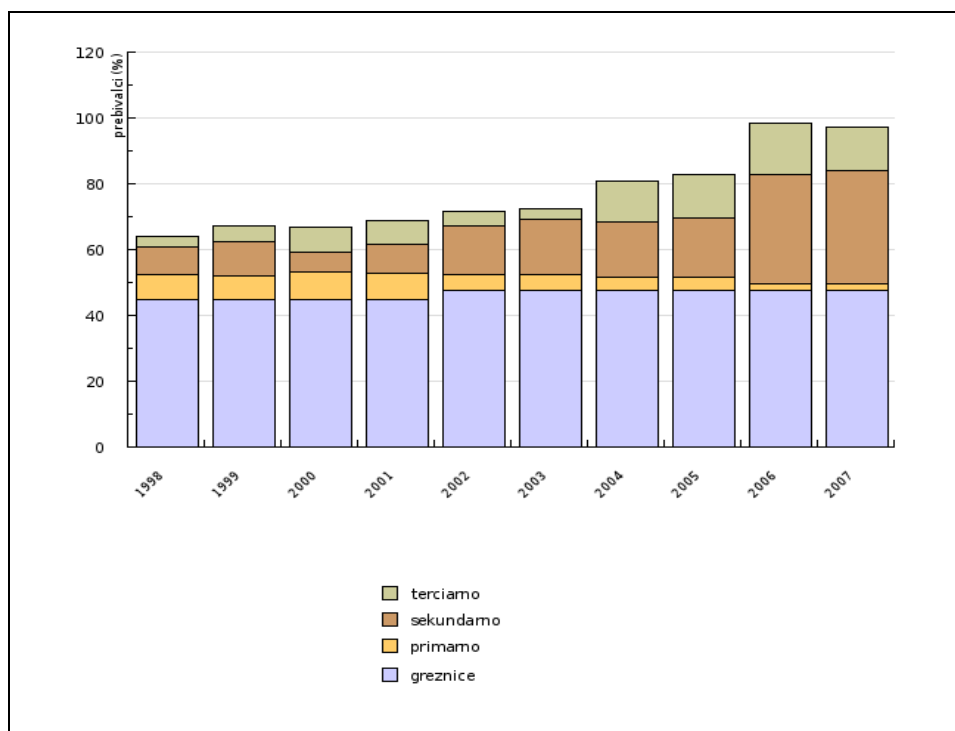
Ekstenzivne biološke metode čiščenja so naravni sistemi za čiščenje komunalne odpadne vode. To so lagune, namakalna polja in rastlinske čistilne naprave. Navedeni naravni sistemi se praviloma uporabljajo za čiščenje odpadnih vod v manjših naseljih. Gradijo se na območjih, kjer bi bila izgradnja kanalizacijskega sistema občutno predraga. Hkrati pa mora sestava tal takšen sistem čiščenja omogočati. Ti sistemi so izvedeni kot bolj ali manj plitvi bazeni iz naravnih materialov s sintetičnimi pregradami in neprepustnimi folijami. Bazeni so med seboj različno povezani, med njimi pa se voda gravitacijsko pretaka. Čiščenje nam omogoča pravilna sestava tal in rastlinja, s pomočjo katerih se iz odpadne vode odstranjujejo škodljive snovi. V diplomskem delu se bomo osredotočili predvsem na intenzivne metode čiščenja odpadne vode.

Kakršno koli metodo bomo na določenem mestu uporabili, mora končni produkt, to je očiščena voda, zadovoljevati osnovne okoljske standarde, ki so določeni z uredbo Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih vod v vode in javno kanalizacijo (Ur. list RS št. 47/05 in 45/07).

V Sloveniji se je na področju čiščenja komunalne odpadne vode v zadnjih letih veliko naredilo, predvsem pri vključevanju v proces čiščenja sekundarno stopnjo in ponekod tudi terciarno. K tem spremembam je bistveno pripomogel Operativni program odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode, skupaj z zakonodajo. Kljub temu, je v Sloveniji še vedno zelo velik odstotek prebivalstva, ki čisti odpadno vodo v greznicah

(Slika 3). To so nepretočne greznice, ki služijo samo za zbiranje in zadrževanje odpadne vode, ne pa tudi za čiščenje. Njihova dobra stran je le nepropustna konstrukcija, zaradi česar ne povzročajo škode v neposrednem okolju. Največja pomanjkljivost nepretočnih greznic je pogosto praznjenje in s tem povezani visoki obratovalni stroški. S finančnega vidika predstavljajo nepretočni zbiralniki za odpadne vode najdražjo obliko ravnanja s hišnimi odpadnimi vodami, tako z investicijskega, operativnega in nenazadnje tudi okoljskega vidika. Pogosta praznjenja nepretočne greznice predstavljajo obremenitev s hrupom, izpušnimi in gniliščnimi plini, ter prevozi na ČN, ki je prirejena za sprejem grezničnih gošč. Iz vseh teh pogledov je razvidna majhna uporabnost nepropustnih greznic in je njeno umeščanje resnično smiselno le v izjemnih primerih. Pretočna greznica je naprava za čiščenje komunalne odpadne vode brez prezračevanja, v kateri se komunalna odpadna voda mehansko prečisti in delno anaerobno obdela. Pretočne greznice so sprejemljivejše od nepretočnih, tako iz investicijskega, če so pravilno dimenzionirane in vzdrževane, pa tudi z okoljskega vidika. Slovenska zakonodaja jih v novih programih čiščenja komunalne odpadne vode sploh ne predvideva, čeprav se trenutno čisti v takih sistemih skoraj polovica vseh odpadnih voda (Kompore in sod., 2007).

ARSO je čiščenje odpadne vode v greznici opredelila, kot primarno stopnjo čiščenja (ARSO, 2008). Razlog za tako velik odstotek greznic, je predvsem v razpršeni poselitvi slovenskega prebivalstva.



**Slika 3:** Stopnje obdelave odpadnih voda v Sloveniji (ARSO, 2008)

### 1.3 Namen diplomskega dela

Namen diplomskega dela je opisati delovanje komunalne centralne čistilne naprave (CČN) Koper (Slika 4), oceniti njeno učinkovitost in podati morebiten predlog sanacije. Pri tem predhodno navajamo v teoretičnem delu zakonodajo, ki je osnova za končno oceno delovanja ČN in splošno teoretično podlago za razumevanje kompleksnih

pogojev delovanja in upravljanja komunalne čistilne naprave z različnimi možnostmi biološkega čiščenja in ravnanja z blatom. V analitskem delu opisujemo delovanje CČN Koper in na podlagi zbranih analiznih podatkov iz monitoringa navajamo učinek čiščenja ter ga primerjamo z trenutno zakonodajo. Linija vode na CČN Koper poteka prek grabelj na črpališče, od tu v ozračjen peskolov in lovilec maščob in nato v dva primarna usedalnika. Očiščena voda se izliva v morje. Blato se anaerobno obdela in odlaga na deponijo. Bioplina se ne izkorišča. Ob primerjanju analiznih podatkov iz monitoringa z mejnimi dovoljenimi vrednostmi za iztok iz čistilnih naprav smo ugotovili, da iztok ne ustrežata trenutni zakonodaji za izpust v morje. Predlagali smo sanacijo s tem, da smo v drugem delu analize upoštevali že načrtovano izgradnjo skupne CČN Koper - Izola. Tu smo izračunali novo obremenitev vtoka na čistilno napravo in ga primerjati z obstoječo infrastrukturo. Kljub zmožnosti obstoječih objektov prenašanja nove obremenitve smo morali, upoštevajoč zakonske predpise, podati predlog sanacije in nadgradnje. Trenutna stopnja čiščenja kot tudi učinek čiščenja ne zadostujeta zakonskim zahtevam. CČN Koper se nahaja na občutljivem območju, kjer zakonodaja zahteva terciarno stopnjo čiščenja odpadne vode z dezinfekcijo iztoka. Naš predlog za sanacijo je predhodno saniranje obstoječih objektov ter dograditev kompaktnega sistema z aktivnim blatom (SBR) in UV dezinfekcijo iztoka. Ob sanaciji se dogradi še vsa potrebna merilna oprema. Blato se še naprej anaerobno stabilizira v gniliščih, ob tem pa bi izkoriščali nastali bioplin. Pri podaji predloga sanacije smo upoštevali zakonodajo, nosilnost tal, velik učinek čiščenja in odstranitev hraniv na čim manjši površini, dezinfekcijo iztoka, uporaba čim večjega števila obstoječih objektov, predviden vdor tujih vod (predvsem morske vode) in nihanja na dotoku in lastnosti sprejemnika odpadne vode. Podali smo tudi možnost gospodarjenja s produkti, ki nastanejo pri čiščenju.



**Slika 4:** Centralna čistilna naprava Koper (Komunala..., 2007a)

## 2 TEORETIČNI DEL

### 2.1 Zakonodaja in predpisi

Zakonodaja, je ključnega pomena pri preprečevanju onesnaževanja, ki ga povzročajo čistilne naprave. Neposredno je vezana na čiščenje komunalne odpadne vode in blata. Definicije, ki bodo obravnavane v tem poglavju, se lahko razlikujejo od tehničnih definicij, ker so zapisane izključno za razumevanje podzakonskih predpisov.

#### 2.1.1 Evropski predpisi

Slovenska zakonodaja je vezana na zakonodajo Evropske skupnosti (ES), ki je izdala vrsto direktiv, z leti pa jih dopolnjuje in spreminja. Osnovni dokument ES s področja voda, je Okvirna vodna direktiva (WFD) (ang. Water Framework Directive).

**Okvirna vodna direktiva 2000/60/EC (WFD).** WFD je nastala na podlagi trajnostne vloge, ki jo mora dosegati skrb za vode, tako da medsebojno poveže dolgoročne okoljske cilje in emisijske kazalce izražanja kvalitete. Vodna direktiva postavlja vodo za človekovo dediščino, ki jo je treba varovati. Skupni cilj Okvirne vodne direktive, je postavitve sistema za gospodarjenje z vodami, s katerimi bi preprečili nadaljnje onesnaževanje vseh vodnih teles in dosegli dobro ekološko stanje voda, najkasneje do leta 2015. Na ta način predstavlja WFD osnovni dokument, katerega smoter je ohraniti in izboljšati vodno okolje v ES, s poudarkom predvsem na kakovosti voda, kvantiteta razpoložljive vode pa predstavlja pomoč, pri zagotavljanju dobre kakovosti vode. Za vsako povodje si je treba prizadevati, da se doseže dobro stanje vode, tako da se uskladi ukrepe za doseganje potrebne kvalitete površinske in podzemne vode istega ekološkega, hidrološkega in hidrogeološkega sistema.

Strategija izvajanja Okvirne vodne direktive, združuje dva osnovna koncepta, pri čemer prvi kombinira standarde kakovosti voda z emisijskimi, medtem ko drugi koncept ponuja zahtevo po trajnostnem razvoju, tako da združuje potrebe sedanjega človeka brez ogrožanja prihodnjih generacij. Z namenom izvajanja WFD je bila med Evropsko komisijo in državami članicami ES dogovorjena skupna strategija izvajanja. Izvajanje WFD še vedno ostaja odgovornost držav članic, strategija pa je potrebna zaradi razvoja skupnih pristopov in izmenjave informacij. Sprejetih je bila vrsta Strokovnih navodil (*Guidance Documents*), ki predstavljajo pomoč za izvajanje skupne politike do voda v ES. Namen teh navodil je zagotoviti celovit metodološki pristop, ki mora biti prirejen specifičnim razmeram posameznih držav članic. Okvirna vodna direktiva posebej določa način obravnave emisij iz različnih virov onesnaženja. Kriteriji za obravnavo emisij se lahko spreminjajo, prepuščeni pa so podzakonskim aktom. Za doseganje dobrega stanja vseh vodnih virov skladno z WFD so države članice ES do leta 2015 zavezane zagotoviti uveljavitev upravljanja s povodji in preprečevanje onesnaženja na celotnem območju ES.

Za doseganje ciljev na področju celinskih voda, so bile pred začetkom izvajanja WFD v vseh državah članicah ES določene kategorije, z oceno trenutnega stanja, da bi se prilagodilo vrste monitoringa za vodna telesa. Ko bo na voljo več rezultatov novih programov monitoringa, se bodo kategorije ocene stanja vodnih teles verjetno nekoliko spremenile. Operativni monitoring zagotavlja jasen in izčrpen pregled ekološkega in kemijskega stanja v vsakem vodnem telesu, kar omogoča potrditev ali spremembo trenutne ocene, ki temelji na dosedanjih rezultatih. Rezultati pregleda stanja bodo

omogočili pristojnim organom, da začnejo načrtovati programe ukrepov za tista vodna telesa, ki ne bodo izpolnila okoljskih kriterijev. Trenutna ocena je posledica najslabše možne slike, kjer preseganje enega samega parametra zadošča za vzbuditev dvoma, po izpolnitvi predpisanih kriterijev. Čeprav v procesu začetnega opisa značilnosti voda še primanjkuje zanesljivih podatkov, je gotovo, da nekatera Slovenska vodna telesa ne bodo dosegla sprejemljivega okoljskega stanja, če tam ne bodo izvedeni hitri ukrepi.

Za doseganje ciljev na področju podzemnih voda, predpisuje Okvirna vodna direktiva varovalne zahteve z namenom doseganja dobrega kemijskega in količinskega stanja podzemnih voda. Zahteva, da so identificirane površinske vode in kopni ekosistemi, ki so odvisni od podzemnih voda, ter da je vsakršno njihovo onesnaženje zaradi podzemnih voda analizirano in ovrednoteno. Dobro kemijsko stanje bo doseženo, ko bodo podzemne vode ustrezale standardom kakovosti. Tu so opredeljene mejne vrednosti za nitratre in pesticide. Dobro količinsko stanje pomeni, da je doseženo ravnotežje med odvzemom in obnavljanjem količin podzemnih voda. Odvzem vode bi moral biti v normalnih razmerah veliko manjši od razpoložljive količine podzemnih voda, pod nobenimi pogoji pa količina odvzete vode ne bi smela presegati obnovljivega volumna podzemnih voda.

#### 2.1.1.1 Ostale pomembne direktive Evropske Skupnosti

Poleg Okvirne vodne direktive 2000/60/EC, obstajajo za področje krovne politike upravljanja z vodami še dokumenti, ki podrobneje posegajo v posamezna področja upravljanja z vodami v ES. Za področje voda so pomembne še direktive:

- **Direktiva Sveta ES 91/271/EEC**, je namenjena obdelavi komunalne odpadne vode. Cilj direktive je varstvo okolja pred škodljivimi vplivi odvajanja biološko razgradljivih odpadnih voda. Direktiva zahteva izgradnjo ČN za vsa naselja, ki so večja od 2000 prebivalcev, poleg tega zahteva izgradnjo terciarne stopnje čiščenja za občutljiva območja in območja, kjer je prisotna možnost evtrofikacije. Direktiva določa roke v zvezi z izgradnjo ustreznih kanalskih omrežij in komunalnih čistilnih naprav, za izpuste v vode pa določa mejne emisijske vrednosti.
- **Direktiva Sveta EGS 91/676/EEC**, bolj znana kot Nitratna direktiva. Namen navodil iz direktive je zmanjšanje onesnaženosti voda z nitrati zaradi kmetijske dejavnosti in nadaljnje preprečevanje takšnega onesnaženja. Bistvena pravila ravnanja se nanašajo predvsem na skladiščenje gnojevke in način ter letne termine gnojenja kmetijskih površin, upošteva načela dobre kmetijske prakse.
- **Direktiva Sveta EGS 86/278/EEC**, ureja možnosti za uporabo blata iz čistilnih naprav v kmetijstvu. Dokument določa mejne vrednosti vnosa nevarnih snovi, predvsem težkih kovin, ki jih lahko vnesemo v tla z uporabo blata iz čistilnih naprav.
- **Direktiva Sveta EGS 79/869/EEC**, določa merilne metode ter pogostost vzorčenja in izdelave analiz površinske vode, namenjene za oskrbo s pitno vodo, v državah Evropske Skupnosti. Spremljanje kakovosti površinske tekoče vode je potrebno predvsem, da se zavaruje izvire in vodne ekosisteme, v skrbi za zdravje prebivalcev.

### 2.1.1.2 Uredba o Evropskem registru izpustov in prenosov onesnaževal

Uredba Evropskega parlamenta in Sveta (ES) št. 166/2006 o Evropskem registru izpustov in prenosov onesnaževal, zavezuje predvsem upravljavce naprav, da v skladu z Uredbo 166/2006/ES in predpisi, ki urejajo prve meritve in obratovalni monitoring odpadnih vod, prve meritve in obratovalni monitoring emisij snovi v zrak iz nepremičnih virov onesnaževanja ter ravnanje z odpadki, poročajo pristojnim organom o izpustih in prenosih onesnaževal.

### 2.1.2 Slovenska zakonodaja

**Prepisi s področja čiščenja komunalnih odpadnih vod.** V naslednjih poglavjih so opisani zakoni in podzakonski akti (pravilniki, uredbe, itd.), ki urejajo področje čiščenja odpadnih voda in ravnanje s produkti, ki pri tem nastajajo. Ko govorimo o čiščenju odpadne vode, moramo upoštevati vrsto predpisov, ki so povezani z vodami, sočasno pa je treba poznati tudi ostale predpise, saj je lahko čistilna naprava vir hrupa, onesnaženega zraka (ob nepravilnem delovanju ali upravljanju ČN) in trdnih odpadkov (večji odpadki odstranjeni iz odpadne vode, primarno in sekundarno blato, itd.), ki jih lahko odlagamo na določena odlagališča.

#### 2.1.2.1 Zakoni

Področje odvajanja in čiščenje komunalne odpadne vode urejajo predpisi, izdani na podlagi Zakona o varstvu okolja (ZVO), Zakona o vodah (ZV), Zakona o gospodarskih javnih službah (ZGJS) in Zakona o prostorskem načrtovanju (ZPN):

- **Zakon o varstvu okolja (ZVO)**, Ur.l. RS, št. 32/1993. Prvič je bil sprejet leta 1993, kot krovni zakon s področja okolja. Ureja varstvo okolja pred obremenjevanjem kot temeljni pogoj za trajnostni razvoj in v tem okviru določa temeljna načela varstva okolja, ukrepe varstva okolja, spremljanje stanja okolja in informacije o okolju, ekonomske in finančne instrumente varstva okolja, javne službe varstva okolja in druga z varstvom okolja povezana vprašanja. Ureja tudi postopek presoje vplivov na okolje, kjer se oceni vplive nameravanega posega v okolje. Važnejši deli s področja voda so še izvajanje hidrološkega monitoringa in ustanovitev Ekološkega sklada Republike Slovenije, ki je javni finančni sklad in opravlja naloge spodbujanja razvoja na področju varstva okolja. Ob izpolnjevanju direktiv ES je bil Zakon večkrat spremenjen in dopolnjen. V letu 2008 je bil zadnjič spremenjen in objavljen v Ur.l. RS, št. 70/2008 kot Zakon o spremembah in dopolnitvah Zakona o varstvu okolja (ZVO-1B)
- **Zakon o vodah (ZV)**. Objavljen kot Zakon o vodah (ZV-1), Ur.l. RS, št. 67/2002. Zakon smiselno ureja upravljanje z vodami v Republiki Sloveniji. S stališča čiščenja komunalnih odpadnih vod je predvsem bistven v prepovedi odvajanja teh vod neposredno v površinske vodotoke ali v podtalnico. Prepoveduje tudi rabo fitofarmaceutskih sredstev in gnojenja v neposredni bližini površinskih voda ali na območjih, kjer bi taka uporaba lahko ogrozila podtalnico. Za odvajanje čiščene odpadne vode v vodotok je po 194. členu tega zakona potrebno pridobiti ustrezno vodno dovoljenje. Skrbnik za izvajanje zakona o vodah je Inštitut za vode RS, na samem terenu pa za to skrbijo inšpektorji in nadzorniki, pristojni za vode. Zakon je bil v letu 2008 spremenjen

in objavljen v Ur.l. RS, št. 57/2008 kot Zakon o spremembah in dopolnitvah Zakona o vodah (ZV-1A).

- **Zakon o gospodarskih javnih službah (ZGJS)**, Ur.l. RS, št. 32/1993. Zakon ureja način in oblike izvajanja gospodarskih javnih služb. Z gospodarskimi javnimi službami se zagotavljajo materialne javne dobrine v smislu proizvodov in storitev, ki so v javnem interesu RS, oziroma 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. Pri zagotavljanju javnih dobrin in storitev je pridobivanje dobička podrejeno zadovoljevanju javnih potreb. Gospodarske javne službe se zato financirajo s ceno javnih dobrin, iz proračunskih sredstev in iz drugih virov, določenih z zakonom ali odlokom lokalne skupnosti. Konec leta 2006, je bil sprejet Zakon o javno-zasebnem partnerstvu (ZJZP), Ur.l. RS, št. 127/2006, ki dopolnjuje in spreminja ZGJS in ureja namen in načela zasebnega vlaganja v javne projekte in/ali javnega sofinanciranja zasebnih projektov, ki so v javnem interesu, načine spodbujanja in institucije, ki skrbijo za njegovo spodbujanje in razvoj.
- **Zakon o prostorskem načrtovanju (ZPN)**, Ur.l. RS, št. 33/2007. Ta zakon ureja prostorsko načrtovanje in uveljavljanje prostorskih ukrepov za izvajanje načrtovanih prostorskih ureditev, zagotavljanje opremljanja zemljišč za gradnjo ter vodenje sistema zbirk prostorskih podatkov. V njem se določa tudi pogoje za opravljanje dejavnosti prostorskega načrtovanja in določa prekrške v zvezi z urejanjem prostora in opravljanjem dejavnosti prostorskega načrtovanja. Namen urejanja prostora je omogočati skladen prostorski razvoj z usklajevanjem gospodarskih, družbenih in okoljskih vidikov razvoja. Usmerjanje razvojnih procesov in z njimi povezanih prostorskih ureditev mora izhajati iz uravnoteženosti razvojnih potreb. Nova poselitve se usmerja v poselitvena območja, zunaj poselitvenih območij je izjemoma dopustna gradnja, med drugim tudi objektov okoljske javne infrastrukture. Prostorski akti in druge odločitve o zadevah urejanja prostora morajo temeljiti na predpisih, analizah in strokovnih dognanjih o lastnostih in zmogljivostih prostora in okolja.

#### 2.1.2.2 Pravilniki

##### **Pravilnik o nalogah, ki se izvajajo v okviru obvezne občinske gospodarske javne službe odvajanja in čiščenja komunalne in padavinske odpadne vode Ur.l. RS, št. 109/2007**

V tem pravilniku, so določene zahteve po odvajanju in čiščenju komunalne odpadne in padavinske vode, ki morajo biti izpolnjene pri opravljanju storitev obvezne lokalne javne službe. Storitve javne službe se nanašajo na komunalno odpadno vodo, ki nastaja v stavbah zaradi bivanja in opravljanja dejavnosti. Komunalna odpadna voda, je odpadna voda iz gospodinjstev in njej po naravi ali sestavi podobna voda iz proizvodnje ali storitvene ali druge dejavnosti ali mešanica teh odpadnih voda z odpadno vodo iz proizvodnje ali s padavinsko odpadno vodo. Nastaja v bivalnem okolju gospodinjstev zaradi rabe vode v sanitarnih prostorih, pri kuhanju, pranju in drugih gospodinjstevskih opravilih. Če je voda, ki nastaja v objektih v javni rabi, po nastanku in sestavi podobna vodi iz gospodinjstev, se tudi šteje za komunalno odpadno vodo. Naselje, v katerem je letna obremenitev zaradi nastajanja komunalne odpadne vode, preračunana na 1 ha zemeljske površine, večja od 20 PE, mora biti opremljeno z javno kanalizacijo za odvajanje komunalne odpadne vode, če celotna obremenitev, ki tam nastaja, presega



50 PE. Komunalna odpadna voda, ki nastaja v stavbi, se mora odvajati v javno kanalizacijo ali pa neposredno v malo komunalno čistilno napravo, ki je v upravljanju lastnika stavbe. Komunalna odpadna voda, ki nastaja v stavbi v naselju, opremljenem z javno kanalizacijo, se mora odvajati v javno kanalizacijo. Če je več stavb na geografsko zaokroženem območju, odpadne vode teh stavb ni potrebno odvajati v javno kanalizacijo in se ta lahko čisti v skupni mali komunalni čistilni napravi. Komunalna ali skupna čistilna naprava z zmogljivostjo čiščenja več kot 10.000 PE mora biti opremljena za prevzem in obdelavo blata iz malih komunalnih čistilnih naprav in obstoječih greznic ter prevzem in obdelavo komunalne odpadne vode iz nepretočnih greznic. Izvajalec javne službe mora za stavbe v naselju ali njegovem delu, ki ni opremljeno z javno kanalizacijo, ter za stavbo ali za funkcionalno zaokroženo skupino stavb, tudi če so izven naselja, zagotoviti:

- redno praznjenje nepretočnih greznic,
- prevzem blata iz pretočnih greznic, najmanj enkrat na štiri leta,
- prevzem blata iz malih komunalnih čistilnih naprav, najmanj enkrat na štiri leta,
- obratovalni monitoring za male komunalne čistilne naprave.

Če izvajalec javne službe upravlja komunalno čistilno napravo, mora kot povzročitelj odpadkov izdelati načrt ravnanja z blatom.

#### **Pravilnik o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu odpadnih vod ter o pogojih za njegovo izvajanje (Uradni list RS št. 74/07)**

Pravilnik določa vrste parametrov odpadnih vod, ki so predmet prvih meritev ter obratovalnega monitoringa odpadnih vod, metodologijo vzorčenja in merjenja parametrov in količin odpadnih vod. Pridobljene podatke poročila o prvih meritvah in emisijskem monitoringu, je treba sporočiti ministrstvu za okolje in prostor. Pravilnik določa tudi strokovne in referenčne pogoje, ki jih mora izpolnjevati oseba, ki izvaja prve meritve ali emisijski monitoring. Preglednice pogostnosti prvih in občasnih meritev in čas vzorčenja za komunalne, skupne čistilne naprave in posamezen iztok iz naprave, so podane v prilogi (Priloga 1). V pravilniku so tudi podrobneje opisani vsi standardi za izvajanje prvih meritev in emisijskega monitoringa odpadnih vod.

#### 2.1.2.3 Uredbe

##### **Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih vod v vode in javno kanalizacijo (Uradni list RS št. 47/05, 45/07)**

Uredba določa za vire onesnaževanja:

- mejne vrednosti emisije snovi v vode in v javno kanalizacijo,
- mejne vrednosti za emisije snovi in toplote,
- prepovedi, omejitve in druge ukrepe zmanjševanja emisije snovi in toplote,
- vsebino in način pridobivanja okoljevarstvenega dovoljenja.

Emisija snovi in toplote se določa na iztoku iz čistilne naprave za industrijske ali komunalne odpadne vode, brez predhodnega razredčevanja odpadne vode. Meritve emisij se morajo izvajati na urejenih in stalnih merilnih mestih, pri tem se parametri za odpadne vode določajo, glede na način iztoka očiščene vode iz naprave. V uredbi je opredeljena enota populacijski ekvivalent (PE). PE je enota za obremenjevanje vode in ustreza onesnaženju, ki ga povzroči en prebivalec na dan. 1 PE je enak 60 g BPK<sub>5</sub>/dan.

Mejne vrednosti parametrov industrijske odpadne vode, so podane v prilogi (Priloga 2). Količina snovi v odpadni vodi in koncentracije prednostnih snovi za dobro kemijsko stanje površinske vode, so podane v prilogi (Priloga 3).

### **Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz komunalnih čistilnih naprav (Uradni list RS št. 45/07)**

Nadomešča predhodno uredbo o emisiji snovi pri odvajanju vod iz komunalnih čistilnih naprav (Ur. List št. 35/96, 90/98, 31/01, 41/04). Določbe te uredbe veljajo za komunalne čistilne naprave, namenjene za čiščenje:

- komunalne odpadne vode,
- mešanice komunalne in industrijske odpadne vode, ki se odvaja v javno kanalizacijo,
- mešanice komunalne in padavinske odpadne vode, ki se zbira in odvaja na komunalno čistilno napravo po mešanem kanalizacijskem sistemu,
- mešanico komunalne in industrijske odpadne vode, ki se odvaja v javno kanalizacijo, s padavinsko odpadno vodo, ki se zbira in odvaja na komunalno čistilno napravo po mešanem kanalizacijskem sistemu.

Uredba določa za komunalne čistilne naprave v zvezi z emisijo snovi pri odvajanju odpadne vode:

- mejne vrednosti parametrov odpadne vode,
- mejne vrednosti učinkov čiščenja odpadne vode,
- posebne ukrepe v zvezi z načrtovanjem in obratovanjem komunalnih čistilnih naprav in
- dejavnosti, za katere veljajo posebne zahteve pri odvajanju industrijske odpadne vode.

Uredba določa obveznosti upravljavca čistilne naprave, do kanalizacijskega omrežja, prevzema blata iz malih čistilnih naprav in zasebnih greznic. Določa časovne termine usklajevanja z Operativnim programom odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode za obdobje od 2005 do 2017, ki ga je sprejela Vlada Republike Slovenije (OP) in smernicami ES v okviru kanalizacijskega sistema in primerne stopnje čiščenja odpadne vode. Mejne vrednosti parametrov odpadne vode, ki se odvaja iz komunalne čistilne naprave, so podani v prilogi (Priloga 4). V uredbi so navedena tudi občutljiva območja z njihovimi prispevnimi območji, in vrisana na zemljevid Slovenije v prilogi (Priloga 5). Občutljiva območja zaradi eutrofikacije so določena na podlagi meril za določitev eutrofikacije. Merila in mejne vrednosti, so podrobneje opisani v uredbi. Ne glede na merila navedena v uredbi, so kot občutljivo območje zaradi eutrofikacije določena rečna ustja, morje in vodna telesa površinske vode na prispevnem območju Timava dol vodno od Škocjanskih jam. Po tej uredbi, se zahteva na občutljivih območjih dodatno terciarno obdelavo odpadne vode z dezinfekcijo. Mejne vrednosti za mikrobiološke parametre, so podane v preglednici št. 3 v prilogi (Priloga 4). Za vprašanja o emisiji snovi v vode iz komunalnih čistilnih naprav, ki niso urejena s to uredbo, se uporablja predpis, ki ureja emisijo snovi in toplote pri odvajanju odpadnih vod v vode in javno kanalizacijo.

### **Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadnih vod iz malih komunalnih čistilnih naprav (Uradni list RS št. 98/2007)**

Uredba določa posebne zahteve v zvezi z emisijo snovi pri odvajanju odpadnih vod iz malih komunalnih čistilnih naprav:

- mejne vrednosti parametrov odpadne vode,
- mejne vrednosti učinka čiščenja odpadne vode.

Mala komunalna čistilna naprava je naprava za obdelavo komunalne odpadne vode z zmogljivostjo čiščenja manjšo od 2.000 PE, v kateri poteka biološka razgradnja s pospešenim prezračevanjem ali biološka razgradnja z naravnim prezračevanjem. Poudarjene so posebne zahteve v zvezi z lastnim nadzorom obratovanja malih komunalnih čistilnih naprav in izvajanjem monitoringa emisij iz malih čistilnih naprav.

#### **Uredba o okoljski dajatvi za onesnaževanje okolja zaradi odvajanja odpadnih voda (Uradni list RS, št. 123/04, 142/04, 68/05, 77/06)**

Uredba nadomešča stari predpis o okoljski taksi za obremenjevanje vode (Uradni list RS št. 41/95, 44/95, 8/96, 124/00, 49/01), ter določa višino, način obračunavanja, odmere in plačevanja okoljske dajatve, ki je posledica odvajanja odpadnih voda v javno kanalizacijo, v površinske vode ali s ponikanjem v podzemne vode. Uredba določa tudi pogoje za vračilo plačane okoljske dajatve.

#### **Uredba o odlaganju odpadkov na odlagališčih (Uradni list RS, št. 32/2006)**

Uredba, ki ureja področje ravnanja oziroma odlaganja odpadkov. Kot odpadki se šteje tudi mulj, gošče in blato iz komunalnih čistilnih naprav. Odlaganje dehidriranih (praviloma nestabiliziranih) blat čistilnih naprav na odlagališča komunalnih odpadkov najstarejši in do nedavna glavni način njihovega končnega ravnanja. Uredba omejuje vsebnost organskih snovi v odpadkih na več načinov:

- z maksimalno 3 % vsebnostjo celotnega organskega ogljika oz. 5 % žarilnim ostankom za bio-nerazgradljive odpadke (stabilizirana blata),
- z maksimalno 18 % celotnega organskega ogljika v biorazgradljivih odpadkih,
- z največ 6 MJ/kg kurilne vrednosti v odpadkih z visoko vsebnostjo biorazgradljivih odpadkov,
- dodatno morajo biti ostanki organskih snovi v odpadku še slabo izlužljivi, tako da je vsebnost raztopljenega organskega ogljika v izlužku pod 800 mg/kg za težko biorazgradljive odpadke oz. 7500 mg/kg za lahko biorazgradljive odpadke.

Odpadna blata moramo pred odlaganjem torej obdelati oz. stabilizirati (mineralizirati) s ciljem zadostnega zmanjšanja vsebnosti organskih snovi. Proizvodi teh postopkov (kompost, energija) gredo na tržišče, trdni ostanek predelav (onesnaževala iz komposta, pepel iz kurjenja) pa se odlaga. Direktno odlaganje blata na odlagališče je po tej uredbi možno samo še do 31. decembra 2008.

Po dopolnitvi uredbe leta 2007 (Uradni list RS, št. 98/2007), se lahko na obstoječih odlagališčih, za katere je bilo izdano okoljevarstveno dovoljenje odlagajo blata iz komunalnih čistilnih naprav, greznični mulji, drugi odpadki, ki nastajajo pri čiščenju komunalnih odpadnih voda, do 15. julija 2009, ne glede na vsebnost TOC in kurilne vrednosti v teh odpadkih.

## **Uredba o uporabi blata iz komunalnih čistilnih naprav v kmetijstvu (Uradni list RS, št. 62/2008)**

Uredba določa ukrepe in ravnanja z blatom iz komunalnih čistilnih naprav, če se uporablja kot gnojilo v kmetijstvu, prepovedi in omejitve v zvezi s tako uporabo ter obveznost poročanja Evropski komisiji.

Blato je:

- odpadno blato iz komunalnih čistilnih naprav in malih komunalnih čistilnih naprav, vključno z blatom iz skupnih čistilnih naprav,
- odpadno blato iz greznic in nepretočnih greznic,
- odpadno blato iz čistilnih naprav, ki niso čistilne naprave iz prve alineje te točke, vključno z blatom iz nepretočnih greznic.

Uporabo blata v kmetijstvu pogojujejo mejne vrednosti koncentracije težkih kovin v tleh, v ali na katera se vnaša obdelano blato, mejne vrednosti koncentracije težkih kovin v obdelanem blatu ter mejne vrednosti letnega vnosa težkih kovin. Mejne vrednosti in načini vzorčenja, so podani v prilogi (Priloga 6).

Obdelava blata je lahko aerobna ali anaerobna obdelava blata v skladu s predpisom, ki ureja obdelavo biološko razgradljivih odpadkov (Uredba o obdelavi biološko razgradljivih odpadkov Ur.l. RS, št. 62/2008), če zagotavlja, da obdelano blato izpolnjuje zahteve za 1. ali 2. razred okoljske kakovosti komposta ali pregnitega blata. Parametri oz. zahteve, za uvrščanje blata v razrede okoljske kakovosti, so podani v prilogi (Priloga 7).

V kolikor kompost ali pregnito blato, pridobljeno z obdelavo blata komunalnih čistilnih naprav, izpolnjuje zahteve iz predpisa, ki ureja uporabo blata iz komunalnih čistilnih naprav v kmetijstvu in v skladu s predpisom, ki ureja obdelavo biološko razgradljivih odpadkov, je vnos komposta in pregnitega blata v ali na tla dovoljen na vseh zemljiščih, ne glede na območje, kjer je zemljišče in ne glede na rabo zemljišča, če:

- izmerjene vrednosti nevarnih snovi v celotnem vzorcu komposta ali pregnitega blata ne presegajo največjih vrednosti, določenih za uvrstitev v 1. razred okoljske kakovosti,
- delež organskih snovi v kompostu ali pregnitem blatu presega 30% suhe mase,
- je kompost ali pregnito blato obdelan tako, da so izpolnjene mikrobiološke zahteve glede higienizacije.

### **2.1.2.4 Operativni program odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode**

Operativni program odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode (OP KOV, 2004), objavljen 4. oktobra 2004, je na področju varstva voda pred onesnaženjem eden od ključnih izvedbenih aktov za doseganje ciljev iz Nacionalnega programa varstva okolja (Nacionalni..., 1999), upoštevajoč vse zakone in podzakonske akte iz tega področja. Nanaša se na varstvo površinskih in podzemnih voda pred vnosom dušika in fosforja zaradi odvajanja komunalne odpadne vode, na vodovarstvenih območjih in območjih kopalnih voda pa tudi pred onesnaženjem voda s fekalnimi bakterijami. Operativni program odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode je izvedbeni akt, s katerim so določena poselitvena območja, za katere je treba zagotoviti v rokih iz tega programa odvajanje komunalne odpadne vode v kanalizacijo in čiščenje v čistilni napravi s kapaciteto, ki je določena s tem programom, ter način porabe javnih sredstev, ki so

namenjena financiranju objektov javne kanalizacije. Ureditev odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode je za Slovenijo največja okoljska investicija glede na višino potrebnega vložka. Investicija je dolgoročna in zanjo velja koordinacija ukrepov države in lokalnih skupnosti za postopno doseganje ciljev varstva okolja pred obremenjevanjem zaradi nastajanja komunalne odpadne vode. Cilj tega programa je v Sloveniji zagotoviti take pogoje izvajanja ukrepov izpolnjevanja okoljskih ciljev, ki so v Evropski uniji usklajeni na podlagi direktiv v okviru WFD. Finančna sredstva, v letnem povprečju v obdobju izvajanja tega programa od 2005 do 2017 ne smejo presežati višine sredstev, ki so bila že v letu 2003 na voljo investicijam in investicijskemu vzdrževanju objektov javne kanalizacije. Tako so s programom dana izhodišča za razporeditev ter smotrno porabo finančnih sredstev, ki so trenutno na voljo za investicije in vzdrževalna dela na področju komunalnega opremljanja za namene odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode.

### 2.1.3 Financiranje komunalnih čistilnih naprav

Po osamosvojitvi je Slovenija začela pospešeno graditi čistilne naprave za čiščenje komunalne odpadne vode. Večina mest že ima zgrajene čistilne naprave ali pa so v gradnji. Vzrok za to je urejeno financiranje izgradnje čistilnih naprav. Bistveni mehanizem, ki ga je uvedlo Ministrstvo za okolje in prostor v letu 1995, je taksa za onesnaževanje voda, danes to področje ureja Uredba o okoljski dajatvi za onesnaževanje okolja zaradi odvajanja odpadnih voda (Ur. list RS, št. 77/06). Priprave in vstop Slovenije v Evropsko unijo je omogočil sofinanciranje z sredstvi skladov Evropske unije (Kohezijski sklad, Evropski sklad za regionalni razvoj,...). Način črpanja sredstev je podrobneje opredeljen z operativnim programom za razvoj okoljske infrastrukture. Operativni program za razvoj okoljske in prometne infrastrukture povezuje dva sklada in sicer Evropski sklad za regionalni razvoj (ESRR) in Kohezijski sklad. Operativni program je sestavljen do leta 2013. Njegov namen je razvoj okoljske in prometne infrastrukture ter spodbujanju učinkovite rabe energije in obnovljivih virov energije. Na področju okolja bo podprta izgradnja odlagališč, kanalizacijskih sistemov in čistilnih naprav, vodovodov in ukrepov za zmanjšanje škodljivega delovanja voda. V nadaljevanju sta opisana oba sklada:

- **Kohezijski sklad**, je finančni instrument politike enačenja članic ES, s katerim ta spodbuja razvoj držav članic. Sklad prispeva k zmanjšanju razlik v razvitosti med državami ES in skladnejši razvoj članic, ter ES kot celote. Poleg prispevanja k zmanjševanju gospodarskih in socialnih razlik med državami ES, deluje v prid trajnostnega razvoja. Sklad sofinancira projekte s področja okolja in vseevropskih omrežij prometne infrastrukture v tistih državah članicah, katerih je BDP na prebivalca manjši od 90 % povprečja skupnosti. Sredi junija 2007 je Evropska komisija po pogajanjih s članicami ES določila višine sredstev iz kohezijske politike. Slovenija bo tako iz Kohezijskega sklada načrpala 1,4 milijarde €, namenjenih predvsem za izboljšanje prometne in okoljske infrastrukture. Skupna vrednost sredstev iz vseh skladov ES pa znaša 4,2 milijarde € (Delo, 2007). Iz Kohezijskega sklada se sofinancirajo le veliki infrastrukturni projekti v višini več kot 10 milijonov €, ki znatno vplivajo na razvoj držav članic in so nacionalnega pomena. Za področje okolja so to projekti področjih oskrbe prebivalstva s pitno vodo, odvajanja in čiščenja odpadnih voda ter ravnanje z odpadki (SVLR, 2006, SVLR, 2007a).
- **ESRR** ima ključno vlogo pri pospeševanju vlaganj in zmanjševanju razlik med regijami ES. Med prioritete financiranja sodijo raziskave, inovacije, okoljska vprašanja in preprečevanje tveganj, pri čemer ima še vedno pomembno vlogo

infrastruktura, zlasti v najmanj razvitih regijah. Vizija regionalnega razvoja v Sloveniji je skladen trajnostni razvoj, ki prepleta gospodarske, socialne in okoljske potenciale v vseh slovenskih regijah. Implementacija vizije bo zagotovila višjo življenjsko raven, kakovost osebnega zdravja in bivalnega okolja vseh prebivalcev Slovenije. Vse statistične regije v Sloveniji morajo v čim krajšem času pripraviti regionalne razvojne programe, ki bodo vsebovali ključne postopke za razvoj regije. Razpoložljiva sredstva za regionalne razvojne programe v programskem obdobju 2007 do 2013, znašajo 586 milijonov €. Določene so tudi kvote sredstev za posamezne regije. Največji delež dobijo Podravska, Pomurska in Savinjska regija, najmanj pa osrednja Slovenija, ki zajema naše glavno mesto z okolico (SVLR, 2007b).

V mestih z večjimi podjetij s proizvodnjo, ki proizvaja tehnološko biološko razgradljivo odpadno vodo, ta podjetja sofinancirajo skupno čistilno napravo. Dodatno možnost predstavlja vključevanje zasebnega kapitala preko javno zasebnega partnerstva, kjer ima Slovenija že nekaj izkušenj (čistilne naprave Maribor, Murska Sobota, Kranjska gora, Bled, Laško) (Krajnc, 2007).

**Cena odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode.** Podatki o stroških izvajalcev javne službe za čiščenja komunalne odpadne vode so zaradi različne stopnje doseganja standardov čiščenja, med seboj slabo primerljivi, tako da ni možno določiti lastne cene najboljše prakse čiščenja samo na podlagi izračuna letne povprečne vrednosti teh stroškov. V operativnem programu za čiščenje komunalnih odpadnih voda je predlagana cena čiščenja odpadne vode 0,30 €/m<sup>3</sup>. Ob upoštevanju vseh standardov, ki jih mora pri čiščenju komunalne odpadne vode izpolnjevati izvajalec javne službe, se smatra da je taka cena primerljiva s stroški najboljše prakse, ki veljajo v svetu. V stroških čiščenja niso vključeni stroški ravnanja z blatom čistilnih naprav (OP KOV, 2004). Za povprečni strošek vgradnje 1 m dolžine kanalskih vodov je v tem programu prevzet povprečni strošek 185 €/m. Za vgradnjo kanalskih vodov na območju cest, se strošek vgradnje enakih kanalskih vodov poveča za najmanj 30 % (Dolenc, 2005).

## 2.2 Komunalne odpadne vode

### 2.2.1 Viri odpadnih vod

Odpadne vode lahko prihajajo iz gospodinjstev (domače rabe), iz ustanov ali manjših obrtnih delavnic. Industrijske (tehnološke) odpadne vode so posledica določenega industrijskega procesa. Med te spadajo tudi hladilne odpadne vode. Poleg tega imamo tudi padavinske odpadne vode in odpadne vode, ki nastajajo pri spiranju urbanih, cestnih in kmetijskih površin.

Zelo pomemben za tehnologijo čiščenja je vir odpadne vode, ki pomembno vpliva na kemijsko, fizikalno in biološko sestavo odpadne vode, kot tudi na sam kanalizacijski sistem in čistilno napravo. Možen je kombiniran sistem, po katerem tečejo odpadne in padavinske vode ali ločen sistem, po katerem tečejo predvsem odpadne vode. Upravljavca čistilne naprave mora biti seznanjen s tem ali je vtok v napravo urejen po ločenem ali kombiniranem kanalizacijskem sistemu, ker lahko v nasprotnem primeru padavine iz kombiniranega sistema močno porušijo hidravliko čistilne naprave. Večina domače odpadne vode prihaja iz gospodinjstev in ustanov. Odpadna voda, ki izhaja iz teh virov, ima bolj ali manj enotno sestavo, čeprav se sestava zaradi socialnih, ekonomskih, geografskih in klimatskih razlik, med regijami včasih razlikuje. Sestava in

količina domače odpadne vode se v nekaterih sistemih spreminja s sezono, zaradi prispevka večjih institucij, npr. univerz ali posameznih področij, kjer je fluktuacija prebivalstva velika, npr. turističnih krajev. Mnogo komunalnih kanalizacijskih sistemov transportira odpadne vode iz industrijskih in komercialnih virov ter iz zdravstvenih ustanov. Industrijske odpadne vode običajno vsebujejo snovi (od surovega materiala, vmesnih produktov, koproduktov, do končnih produktov), ki jih industrija izdeluje v svojih proizvodnih procesih. Industrijska odpadna voda se spreminja s spremembo proizvodnje in planom proizvodnje. Taka odpadna voda se s časom bistveno bolj spreminja kot domača odpadna voda (Roš, 2001).

Kljub velikim nihanjem same sestave odpadne vode, predvsem industrijske, so mejne vrednosti vnosa onesnaževal v kanalizacijo določene z Uredbo o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih vod v vode in javno kanalizacijo (Uradni list RS št. 47/05, 45/07).

## 2.2.2 Lastnosti odpadnih vod in blata

Čeprav karakterizacija odpadne vode glede na vir onesnaženja daje splošno informacijo o vtoku v čistilno napravo, taka informacija ni zadostna za kontrolo procesa ali izdajo uporabnega dovoljenja. Večina potrebnih podatkov je odvisna od analiz vtoka, vmesnih tokov in iztoka iz čistilne naprave. Določiti moramo njihove fizikalne, biološke in kemijske lastnosti. Z biomonitoringom iztoka iz čistilne naprave lahko določimo njegovo strupenost. Postopki fizikalnih, bioloških in kemijskih analiz so v celoti opisani v Standardnih metodah (Greenberg in sod, 1998).

### 2.2.2.1 Kemijske in biokemijske lastnosti

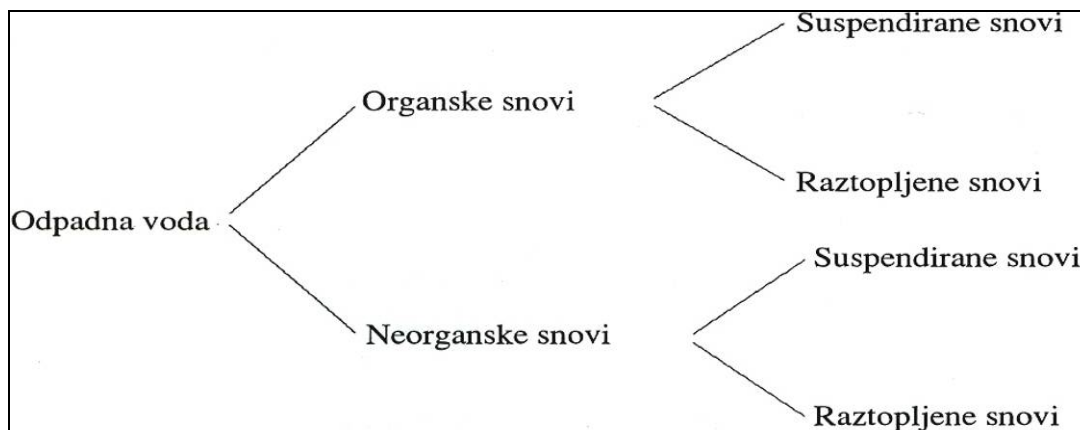
Kemijske analize odpadne vode in internih procesnih tokov dajo širok obseg informacij glede na lastnosti odpadne vode in pogoje procesov čiščenja. Kemijska analiza preskrbi informacijo o koncentraciji specifičnih snovi, za katero so testi kar zahtevani. Taka informacija, predvsem če je povezana s pretokom, nudi osnovo za izračun masne bilance in dopusti upravljavcu kontrolo procesov čiščenja. S kemijsko analizo moramo določiti naslednje parametre: pH, alkaliteto, suspendirane (trdne) snovi, topne snovi, biokemijsko potrebo po kisiku v 5 dneh (BPK<sub>5</sub>), kemijsko potrebo po kisiku (KPK), dušikove spojine, fosforjeve spojine, klor, sulfid, maščobe in olja, strupenost ter nekatera specifična onesnaževala, ki lahko povzročajo strupenost. Podatke navajamo iz literatur (Roš, 2001, Roš in Drolc, 2004, Roš in sod., 2005).

**pH.** pH je merilo za kislost ali alkalnost raztopine. Območje pH skale pri 25°C je od 1 do 14, nevtralno področje ima pH 7. Raztopine, ki imajo pH pod 7, so kisle, tiste s pH nad 7 pa alkalne. pH je zelo pomemben pri biološkem čiščenju, ker ostanejo mikroorganizmi dovolj aktivni samo v ožjem območju pH, med 6,5 in 9. Zunaj tega območja se biološka aktivnost lahko zavira ali celo ustavi. Reakcije nitrifikacije so posebej občutljive za pH. Biološka aktivnost aktivnega blata v prezračevalniku čistilne naprave pojema skoraj do ničle pri pH pod 6,0 pri neadaptiranih razmerah. Surova odpadna voda ima pH približno 8. Velika odstopanja od te vrednosti kažejo na prisotnost industrijskih ali nekomunalnih izpustov. Anaerobne razmere zmanjšajo pH odpadne vode. Zato nizke vrednosti pH, povezane z drugimi znamenji, kot sta vonj po sulfidu ali črna barva, kažejo na septične reakcije v zbiralnem sistemu (kanalizaciji) ali

pri procesu čiščenja. Nitrifikacija v prezračevalniku lahko zniža pH do take mere, da zavira biološko aktivnost.

**Alkaliteta.** Alkaliteta je merilo sposobnosti odpadne vode, da nevtralizira kislino. Zaradi pripravnosti izražamo alkaliteto v mg/l kalcijevega karbonata. Alkaliteto povzročata vrsta spojin, predvsem karbonati in hidrogen karbonati. Visoka alkaliteta odpadne vode v čistilni napravi omogoča, da kisli industrijski vtoki v čistilno napravo ne vplivajo občutneje na procese čiščenja. Nekateri procesi, npr. nitrifikacija v sekundarni stopnji čiščenja, alkaliteto porabljajo. Alkalitete ne smemo mešati z alkalnostjo oziroma kislostjo.

**Trdne snovi.** Z vidika kemijske analize delimo trdne snovi v različne frakcije. Določanje različnih velikosti trdnih snovi in njihovih koncentracij zagotovi uporabne podatke za karakterizacijo odpadne vode in kontrolo procesov čiščenja. Trdne snovi lahko razdelimo v suspendirane in raztopljene snovi. Vsako od teh skupin lahko nadalje razdelimo v njihovo hlapno in fiksno (nehlapno) frakcijo (Slika 5).



*Slika 5: Prikaz razdelitve snovi v odpadni vodi (Roš, 2001)*

Kontrola procesov čiščenja zahteva, da vzdrževalec pozna vsebnost trdnih snovi v vtoku, iztoku ter procesnih tokovih in metode določanja trdnih snovi:

- Skupna prisotnost trdnih snovi je masa snovi, ki ostane na filtru po izparevanju odpadne vode pri 103°C, do konstantne teže.
- Celotne hlapne trdne snovi so masa snovi, ki ostane po sežigu snovi pri 550°C. Čas žarenja je odvisen od mase prisotnih snovi. Žareti moramo do konstantne teže.
- Suspendirane snovi so tiste snovi, ki ostanejo na steklenem filtru po filtraciji in sušenju pri 103°C. Hlapne suspendirane snovi so del suspendiranih snovi, ki izhlapijo pri žarenju pri 550°C.
- Raztopljene snovi, imenovane tudi filtrabilni preostanek, in hlapne trdne snovi lahko določimo bodisi z razliko med celotnimi in suspendiranimi snovmi istega vzorca bodisi z izparevanjem filtrata, dobljenega pri preskusu določanja suspendiranih snovi.

Vrednosti za domačo odpadno vodo so prikazane v naslednji tabeli (Tabela 2).



**Tabela 2:** Vsebnost trdnih snovi v domači odpadni vodi (Roš in sod, 2005)

RAZVRSTITEV TRDNIH SNOVI	VISOKA KONCENTRACIJA (mg/l)	SREDNJA KONCENTRACIJA (mg/l)	NIZKA KONCENTRACIJA (mg/l)
<b>Celotne trdne snovi</b>			
Celotne	1200	700	350
Fiksne	600	350	175
Hlapne	600	350	175
<b>Suspendirane snovi</b>			
Celotne	350	200	100
Fiksne	75	50	30
Hlapne	275	150	70
<b>Raztopljene snovi</b>			
Celotne	850	500	250
Fiksne	525	300	145
Hlapne	325	200	105

**Raztopljeni kisik (RK).** Določitev koncentracije raztopljenega kisika je povezana z ugotavljanjem onesnaženja oziroma s preučevanjem možnosti za rast in reprodukcijo vodnih organizmov in se uporablja kot podlaga za preskus biokemijske potrebe po kisiku (BPK).

Trenutna koncentracija RK v vodi je posledica procesov porabe, proizvodnje in topnosti kisika. Na kisikove razmere v vodi vplivajo predvsem:

- temperatura vode,
- poraba kisika zaradi razgradnje organskega onesnaženja (deoksigenacija),
- vnos kisika iz ozračja (reoksigenacija),
- proizvodnja kisika s fotosintezo,
- poraba kisika za dihanje vodnih organizmov,
- v odpadni vodi predvsem od načina prisilnega vnosa z vpihovanjem.

V vodi je lahko presežek ali primanjkljaj kisika. To je razlika med izmerjeno vrednostjo RK v vzorcu in topnostjo pri isti temperaturi. Topnost je zelo odvisna od temperature (Tabela 3).

**Tabela 3:** Topnost kisika v odvisnosti od temperature (Roš in Drolc, 2004)

Temperatura (°C)	Topnost (mg/l)	Temperatura (°C)	Topnost (mg/l)	Temperatura (°C)	Topnost (mg/l)
0	14,621	15	10,084	30	7,559
2	13,829	17	9,665	32	7,305
4	13,107	19	9,276	34	7,065
6	12,447	21	8,915	36	6,837
8	11,843	23	8,578	38	6,620
10	11,288	25	8,263	40	6,412
12	10,777	27	7,968	42	6,213
14	10,306	29	7,691	44	6,021

Raztopljeni kisik lahko določimo na dva načina:

- kemijsko z Winklerjevo metodo (jodometrična metoda) in njenimi modifikacijami,
- elektrometrično z membransko elektrodo.

Winklerjeva metoda temelji na oksidacijski lastnosti raztopljenega kisika. Merjenje koncentracije raztopljenega kisika z membransko elektrodo pa je osnovano na hitrosti difuzije molekularnega kisika skozi membrano. Izbira postopka je odvisna od lastnosti vzorca ter od želene natančnosti, točnosti in specifičnih razmer.

Zaradi biološke aktivnosti se vrednost RK spreminja s časom, zato moramo koncentracijo RK določiti na terenu takoj ob zajemu. Minimalna sprejemljiva koncentracija RK v odpadni vodi za normalen potek procesov je od 2 do 3 mg/l (Roš, 2001).

**Biokemijska potreba po kisiku v  $n$  dneh ( $BPK_n$ ).**  $BPK_n$  je množina kisika, potrebna za oksidacijo razgradljivih organskih snovi s pomočjo mikroorganizmov, ki so v vzorcu. Izraz »razgradljiv« pomeni, da se organske snovi, ki so bakterijam za hrano, pri oksidaciji organskih snovi oksidirajo v ogljikov dioksid in vodo. Pri tem nastane tudi energija.  $BPK_n$  je torej merilo za onesnaženje površinskih in odpadnih voda z razgradljivimi organskimi snovmi. Z  $BPK_n$  določimo onesnaženje v obliki kisika, ki ga mikroorganizmi porabijo pri razgradnji (za svoje razmnoževanje, obstoj in oksidacijo organskih snovi). Običajna inkubacijska doba za določevanje BPK je 5 dni ( $BPK_5$ ) oziroma 7 dni ( $BPK_7$ ). S preskusom biokemijske potrebe po kisiku ( $BPK_5$ ) določamo množino kisika, ki je potrebna za biokemijsko razgradnjo (stabilizacijo) vzorca v 5 dneh. Ker je biološka aktivnost odvisna od temperature in ker zahteva končna razgradnja (stabilizacija) več od 20 dni, je preskus standardiziran za pogoje pri 20°C in 5 dni. S tem preskusom posredno določamo množine organske snovi, ki je na razpolago biološkemu sistemu, za razgradnjo odpadne vode in bodoči učinek iztoka na vodotok.  $BPK_5$  je značilni parameter, ki je osnova za določanje obremenitve in projektiranje čistilne naprave. Pri dimenzioniranju je  $BPK_5$  merilo potrebne množine kisika za oksidacijo organskih snovi v vzorcu. Množino potrebnega kisika samo za oksidacijo ogljikovih organskih snovi (ne dušika) imenujemo ogljikov BPK (CBPK). Če dovolimo, da potekajo reakcije v vzorcu naprej, se pojavi druga faza oksidacije, znana kot nitrifikacija. Med to fazo spreminja druga vrsta bakterij 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, določimo včasih dušikovo potrebo po kisiku, preden poteče 5 dni.

Čistilne naprave za sekundarno čiščenje so navadno dimenzionirane za odstranjevanje CBPK, ne pa za dušikov BPK. Dušikove reakcije se pogosto pojavljajo že pri določanju  $BPK_5$  sekundarnega iztoka.  $BPK_5$  za domače odpadne vode je v območju 100 mg/l in 250 mg/l (Roš, 2001). Ker daje oksidacija dušika včasih višji  $BPK_5$  kot za oksidacijo samih ogljikovih spojin, določamo CBPK z dodatkom inhibitorja nitrifikacije, da zaustavimo nitrifikacijo med določanjem  $BPK_5$ .

**Kemijska potreba po kisiku.** Kemijska potreba po kisiku (KPK) je merilo za organsko onesnaženje površinskih in odpadnih voda. Organska onesnaževala določamo tako, da jih v določenih razmerah oksidiramo in iz porabe oksidanta sklepamo na količino organskih snovi. S kemijsko potrebo po kisiku določimo vse organske snovi, ne moremo pa ločiti med biološko razgradljivimi in biološko inertnimi organskimi snovmi. Zato je KPK dopolnilo BPK in ne nadomestilo zanj, ki pove, kolikšna je množina kisika, potrebnega za razgradnjo organskih snovi v razmerah v naravi, torej za biokemijsko razgradnjo organskih snovi. Zato je nujno sočasno vrednotenje onesnaženja s KPK in  $BPK_n$ . Za določanje kemijske potrebe po kisiku se je v preteklosti uporabljalo več oksidantov ( $KMnO_4$ ,  $NaOCl$ ), zdaj pa se zaradi premajhne in različne oksidacijske sposobnosti ne uporabljajo več. Danes se največ uporablja kalijev dikromat ( $K_2Cr_2O_7$ ) zaradi velike oksidacijske sposobnosti, uporabnosti za širok spekter

vzorcev in enostavne določitve prebitka dikromata. V žveplovo kisli raztopini se s kalijevim dikromatom večina organskih snovi popolnoma oksidira v ogljikov dioksid in vodo, zato lahko dobljene vrednosti KPK istovetimo s popolno oksidacijo ogljikovih spojin (teoretično vrednostjo). Določevanje kemijske potrebe po kisiku (KPK) zagotovi hitro oceno celotne organske snovi v vzorcu (razgradljive in nerazgradljive). Ta postopek, katerega osnova je kemijska oksidacija, nam da rezultat v 3 do 4 urah namesto v 5 dneh. Rezultati KPK so običajno višji od BPK<sub>5</sub>. (Roš in sod., 2005)

Razmerje med BPK<sub>5</sub> in KPK se od čistilne naprave do čistilne naprave spreminja. Zato izvajamo oba preskusa vzporedno. To razmerje se spreminja tudi od vtoka do iztoka. Običajno razmerje za surovo odpadno vodo je BPK<sub>5</sub> : KPK je 0,5 : 1 in se zmanjša do 0,1 : 1 pri dobro stabiliziranemu sekundarnem iztoku (Roš, 2001).

**Celotni organski ogljik (TOC).** Parameter, znan kot celotni (totalni) organski ogljik (TOC), je alternativni parameter za oceno KPK. Z njim določimo koncentracijo organsko vezanega ogljika v odpadni vodi. Ker je analiza celotnega organskega ogljika hitra v primerjavi z določanjem KPK, se pri znanih odpadnih vodah TOC nadomešča s KPK.

**Dušikove spojine.** V odpadni vodi se dušik pojavlja v štirih oblikah, kot:

- organsko vezani dušik (proteinski),
- amonijev dušik, oba ionizirani ( $\text{NH}_4^+$ ) in prosti amoniak ( $\text{NH}_3$ ),
- nitritni dušik ( $\text{NO}_2^-$ ) in
- nitratni dušik ( $\text{NO}_3^-$ ).

Oblike dušika v odpadni vodi kažejo na nivo stabilizacije (mineralizacije) organskih snovi. Na primer, surova odpadna voda ima običajno večjo koncentracijo organsko vezanega dušika in amonijevega dušika kot nitritnega in nitratnega dušika. Ko se organski dušik metabolizira, se ta spremeni najprej v amonij, nato pa, če so razmere ugodne, v nitrit in nitrat. Poleg tega se del dušika porabi za tvorbo nove biomase. Spremembe in porazdelitev dušika lahko dajejo odlično informacijo o pogojih, pri katerih poteka proces v posameznem delu čistilne naprave. Naraščajoča koncentracija amonija med primarnim usedanjem je pogosto znak za razvoj septičnih razmer, zaradi kopičenja odvečnega blata. Naraščanje nitrita in nitrata pri iztoku iz sekundarnega usedalnika označuje nitrifikacijo.

Značilno območje koncentracije dušika v surovi odpadni vodi je med 20 in 85 mg/l za celotni dušik (vsota organskega, amonijevega, nitritnega in nitratnega dušika), med 8 in 35 mg/l za organski dušik in 12 do 50 mg/l za amonijev dušik (Roš, 2001). Prisotne so izredno nizke koncentracije nitrita in nitrata. Če v čistilni napravi čistimo večje količine industrijskih odpadnih vod z visokim BPK<sub>5</sub>, lahko pride do pomanjkanja dušika. V takem primeru potrebujemo za mineralizacijo (stabilizacijo) BPK dodatni dušik, ki ga je potrebno dodajati. Za določevanje dušikovih spojin je razvitih veliko postopkov in tehnik. Organski dušik določamo s t. i. Kjeldahlovo analizo, kjer določimo oba: organski in amonij dušik skupaj in odštejemo amonij, ki ga določamo posebej. Nitrit in nitrat določimo v posebnih vzorcih neposredno.

**Fosforjeve spojine.** Fosfor se pojavlja v odpadni vodi v različnih oblikah in služi kot osnovni element za biološko rast in reprodukcijo. Čezmerna množina fosforja v površinskih vodah vodi do prekomerne rasti alg oziroma eutrofikacije. Zaradi tega imajo čistilne naprave predpisane mejne vrednosti fosforja v iztoku. Fosfor je lahko prisoten kot ortofosfat, polifosfat in organsko vezani fosfor. Določamo ga kot celotni fosfor.

Ortofosfat je najprimernejši za biološko rast in reprodukcijo mikroorganizmov. Nekatere spojine polifosfata se v kislem pretvorijo v ortofosfat.

Običajna koncentracija celotnega fosforja v domači odpadni vodi je od 2 do 20 mg/l, od tega 1 do 5 mg/l organskega fosforja in 1 do 15 mg/l neorganskega fosforja (Roš, 2001).

**Klor.** Prostega klora običajno ne najdemo v surovi odpadni vodi zaradi izredne reaktivnosti. Lahko je prisoten v manj reaktivnih oblikah, kot so kloramini. Klor navadno uporabljamo za dezinfekcijo. Merjenje preostalega klora in pravilna interpretacija rezultatov je lahko učinkovita kontrola procesa dezinfekcije. Te meritve lahko opravimo na vrsto načinov, od ročnih tehnik do avtomatičnih kontinuiranih meritev (on-line meritev) z instrumenti.

**Sulfid.** Vodikov sulfid ( $H_2S$ ) je pogosto povezan z neprijetnimi zdravstvenimi učinki in korozijo kanalizacijskih cevi in opreme na čistilni napravi, zato moramo redno kontrolirati njegovo koncentracijo. Izmerjena koncentracije sulfida nakazuje potencialno močno korozijo, zato je potrebna stalna kontrola sulfida, za kar mora biti izdelan program meritev.

**Maščobe, olja in masti.** Maščobe, olja in masti v iztoku iz čistilne naprave povzročajo onesnaženje površine na vodotoku. V čistilno napravo jih lahko vnesemo kot fine plavajoče delce, kot so emulzije, ali kot raztopino. Maščobe, olja in masti lahko razdelimo tudi v polarne in nepolarne. Polarne, ki so običajno biorazgradljive, so živalskega izvora. Nepolarne pa so mnogo težje razgradljive ter izvirajo iz naftnih derivatov. Meritve maščob, olj in masti od vtoka proti iztoku dajejo podatke o učinkovitosti odstranjevanja le-teh. Če prehajajo v sekundarno stopnjo čiščenja (v sistem z aktivnim blatom), se združijo z biomaso. To združevanje lahko povzroča slabo usedljivost aktivnega blata in izplavljanje odvečnega blata v iztok.

**Specifična onesnaževala.** Specifična onesnaževala so splošni izraz za kemijske spojine, ki so v široki uporabi in so lahko toksične. Te snovi izhajajo iz industrijskih virov. Toksične snovi lahko delimo v dve kategoriji:

- toksične organske spojine (vključno z organskimi topili in pesticidi),
- ostale toksične snovi (vključno s težkimi kovinami, cianidi in fenoli).

Za analizo večine teh snovi je običajno potrebna zahtevna analizna oprema in instrumentacija. Poleg tega je koncentracija teh snovi v surovi domači vodi izredno nizka (v  $\mu g/l$  ali ppb). Potrebni sta tudi posebna tehnika vzorčenja in priprava vzorcev. Večina toksičnih snovi pri določeni koncentraciji zavira biološko aktivnost. Izpust toksičnih snovi lahko poškoduje vodno okolje, poleg tega se nekatere snovi (npr. Hg) v okolju kopičijo.

### 2.2.2.2 Biološke lastnosti

Z bakteriološkimi analizami določamo prisotnost patogenih organizmov ali indikatorskih bakterij, ki predstavljajo veliko verjetnost, da bodo prisotni tudi patogenih mikroorganizmov v surovi odpadni vodi, v vmesnih tokovih in predvsem v prečiščeni odpadni vodi. Njihova prisotnost nam da informacijo o vnosu patogenih mikroorganizmov v sprejemnik in s tem potrebo po uvedbi dezinfekcije pred izpustom vode iz ČN. Najbolj splošno uporabljene kot indikatorske bakterije, so celotne fekalne koliformne bakterije, *Escherichia coli*, enterokoki in v nekaterih primerih streptokoki. Izvajamo lahko tudi neposredne preskuse za viruse, vendar so za to potrebne zahtevne analize, posebna oprema in specialno strokovno znanje. Podatke navajamo iz literatur (Roš, 2001, Roš in Drolc, 2004, Roš in sod., 2005).

**Indikatorske bakterije za patogene organizme.** Obojih, tako celotnih kakor tudi koliformnih bakterij je v okolju veliko, prisotne pa so tudi v surovi odpadni vodi. Sekundarno čiščenje z aktivnim blatom bistveno zmanjša raven bakterij, a tudi po sekundarnem čiščenju jih v iztoku še vedno ostaja določeno število.

**Celotne in fekalne koliformne bakterije.** Celotne in fekalne koliformne bakterije same po sebi niso patogene, vendar se uporabljajo kot indikatorski organizmi, ker so bolj odporne proti dezinfekciji kot večina patogenih bakterij, so številnejše od patogenov in jih je lažje šteti. Zato daje nizko število patogenih organizmov slutiti, da je majhno število patogenih organizmov sploh sposobno preživeti. Oboje, celotne in koliformne bakterije, izražamo v enotah kolonij na 100 ml, če uporabljamo tehniko filtriranja ali najbolj verjetno število (MPN) na 100 ml, če uporabljamo metodo z več epruvetami.

**Virusi.** V odpadni vodi se virusi pojavljajo manj pogosto kot bakterije in jih je mnogo težje določevati. Ker so virusi bolj odporni proti dezinfekciji kot večina bakterij, se njihova prisotnost včasih uporablja za oceno učinkovitosti tehnike dezinfekcije.

**Mikroskopski pregled.** Mikroskopski pregled odpadne vode in procesnih tokov lahko daje dragoceno informacijo o bioloških lastnostih in je v veliko pomoč pri kontroli procesa, predvsem za aktivno blato. Pregled blata pod mikroskopom lahko razkrije sposobnost blata in opozori na velike probleme pri procesu čiščenja. Mikroskopski pregled lahko pokaže videz kosmov, čistost supernatanta (čiščene vode), vrsto in porazdelitev praživali ter prisotnost ali odsotnost nitastih (filamentoznih) bakterij.

**Preskus toksičnosti.** Preskus toksičnosti je za iztoke izredno pomemben, saj lahko z njim nadomestimo vrsto posameznih specifičnih analiz toksičnih snovi, ker lahko le te med seboj delujejo sinergistično.

Glede na čiščenje odpadne vode so najpomembnejše sestavine v odpadni vodi suspendirane snovi, biorazgradljive organske snovi, patogeni mikroorganizmi, hraniva, prednostna onesnaževala, odporne organske snovi, težke kovine, in raztopljene organske snovi. Pomen in razlog pomena v odpadni vodi sta prikazana v naslednji tabeli (Tabela 4).

**Tabela 4: Glavne sestavine glede čiščenja odpadne vode (Roš in sod., 2005)**

<b>SESTAVINA</b>	<b>RAZLOG POMEMBNOСТИ</b>
<b>Suspendirane snovi</b>	Lahko tvorijo depozite blata in anorganske razmere, ko se neobdelana odpadna voda spušča v vodno okolje.
<b>Biorazgradljive snovi</b>	V osnovi jih sestavljajo proteini, ogljikovi hidrati in maščobe. Merijo se običajno kot BPK (biokemijska potreba po kisiku) in KPK (kemijska potreba po kisiku). Neobdelane odpadne vode povzročajo porabo kisika v naravnih vodah in posledično septične razmere.
<b>Patogeni mikroorganizmi</b>	S patogenimi mikroorganizmi, ki so prisotni v vodi, se lahko prenašajo nalezljive bolezni.
<b>Hraniva (nutrienti)</b>	Dušikove in fosforjeve spojine so, poleg ogljikovih osnovna hraniva za rast mikroorganizmov. Če jih spuščamo v vodno okolje, lahko hraniva povzročajo nezaželeno vodno življenje. Če spuščamo prekomerne količine hraniv na površino zemlje, lahko pride do onesnaženja podtalnice.
<b>Prednostna onesnaževala</b>	Organske in anorganske spojine, izbrane na osnovi njihovih znanih ali sumljivih lastnosti, lahko povzročajo karcinogenost, mutagenost, teratogenost ali visoko akutno zastrupitev.
<b>Odporne organske snovi</b>	Take spojine so odporne pri konvencionalnem čiščenju odpadnih vod. Značilni primeri takih spojin so površinsko aktivne snovi (detergenti), fenoli in pesticidi.
<b>Težke kovine</b>	Težke kovine običajno pridejo v odpadno vodo pri trgovskih in industrijskih aktivnostih in jih moramo odstraniti, če želimo odpadno vodo ponovno uporabiti.
<b>Raztopljene anorganske snovi</b>	Anorganske snovi, kot so kalcij, natrij in sulfat, pridejo v originalno domačo odpadno vodo kot rezultat uporabe vode in se morajo odstraniti, če želimo vodo ponovno uporabiti.

### 2.2.2.3 Fizikalne lastnosti

K fizikalnim lastnostim odpadne vode prištevamo temperaturo, barvo, vonj, motnost, spreminjanje pretoka, prevodnost in usedljivost. Podatke navajamo iz literatur (Roš, 2001, Roš in Drolc, 2004, Roš in sod., 2005).

**Temperatura.** Značilna odpadna voda je včasih toplejša od običajne vodovodne vode, ker vsebuje segreto vodo iz bivališč in drugih virov. Odpadno vodo vodimo na dolge razdalje, po kanalih, ki so vkopani pod zemljo na čistilno napravo, pri čemer se temperatura odpadne vode približa temperaturi zemlje. Povprečna letna temperatura odpadne vode na dotoku je med 10°C in 20°C. Hitrost bioloških procesov in topnost raztopljenega kisika, sta odvisna od temperature. Običajno je aktivnost mikroorganizmov pri višji temperaturi večja. Pri naraščanju temperature mikroorganizmi pospešujejo razgradnjo organskih snovi in porabo kisika v odpadni vodi. Reakcijski čas razgradnje se na vsakih 10°C povišanja temperature približno podvoji, dokler se pri visokih temperaturah ne doseže zaviranje biološke aktivnosti. Znatno kratkotrajno povečanje temperature običajno kaže na prisotnost industrijskih izpustov, medtem ko zaznaven padec temperature pogosto kaže na vdor padavinskih vod.

**Barva.** Barva odpadne vode je odvisna od količine ter vrste raztopljenih, suspendiranih in koloidnih snovi, ki so prisotne v odpadni vodi. Normalna sveža odpadna voda je siva. Odpadna voda, ki postane zaradi pomanjkanja kisika anaerobna in s tem temnejša, jo je treba dodatno prezračevati. Ostale barve pa običajno nakazujejo prisotnost industrijskih izpustov. Zeleni, modri ali oranžni izpusti nastajajo pri postopkih kovinske obdelave (galvane). Rdeči, modri ali rumeni so pogosto izpusti iz tekstilnih barvarn. Motno beli izpusti prihajajo pogosto iz mleinarske industrije.

**Vonj.** Vonj, čeprav zelo subjektiven parameter, lahko nudi dragoceno informacijo. Človeški nos, občutljiv sistem za detekcijo vonja, lahko pogosto zazna sestavine odpadne vode. Sveža odpadna voda ima običajno zatohel vonj. Ostale vonjave odpadne vode, ki imajo vonj po nafti, topilih ali pa imajo neobičajen vonj, so lahko posledica industrijskega razlivanja. Ker so lahko nekatere snovi v odpadni vodi toksične, moramo biti zelo pazljivi, kadar ima odpadna voda neprijeten vonj, predvsem ko smrdi ustekleničeni vzorec. Zaznava nenavadnega vonja na čistilni napravi, zlasti na zaprtih področjih, zahteva previdnost in natančno izvajanje postopkov varnosti. Anaerobna razgradnja odpadne vode proizvaja vodikov sulfid, ki ima značilen vonj po gnilih jajcih. Če je prisoten vodikov sulfid, je treba povečati vsebnost kisika v vodi. Taki primeri zahtevajo posebno pozornost, ker je vodikov sulfid strupen že v zelo nizkih koncentracijah, koroziven za beton in potencialno eksploziven. Proizvajanje metana in vodikovega sulfida navadno povzroča pomanjkanje kisika v atmosferi, zato moramo biti v takih primerih zelo previdni in uvesti posebne varnostne ukrepe.

**Motnost.** Motnost, merjena s turbidimetrom, kaže na prisotnost suspendiranih snovi v odpadni vodi, predvsem na nizko koncentracijo trdnih snovi. Motnost ni neposredno sorazmerna s koncentracijo suspendiranih snovi, ker lahko na motnost vplivata tudi velikost delcev in barva. Motnost je pomembna predvsem na iztoku iz čistilne naprave, kjer lahko zaznavamo povečane koncentracije suspendiranih snovi.

**Pretok in nihanja v pretoku.** Količina odpadne vode niha med dnevom, tednom, sezono in letom. Nihanje dnevnega pretoka je odvisno od velikosti kanalizacijskega sistema. Na splošno je tako, da čim manjši je kanalizacijski sistem, tem večja so nihanja. Ostali vplivi na nihanje pretoka so različni, odvisno od števila in vrste črpališč, vrste industrijske odpadne vode in življenjskih navad prebivalstva. Dnevni pretok za manjše čistilne naprave ima konico med 8. in 10. uro dopoldan, med 12. in 14. uro ter med 16. in 19. uro. Najmanjši pretoki so pozno popoldan in zgodaj zjutraj. Konice pretoka se zmanjšajo ob povečevanju kanalizacijskega sistema. Odvisno od velikosti in vrste kanalizacijskega sistema niha pretok od 50 do 200 % od srednjega dnevnega pretoka. Poznamo dva modela transporta odpadne vode in dva odgovarjajoča načina merjenja količine vode oziroma pretoka (Q). To sta:

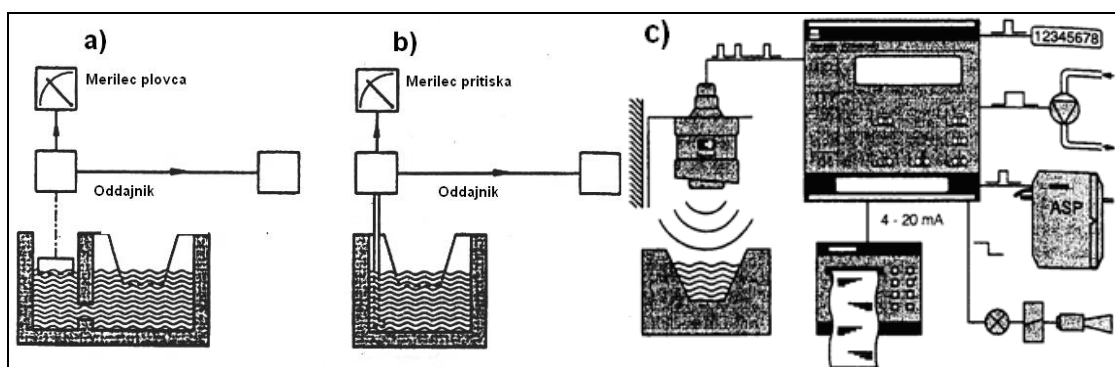
- Odprti kanali, kjer je površina odpadne vode izpostavljena atmosferi. V tem primeru je pretok (Q) funkcija globine vode v kanalu:  $Q = f(h)$ .
- Zaprti sistemi, kjer je tekočina v cevi, ki je običajno polna. Tu je pretok odvisen od hitrosti toka:  $Q = f(v)$ .

Uporabljata se lahko oba sistema. Odprti kanali izkoriščajo za svoj tok gravitacijo, medtem ko so za zaprte sisteme potrebne ustrezne črpalke. Odpadna voda v odprtih kanalih je izpostavljena atmosferi, zato kanal običajno ni nikoli popolnoma poln. Za merjenje pretoka je del preseka kanala zožen, kjer se pretok pospeši. Poznavanje hitrosti tekočine in mokri del preseka dovoljujeta izračun količine toka vode v časovni

enoti oziroma pretoka. Pri dani širini kanala je pretok skozi kanal funkcija globine vode. Poznamo tri vrste odprtih kanalov kot merilnih sistemov:

- jezove (pregrade), kjer je vrh jezov višji od gornjega nivoja vode,
- talni jez, kjer je vrh jezov nižji od nivoja vode (preliv),
- Venturijevi kanali, so kanali posebne konstrukcije.

Pretok merimo lahko v določenem kanalu s plovcem, primer a (Slika 6) ali merilnikom tlaka, primer b (Slika 6). V odprtih kanalih se običajno uporablja merilnik višine, primer c (Slika 6), ki lahko deluje na različne načine (akustični postopki, magnetno-induktivni postopek, določanje razlike tlakov na dušilnih napravah). Spreminjanje pretoka nam pove tudi, s kakšnimi količinami vode moramo računati pri dimenzioniranju čistilne naprave.



**Slika 6:** Merjenje pretoka v odprtem kanalu a) s plovcem, b) z merilnikom tlaka in c) ultrazvočnim sistemom (Roš in sod., 2005)

**Prevodnost.** Prevodnost kaže na prisotnost raztopljenih soli. Odpadna voda ima normalno območje prevodnosti, ki je neposredno povezana s koncentracijo raztopljenih soli v vodovodni vodi. Večje povečanje prevodnosti v odpadni vodi pa ima običajno vzrok v nenormalnih izpustih, zelo verjetno iz industrijskih virov. Merjenje prevodnosti lahko uporabljamo za določanje časa toka odpadne vode med črpališči ali med ostalimi mesti v kanalizacijskem sistemu. Postopek zahteva dodajanje raztopine prevodne snovi, kot npr. soli, v zgornji tok odpadne vode ter merjenje pretečenega časa, dokler prevodnost ne naraste v spodnjem delu toka, kjer jo merimo.

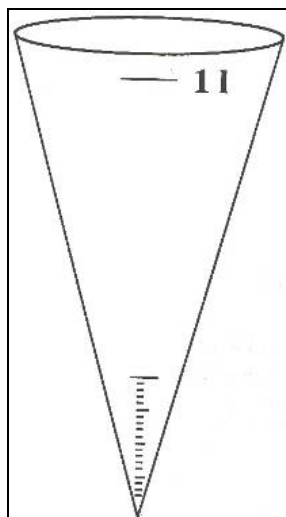
**Usedljivost.** Trdne snovi v odpadni vodi običajno razvrstimo v raztopljene, koloidne, plavajoče in usedljive. Raztopljene, koloidne in plavajoče snovi prištevamo v isto skupino, znano kot neusedljive snovi. Raztopljene snovi ostanejo v raztopini in jih določimo s filtriranjem skozi filter velikosti 0,45  $\mu\text{m}$ . Primera takih snovi sta npr. sladkor ali kuhinjska sol. Koloidni delci (skrajno fini delci) se ne usedajo, ampak jih lahko prav tako prefiltriramo skozi filter velikosti 0,45  $\mu\text{m}$ . Plavajoče snovi so tiste, ki splavajo na površino, če voda mirno stoji. Plavajoče snovi navadno vsebujejo olja in maščobe, ki lahko povzročajo veliko onesnaženje. Del snovi se pri mirovanju vode useda, take snovi imenujemo usedljive snovi. Usedljivost merimo lahko s polurnim ali enournim preskusom usedanja:

- **Polurni volumetrični preskus za usedljive snovi.** Polurni preskus usedljivosti uporabljamo za določitev lastnosti usedanja kosmov aktivnega blata iz prezračevalnika čistilne naprave. Za ta preskus potrebujemo 1 l graduirani merilni valj ali posebno napravo, ki ima večji premer in volumen 2 l. Meritev izražamo v ml/l za suspendirane snovi blata. Običajno območje je med 100 ml/l in 300 ml/l. Rezultati preskusa so odvisni od koncentracije suspendiranih snovi.



Slabo usedljivo blato ima lahko višje vrednosti od običajnih in lahko potencialno povzroča probleme pri vodenju sistema čistilne naprave.

- **Enourni volumetrični preskus za usedljive snovi.** Za enourni preskus usedljivosti potrebujemo konični stekleni valj, imenovan Imhoffov lij (Slika 7). Ta preskus uporabljamo za surovo odpadno vodo in iztok odpadne vode iz primarnega čiščenja. Z njim določimo količino prisotnih usedljivih snovi in s tem ocenimo učinkovitost primarnih usedalnikov. Meritev izrazimo v ml/l. Značilno območje za surovo odpadno vodo je 10 do 20 ml/l, za odpadno vodo po primarnem čiščenju pa 0,1 do 1,0 ml/l.



*Slika 7: Shema Imhoffovega lija (Roš, 2001)*

Usedljivost po Imhoffu, nam da informacijo ali je treba suspendirane snovi odstraniti z usedanjem. Suspendirane snovi nam povedo, ali moramo predvideti mehansko čiščenje kot na primer usedalnik, filtracijo ali centrifugiranje.

#### 2.2.2.4 Ostali pomembni parametri za procesa čiščenja odpadne vode

Poleg vseh do sedaj opisanih lastnosti vode, imamo še nekaj parametrov, ki so ključni pri načrtovanju in kontroli procesa čiščenja, značilni predvsem za biološko čiščene odpadne vode.

**Populacijski ekvivalent (PE).** Populacijski ekvivalent je enota za obremenjevanje vode, ustrežna onesnaženju ali kateri drugi obremenitvi, ki jo povzroči en prebivalec na dan. PE je primerjalna vrednost, dobljena s primerjavo tehnološke odpadne vode z gospodinjsko odpadno vodo, pri čemer se upošteva dnevna količina odpadne vode ali odpadnih snovi (Roš, 2001).

Populacijski ekvivalent je lahko podan v odvisnosti različnih parametrov:

- **Populacijski ekvivalent, izražen z  $BPK_5$  kot  $PE_{B60}$ .** Pomeni, da je populacijski ekvivalent enak 60 g  $BPK_5$  na prebivalca na dan (60 g/preb. d),
- **Populacijski ekvivalent, izražen s KPK kot  $PE_{K120}$ .** Pomeni, da je populacijski ekvivalent enak 120 g KPK na prebivalca na dan (120 g/preb. d)
- **Populacijski ekvivalent, izražen s P kot  $PE_{P2}$ .** Pomeni, da je populacijski ekvivalent enak 2g celotnega fosforja na prebivalca na dan (2 g/preb. d),

- **Populacijski ekvivalent, izražen s suspendiranimi snovmi kot PE<sub>SS70</sub>.** Pomeni, da je populacijski ekvivalent enak 70 g suspendiranih snovi na prebivalca na dan (70 g/preb. d),
- **Populacijski ekvivalent, izražen z dnevno količino odpadne vode kot PE<sub>W200</sub>.** Pomeni, da je populacijski ekvivalent enak 200 l odpadne vode na prebivalca na dan (200 l/preb. d),
- **Populacijski ekvivalent, izražen z dušikom po Kjeldahlu kot PE<sub>KN12</sub>.** Pomeni, da je populacijski ekvivalent enak 12 g dušika po Kjeldahlu (12 g/preb. d)

Glede na število PE priključenih na čistilno napravo, lahko vnaprej ocenimo obremenitev čistilne naprave za posamezni parameter in temu primerno prilagodimo procese in volumne. Seveda je lahko točna vrednost za posamezni parameter podana le z ustreznim vzorčenjem in ustrezno analizo metodo.

Uspešnost čiščenja, kontrolo in delovanje biološke čistilne naprave določimo še s naslednjimi parametri. Podatke navajamo iz literatur (Roš, 2001, Roš in Drolc, 2004).

**Koncentracija aktivnega blata (X).** Suspenzijo aktivnega blata prenesemo iz prezračevalnika čistilne naprave v 100 mililitrski merilni valj. Paziti moramo, da zajamemo homogen vzorec, sicer lahko napravimo napako. Suspenzijo filtriramo skozi filtrirni papir, ki je bil prej posušen pri temperaturi 105°C in stehtan. Filter s suspendiranimi snovmi sušimo do konstantne mase (sušimo približno 3 ure) pri temperaturi 105°C . Rezultate navajamo v g/l.

**Usedljivost blata ali volumen usedanja (VU).** Usedljivost blata je uporaben parameter za rutinsko preverjanje biološke čistilne naprave z aktivnim blatom. Suspenzijo aktivnega blata prenesemo iz prezračevalnika čistilne naprave v 1000 mililitrski merilni valj. Po 30 minutah odčitamo volumen usedenega blata. Meritev izražamo v ml/l za suspendirane snovi blata. Običajno območje je med 100 ml/l in 300 ml/l. Na podlagi rezultatov določimo pretok povratnega blata iz usedalnika v prezračevalnik. Ugotovimo tudi, kdaj je treba zavržiti prebitek aktivnega blata. Usedljivost se uporablja še za določanje volumskega indeksa blata.

**Volumski indeks blata (VIB).** Volumski indeks blata je prostornina v ml, ki jo zavzema 1 g suspenzije aktivnega blata po 30 minutah usedanja. Uporablja se za spremljanje karakteristik usedanja aktivnega blata. Izračunamo ga iz razmerja med prostornino v 30 minutah usedenega blata v ml/l in koncentracijo aktivnega blata v g/l.

$$VIB = VU / X \text{ (ml/g)} \quad (1)$$

VIB	volumski indeks blata (ml/g)
VU	usedljivost blata (ml/l)
X	koncentracija aktivnega blata (g/l)

Za učinkovitost biološke čistilne naprave z aktivnim blatom mora biti vrednost volumskega indeksa blata v mejah, ki so za različne vrste čistilnih naprav različne, v povprečju pa med 50 in 150 ml/g. Pri nizkem volumskem indeksu se blato hitro useda in ga je težko obdržati v suspenziji, pri visokem pa je za ločevanje blata potreben prevelik usedalnik.

**Volumska obremenitev čistilne naprave (B<sub>v</sub>).** Volumska obremenitev čistilne naprave je razmerje med vsakodnevno obremenitvijo zaradi organskega onesnaženja

(npr.  $BPK_5$ ) in prostornino prezračevalnika oz. reaktorja. Za optimalno delovanje ČN naj bi bil  $B_V$  od 0,5 do 0,8 g  $BPK_5$ /l d (Roš, 2001).

$$B_V = BPK_5 \times Q / V_P \text{ (g } BPK_5/\text{l dan)} \quad (2)$$

$B_V$	volumska obremenitev čistilne naprave (g $BPK_5$ /l dan)
$BPK_5$	biokemijska potreba po kisiku vtoka (g/l)
$Q$	pretok odpadne vode (l/dan)
$V_P$	volumen prezračevalnika (l)

**Obremenitev blata ( $B_B$ ).** Obremenitev blata je razmerje med obremenitvijo zaradi organskega onesnaženja (npr.  $BPK_5$ ) na dan in množino aktivnega blata v prezračevalniku.

$$B_B = BPK_5 \times Q / (V_P \times X) = B_V / X \text{ (g/g dan)} \quad (3)$$

$B_B$	obremenitev blata (g/g dan)
$B_V$	volumska obremenitev čistilne naprave (g $BPK_5$ /l blata dan)
$X$	koncentracija aktivnega blata (g/l)

**Zadrževalni čas ( $t_Z$ ).** Zadrževalni čas je razmerje med prostornino prezračevalnika v litrih (l ali  $m^3$ ) in pretokom odpadne vode v (l ali  $m^3/h$ ).

$$t_Z = V_P / Q \text{ (h)} \quad (4)$$

$t_Z$	čas zadrževanja odpadne vode v prezračevalniku (h)
$V_P$	volumen prezračevalnika (l ali $m^3$ )
$Q$	pretok odpadne vode (l ali $m^3/h$ )

**Površinska obremenitev.** Površinska obremenitev ( $l/m^2$  d) je izražena kot:

$$\text{Površinska obremenitev} = \text{Pretok } Q \text{ (l/d)} / \text{Površina usedalnika (m}^2\text{)} \quad (5)$$

### 2.2.3 Vzorčenje odpadnih vod

Osnovni cilj vzorčenja je zagotoviti, da je dobljeni vzorec reprezentativen toku, ki ga moramo analizirati. Ker predstavlja vzorec le majhen del toka odpadne vode, sta izbor vzorčevalnega mesta in tehnika vzorčenja odločilnega pomena. Napaka, ki jo napravimo na reprezentativnem vzorcu, lahko pripelje do napačnih podatkov, ki vodijo do napačnih odločitev pri vodenju procesa in izvedbi analize.

Predpisa, ki obravnavata vzorčenje odpadnih vod, sta:

- Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih vod v vode in javno kanalizacijo (Uradni list RS št. 47/05, 45/07)
- Pravilnik o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu odpadnih vod ter o pogojih za njegovo izvajanje (Uradni list RS št. 74/07)

Obe sta bili že predstavljeni v poglavju 2.1 *Zakonodaja in predpisi*. V nadaljevanju je opisana razlaga pojmov, ki se neposredno nanašajo na vzorčenje. Pravilnik o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu odpadnih vod ter o pogojih za njegovo izvajanje, razlaga v 2. členu pojme kot so:

- **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.
- **Trenutni vzorec odpadne vode** je enkratni odvzem vzorca odpadne vode.
- **Kvalificirani trenutni vzorec odpadne vode** je zmes enakih količin najmanj petih trenutnih vzorcev, odvzetih na istem merilnem mestu v obdobju največ dveh ur v časovnih presledkih, ki niso krajši od dveh minut.
- **Reprezentativni vzorec odpadne vode** je zmes več trenutnih vzorcev, odvzetih na časovno ali pretočno sorazmeren način na istem merilnem mestu v obdobju, ki ni krajše od 2 in ne daljše od 24 ur. Reprezentativni vzorec se vzorči ročno ali z avtomatskimi vzorčevalniki.
- **Časovno sorazmeren način vzorčenja** je odvzem vzorcev v enakih časovnih presledkih po količini enakih trenutnih vzorcev.
- **Pretočno sorazmeren način vzorčenja** je odzemanje po količini enakih trenutnih vzorcev, ko preteče določena količina odpadne vode, ali pa odzemanje trenutnih vzorcev različnih količin v enakih časovnih presledkih, tako da je količina posameznega trenutnega vzorca sorazmerna pretoku odpadne vode.

### 2.2.3.1 Načini vzorčenja

Namen in izvedba učinkovitega programa vzorčenja zahtevata upoštevanje specifičnih razlogov za vzorčenje, način, kako se bodo vzorci odzemale (zajemali), vzorčevalno mesto, analize, ki jih bomo izvedli v vzorcu, in posebne metode zbiranja in konzerviranja vzorca. Učinkovit program vzorčenja je temelj za dobro kontrolo procesa in kontrolo programa (SIST ISO 5667-10, 1996). Vzorce lahko zbiramo na različne načine, odvisno od vrste potrebne informacije in narave procesa analiziranja. Zbiramo jih lahko ročno ali avtomatsko, z enkratnim odvzemom, združujemo lahko enkratne vzorce iz posameznih vzorcev. Analize in meritve lahko izvajamo kontinuirano »on-line«, npr. pH vrednost, prevodnost ali temperaturo (Roš in sod., 2005).

**Naključni (trenutni) vzorec.** Naključni 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, indikatorski organizmi.

**Sestavljeni (kompozitni) vzorec.** Sestavljeni vzorec je enovit vzorec, pripravljen s sestavljanjem ali mešanjem števila naključnih vzorcev za posebno (specifično) obdobje, običajno za 24 ur. Sestavljeni vzorec, pripravljen ali ročno ali z opremo za avtomatsko vzorčenje, zagotovi informacijo o povprečnih lastnostih vzorca za posebno obdobje. Sestavljeni vzorci vključujejo dve vrsti vzorcev: časovno sorazmerne in pretočno sorazmerne vzorce.

**Časovno sorazmerni vzorci.** Za pripravo časovno sorazmernega vzorca mora vzdrževalec zbirati enake volumne vzorca v enakem časovnem obdobju in jih sestavljati, primer a (Slika 8). Tak vzorec je primeren za procesne tokove, ki niso močno odvisni od pretoka, kot 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

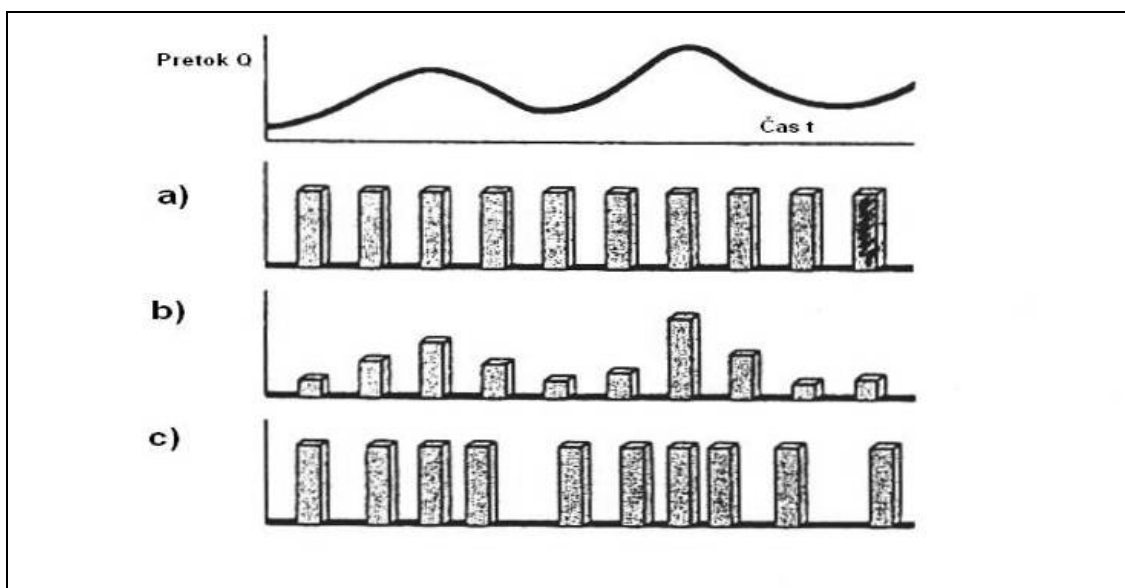
urni sestavljeni vzorec lahko izračunamo pogostost vzorčenja in volumen vsakega naključnega vzorca:

- $\text{Število vzorcev}/d = 24 \text{ h}/d \times \text{število vzorcev}/h$  (6)

- $\text{Volumen vsakega vzorca} = \text{volumen sestavljenega vzorca}/\text{število naključnih vzorcev}$  (7)

Naključni vzorec je treba prenesti hitro in ob stalnem mešanju najprej iz kanala v merilno napravo (npr. v merilni valj) in nato v posodo za zbiranje sestavljenega vzorca. Tak postopek prepreči usedanje in zmanjša napako vzorčenja na minimum. Frekvenca (pogostost) vzorčenja avtomatskih vzorčnikov močno presega sposobnost, ki je možna z ročnim vzorčenjem. Avtomatski vzorčniki zato zmanjšajo verjetnost manjkajočih kratkotrajnih sprememb v procesnem toku, ki jih ročno ne moremo zajeti.

**Pretočno sorazmerni vzorci.** Pretočno sorazmerni vzorec zahteva ali različne volumne naključnih vzorcev, primer b (Slika 8) ali pogostosti vzorčenja, primer c (Slika 8), da uravnotežimo končni vzorec v pretočno sorazmerni vzorec, glede na pretok, ki ga merimo med vzorčenjem. Taki pretočno sorazmerni vzorci vsebujejo odpadno vodo, ki je upravičeno enakovredna (ekvivalentna) sestavi realne odpadne vode, ki je tekla med vzorčenjem. Pretočno sorazmerni vzorec zahteva točno merjenje pretoka v procesnem toku, kjer se vzorči.



**Slika 8:** Časovno in pretočno proporcionalno vzorčenje (Roš in sod., 2005)

### 2.2.3.2 Vzorčenje in plan analiz

Vsaka čistilna naprava mora imeti plan vzorčenja in analiziranja, ki določa vzorčevalna mesta, kjer pobiramo vzorce, in določene analize, ki se izvedejo iz odvzetega reprezentativnega vzorca. Ta informacija omogoča vzdrževalcu čistilne naprave, da določi tip vzorca, ki se bo pobiral in volumen vzorca na vsakem odvzemnem mestu. Plan vzorčenja in analiziranja mora biti resnično reprezentativno vzorčenje, sicer nepravilno odvzeti vzorci na neustreznih mestih razveljavijo rezultate programa vzorčenja in analiziranja.

**Reprezentativno vzorčenje.** Osnovni cilj vzorčenja je zagotoviti, da je dobljen vzorec reprezentativen toku, ki ga moramo analizirati. Ker predstavlja vzorec le majhen del toka odpadne vode, sta izbor vzorčevalnega mesta in tehnika vzorčenja odločilnega pomena. Napaka, ki jo napravimo na reprezentativnem vzorcu, lahko pripelje do napačnih podatkov, ki vodijo do napačnih odločitev pri vodenju procesa.

### 2.2.3.3 Napake pri vzorčenju odpadnih vod

Vzroki za napake pri vzorčenju so lahko:

- nepravilen način vzorčenja (pretok (Q) ni konstanten),
- napačno izbrano odvzemno mesto (kanalizacijski sistem, več izpustov),
- skladiščenje, hranjenje in konzerviranje vzorcev (KPK, BPK<sub>5</sub>, biorazgradljivost)
- analiza plinov in komponent, ki hitro razpadajo (O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S itd.)

Vzorčenje mora biti strogo namensko, zato:

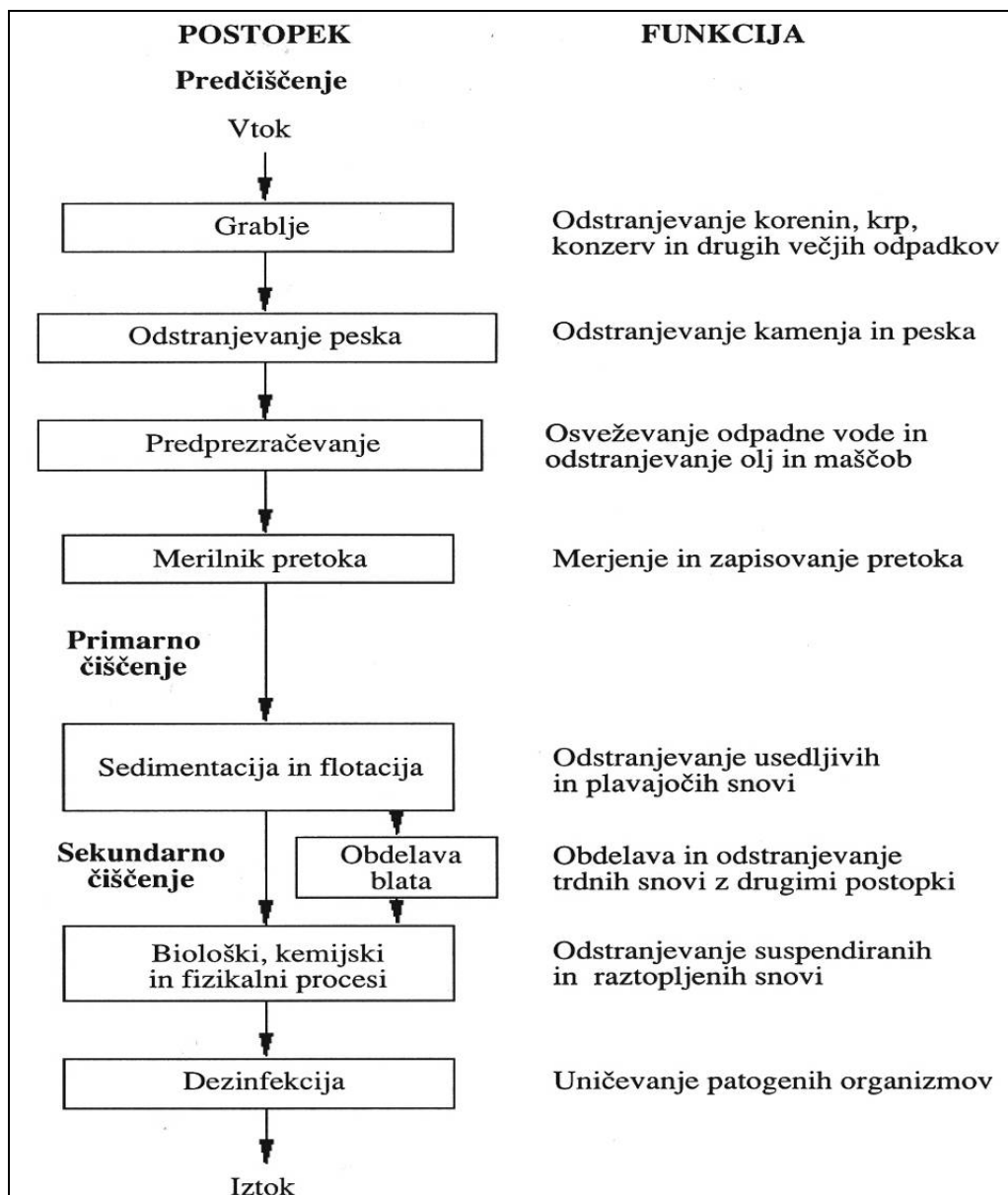
- se moramo pred vzorčenjem seznaniti z nastankom odpadnih vod (naselje, tehnologija),
- se moramo seznaniti s kanalizacijskim omrežjem, na katerem vzorčimo (mestno ali tovarniško),
- si moramo ogledati odvzemno mesto.

Šele nato lahko začnemo postopek vzorčenja odpadnih vod (Roš in sod., 2005).

## 2.3 Čiščenje komunalne odpadne vode

Pri čiščenju odpadne vode uporabljamo vrsto fizikalnih, kemijskih in bioloških postopkov, ki se mnogokrat med seboj dopolnjujejo in sovplivajo, odvisno od vrste in sestave odpadne vode oziroma snovi, ki jih je potrebno iz nje odstraniti. V čistilnih napravah se iz odpadne vode najprej odstranjuje večje mehanske delce (grobno čiščenje), nato suspendirane snovi (primarno oziroma mehansko čiščenje), po mehanskem čiščenju pa teče odpadna voda v biološko stopnjo (sekundarno čiščenje), kjer se odstranjuje organske razgradljive snovi. Po osnovnem biološkem čiščenju lahko odstranjujemo tudi hraniva (N in P spojine), kar poteka tudi na biološki način (terciarno čiščenje) (Roš, 2001). Za končni proces pred iztokom iz čistilne naprave se lahko vpelje še dezinfekcija (uničevanje patogenih organizmov). Postopki čiščenja, ki jih običajno uporabljamo pri bioloških čistilnih napravah, so prikazani na sliki (Slika 9).

Nepravilno zbiranje, čiščenje, zmanjševanje količine trdnih snovi in končno odlaganje trdne in tekoče frakcije, povzročene s postopki čiščenja, lahko škodljivo vpliva na naravno okolje in zdravje ter dobro počutje ljudi.

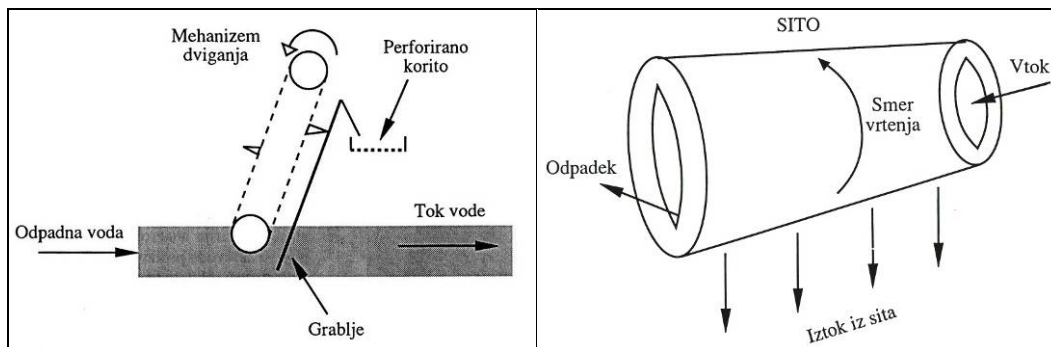


**Slika 9:** Postopki čiščenja pri biološki čistilni napravi in njihova funkcija (Roš, 2001)

### 2.3.1 Predčiščenje komunalne odpadne vode

Prva stopnja čiščenja surove odpadne vode pri značilni komunalni čistilni napravi je grobo čiščenje z grabljami, siti in peskolovom, v nekaterih primerih pa tudi mletje grobih delcev. Odstranjevanje delcev je lahko ročno ali avtomatizirano. Te postopke imenujemo s skupnim imenom predčiščenje, včasih tudi grobo čiščenje. Surova odpadna voda običajno vsebuje veje, kamenje, steklenice, koščke kovin, razkosane tkanine, itd. Ti predmeti lahko povzročijo oviranje zbiralnega sistema, poškodbe črpalk, mašenje cevi in zmanjšanje volumna odpadne vode, ki teče v čistilno enoto. To lahko povzroči zmanjšanje učinka čiščenja in s tem odtekanje onesnaževal v sprejemnike. Na sliki (Slika 10), je shematsko prikazan sistem strojno čiščenih grabelj, kateri je tudi splošno najbolj v uporabi. Rotirajočega se bobnastega sita (Slika 11), v zadnjem času vse bolj nadomeščajo strojne grablje. Tako kot vsa oprema na čistilni napravi morajo biti tudi strojno čiščene grablje in sita dobro mazane in vzdrževane. Upoštevati je treba

navodila proizvajalca za upravljanje in vzdrževanje. To je odgovornost vzdrževalca čistilne naprave (Roš, 2001).



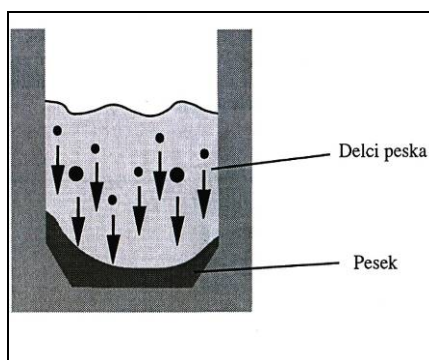
**Slika 10:** Shema strojno čistilnih grabelj (Roš, 2001)

**Slika 11:** Shema rotirajočega se bobnastega sita (Roš, 2001)

### 2.3.2 Peskolovi

Naslednja stopnja po grobem čiščenju (za grabljami) je odstranjevanje specifično težjih snovi, ki se ne nabirajo na grabljah. To so predvsem anorganske in organske snovi v odpadni vodi, ki ne razpadajo in se ne razgrajujejo. Sem sodijo pesek, gramoz, mivka, pepel, kavna usedlina, razne lupine in semena, cigaretni filtri, itd. Peskolov je razširjen kanal ali več vzporednih kanalov, v katerih se hitrost toka odpadne vode močno upočasni, do približno 0,3 m/s (Roš, 2001). Zaradi upočasnjenega toka se pesek in druge bistveno težje snovi od vode usedejo. Izdelava peskolova mora omogočati tako obratovanje, da organske snovi, ki so le malo težje od vode, se ne usedejo. Organske snovi se čistijo v nadaljnjih stopnjah, pesek se strojno transportira v za to pripravljen zabojnik, s katerim ga odpeljejo na čiščenje in potem v nadaljnjo uporabo (Kompare in sod., 2007). Glavni tipi peskolovov so opisani v nadaljevanju.

**Gravitacijski peskolovi.** Gravitacijske peskolove, kot dolgi kanali, kjer se tok vode upočasni do 0,3 m/s in poteka usedanje z delovanjem gravitacijske sile (Slika 12), se počasi zamenjuje s prezračeni peskolovi in peskolovi vortex.

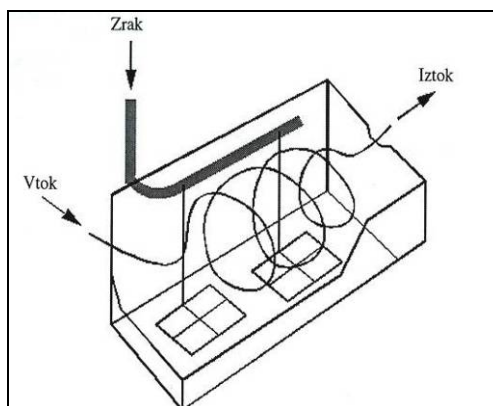


**Slika 12:** Usedanje v peskolovu (Roš, 2001)

**Prezračeni peskolovi.** Prezračeni peskolov deluje na podoben način kot gravitacijski peskolov, vendar voda potuje po drugačni poti (Slika 13). V gravitacijskem peskolovu potuje odpadna voda premočrtno, medtem ko v prezračeni peskolovu potuje tok vode spiralno. Zato je prednost prezračenega peskolova, da ni potrebno imeti tako dolgega kanala. Zaradi počasnega toka in z vpihovanjem zraka, se od odpadne vode



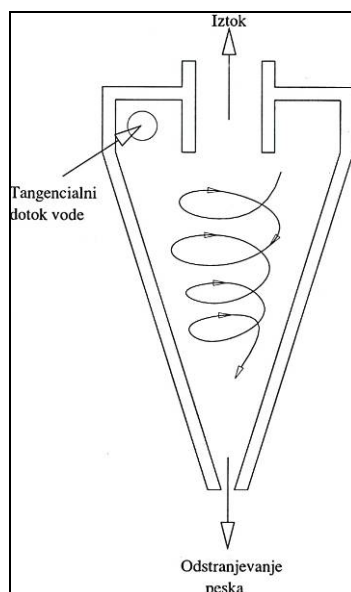
ločijo tudi plavajoče frakcije. To so predvsem pene, olja in ostali plavajoči delci z nižjo gostoto od vode, ki jih odstranjujemo s posnemalcem pen. Značilno območje delovanja prezračenega peskolova je glede na diagonalno hitrost na površini med 0,6 do 0,8 m/s, oskrbo z zrakom od 4,6 do 7,7 l/m s oziroma 0,3 do 0,4 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> in zadrževalnim časom 3 do 5 min v konici (Roš, 2001).



**Slika 13:** Shema prezračenega peskolova (Roš, 2001)

**Peskolovi vortex.** Peskolov vortex lahko kontrolira hitrost toka odpadne vode z mešanjem, ki ustvarja spiralno gibanje v kanalu ali s posebno konstrukcijo vtoka in iztoka. Peskolov vortex ima prostor z ravnim dnom in majhno odprtino za zbiranje peska ter prostor s poševnim dnom in veliko odprtino, ki vodi do zbiralnika peska. Ko peskolov vortex usmerja pesek proti sredini, vrteče lopate povečajo hitrost toka do take mere, da dvigne lažje organske snovi, ki stečejo proti iztoku peskolova.

**Cikloni za odstranjevanje peska.** Peskolovi v obliki ciklona uporabljajo centrifugalno silo za ločevanje peska od odpadne vode. Črpalka spušča goščo peska in organskih snovi v peskolov pri kontrolirani hitrosti. Odpadna voda priteka v peskolov tangencialno ob gornjem delu naprave. Ta hitrost povzroči vrtinec, ki proizvaja peščeno goščo, ki odteka proti dnu, čiščena odpadna voda pa odteka pri vrhu peskolova (Slika 14).



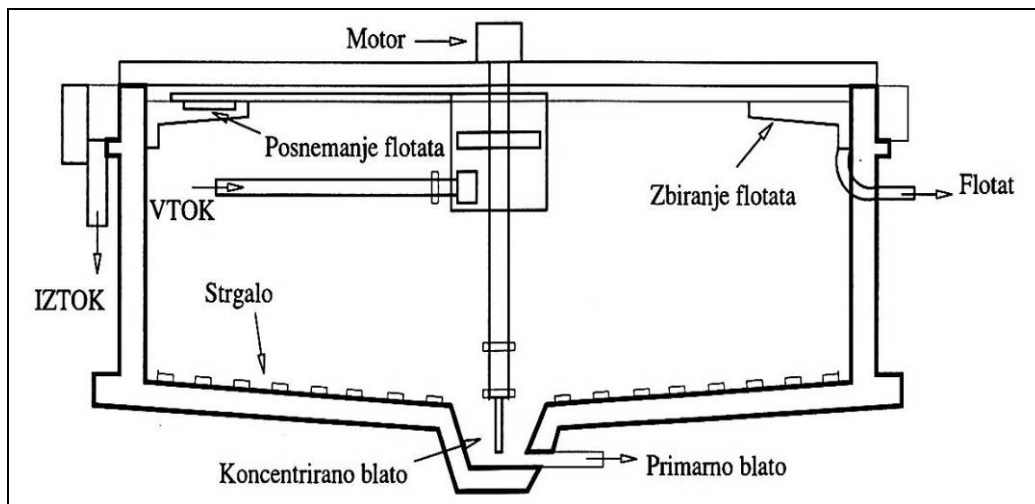
**Slika 14:** Shema peskolova Ciklon (Roš, 2001)

### 2.3.3 Primarno čiščenje komunalne odpadne vode

S primarnim čiščenjem odstranjujemo iz odpadne vode lahko usedljive in plavajoče snovi v bazenih, skozi katere se zmanjša hitrost toka odpadne vode. Kanalizacijski sistemi so grajeni tako, da je hitrost toka najmanj 0,6 m/s in tako zaradi relativno hitrega toka, trdne snovi ostajajo v suspenziji (Roš, 2001). Po čiščenju večjih trdnih delcev na grabljah, se hitrost toka v peskolovu zmanjša na približno 0,3 m/s, tako se odstranijo težje snovi, lažje organske snovi pa še vedno ostanejo v suspenziji. Če se hitrost toka vode zmanjša pod 0,3 m/s, se začnejo usedati težje trdne snovi (primarno blato), lažje snovi pa splavajo na površino. Na površju se formirajo pene, ki vsebujejo poleg lažjih organskih delcev tudi maščobe in olja. Te pene se posamejejo s površja vode, se dehidrirajo ter odložijo na komunalno deponijo ali kako drugače obdelajo. Značilni učinki odstranjevanja snovi v primarnem čiščenju so (Roš, 2001):

- 90 do 95 % za trdne usedljive snovi,
- 50 do 65 % za suspendirane snovi,
- 20 do 35 % za BPK<sub>5</sub>.

Usedalniki so lahko različnih oblik. Pri dolgih pravokotnih kanalih teče voda z enega konca do drugega, strgala na dnu pa potiskajo usedeno blato k zbirniku pri vtoku. Pri okroglih usedalnikih voda doteka na sredino, teče proti zunanjemu robu, usedline pa se zopet s strgali odpravljajo k sredini, kjer se koncentrirajo in prehajajo v naslednje postopke. Oba modela imata ob površju posnemačnik maščob, ki največkrat deluje vzporedno s strgali (Slika 15). Zadrževalni čas v usedalniku, kljub počasnemu, laminarnemu toku ne sme presegati nekaj ur, zaradi nastanka zasičenih anaerobnih con, ki bi povzročile rast anaerobnih bakterij in posledično gnitje ter smrad (Tchobanoglous in sod., 2003).



**Slika 15:** Shema okroglega usedalnika (Roš, 2001)

Primarni usedalniki so projektirani tako, da so parametri naslednji (Roš, 2001):

- zadrževalni čas odpadne vode je 1 do 2 uri,
- povprečna površinska obremenitev je 32.600 do 48.900 l/m<sup>2</sup> d
- površinska obremenitev v konici je 81.500 do 122.000 l/m<sup>2</sup> d
- prelivna hitrost pri maksimalni obremenitvi je 2 l/m s oziroma 190.000 m<sup>3</sup>/m d

Navadne usedalnike, ki temeljijo le na usedanju delcev, počasi izpodrivajo nove in hitrejše tehnologije mehanskega koncentriranja odpadne organske mase. Sem prištevamo predvsem flotatorje, obarjalnike in filtratorje.

**Filtracija.** Filtracija je postopek, kjer se izločajo delci, ki jih ni bilo mogoče izločiti v predhodnih postopkih. Najpogostejši način je gravitacijsko usmerjanje vode skozi porozne materiale različnih granulacij in sestave. Največ se uporablja granulacije peska, opečnega drobirja ali umetnih materialov. Mehanizem filtracije zajema sedimentacijo v porah filtra, medzrnsko difuzijo koloidov, hidravlični upor in molekularne sile medija (Hammer M. J. in Hammer M. J. Jr., 1996). Granulacija filtrskega materiala se navadno zmanjšuje v smeri pretoka, sicer pa obstajajo različne polnitve. Sčasoma pride do zamašitve mikrostrukture filtra, kar ima za posledico zmanjšanje propustnosti filtra in povečanje upora. Postopki čiščenja filtrov s povratnim tokom čiste vode so le začasna rešitev, tako da je po določenem času potrebna zamenjava filtrskih vložkov.

**Flotacija.** Flotacija je način čiščenja odpadnih voda z ločevanjem trdne faze od kapljevine, z naplavljanjem trdne faze na gladino vode. Ta postopek se izvaja s spajanjem mehurčkov zraka in trdne substance. Tak postopek je hitrejši od usedanja in nastali kosmi se dvigajo na površje s skoraj desetkrat večjo hitrostjo, kot bi se enaki delci usedali. Glede na to dejstvo so flotatorji enakih oblik kot usedalniki, le da namesto talnih strgal uporabljajo površinski posnemalnik nabrane pene. Ta razlika omogoča doseganje enakih učinkov izločanja v manjših volumnih bazenov, čeprav lahko delujeta vzporedno, kar je verjetno tudi najboljša rešitev (Tchobanoglous in sod., 2003). V takem primeru se odpadni vodi v usedalniku dodaja optimalne količine koagulantov, za hitrejše usedanje. Za doseganje dobrih pogojev flotacije, je potrebno v sistem dovajati velike količine zraka, v obliki zelo drobnih, homogeno dispergiranih mehurčkov.

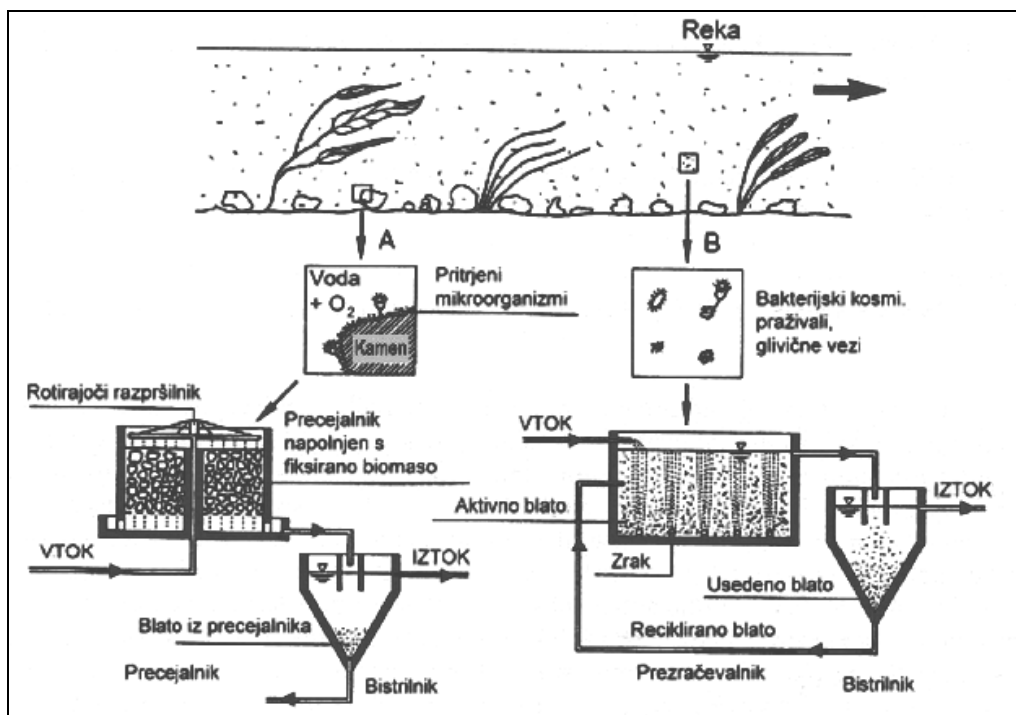
**Koagulacija.** Koagulacija se uporabi v primeru, da je sedimentacijska hitrost delcev premajhna. To je princip združevanja delcev v večje skupke, da se lahko hitreje izločajo s sedimentacijo. Proces koagulacije je odvisen od izbire in pravilnega doziranja koagulanta, ki pospešuje združevanje delcev, kot primerna pa sta se pokazala, aluminijev sulfat in železov klorid (Kompore in sod., 2007). Če so nastali kosmi še vedno premajhni, da bi se usedali ali flotirali, je možno dodajanje sintetičnih polimerov (flokulacija), ki povzročijo nastanek razvejanih kosmov, ki se lažje usedajo. Z dodatki kemijskih koagulantov se lahko delež čiščenja za nekatere parametre, kot so fosfor in fekalni koliformni poveča tudi za več kot dvakrat (ANPA, 2001).

Večje čistilne naprave največkrat združujejo več elementov primarnega čiščenja.

#### 2.3.4 Biološko čiščenje odpadne vode

Biološko čiščenje je v osnovi tehnično izpopolnjeno in intenzivirano samoočiščenje, ki poteka v naravi. Princip samoočiščenja razgradljivih organskih snovi v reki in primerjava z biološkim čiščenjem, je prikazan na naslednji sliki (Slika 16). Samoočiščenje v rekah poteka:

- Primer A. Na pritrjeni podlagi, npr. na kamnih. Čistilna naprava, ki deluje na tem principu je precejalnik (razni biofiltri ali rotirajoči biološki kontaktorji).
- Primer B. V vodi, kjer so mikroorganizmi razpršeni. Čistilna naprava, ki deluje na tem principu je čistilna naprava z aktivnim blatom v suspenziji.

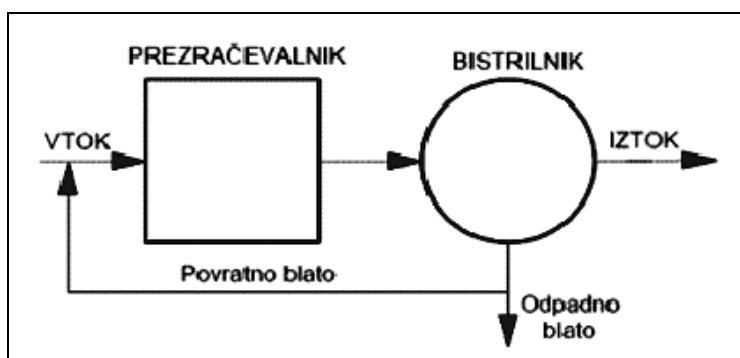


**Slika 16:** Shematični prikaz samoočiščenja v naravi in biološkega čiščenja v ČN (Roš, 2005)

Sekundarno ali biološko čiščenje odpadne vode dosežemo s pomočjo daljšega zadrževanja odpadne vode in biološke reakcije mikroorganizmov, ki zagotavljajo biološko presnovo organskih snovi, prisotnih v odpadni vodi. Pri tem procesu sodelujejo bakterije in spremljajoča združba, ki jo sestavljajo bičkarji, migetalkarji, kotačniki, gliste in maloščetinci (Roš, 2001). Za to so potrebni večji zadrževalni bazeni, v katerih fizikalne procese in reakcije mikroorganizmov pospešimo s pomočjo dodatnega dovajanja zraka ali kisika v odpadno vodo. Zadrževalne bazene prezračujemo ter z mehanskimi mešali dotekajočo odpadno vodo mešamo s tisto, ki je že v bazenih. S tem homogeniziramo odpadno vodo z namenom, da se mikroorganizmi hitreje in bolje presnavljajo. Zaradi prezračevanja bazene mnogokrat imenujemo tudi prezračevalni bazeni. S tovrstnim čiščenjem lahko dosežemo do 95 % učinek čiščenja na  $BPK_5$ . Z značilno komunalno odpadno vodo in z dobro načrtovanim procesom z aktivnim blatom, lahko dosežemo kakovost iztoka  $BPK_5$  5 do 15 mg/l. Količina kisika, ki jo je treba dovajati za navedeno kakovost iztoka, je v območju od 1 do 1,4 kg  $O_2$ /kg  $BPK_5$ , kar pa je odvisno tudi od starosti blata (Roš, 2001). Učinek čiščenja je odvisen od uporabljenega načina biološkega čiščenja, pravilnega dimenzioniranja čistilne naprave in tudi samega upravljanja in vodenja čistilne naprave.

Princip biološkega čiščenja je naslednji: odpadna voda iz predčiščenja in primarnega čiščenja priteka v prezračevalni bazen, kjer so že razvite kolonije mikroorganizmov v aktivnem blatu. Odpadna voda dovaja hraniva (N in P) in organsko snov (ogljik), ki služi kot vir energije za nadaljnjo razrast mikroorganizmov. Količino organske snovi v odpadni vodi merimo s pomočjo parametra  $BPK_5$ . Optimalno razmerje med organsko snovjo, dušikom in fosforjem, za potek mikrobne aktivnosti je  $BPK_5 : N : P = 100 : 5 : 1$ . Točno razmerje se ugotovi z laboratorijskimi preskusi (Kompore in sod., 2007). Organska snov se nato s pomočjo dovedenega kisika pretvarja v celično maso, vodo in oksidirane produkte, predvsem  $CO_2$  (Roš, 2001). Nastalo celično maso imenujemo aktivno blato, ki poleg mikroorganizmov vsebuje še inertne suspendirane snovi in

nerazgradljive suspendirane snovi. Čiščena voda se nato iz prezračevalnika gravitacijsko preliva v usedalnik, ki ga imenujemo tudi bistrilnik (Slika 17). V naknadnem usedalniku se suspendirana aktivna biomasa loči od čiščene vode z usedanjem. Čiščena voda izteka v površinski vodotok oz. v nadaljnje postopke čiščenja. Del aktivnega blata, ki se useda v naknadnem usedalniku, vodimo nazaj v prezračevalni bazen za zagotovitev zadostnega števila mikroorganizmov v prezračevalniku in boljše delovanje naprave. Višek blata pa se iz naknadnega usedalnika vodi v zgoščanje in nadaljnjo obdelavo blata.



**Slika 17:** Shema enostopenjske biološke čistilne naprave s prezračevalnikom in bistrilnikom (Roš, 2001)

Za biološko čiščenje odpadnih voda, se uporablja cela vrsta rešitev prezračevalnih bazenov z naknadnimi usedalniki (bistrilniki). Danes se pogosto za manjše pretoke in industrijske čistilne naprave uporablja diskontinuiran princip čiščenja. Za ta način čiščenja se uporablja šaržni biološki reaktor (ang. Sequencing Batch Reactor, SBR). Vsi ostali načini čiščenja so kontinuirani, kar pomeni, da čiščena voda kontinuirano teče skozi celoten sistem čiščenja. Pogosto se v procesih biološkega čiščenja uporabljajo tudi sistemi čiščenja s pritrjeno (fiksirano) biomaso. Zadnje čase se postopki z aktivnim blatom, SBR in postopek s pritrjeno biomaso uporabljajo tudi za nitrifikacijo in denitrifikacijo ter z vrsto modifikacij vključujejo tudi anoksične in anaerobne selektorje, ki lahko odstranjujejo tudi fosforjeve spojine. Amoniak je neorgansko onesnaževalo, ki je toksičen za vodne organizme. Poleg tega pri visokih koncentracijah porablja kisik v tekočih vodah (Roš, 2001). Nitrati pa lahko kontaminirajo podtalnico in so škodljivi tudi za človekov organizem.

Čistilne naprave z aktivnim blatom so dimenzionirane na osnovi časa, ko se aktivno blato ohranja v sistemu (starost blata), na osnovi množine hrane (substrata, odpadne vode), ki priteka v prezračevalnik (organska obremenitev oziroma razmerje F/M) in na osnovi hidravličnega zadrževalnega časa ( $t_z$ ) (Roš, 2001).

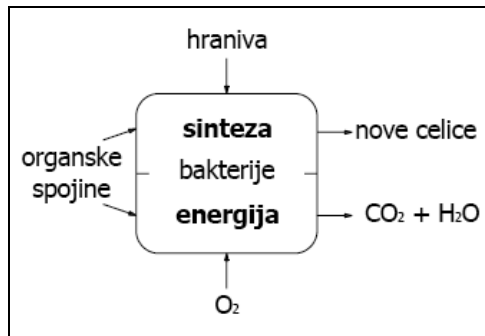
### 2.3.5 Kinetika razgradnje organskih snovi in odstranjevanja hraniv

Biološko čiščenje odpadne vode lahko poteka pri različnih oksidacijsko-redukcijskih pogojih (Roš, 2005):

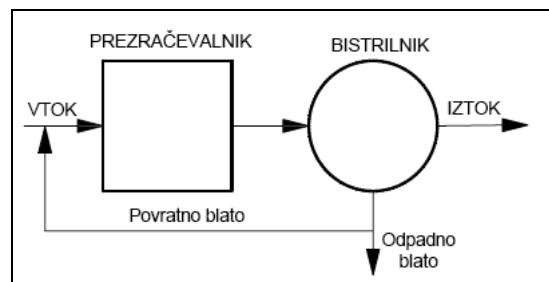
- **Aerobni pogoji.** Pri aerobnih pogojih se organsko razgradljive snovi odstranjuje ob prisotnosti raztopljenega kisika.
- **Anaerobni pogoji.** Pri anaerobnih pogojih se organske snovi najprej pretvorijo v enostavnejše komponente kot so nižje maščobne kisline, ki se nato pretvorijo v metan. Anaerobna razgradnja poteka v strogi odsotnosti kisika in obeh oblik oksidirane dušika (nitritni in nitratni dušik).

- **Anoksični pogoji.** Pri anoksičnih pogojih se nitritni in nitratni ion reducirata v elementarni dušik (Denitrifikacija), pri tem ne sme biti raztopljenega kisika.

**Aerobna razgradnja.** Pri tem procesu se organske snovi v prisotnosti kisika pretvorijo v vodo, ogljikov dioksid in biomaso. Pretvorba poteka s heterotrofnimi mikroorganizmi (Slika 18). Mikroorganizmi uporabljajo kot akceptor elektronov raztopljeni kisik. Torej mora biti za aerobne mikroorganizme v sistemu (v prezračevalniku) prisotna zadostna koncentracija raztopljenega kisika (nad 0,5 mg/l), da bo čiščenje potekalo dobro (Roš, 2005). Aerobna razgradnja poteka npr. v konvencionalni enostopenjski biološki čistilni napravi (Slika 19).

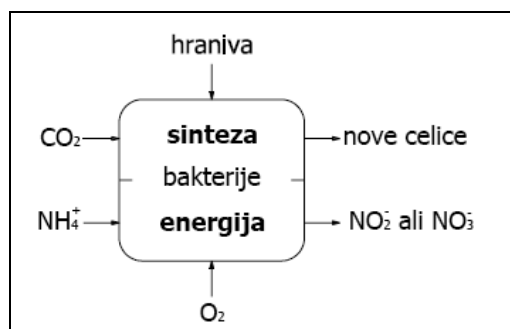


**Slika 18:** Metabolizem aerobnih heterotrofov (Roš, 2005)



**Slika 19:** Enostopenjska aerobna čistilna naprava z aktivnim blatom (Roš, 2005)

Ob prisotnosti avtotrofnih organizmov (Slika 20), se amonijev dušik lahko biološko oksidira v nitritni in nato v nitratni dušik, proces imenujemo nitrifikacija.



**Slika 20:** Metabolizem aerobnih avtotrofov (Roš, 2005)

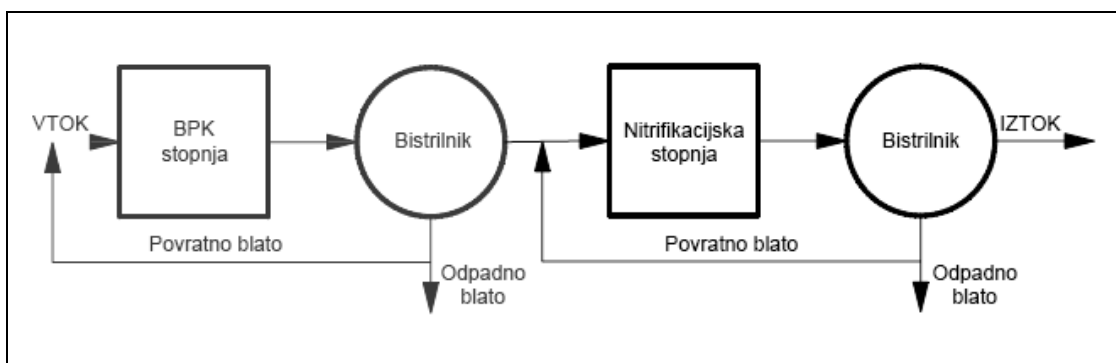
Nitrifikacija je biološka oksidacija amonijeve oblike dušika do nitrata. Proces poteka v dveh stopnjah. Najprej se amonijev ion oksidira do nitrita, pri čemer sodelujejo bakterije iz rodu *Nitrosomonas*, *Nitrosolobus* in *Nitrosospira* (Zumft, 1997). V postopku, ki sledi pa bakterije iz rodu *Nitrobacter* oksidirajo nitrit do nitrata (Tabela 5).

**Tabela 5: Kemijski potek nitrifikacije in sodelujoče bakterije (Zumft, 1997).**

KEMIJSKA REAKCIJA	SODELUJOČE BAKTERIJE
$2 \text{NH}_4^+ + 3 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{NO}_2^- + 4 \text{H}^+ + 2 \text{H}_2\text{O}$	<i>Nitrosomonas, Nitrosolobus, Nitrosospira</i>
$2 \text{NO}_2^- + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{NO}_3^-$	<i>Nitrobacter</i>

Vse omenjene bakterije so aerobne, zato se v aktivnem blatu ali biofilmu na nosilcu proces lahko zaustavi, če ni zadostnega pretoka kisika. Bakterije optimalno delujejo pri mezofilnih pogojih, s temperaturo od 26°C do 37°C, ker pa je take temperature v čistilnih napravah mogoče zagotavljati le z ogrevanjem, se kinetika rasti s padcem temperature manjša. Pri 8°C rast nitrifikacijskih bakterij praktično popolnoma preneha. Ugoden pH je nevtralen do rahlo bazičen. Pri oksidaciji  $\text{NH}_3$  do  $\text{NO}_3^-$  se sproščajo  $\text{H}^+$  ioni, zaradi česar se pH nekoliko zniža, kar lahko povzroči zaviranje procesa in je potreben dodatek alkalitete (Smith R. in Smith T., 2001). Potreba po kisiku za popolno nitrifikacijo je visoka. Za večino domačih odpadnih vod sta potreba po kisiku za nitrifikacijo in potrebna moč za 30 do 40 % večji od količine in moči, ki jo rabimo za samo odstranjevanje BPK. Za nitrifikacijo se zahteva od 4,3 do 4,6 mg  $\text{O}_2/\text{mg}$  amonijevega dušika, ki se pretvori v nitratni dušik. Običajno vsebuje odpadna voda 10 do 30 mg/l reduciranega dušika. S pravilnim (stabilnim) vodenjem nitrifikacije lahko nitrificiramo več kot 90 % dušikovih spojin (Roš, 2001).

Primer biološke čistilne naprave z nitrifikacijo je dvostopenjski aerobni sistem (Slika 21), kjer se v prvi stopnji odstrani pretežni del organsko razgradljivih snovi, v drugi stopnji pa se oksidirajo dušikove spojine v nitritno in nitratno obliko.



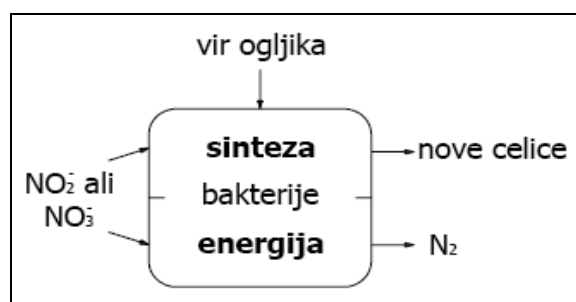
**Slika 21: Dvostopenjska aerobna čistilna naprava za nitrifikacijo (Roš, 2005)**

Dvostopenjski aerobni sistem, se zamenjuje z sistemi za enostopenjsko nitrifikacijo. Kombiniran sistem za čiščenje ogljikovih spojin in nitrifikacijo v eni stopnji, kjer se odstranjevanje BPK in nitrifikacija pojavljata v enem bazenu. Tak sistem se tudi uporablja pogosto, ker sta načrtovanje in vodenje enostavna in stroški nižji. Poznamo vrsto variant enostopenjskega procesa, ki vključuje kompletno premešan sistem, čepasti tok, kontaktno stabilizacijo, postopno hranjenje in oksidacijske jarke. Pogoji, ki dajejo enostopenjskemu sistemu prednost pred dvostopenjskim so (Roš, 2001):

- stroški gradnje so manjši, ker po prvi stopnji ni potreben dodaten usedalnik in ker v nitrifikacijski stopnji ne rabimo črpalke za aktiviranje (cepljenje) mikroorganizmov,
- nastajajo manjše količine odpadnega blata,
- usedljivost se izboljša s povečanjem starosti blata,
- kontrola procesa je enostavnejša, ker je usedalnikov manj in ker blata ni treba prečrpavati v obe stopnji.

**Anoksična razgradnja.** Anoksični proces je podoben aerobnemu, le da bakterije uporabljajo kisik iz nitrita in nitrata, zato v sistemu ne sme biti prisoten raztopljeni kisik. Pri postopku nastaja ogljikov dioksid, voda in elementarni dušik (Slika 22). V anoksičnih razmerah se  $\text{NO}_3^-$  porablja, kot akceptor elektronov v procesu denitrifikacije. To poteka pod vplivom nekaterih heterotrofnih organizmov, ki uporabljajo nitrat za vir kisika pri anaerobnem dihanju. Pomembnejši rodovi so *Agrobacterium*, *Bacillus*, *Pseudomonas* in *Alcaligenes* (Zumft, 1997).

Ugodne razmere za denitrifikacijo so pri temperaturi medija nad  $25^\circ\text{C}$ , zaželeno  $35^\circ\text{C}$ , saj se pri nižjih temperaturah proces upočasni, nevtralnem pH in zadostni količini enostavno razgradljive organske snovi, ki jo je včasih potrebno dodajati. (Smith R. in Smith T., 2001). V preteklih desetletjih je bil kot vir enostavno razgradljivega ogljika največ uporabljen metanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ). Kemijski potek je prikazan v tabeli (Tabela 6).



**Slika 22:** Anoksična razgradnja (denitrifikacija) (Roš, 2005)

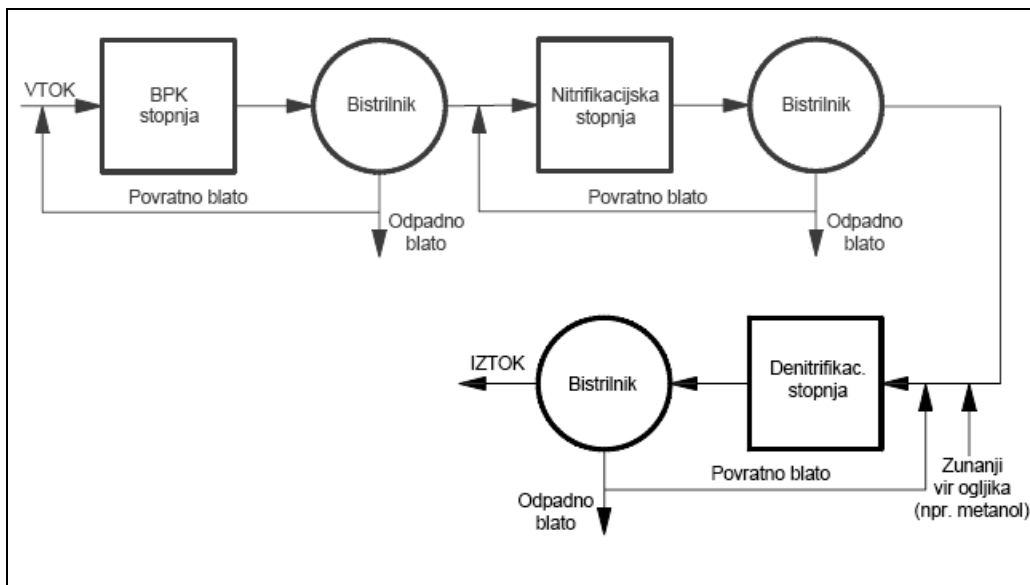
**Tabela 6:** Kemijski potek denitrifikacije in sodelujoče bakterije (Zumft, 1997).

KEMIJSKA REAKCIJA	SODELUJOČE BAKTERIJE
$6\text{NO}_3^- + 5\text{CH}_3\text{OH} \rightarrow \text{N}_2 + 5\text{CO}_2 + 7\text{H}_2\text{O} + 6\text{OH}^-$	<i>Agrobacterium</i> , <i>Bacillus</i> , <i>Pseudomonas</i> in <i>Alcaligenes</i>

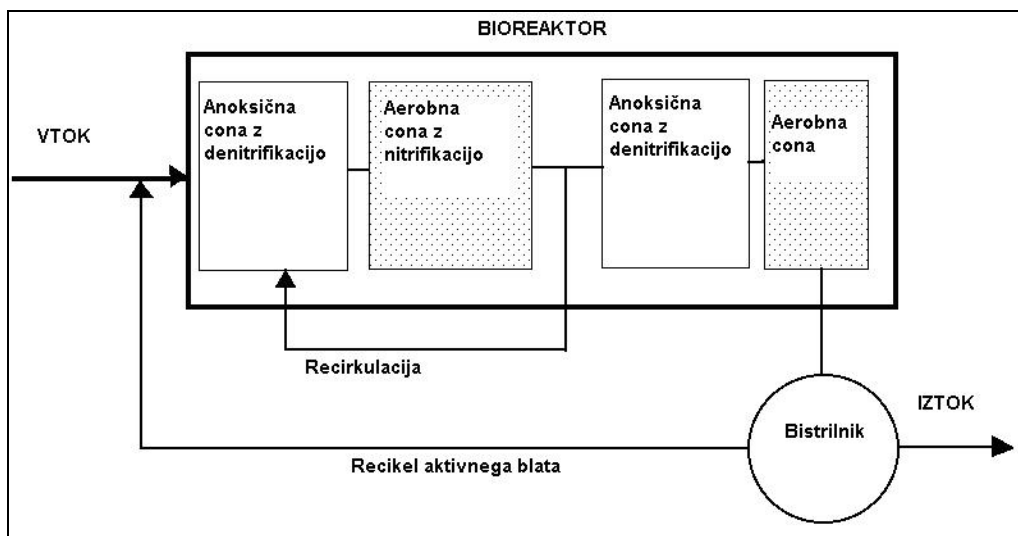
Pri poteku reakcije se nekoliko poviša alkaliteta. Primer denitrifikacijske naprave je tristopenjska biološka čistilna naprava (Slika 23). Teoretično so možne številne sheme za biološko odstranjevanje hraniv, uveljavile pa so se le tiste, ki so bile v danem času in prostoru ekonomsko upravičene (Roš, 2001).

Najbolj so se uveljavili sistemi za eno stopnjo, kjer je isti reaktor razdeljen na več con in je za njim dovolj le en bistrilnik. Pri sistemih z eno stopnjo odstranjujemo hraniva tako, da recirkuliramo biomaso skozi različne cone reaktorja (nitrifikacija in denitrifikacija) z različnimi oksidacijsko-redukcijskimi pogoji delovanja čistilne naprave. Eden bolje poznanih sistemov denitrifikacije z eno stopnjo je proces Bardenpho. Pri Bardenpho procesu dosežemo dobro nitrifikacijo in najboljšo stopnjo denitrifikacije med vsemi sistemi (Tchobanoglous in sod., 2003). Lahko biorazgradljiv substrat v dotoku odpadne vode poganja prvi del denitrifikacije. Dodatno zmanjševanje nitrata s procesom prečrpavanja nazaj v anoksično cono ni možno, zato je dodana zaporedna sekundarna anoksična cona. Pred prehodom v bistrilnik sledi tej coni še majhna aerobna stopnja (Slika 24).



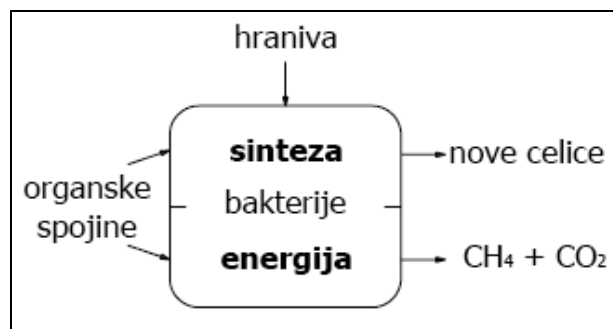


**Slika 23:** Tristopenjska čistilna naprava z denitrifikacijo (Roš, 2005)



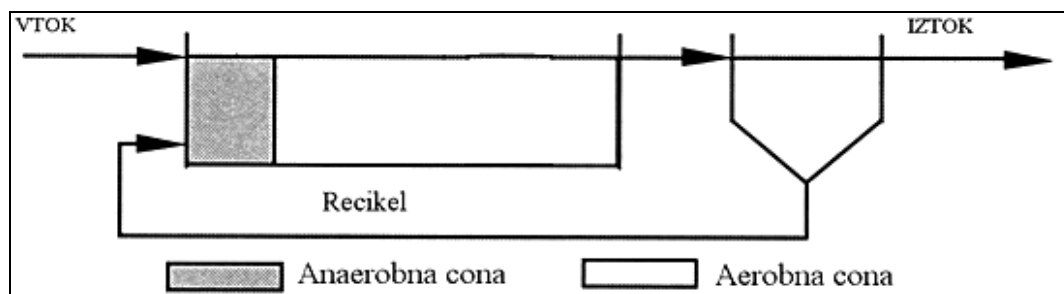
**Slika 24:** Shema delovanja Bardenpho sistema (Tchobanoglous in sod., 2003)

**Anaerobna razgradnja.** Anaerobna razgradnja poteka, če niso prisotni raztopljeni kisik in oksidirane dušikove spojine (nitrit in nitrat). Organske spojine se pretvorijo s pomočjo anaerobnih heterotrofnih mikroorganizmov v prvi fazi v nižje maščobne kisline, nato pa v vodo, metan, ogljikov dioksid in biomaso (Slika 25). Mikroorganizmi dobivajo kisik iz organskih spojin ali iz sulfatnega iona ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), v sistemu pa ne sme biti prisoten raztopljeni kisik, ker ta zavira delovanje anaerobnih mikroorganizmov. Pogoj za normalno delovanje anaerobnega procesa je tudi, da ni prisoten dušik v obliki nitrita in nitrata ( $\text{NO}_2^-$  in  $\text{NO}_3^-$  ioni).



**Slika 25:** Metabolizem anaerobnih heterotrofov (Roš, 2005)

Za koncentrirane odpadne vode samo anaerobno čiščenje običajno ne zadošča, saj razgradnja organskih snovi ni popolna. V takem primeru je treba anaerobno čiščeno odpadno vodo dodatno čistiti v aerobni stopnji. Kot primer je prikazan ti. AO proces (Slika 26).

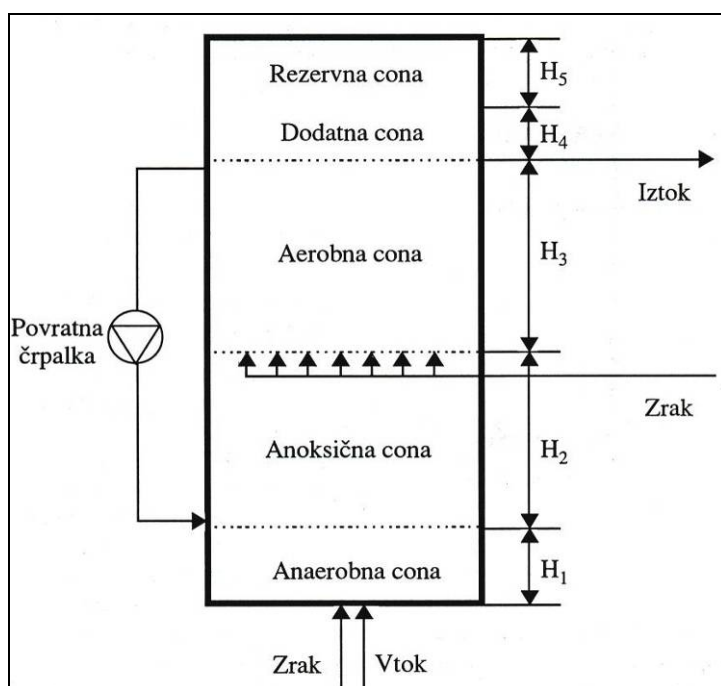


**Slika 26:** Shema AO procesa (Roš, 2001)

**Biolško odstranjevanje fosforjevih spojin.** Če so mikroorganizmi podvrženi anaerobnim in nato aerobnim pogojem, se pojavi fenomen, imenovan »obilna oz. čezmerna poraba fosforja«. Pri konvencionalnem sistemu z aktivnim blatom se iz sistema biološko odstrani 30 do 50 % fosforjevih spojin, medtem ko se pri procesu za odstranjevanje fosforja odstrani več kot 90% fosforja. Pri sistemih za odstranjevanje fosforja dosežemo večjo učinkovitost, zato ker sta pri takem procesu vključeni dve vrsti bakterij. To sta *Acinetobacter* in *Pseudomonas*, ki pod anaerobnimi pogoji sproščata vezani fosfor in ga nato v aerobnih pogojih v zelo velikih količinah odstranjujeta iz raztopine (Roš, 2001). Pri tem nastaja večja količina blata, kar je tudi osnova za odstranjevanje fosforja.

V zadnjem desetletju se je veliko raziskovalnih ustanov ukvarjalo z možnostjo nadgradnje obstoječih bioloških čistilnih naprav z nitrifikacijsko-denitrifikacijskim postopkom v naprave za popolno biološko odstranjevanje hraniv, poleg dušika zlasti fosforja. Razvilo se je veliko pilotnih naprav. Nekatere med njimi imajo za osnovo Bardenpho proces z različnimi izpeljankami, kot npr. A2O in UCT, oba procesa za biološko odstranjevanje fosforja. Poznani so tudi mešani sistemi, z elementi biološkega in kemijskega odstranjevanja skupaj v eni napravi. V tem primeru se povratno aktivno blato, ki je bogato tudi s fosforjem, vodi v anaerobni dekanter, kjer se vezani fosfor razpusti po suspenziji in usede na dno dekanterja. Od tu se ga odstrani s precipitacijo apna, preostali del raztopine pa se reciklira kot povratno blato. Sistem se v literaturi navaja kot biološko odstranjevanje fosforja s stranskim tokom (Roš, 2001). Isti avtor opisuje še sisteme za odstranjevanje fosforja na trdnih nosilcih: Biocarbon, Biopur, Biofor, Biostyr in 3A reaktor (Slika 27), razvit na Kemijskem inštitutu v Ljubljani. Za vse sisteme velja, da se odstranjevanje fosforja začne v anaerobni coni, kjer anaerobne

bakterije, ki lahko skladiščijo fosforne spojine, uporabijo za lastno rast kisle produkte fermentacije, predvsem acetat in propionat. Fermentacija s produktom lahkohlapnih kislin in njihova poraba s hkratno vezavo fosforja potečeta hitro. Glede na hitrost sinteze in porabe acetata je za optimizacijo postopka važno omejiti zadrževalni čas v anaerobnem reaktorju na eno do dve uri, sicer lahko poteče ponovno sproščanje fosforja (Tchobanoglous in sod., 2003). Poleg biološkega odstranjevanja fosforjevih spojin, velja poudariti možnosti kemijskega odstranjevanja fosforja z aluminijevimi ali železovimi solmi, ki se jih lahko dozira na več mestih v samem biološkem procesu. V zadnjem času so železove soli uporabljene pogosteje, saj odstranjujejo tudi sulfide, kar pripomore k manjšemu smradu iz naprave (Tchobanoglous in sod., 2003). Vse komunalne čistilne naprave za evidentno biološko ali biološko-kemijsko odstranjevanje fosforja morajo biti dovolj velike za zagotavljanje relativno homogene razporeditve vhodnih fluksov. Velja tudi dejstvo, da je večina omenjenih patentov predragih za majhne skupnosti in ekonomično delovanje male čistilne naprave.



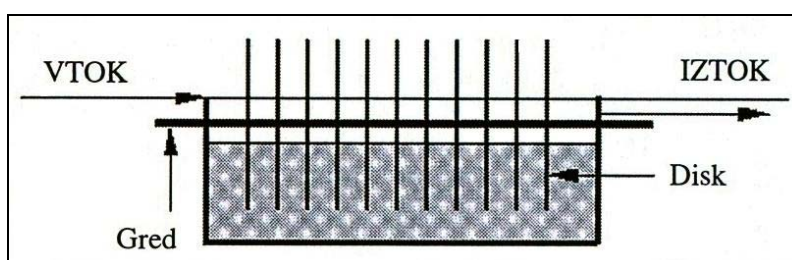
**Slika 27:** Shema delovanja 3AR reaktorja (Roš, 2001)

Za odstranjevanje posameznih onesnaževal (organske snovi, hraniva) iz odpadnih vod je v svetu in pri nas poznana vrsta variant čistilnih naprav, ki so konstruirane glede na različne oksidacijsko-redukcijske pogoje ter glede na različne pretočne sisteme (pretočni sistemi, diskontinuirani sistemi, različna reciklacijska razmerja, itd.), zato so podani primeri le ilustracija za odstranjevanje posameznih snovi iz odpadne vode. Najbolj so se uveljavili izpopolnjeni sistemi z eno stopnjo, kjer je isti reaktor razdeljen na več con in je za njim dovolj le en bistrilnik. Pri sistemih z eno stopnjo odstranjujemo hraniva tako, da recirkuliramo biomaso skozi različne cone reaktorja (odstranjevanje fosforja, nitrifikacija in denitrifikacija) z različnimi oksidacijsko-redukcijskimi in ostalimi pogoji delovanja čistilne naprave. Omeniti gre tudi, da se poleg sistemov z razpršeno biomaso (sistemi z aktivnim blatom) uporabljajo tudi sistemi s pritrjeno oziroma fiksirano biomaso.

### 2.3.6 Sistemi s pritrjeno biomaso

Splošno lahko k sistemom s pritrjeno biomaso štejemo tri tipe, ki poznajo več različnih izvedb. V teh sistemih se uporabljajo principi, kot so precejalniki, biofiltri ter rotirajoči kontaktorji, pogosto imenovani tudi biodiski. Ti principi se uporabljajo predvsem za manjše čistilne naprave, v zadnjem času pa tudi pri velikih čistilnih napravah, v kombinaciji s klasičnim kontinuiranim sistemom čiščenja. S tem se poveča učinkovitost čiščenja in zmanjšajo dimenzije čistilne naprave. Na nosilcih biomase se ustvari film različnih mikroorganizmov, ki se v stiku s hranivi iz odpadne vode razraščajo. Presnovo izboljšamo z dovajanjem kisika v sistem čiščenja s prezračevanjem, pri biodiskih pa še dodatno z vrtenjem več vzporedno nameščenih diskov na gredi, ki so do 40 % svoje površine potopljeni v odpadno vodo. Ker med procesom čiščenja prihaja do luščenja biofilma z nosilcev biomase, je za bioreaktorjem nameščen bistrilnik, v katerem se odluščeni deli biomase posedajo, očiščena voda pa odteka v iztok. Te skupine bioloških reaktorjev so predstavljene v splošnem.

**Rotirajoči biološki kontaktorji (RBK) ali biodiski.** Prvi začetki z RBK segajo v leto 1960, ko so bile postavljeni pilotne naprave v Nemčiji (Tchobanoglous in sod., 2003). RBK je sestavljen iz serije okroglih, ploščatih diskov, ki so največkrat iz polietilena, lahko se uporabi tudi druga plastična masa. Med procesom so delno potopljeni v odpadno vodo in se vrtijo skozi njo. Diski, drug ob drugem, imajo zelo veliko specifično površino, ki lahko v večjih napravah dosega več tisoč m<sup>2</sup> (Slika 28). S povezavo posameznih bazenov RBK je tako skupna površina lahko zelo velika. V posameznih bazenih je mogoče ustvarjati različne oksidacijske pogoje in s tem optimizirati čiščenje. Vrtenje diskov je počasno, tako da omogoča oprijem nove biomase na obstoječi biofilm, tipično pa znaša en obrat v minuti. Rotacijo lahko omogoči elektromotor, mogoči pa so tudi bazeni z vgrajenim kompresorjem zraka za prezračevanje, ki hkrati povzroča vrtenje diskov. RBK deluje kot enota za odstranjevanje BPK, s kombinacijami več enot pa lahko dosežemo tudi učinkovito odstranjevanje hraniv. Pred RBK mora biti enota za primarno posedanje, za reaktorjem, ali pod njim pa bistrilnik (Tchobanoglous in sod., 2003).

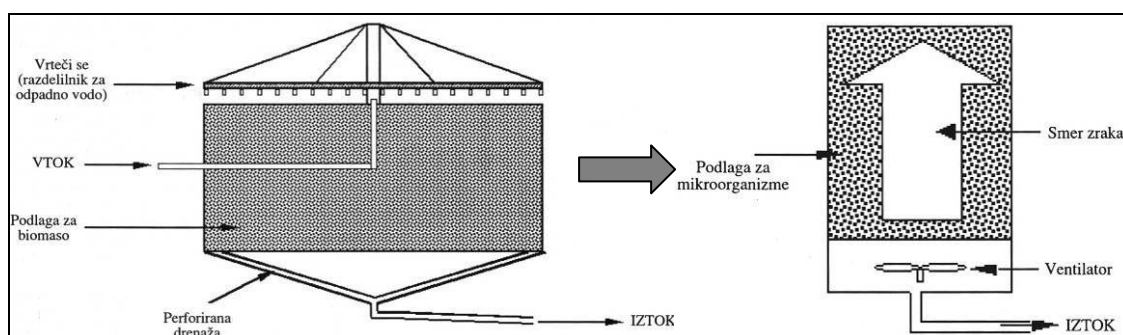


**Slika 28:** Shema RBK (Roš 2001)

**Nepotopljeni precejalniki.** Prvi taki sistemi, stari že več kot stoletje, se zaradi enostavnosti še niso nehali uporabljati, čeprav jih izrivajo novejša izpopolnjene metode. V samem sistemu potekata lahko vzporedno odstranjevanje organske snovi in nitrifikacija. V medsebojnem tekmovanju heterotrofne bakterije izražajo večjo kompetitivno sposobnost, zato je rast nitrifikacijskih bakterij omejena na predhodno zmanjšanje BPK na raven, nižjo od 20 mg/l. Možna je rešitev z več precejalniki, kjer v drugi ali tretji fazi poteče nitrifikacija. Precejalnik se sčasoma zapolni in na določenih mestih prezračevanje ni zadostno, tako da lahko substrat začne gniti, kar povzroči smrad. Temu se delno lahko izognemo z občasnimi recikli čiste vode, ali z novim polnilom (Tchobanoglous in sod., 2003).

**Fiksirana biomasa na inertnem nosilcu.** Postavljanje materiala kot nosilec z mikroorganizme v prezračevani reaktor z biomaso v suspenziji, sta prva sestavila Hays in Griffith v letu 1940 (Tchobanoglous in sod., 2003). Mikroorganizmi, odgovorni za pretvorbo organskega onesnaženja, so v tem postopku pritrjeni na inertne nosilce polnila, ki prosto plavajo ali jih mešata mešalo in mehurčki vpihovanega zraka (Slika 29). Organsko predelano blato se v tem postopku odstranjuje samo, z luščenjem od potopljenih nosilcev, ki so največkrat iz plastičnih materialov (Tchobanoglous in sod., 2003). Za postopek veljajo nekatere prednosti pred reaktorji s suspendirano biomaso, predvsem:

- povečanje kapacitete čiščenja,
- stabilnejši proces,
- manjše količine viškov blata,
- v bistrilniku se ne odlagajo trdni delci,
- večja kapaciteta čiščenja ob enaki ceni.



**Slika 29:** Shema precejalnika in način dovajanja zraka (Roš, 2001)

**Potopljeni biofiltri.** Novejši postopek s potopljenimi filtri se izvaja s presežkom kisika, kot aerobni proces za odstranitev BPK, možna pa je tudi uporaba sistema z več biofiltri, kjer se izvaja nitrifikacija. Na polnilu, ki je lahko gramoz, pesek, opečni drobir ali različna plastična polnila, se nalagajo mikroorganizmi v sloju biofilma. Vstop odpadne vode je običajno na vrhu, vpihovanje zraka pa se izvaja iz spodnje strani reaktorja. Komercialno sta najbolj poznana Biostyr in Biofor procesa, ki uporabljata kot polnilo polistiren oz. ekspanzirano glino (Tchobanoglous in sod., 2003). Ti reaktorji so lahko povezani v sklope, v katerih se zagotovi spremenljive oksidacijske redukcijske pogoje, tako da je v enem prehodu možna odstranitev vseh organskih snovi in večine hraniv. Tak sistem se uporablja na centralni čistilni napravi Šaleške doline v Velenju.

### 2.3.7 Sistemi z razpršeno biomaso

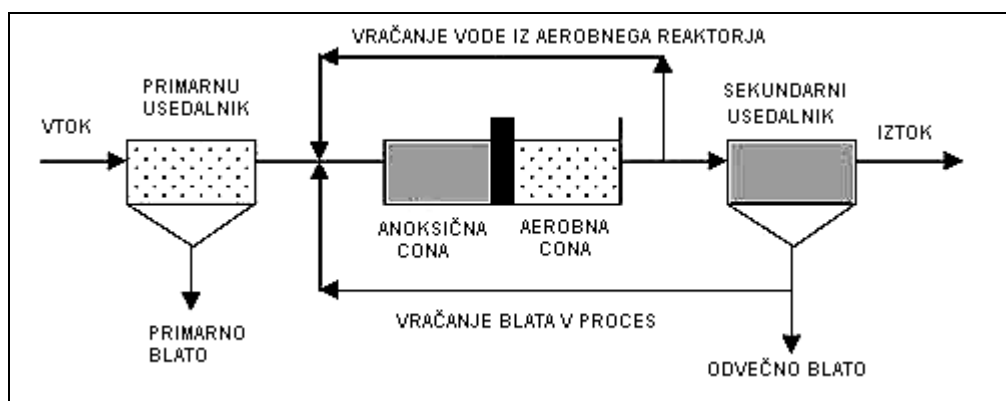
Vsem sistemom z razpršeno biomaso je skupno to, da biomasa v reaktorju ni pritrjena na nosilcih ampak je razpršena v suspenziji po celotnem reaktorju. Tako suspenzijo imenujemo aktivno blato. Tudi pri sistemih z razpršeno biomaso poznamo več različnih izvedb, tudi z ločenimi reaktorji ter različnimi kombinacijami sistemov tokov in reciklov. Proces popolnega premeščanja aktivnega blata in proces s čepastim tokom predstavljata teoretično osnovo kontinuiranih procesov. V ta okvir spada vrsta variant, npr. kontaktna stabilizacija, postopno hranjenje, podaljšano prezračevanje, oksidacijski jarki, modificirano prezračevanje, visoko obremenjeno prezračevanje, proces s čistim kisikom, dvostopenjska nitrifikacija in enostopenjska nitrifikacija s procesom aktivnega blata (Roš, 2001). V nadaljevanju sta opisana, kot najbolj poznana oksidacijski jarek in sistem z dvostopenjsko nitrifikacijo oziroma ti. MLE sistem.

Za razliko kontinuiranih sistemov, poznamo tudi šaržni sistem ali bolj poznani SBR sistem. Šaržni biološki reaktor je opisan v naslednjem poglavju.

Osnovni proces z aktivnim blatom vključuje več med seboj povezanih sestavnih delov:

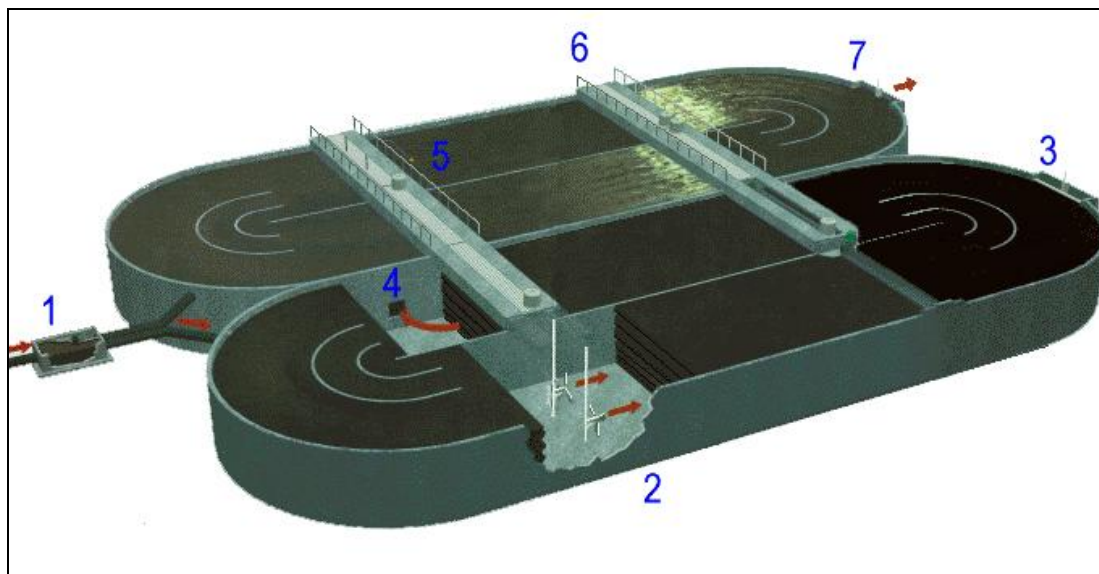
- enega ali več prezračevalnikov, kjer se dogajajo biološke reakcije,
- vir zraka, ki zagotavlja oskrbo kisika in mešanje (vir kisika je lahko zrak, stisnjen zrak, mehansko prezračevanje ali čisti kisik),
- bistrilnik (naknadni usedalnik), ki biološke suspendirane snovi (aktivno blato) ločuje od čiščene odpadne vode,
- zbrana biomasa (aktivno blato) v bistrilniku in njeno vračanje (recikliranje) nazaj v prezračevalnik,
- iz sistema odstranjeno odpadno blato.

**Dvostopenjska nitrifikacija.** Prvi koncept biološkega odstranjevanja dušika sega v leto 1962, ko sta Ludzack in Ettinger skonstruirala pilotno napravo, ki je imela dva reaktorja. V prvem so bili anoksični pogoji, v drugem pa se je s prisiljenim prezračevanjem poskrbelo za oksidacijo. Podoben proces se izvaja še sedaj in nosi ime modificiran Ludzack-Ettinger (MLE) sistem reaktorjev (Slika 30). V MLE predstavlja izboljšavo popolna ločitev obeh reaktorjev, z reciklom viškov blata iz prezračevalnega bazena. Tako je v anoksičnem reaktorju vedno dovolj nitrata za proces denitrifikacije. Običajno je razmerje recikla proti sveži odpadni vodi 2:1. Proces in sistem izdelave ter vgradnje in vzdrževanja je relativno enostaven, kar mu daje določene prednosti pri instalacijah za uporabo v krajih z redko poselitvijo (Tchobanoglous in sod., 2003).



**Slika 30:** Shema MLE sistema reaktorjev (Estrucplan..., 2008)

**Oksidacijski jarki.** V pravilno dimenzioniranih jarkih lahko dosežemo take oksidacijsko-redukcijske pogoje, da je končni produkt čiščenja dovolj ugoden za izpust v tekoče vode. Izvedb cevni oksidacijski jarki je več, tako po obliki, kot po načinu odstranjevanja hraniv, primerni pa so predvsem za večje sisteme. Informativno bi izpostavili le en tak sistem, ki z izrazito velikim tehnološkim vložkom nekoliko izstopa. BIO-denitro™ sistem je relativno nov postopek (Slika 31), ki je bil razvit na Danskem, kjer je tudi največ instaliranih čistilnih naprav, ki ga uporabljajo (Tchobanoglous in sod., 2003).



**Slika 31:** Prikaz delovanja Bio-denitro™ procesa (Veolia, 2007)

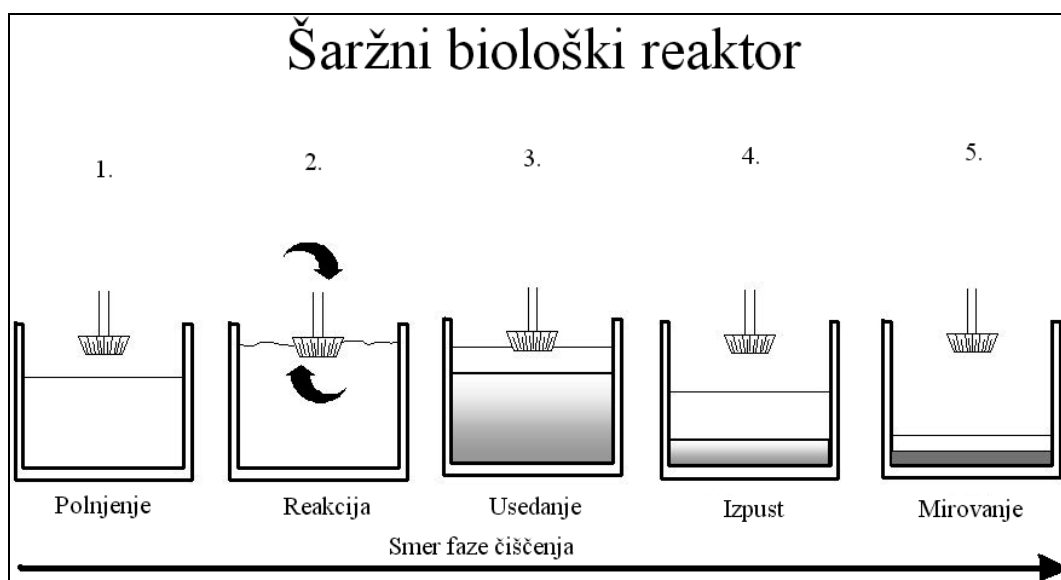
Opis delovanja sistema po fazah:

1. Sprejemna komora, ki korigira vtok v samo napravo. Skrbi za pravilno mešanje povratnega blata s svežim blatom.
2. Potopljeni propelerji skrbijo za potovanje suspenzije po jarku brez mešanja, z doseganjem anoksičnih denitrifikacijskih pogojev pri dnu.
3. Pregrada skrbi za dovolj dolg zadrževalni čas v jarku, ki ni manjši od dveh ur, da denitrifikacija lahko poteče.
4. Biološko onesnažena voda, ki se je v drugem jarku delno očistila nitrata se periodično, preko mehanske lopute, spušča v prvi bazen.
5. Tipala merijo količino raztopljenega kisika in avtomatsko dozirajo vpihovanje zraka ali kisika.
6. Vpihovala zraka potujejo po bazenu in skrbijo za prezračevanje in aktivno odstranjevanje BPK s heterotrofnimi mikroorganizmi.
7. Ko je mesto za praznjenje v fazi mirovanja se delci usedejo. Z vrha se izčrpa očiščena voda, z dna pa viški blata, ki gre v nadaljnje postopke.

### 2.3.7.1 Šaržni biološki reaktor (SBR)

Šaržni reaktor je različica biološkega postopka čiščenja odpadne vode z aktivnim blatom, ki deluje pod različnimi spreminjajočimi se pogoji s kontinuiranim pretokom. Šaržni reaktor deluje tako, da se lahko različni postopki kot so prezračevanje, usedanje in odstranjevanje odvečnega blata izvajajo v istem bazenu z diskontinuiranim pretokom. Šaržni reaktorji so se razvili v industriji kot postopki prečiščenja odpadne vode (Vaupotič, 2004). Šaržni reaktorski sistem uporablja preprosto tehniko polnjenja in praznjenja, kjer se odpadna voda dovaja v reaktor, se očisti nezaželenih snovi in na koncu izloči. Čistilni cikel je zajet v petih fazah (Slika 32). Te so: polnjenje, reagiranje, usedanje, odstranjevanje in prosti tek. Šaržni reaktorji si zelo prilagodljivi pri majhnih dotokih, saj lahko sprejmejo različne volumne odpadne vode. Vsekakor pa visoki dotoki odpadnih vod vplivajo na kakovost čiščenja. S šaržnim reaktorjem učinkovito znižujemo BPK, izvajamo proces nitrifikacije in denitrifikacije ter odstranjevanje fosforja, vendar so za to potrebni dolgi zadrževalni časi, zaradi česar se volumen in s tem tudi velikost teh naprav zelo poveča (Vaupotič, 2004). V običajnih komercialnih izvedbah dobimo SBR z

dvema paralelnima enotama. Prva enota je lahko sproti kolektor za odpadno vodo, medtem ko druga enota deluje po ciklih SBR. Možna je tudi obratna rešitev, kjer prva enota deluje kot SBR, s stalnim pritokom sveže odpadne vode, druga enota pa deluje kot bistrilnik in se tja vodo prečrpava iz četrte faze praznjenja (Tchobanoglous in sod., 2003). V kolikor potrebujemo sočasno delovanje vseh bazenov, se pred šaržnimi bazeni dogradi izravnalni bazen. Izravnalni bazen pripomore k nemotenemu delovanju SBR ciklov, predvsem tam, kjer so nihanja v pretoku odpadne vode velika (Tchobanoglous in sod., 2003).



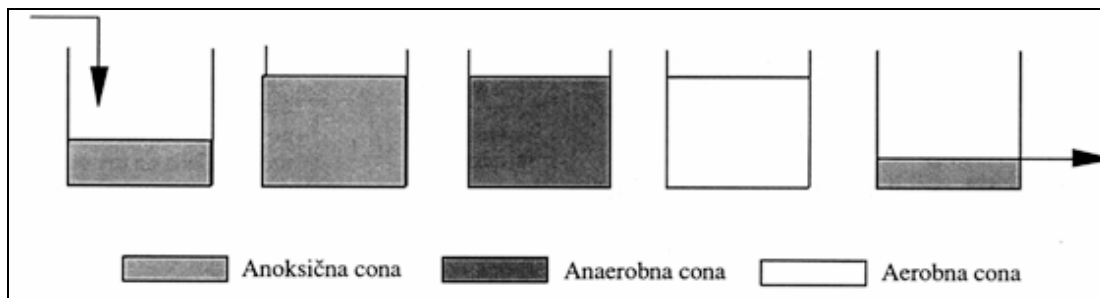
**Slika 32:** Shema delovanja SBR reaktorja (Tchobanoglous in sod., 2003)

Opis delovanja SBR reaktorja, po posameznih fazah (Slika 32):

1. V prvi fazi priteče odpadna voda v reaktor. Do napolnitve reaktorja, veljajo v predelih reaktorja različni pogoji, ob dnu pa so anaerobni in anoksični. Tako lahko v tem delu poteče delna denitrifikacija blata.
2. V drugi fazi sledi prezračevanje odpadne vode, pri čemer potečejo procesi oksidacije organskega onesnaženja. V kolikor je faza prisilnega prezračevanja dovolj dolga, poteka tudi nitrifikacija.
3. Ob izklopu prezračevanja se voda umiri in nastopi usedanje nastalega biološkega blata.
4. Po tretji fazi sledi izpust očiščene vode, ki se je zbistrila nad usedenim blatom.
5. Zadnja faza je prečrpavanje dela gošče usedenega blata iz sistema. Zadnja faza ne sledi vsakemu ciklu, pač pa po potrebi, glede na količino usedline. Čas med dvema iztokoma očiščene vode imenujemo obratovalni cikel SBR.

Zadrževalni čas v šaržnem reaktorju je lahko zelo različen, saj lahko traja od 4 do 8 ur, odvisno od deževnega ali sušnega pretoka. Biološko čiščenje odpadne vode oz. hraniv v SBR reaktorju lahko poteka pri različnih oksidacijsko-redukcijskih pogojih (Slika 33). To dosežemo z različnimi časovnimi intervali med posameznimi fazami znotraj enega cikla. K temu pripomore tudi mešanje in dovajanje zraka. Hkrati se lahko dodajajo tudi kemikalije za izboljšanje učinka čiščenja in odstranjevanja hraniv (Roš, 2001).





**Slika 33:** Različna oksidacijska stanja v procesu SBR (Roš, 2001)

### 2.3.8 Dezinfekcija

Komunalne ČN v načelu niso narejene, da bi popolnoma odstranjevale patogene bakterije iz odpadne vode. Če se čiščene odpadne vode uporabi za zalivanje vrtov in rekreacijskih površin, lahko pride do prenosa patogenih mikroorganizmov na ljudi in živali (Gerardi in Zimmerman, 2005). V takih primerih se zahteva dezinfekcija čiščene odpadne vode pred izpustom v okolje ali namakanjem. V 100 ml odpadne vode je lahko tudi 10.000.000 koliformnih bakterij. Število patogenov v tem vzorcu je običajno mnogo manjše, je pa odvisno od števila nosilcev bolezni. Tudi število virusov v tem vzorcu je majhno in neznano. Po čiščenju in dezinfekciji se število koliformnih bakterij zmanjša za več kot 99,99 %, če je število patogenih bakterij pred dezinfekcijo 10.000.000, je njihovo število po dezinfekciji 1000. Postopki, uporabljeni za dezinfekcijo, so kloriranje, ozoniranje, dezinfekcija z UV svetlobo in ultrafiltracija. Za indeks dobre dezinfekcije uporabljamo kontrolo s koliformnimi organizmi, kot koncentracija, podana kot najbolj verjetno število MPN (ang. Most Probable Number) skupnih koliformnov na 100 ml vzorca vode na iztoku. Mejne vrednosti za mikrobiološke parametre so podane v prilogi, preglednica 3 (Priloga 4) (Uredba..., 2007c).

**Kloriranje in dekloriranje.** Klasična dezinfekcija s klorom poteka z uvajanjem plinskega klora ali raztopine natrijevega hipoklorida v vodo. Danes se te postopke opušča, ker ostajajo v čiščeni odpadni vodi še vedno prisotni ostanki organskih snovi, ki reagirajo s klorom in tvorijo škodljive snovi za zdrave ljudi. Huminske kisline reagirajo s hipokloridom in tvorijo kloroform ( $\text{CHCl}_3$ ), ki je dokazano kancerogen za tkivo jeter (Hammer M. J. in Hammer M. J. Jr., 1996). Zaradi škodljivega vpliva že manjše koncentracije klora na vodne organizme, se je začel uvajati sistemi za deklorinacijo. Poznamo več vrst deklorinacije iztoka iz čistilne naprave, najpogosteje se uporablja dodajanje kemikalij, kot so (Roš, 2001):

- žveplov dioksid ( $\text{SO}_2$ ), za uporabo je varnejši in enostavnejši,
- natrijev metabisulfid,
- natrijev bisulfit,
- natrijev tiosulfat.

**Ozoniranje.** Dezinfekcija z ozonom ( $\text{O}_3$ ), je najdražji postopek in tudi splošno se ne uporablja za prečiščene odpadne vode, temveč le za pitne vode. Ozon zelo hitro reagira, zato ga je nemogoče skladiščiti. Ustvarja se ga z razelektritvami suhega kisika (Baird, 1999).

**Ultravijolična (UV) dezinfekcija.** Obsevanje z UV svetlobo je varnejši tip dezinfekcije, ki pa zahteva zelo bistro vodo. Močne žarnice vsebujejo živosrebrne pare, katerih

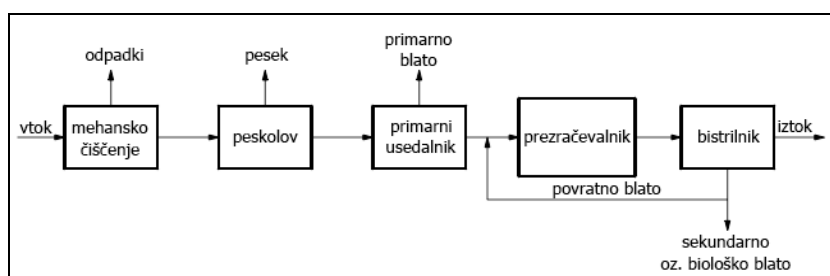
atomi v vzbujenem stanju emitirajo UV-C sevanje, ki v nekaj sekundah uniči DNA prisotnih celic. Če tudi celice slučajno preživijo, je replikacija njihove DNA onemogočena (Baird, 1999). Problem lahko nastane če so v odtoku iz ČN še vedno prisotni suspendirani delci, ki vsebujejo železove spojine ali huminske kisline združene v kosme, ki absorbirajo UV svetlobo in ta ne prodre dovolj globoko za popolno dezinfekcijo. Metoda je z veliko uporabo v zadnjem času postala cenovno dostopnejša, tako da je uporabna tudi za male ČN.

**Filtracija.** Mehanski postopki dezinfekcije se zadnjih letih uveljavljajo s filtracijo preko zelo finih membran, kjer ni kontakta prečiščene odpadne vode s kemikalijo in torej ni potencialno nevarnih stranskih produktov. Pred membransko filtracijo mora biti voda dobro očiščena suspendiranih snovi, sicer se filtri zamašijo. Tudi membranske tehnologije so cenovno že primerne za uporabo v malih ČN, če se zahteva neoporečno odpadno vodo (Kompore in sod., 2007).

## 2.4 Ravnanje z blatom iz komunalnih čistilnih naprav

V procesih čiščenja odpadnih vod nastajajo kot stranski produkt razna blata, tudi odpadni »mulj« in »gošče«, v katerih so zgoščene prej raztopljene in suspendirane snovi iz vode, z mikroorganizmi. V konvencionalni čistilni napravi (v Evropskih deželah) nastane okoli 80 g/PE blata na dan. Kjer je okoli 45 g/PE dan primarnega blata in okoli 35 g/PE dan sekundarnega blata (Roš, 2005).

Blato iz čistilnih naprav je potrebno nadalje obdelati tako, da se organska snov mineralizira. Karakteristike blata so lahko zelo različne v odvisnosti od uporabljene tehnologije čiščenja. Vsako blato predstavlja mešanico trdnih snovi in vode, pri čemer odstotek vode dosega 97-99% volumna blata. Za odpadna blata bioloških čistilnih naprav je vsebnost suhe snovi med 10% in 20 %, industrijski nekoliko več (Grilc in sod., 2006). Povprečne vrednosti dehidriranih blat iz bioloških čistilnih naprav (BČN) za komunalne odpadne vode je odvisna od načina odvzemanja vode. Teh postopkov je zelo veliko in so različno učinkoviti. Najtežje se dehidrirajo odvečna blata BČN, ki vsebujejo pretežno celulozne membrane odmrlih mikroorganizmov. Postopki ponavadi niso enostopenjski ampak večstopenjski in se med seboj dopolnjujejo. Razvrstitev postopkov za obdelavo, uporabo in odlaganje blata je prikazana v tabeli (Tabela 7). Od stopnje dehidracije je v veliki meri odvisen končni način ravnanja z odpadnim blatom (Grilc in sod., 2006).



**Slika 34:** Shema konvencionalnega čiščenja odpadne vode z aktivnim blatom (Roš, 2001)

Poleg problema vsebnosti suhe snovi je še težava s poznavanjem tipa blata. Kot je prikazano na sliki (Slika 34), tudi na komunalnih čistilnih napravah nastaja več vrst teh odpadkov. Odpadki z grabelj, peskolova, maščobolovilca, primarnega usedalnika, sekundarnega usedalnika, gnilišča... Sestava blata, ki nastaja v biološki čistilni napravi

je odvisna od vrste blata (primarno, sekundarno) in od sestave odpadne vode ter od pogojev delovanja biološke stopnje. Mnoge, posebno manjše čistilne naprave, pogosto združujejo več vrst odpadkov v isti zabojnik za odvoz. Zato je sestava odpadkov, ki se vsa imenujejo »blato« ali »mulj« zelo različna, posebno v pogledu vsebnosti anorganskih in biorazgradljivih snovi.

Ravnaje z blatom iz čistilne naprave predstavlja 30% do 50% obratovalnih stroškov čistilne naprave. Zato je potrebno vprašanju racionalne izrabe snovne in energetske vsebnosti blata posvetiti veliko pozornost. Organske snovi in hranila (dušik, fosfor, minerali) narekujejo njegovo recikliranje na kmetijske površine ali v kompostu za saniranje degradiranih površin v okolju. Seveda pa je potrebno upoštevati možno onesnaženost odpadnih blat z nevarnimi snovmi. V tem primeru pridejo v poštev ostali načini predelave, predvsem termični. Ti načini predelave pa so bistveno dražji tako glede investicijskih kot obratovalnih stroškov.

Odstranitev preostankov predelav mora potekati na okoljsko varen način. Za odlaganje oz. uporabo le teh moramo predvsem upoštevati Uredbo o uporabi blata iz komunalnih čistilnih naprav v kmetijstvu (Uradni list RS, št. 62/2008).

**Tabela 7: Postopki za obdelavo, uporabo in odlaganje blata (Roš, 2001)**

ZGOŠČEVANJE	KONDITIONIRANJE	STABILIZACIJA	ODSTRANJEVANJE VODE	ODLAGANJE IN PONOVA UPORABA
Gravitacijski trak	Kemijsko	Sušilne grede s segrevanjem	Sušilne grede	Uporaba pri gojenju gozdov
Gravitacijsko zgoščevanje	Toplotno	Stabilizacija z apnom	Vakuumski filtri	Razdelitev in prodaja
Flotacija z zrakom		Aerobna presnova	Centrifuge	Odlaganje na lastni deponiji
Centrifuge		Anaerobna presnova	Tračne filtrne stiskalnice	Odlaganje na javni deponiji
Rotacijski bobni		Mokra oksidacija	Tlačni filtri	Uporaba v kmetijstvu
		Toplotna stabilizacija		Dodelava in uporaba na zemljišču
		Sežig		
		Kompostiranje		

#### 2.4.1 Zgoščevanje blata

**Zgoščevanje.** Pred presnovo blata, odstranjevanjem vode ali stiskanjem, ko se blato pripravlja za končno dispozicijo, se blato običajno zgošča. Zgoščevanje blata se izvaja zato, da se odstrani del vode in s tem zmanjša volumen blata. Poznamo več metod oz. naprav za zgoščevanje blata na biološki čistilni napravi (Roš, 2001):

- gravitacijski zgoščevalniki,
- gravitacijski tračni zgoščevalniki,
- flotacijski zgoščevalniki,
- centrifuge.

Pri zgoščevanju blata lahko uporabimo eno od naštetih naprav ali kombinacijo le teh.

## 2.4.2 Kondicioniranje blata

**Kondicioniranje.** Kondicioniranje blata je proces, ki se uporablja za izboljšanje kakovosti blata. Blatu je treba odstraniti čim več vode in ga zgostiti. To dosežemo z kemijsko, mehansko oz. termično obdelavo. Cilj kondicioniranja je koagulacija blata in sproščanje vezane vode. Na kondicioniranje vpliva predhodno ravnanje z blatom in postopki čiščenja, starosti blata in lastnosti blata, ki so odvisne od alkalitete, velikosti delcev, naboja delcev in razmerja med primarnim in sekundarnim (aktivnim) blatom. Na biološki čistilni napravi se najpogosteje uporabljajo kemijski sistemi za kondicioniranje in sistemi termičnega kondicioniranja. Za primerno termično kondicioniranje blata in s tem odstranitev čim večje količine vezane vode, sta potrebna ustrezna temperatura in tlak. Kemijsko kondicioniranje lahko uspešno izvedemo, če imamo na razpolago ustrezen koagulant in flokulant. Za kemijsko kondicioniranje se uporabljajo železov klorid ( $\text{FeCl}_3$ ), apno in vse bolj v uporabi sintetični polimeri (polielektroliti). Za pravilno izbiro in določitev optimalnega dodatka polimera, se mora opraviti ti. test v čašah (JAR-test) in upoštevajoč analizo stroškov, izberemo najprimernejšo kemikalijo po najustreznejši ceni.

## 2.4.3 Stabilizacija blata

**Biološka stabilizacija.** Sveža nedehidrirana blata iz komunalnih čistilnih naprav so dobro biorazgradljiva, zato lahko ta proces izkoristimo za njihovo stabilizacijo. Pri njegovem spontanem razpadu pod vplivom naravnih mikroorganizmov nastajajo lahkohlapni plinasti produkti (potencialen smrad) in suspendiran mineraliziran preostanek. Hitrost procesa in sestava plinastega produkta je odvisna od prisotnosti kisika, zato ločimo dva osnovna tipa biološke stabilizacije blat, opisana v nadaljevanju. Obstojijo pa tudi hibridni postopki. Obširneje so opisani v novem referenčnem dokumentu (BREF, 2005) o najboljših razpoložljivih tehnikah (BAT) za obdelavo odpadkov za naprave, zavezanke IPPC direktivi (Grilc in sod., 2006).

**Anaerobna stabilizacija.** V anaerobnem procesu blato prepustimo delovanju mikroorganizmov v zaprtem brezračnem prostoru. Mikrobi razgrajujejo biomaso blata v mešanico plinov metana in  $\text{CO}_2$  ter mineralizirani ostanek. Proces je relativno počasen, saj običajno poteka v mezofilnem temperaturnem območju od  $30^\circ\text{C}$  do  $40^\circ\text{C}$ . Mogoča je tudi hitrejša reakcija, če uporabimo termofilno območje delovanja od  $50^\circ\text{C}$  do  $60^\circ\text{C}$ . V termofilnem območju mikroorganizmi delujejo tudi do 8 krat hitreje. Sproščanje toplote zaradi delovanja mikroorganizmov je zanemarljivo; proces pri  $35^\circ\text{C}$  traja 20 do 30 dni pri  $55^\circ\text{C}$  pa največ 12 do 15 dni (Grilc in sod., 2006). Za segrevanje na delovno temperaturo procesa ponavadi uporabimo kar plin, ki nastane v gniliščih, kar pomeni zmanjšanje količine plina za sekundarno surovino. V modernejših kogeneracijskih postrojenjih se pa ves plin porabi za proizvodnjo elektrike, odpadna toplota motorja, ki proizvaja elektriko se pa porabi za gretje anaerobnih reaktorjev. Pri mezofilni temperaturi ( $35^\circ\text{C}$ ) je te odpadne toplote zadosti pri termofilni temperaturi reaktorja pa ne. Na Kemijskem Inštitutu v Ljubljani so razvili in patentirali sistem (Roš in Zupančič, 2004a), ki uporabi regeneracijo toplote pri samem procesu obdelave blata, tako da je toplotna potreba termofilnega procesa celo nižja od toplotne potrebe v mezofilnem procesu (Zupančič in Roš, 2003). Anaerobna presnova blata praviloma ni dokončna in je manj temeljita kot aerobna, zato proces, razvit na Kemijskem Inštitutu, dokončamo v aerobnem režimu. Blato po obdelavi filtriramo, preostanek pa odložimo. Prednost tega postopka je proizvodnja odličnega energenta metana (300 do 500 l/kg SS) in nič emisij v zrak, slabost pa počasnost, veliki reaktorji (gnilišča) in dražja

investicija. Limitni faktorji anaerobnega procesa so: koncentracija biomase in mikroorganizmov ter raztopljeni plinasti produkti, ki jih moramo odvajati. Preprosto lahko izvedemo anaerobno stabilizacijo v odprtih jamah, bazenih ali lagunah. Pri tem poteka na površini aeroben proces, v glavni masi blata pa anaeroben. Pri tem seveda plin izgubimo, če bazen ni pokrit in plinsko dreniran. Hitrost procesa je majhna in traja več mesecev.

**Aerobna stabilizacija.** V aerobnem procesu blato prepihujemo z zrakom ali s čistim kisikom, ob delovanju heterotrofne združbe mikroorganizmov. Mikrobi razgrajujejo biomaso blata v CO<sub>2</sub> in vodo ter mineraliziran ostanek. Hitrost procesa je prav tako temperaturno zelo odvisna, pri običajni temperaturi zraka je proces zelo počasen, zadrževalni časi so nad 50 dni, v termofilnem območju pa je lahko proces tudi zelo hiter, saj je zadosti že 7 dni zadrževalnega časa. Slabost aerobne stabilizacije je predvsem velika poraba energije za vpihanje zraka in mešanje, vsa sproščena toplota od razpada organskih snovi se ne izkorišča, potrebno je čiščenje izhajajočega zraka (biofiltri). Prednost teh postopkov je zanesljivost in relativno enostavno postrojenje. Pri malih čistilnih napravah, kjer se izraba bioplina zaradi visoke cene investicije v postrojenje ne splača, lahko aerobni proces prav gotovo najceneje predela blato v stabilizirano in mineralizirano obliko. Zato imajo v večini večje čistilne naprave zbirališče blata oz. gošč iz malih čistilnih naprav. Limitni faktorji aerobnega procesa so: transport kisika do mikroorganizmov, njihova koncentracija in prisotnost strupenih snovi (npr. težke kovine). Obdelano blato filtriramo, preostanek pa odložimo. Posebna vrsta aerobne so-stabilizacije blata KČN je so-kompostiranje z ločeno zbranimi biorazgradljivimi komunalnimi odpadki. Navadno uporabljamo sveža nedehidrirana blata za navlaženje in bogatenje z dušikom začetne mešanice odpadkov pred kompostiranjem. Vendar pa so te količine blata razmeroma majhne v primerjavi z razpoložljivo količino. Postopek je smotrno, če je prostor za kompostiranje blizu čistilne naprave in uporablja veliko suhih strukturnih materialov z nizko vsebnostjo dušika (Grilc in sod., 2006).

**Hibridni postopek anaerobno-aerobne obdelave.** Skupna lastnost hibridnih bioloških postopkov obdelave blata je, da so v veliki meri integrirani v več postopkov na čistilni napravi in niso strogo ločeni v svoji liniji, kot je to običajno. Na Kemijskem Inštitutu v Ljubljani so razvili dvostopenjski anaerobno-aerobni postopek obdelave blata, ki popolnoma stabilizira in mineralizira blato, v zadrževalnem času 15 dni (Roš in Zupančič, 2004b). Združuje dobre lastnosti aerobnega in anaerobnega procesa. To pomeni, da uporabimo ves plin ki se naredi v anaerobnem procesu za proizvodnjo elektrike, v aerobnem procesu pa dokončno mineraliziramo in stabiliziramo blato. Dodatna dobra lastnost tega postopka je, da je mogoče odstraniti sekundarni amonij na čistilni napravi. Do 50% obremenitve čistilne naprave z amonijem pride iz blatnenice in odvodnjavanja blata, ki se vrača na vtok čistilne naprave. Vsaka čistilna naprava, ki ima anaerobno ali nepopolno aerobno obdelavo blata tako do 50% amonija lahko dobi iz linije obdelave blata. Če ta amonij odstranimo, smo močno zmanjšali potrebe po nitrifikaciji na sami čistilni napravi (Zupančič in Roš, 2005). Takšna naprava je še na stopnji pilotne naprave, ki obratuje v ČN Velenje.

**Termična stabilizacija.** Po izidu novih kriterijev za odlaganje odpadkov na odlagališča, vsebnosti organskih snovi v mineraliziranih preostankih biološke stabilizacije presegajo nove mejne vrednosti. Zato postaja vse bolj zanimiva stabilizacija blata s pomočjo toplote pri povišanih temperaturah, kjer organske snovi razpadajo. Konvencionalne rešitve so z dostopom zraka (sežig), nove metode pa gredo v smeri anoksičnih procesov (piroliza, uplinjanje), ki potekajo pri nižji temperaturi in povzročajo manj emisij (Grilc in sod., 2006).

**Sežig blata.** Za toplotno avtonomnost postopka sežiga blata ga je potrebno dehidrirati do približno 40 % suhe snovi, kar je možno z najboljšimi aksialnimi centrifugami. Tedaj dobi blato kurilno vrednost in gori brez dodajanja toplote. Običajno se uporabljajo peči s fluidiziranim slojem ali etažne peči. Temperatura sežiga je okoli 800°C, sekundarna zgorevalna komora praviloma ni potrebna. Leteči pepel izločimo z elektrofiltrrom in odložimo kot nenevaren odpadke. Postopek je primarno namenjen sežigu organske snovi odpadka, ne pa proizvodnji energije. Če želimo tudi to, potem uporabimo še dodatek fosilnega goriva, s čimer poboljšamo učinkovitost sežiga in celotni toplotni izkoristek. Ponekod izvajajo tudi sežig popolnoma dehidriranega blata, kjer je več kot 90% suhe snovi, s kurilno vrednostjo 15 do 20 MJ/kg (Grilc in sod., 2006). To je mogoče doseči le s sušenjem mehansko dehidriranega blata, za kar pa porabimo toploto, enako približno polovici kurilne vrednosti dobljene sušine. Torej je to smiselno le, če imamo na voljo odpadno toploto. Navadno to delajo plinom, ki ga pridobimo v gniliščih.

**So-sežig blata.** V kolikor imamo v bližini sežigalnice komunalnih odpadkov ali toplarno na trdno gorivo, lahko dehidrirano odpadno blato sežigamo v njih. S tem se izognemo investiciji v lastno peč, odpadejo problemi z odlaganjem pepela, zato pa moramo pokriti transportne in prevzemne stroške.

**Novi postopki.** Sežig odpadkov (vključno blat čistilnih naprav) so predmet intenzivnih raziskav v smeri izboljšanja toplotnega izkoristka ob hkratnem zmanjšanju vplivov na okolje. Razvoj gre v smer procesov s čistim kisikom, oz. brez zraka (ki neizogibno povzroča velike količine emisij in toplotne izgube), ti postopki potekajo pri nižji temperaturi (500°C do 600°C). V zadnjem primeru sta to predvsem postopka:

- **Uplinjanje**, kjer se pri povišani temperaturi trdne organske snovi iz blata z vlago pretvarjajo v plinasto mešanico ogljikovega monoksida in vodika (CO in H<sub>2</sub>), ki je odličen energent in surovina za petrokemično industrijo.
- **Piroliza** (suha destilacija), kjer se organske snovi pretvorijo v plinaste, tekoče in trdne produkte, ki jih lahko uporabimo kot energente ali sekundarne surovine.

#### 2.4.4 Odstranjevanje vode iz suspendiranih snovi

Ko so suspendirane snovi zgoščene in stabilizirane, sledi proces odstranjevanja vode iz njih. Včasih ni potrebno, da se blato stabilizira pred odstranjevanjem vode, to je odvisno od nadaljnje uporabe. Za odstranjevanje vode je na razpolago vrsta metod (Roš, 2001):

- centrifugiranje,
- stiskanje na tračnih filtrirnih stiskalnicah,
- stiskanje s filtrnimi stiskalnicami z okviri in ploščami,
- vakuumsko filtriranje,
- sušenje na sušilnih gredah.

#### 2.4.5 Sistemi za koristno uporabo blata

Blato, ki nastane v čistilni napravi pri čiščenju odpadne vode, se po predhodni obdelavi lahko transportira v sisteme za njegovo koristno uporabo. Taki sistemi predelajo blato do take mere, da je primerno za neposredno koristno uporabo.

**Kompostiranje.** Odpadno blato se po predhodni stabilizaciji in obdelavi s sušenjem lahko koristno uporabi. Tak primer uporabe je izdelava humusnih pripravkov s procesom obdelave blata v kompostnih gredah. Kompostiranje je oblika aerobnega procesa, v katerem mikroorganizmi razkrojijo organske snovi. Produkt tega procesa je kompost ali humus, ki vsebuje huminske kisline, humin in mineralizirana hraniva. Humus lahko koristimo kot gnojilo v kmetijstvu ali pa za izboljšanje strukture tal. Blato iz čistilnih naprav ima neugodno razmerje med vsebnostjo BPK in dušikom, saj je slednjega po biološkem čiščenju v prebitku. Tako je za ugodno razmnoževanje mikroorganizmov pri kompostiranju ustrezno dodajati snovi, ki so bogate z ogljikom, kot je žagovina, odpadni les in slama. Ker ima blato iz ČN še vedno preveč vlage, se z dodajanjem suhih ogljikovih substanc uravnava tudi ta. V pravilno sestavljenem in prezračevanem kompostnem kupu termofilni heterotrofi povzročijo dvig temperature zmesi tudi do 60°C, kjer se uničijo patogene bakterije in paraziti (Roš, 2001).

**Alkalna stabilizacija.** Pri ustaljenih sistemih alkalne stabilizacije se uporablja kot vir alkalne snovi apno. Z zadostno količino apna in dovolj dolgim reakcijskim časom, se blato stabilizira in uniči patogene organizme. Pri pH 12 mora trajati reakcija vsaj 2 uri, pri pH 11,5 pa 22 ur. Novejši, oziroma dopolnjeni sistemi alkalne stabilizacije uporabljajo namesto apna druge alkalne spojine. Zahtevajo pa zato posebno opremo procesne stopnje. Kot alkalne snovi se uporabljajo: živo apno, cementni prah, apnenčev prah, ali druge primesi in postopke, ki zmanjšujejo količino patogenih bakterij in stabilizirajo ter fiksirajo blato (Roš, 2001). Obdelano blato obdrži hraniva, kot so spojine dušika in fosforja, zato je primerno za uporabo na kmetijskih površinah ali drugih zemljiščih kot gnojilo. Lahko se uporabi tudi za naknadno stabilizacijo.

**Termični (toplotni) sušilniki.** Namen sušenja je v tem, da se iz blata odstrani vsaj 90% vlage. Običajno so to dolgi ogrevani bobni, po katerih potuje vlažna trda snov. Glede na prenos toplote delimo sušilnike na neposredne, posredne, kombinirani posredno-neposredni in infrardeče. Blato, posušeno do 40-45% suhe snovi, se transportira v sežigalnice ali neposredno uporabi v kmetijstvu za gnojenje (Roš, 2001).

## 2.5 Gospodarjenje s produkti, ki nastanejo pri čiščenju odpadnih vod

**Možnost uporabe preostankov (odpadnega blata).** Pri čiščenju odpadnih vod nastajajo preostanki, ki jih je treba obdelovati na poseben način. Ker so usedene trdne snovi nestabilne in nagnjene gnitju ter lahko vsebujejo patogene organizme, se morajo nakopičene in ločene usedene trdne snovi od čiščenja tekočega dela pred čiščenjem odpadne vode v napravi obdelovati. Obdelava in odstranjevanje usedenih trdnih snovi je običajno tehnološko zahteven in dražji del čiščenja odpadne vode. Zato je gospodarjenje s preostanki zelo pomembno, saj primerno obdelan preostanek oz. blato lahko postane produkt.

O optimalnem načinu ravnanja z odpadnim blatom komunalnih čistilnih naprav se ukvarjajo povsod po svetu, saj so postali eden od masovnih odpadkov. Možni odgovori so precej podobni. V razvitih državah temelji razvoj ravnanja z njimi na usmeritvi »3R« (Reduce, Reuse, Recycle), ki temelji na naslednji hierarhiji:

- **Reduce**, zmanjšanje nastajanja blata na izvoru z uporabo mikrobnih združb z manjšim prirastom boljših presnovnih postopkov blata.
- **Reuse**, uporaba v kompost predelanega blata v kmetijstvu (»bio-zemlja«).
- **Recycle**, recikliranje energije, pridobljene iz blata z anaerobno digestijo (metan) in/ali sežigom dehidriranega blata.

Možnosti uporabe blata:

- **Neposredna uporaba na poljih.** Uporaba kot gnojilo, ob upoštevanju vseh nevarnosti in skladno s predpisi (Uredba..., 2008a, 2008b).
- **Uporaba »bio-zemlje« na zelenih površinah.** S predhodno odstranitvijo vode, stabilizacijo in higienizacijo, je »bio-zemlja« idealna za uporabo na zelenih površinah kot so parki, športna igrišča, sadovnjaki, itd.
- **Bioplín.** Idealen vir energije, le tega je potrebno izkoristiti pred sežigom. Izkoriščanje bioplina je zelo smiselno pri ČN kapacitete 20.000 PE in več (Roš, 2002).
- **Sežig.** Energija, potrebna za izhlapevanje vode, je proporcionalna oz. uravnotežena energiji, ki se proizvede s sežigom blata (SS) in je okoli 25%. Toplotna vrednost surovega blata je 14 MJ/kg SS ali 3,85 kWh/kg SS, toplotna vrednost presnovljenega blata je 12 MJ/kg SS ali 3,30 kWh/kg SS (Roš, 2002)

**Možnost uporabe obdelane vode.** V mnogih regijah sveta je oskrba z vodo pogojena z nizko ceno vode. V bodočnosti se bo poraba vode v mnogih regijah spreminjala, saj se bo cena vode zviševala. Uveljavljati se bo začelo ekonomsko sprejemljivo čiščenje odpadne vode. Če bomo želeli doseči cenovno učinkovitost gospodarjenja z vodami, bo potrebno vire v odpadni vodi koristno uporabiti. Možnost uporabe virov iz odpadne vode je naslednja:

- **Voda.** Ponovna uporaba vode v kmetijstvu (namakanje), v urbanih naseljih, v industriji in ponovna uporaba za pitno vodo.
- **Sestavine v odpadni vodi.** Tu so najbolj zanimive hraniva (C, N, P), ogljik za proizvodnjo energije (bioplín, bio-gorivo) in kovine za ponovno uporabo (Al, Fe).
- **Toplota odpadne vode.** Toplota se lahko uporabi kot energija za gretje ali energija za hlajenje.

Razen naštetega v svetu razmišljajo tudi o ločevanju posameznih vrst odpadnih vod na samem viru (sive vode, črne vode, vode iz kuhinje, iz kopalnic in pralnic itd.) in selektivni porabi vode v gospodinjstvu (manj kakovostna voda za splakovanje stranišč, voda za kuhanje itd.). To pa potegne za seboj gradnjo ločenih vodovodnih in kanalizacijskih sistemov, zato pridejo taki sistemi v poštev le pri novogradnjah, kjer je to možno in ekonomsko upravičeno. Z drugimi besedami, kanalizacijske sisteme se bo načrtovalo tako, da se bo zbiralo posebej koncentrirane, posebej pa razredčene odpadne vode. Del čiščenih odpadnih vod se bo recikliralo in ponovno uporabljalo za sanitarije (manj kakovostna voda) in za namakanje (v skladu s predpisi) (Roš, 2002).

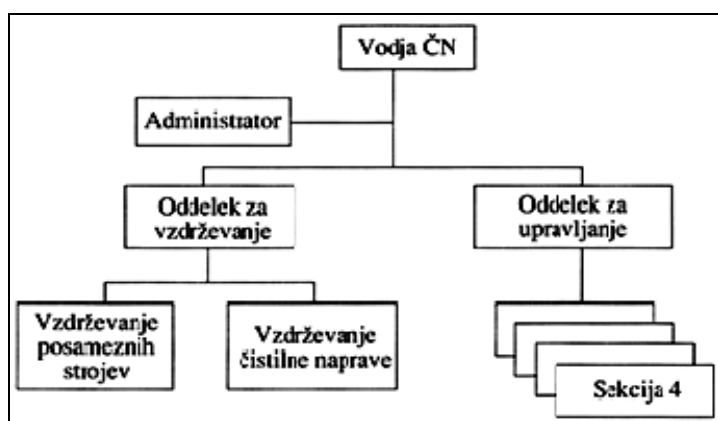
Zaradi vedno večje porabe vode in vedno večjega onesnaževanja virov pitne in uporabne vode bo potrebno izpopolniti postopke za čiščenje odpadne vode. Pri čiščenju odpadne vode je treba upoštevati vrsto dejavnikov, kot so lastnosti odpadne vode, lastnosti sprejemnika, učinek čiščenja, ceno čiščenja odpadne vode, proizvodno blata in potencialno ponovno rabo in uporabo virov iz odpadne vode in nastalega blata. Kjer bo ekonomsko upravičeno in ekološko in socialno sprejemljivo, se bo odpadno in čiščeno odpadno vodo ponovno uporabljalo kot namakalno vodo, kot vir toplote (voda za gretje ali hladilna voda) ter iz nje pridobivalo koristne komponente (hraniva, bioplín, kovine).



## 2.6 Osnove upravljanja komunalne čistilne naprave

Čistilne naprave so se v svetu razvijale z ostalimi elementi mestnega okolja, da bi zaščitili vodne vire. Glede na različnost mestnih okolij in različnost socialnih, ekonomskih ter naravnih okoliščin je bil razvoj tehnologije čiščenja odpadnih vod v posameznih okoljih različen. Ne glede na tip čistilne naprave in vrsto čiščenja je uspeh čiščenja v veliki meri odvisen od sposobnosti vodje čistilne naprave. Biti mora dober strokovnjak in obenem uspešen organizator. Naloga vodje čistilne naprave je, da poleg vodenja tehnologije čiščenja skrbi za vzpostavljanje stikov z vsemi zaposlenimi na čistilni napravi in njihovo motivacijo. Poleg tega mora vodja čistilne naprave skrbeti za stike z oblastjo, mediji, projektanti, proizvajalci opreme, soseščino čistilne naprave in nekaterimi drugimi. Funkcija vodenja čistilne naprave poleg neposrednega vodenja vključuje še planiranje, organizacijo in kontrolo.

Organizacijska struktura čistilne naprave je odvisna od kapacitete čistilne naprave, čistilnega postopka in proračunskih možnosti. Primer osnovne organizacijske sheme je prikazan na (Sliki 35).



**Slika 35:** Shema organizacijske strukture čistilne naprave (Roš, 2001)

Primarni namen vodenja in upravljanja čistilne naprave je uspešno delovanje, vzdrževanje in skrbna podpora z laboratorijskim delom, ki skrbi za kontrolo odpadnih vod. Odvisno od velikosti, stopnje in obsega delovanja čistilne naprave lahko kontrolo industrijskih odpadnih vod v sklopu čistilne naprave kombiniramo z drugim javnim zavodom ali s pogodbenim partnerjem. Vsak zaposleni na čistilni napravi mora imeti opis dejavnosti, z določeno odgovornostjo in nadzorom. Na čistilni napravi je vsaka izvedena naloga korak k doseganju poslanstva v skladu z uporabnim dovoljenjem. Vodja čistilne naprave izvaja ta dela z izvajanjem dnevnih nalog, seveda s tesnim sodelovanjem celotne delovne skupine. Poleg že omenjenih vsakodnevnih dolžnosti poskrbi, da je delovanje čistilne naprave usklajeno z eventualno spreminjajočimi se predpisi (Roš, 2001).

Velja poudariti, da so praktično vsi uveljavljeni tehnološki postopki biološkega čiščenja učinkoviti, če so uporabljeni pravilno. To pomeni, da jih je primerno uporabiti za čiščenje konkretne odpadne vode, da je naprava pravilno dimenzionirana in vodena in ne nazadnje, da je uporabljena primerna oprema, ki mora biti funkcionalna in redno vzdrževana. Le tako se lahko dosega zadovoljive učinke čiščenja, ki so lahko višji tudi od 90 % (Meden, 2004).

### 3 EKSPERIMENTALNI DEL IN REZULTATI

#### 3.1 Komunalna centralna čistilna naprava (CČN) Koper

Centralna čistilna naprava Koper je bila odprta oziroma prenovljena leta 1992. Z njo upravlja javno podjetje Komunala Koper d.o.o., s sedežem v občini Koper. Nahaja se pod Serminom ob reki Rižani, med Ankaransko vpadnico in železniškimi tiri za Luko Koper. Lokacija po Gauss-Krugerjevih koordinatah je:  $Y = 403021$  in  $X = 46771$  (ARSO, 2008). Namenjena je čiščenju komunalnih odpadnih vod mesta Koper in njegove okolice. Priključenih je približno 26.000 prebivalcev iz Koprca, Pobegov, Prad, Sv. Antona, Bertokov, Bošamarina, Kampela, Manžana, Šalare, Vanganela, Semele, Olma in Žusterne. Poleg odpadnih vod, ki jih ustvari prebivalstvo, del vod ustvari industrija (Luka Koper, Cimos, Intereuropa, Vinakoper,...). Skupna količina pretečene odpadne vode skozi čistilno napravo je  $4,0 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{leto}$ . Zraven je všteta še meteorna voda (mešan sistem), podtalnica in vdor morske vode (Komunala..., 2007a). Tla, na katerih je CČN Koper, imajo zelo slabo nosilnost in so tako nagnjena k posedanju. CČN Koper je projektirana, glede na maksimalno obremenitev z organsko snovjo, za 100.000 PE. Glede na priključeno število prebivalcev je predvidena delovna obremenitev z organsko snovjo za 50.000 PE. Predvidena hidravlična obremenitev zaradi mešanega kanalizacijskega sistema je za 65.000 PE (Komunala..., 2007a). Trenutno CČN Koper obratuje z polovično kapaciteto glede na maksimalno projektirano vrednost.

Na osnovi projektne dokumentacije in vodnogospodarskega soglasja so bili predvideni naslednji učinki čiščenja na CČN Koper:

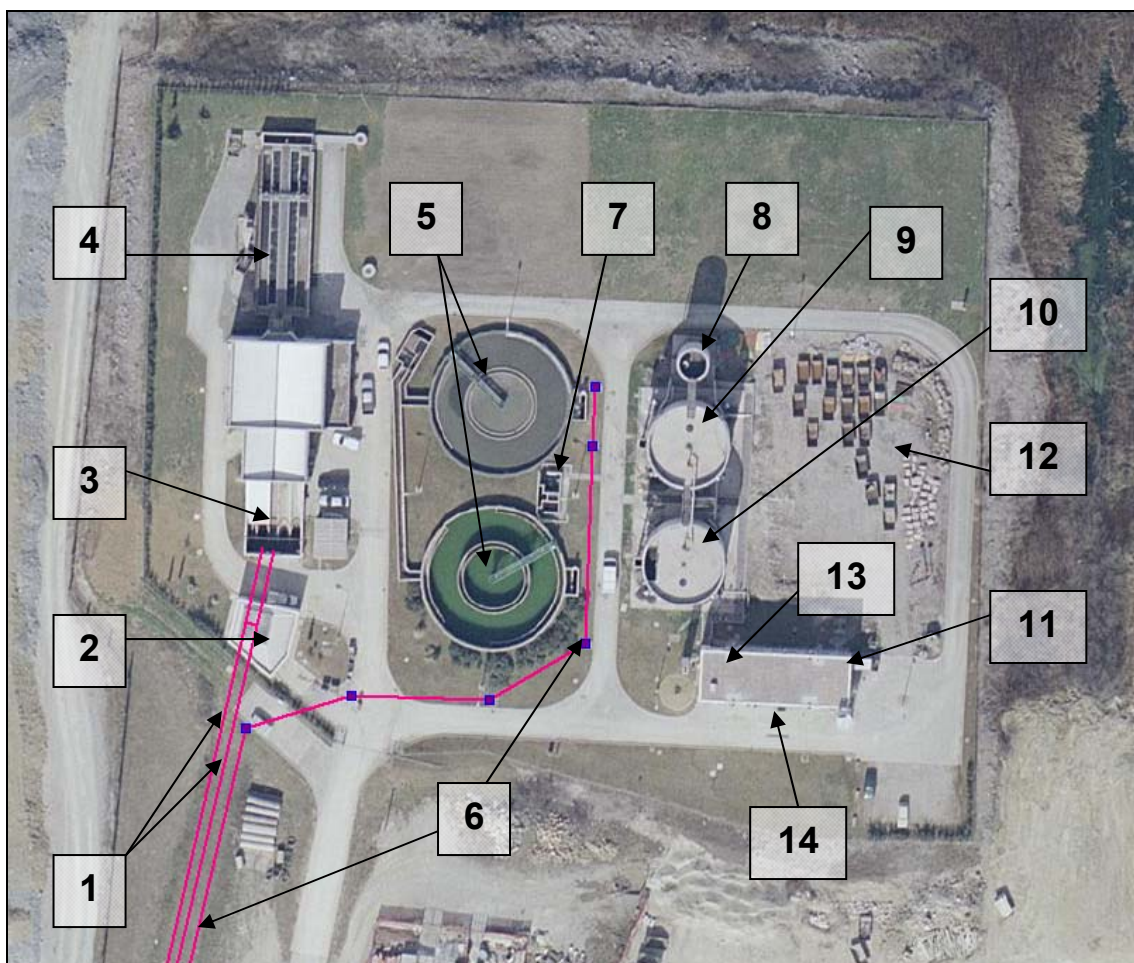
- V prvi fazi je po hidravličnem izračunu predvidena obremenitev volumna peskolova 50.000 PE, to je  $7,5 \text{ kg BPK}_5/\text{m}^3/\text{dan}$ , kar omogoča učinke čiščenja med 29 % in 35 % (Kozlovič, 1996).

**Obstoječa tehnologija.** Komunalna odpadna voda doteka na čistilno napravo po mešanem kanalizacijskem sistemu. Dotok je v sušnem obdobju okrog 120 l/s, kjer je tudi do 10% morske vode. Po prečkanju reke Rižane doteka odpadna voda po dveh kanalih premera 1,00 m do objekta z grabljami. V objektu so vgrajene dvojne fine grablje in naprava za sprejem grezničnih vsebin. Odpadki iz grabelj se vodijo v spiralni transporter, ki odvaja odpadke v pralno napravo, odpadek pa nato izpada v zabojnik. Voda, očiščena večjih trdnih delcev, se nato dovaja v vhodno črpališče, kjer so vgrajene tri polžne črpalke, zmogljivosti po 200 l/s in potopna centrifugalna črpalka zmogljivosti 170 l/s, ki črpajo vodo na dotočno kineto sit. Iz črpališča doteka voda v dvostezni peskolov in prezračevani lovilec maščob, od tu pa preko preliva v iztočni kanal k dvema bazenom primarnega usedalnika. Odvajanje blata z dna usedalnika je predvidena s sesalnim strgalom (princip natege). Mehansko očiščena voda se nato preko preliva in merilnika pretoka zliva v iztočni kanal in od tod preko podvodnega vtoka v reko Rižano, 200 m pred izlivom v morje.

Blato v primarnem usedalniku, se odvaja v črpališče primarnega blata, od tu pa se črpa v zgoščevalnik primarnega blata, kjer se zgošča in nato prečrpava v gnilišči. Po obdelavi v gniliščih se blato črpa v objekt strojnega zgoščanja, ker se zgošča v komorni stiskalnici. Tako obdelano blato se shranjuje na začasnem odložišču ob čistilni napravi in nato odvažna na deponijo v Sv. Antonu.

CČN Koper so leta 1993 opremili tudi z analitskim laboratorijem. V laboratoriju spremljajo oz. kontrolirajo delovanje čistilne naprave in tako na osnovi analitskih rezultatov skušajo najkvalitetnejše voditi tehnologijo čiščenja.

Centralna čistilna naprava se sestoji iz sledečih objektov (Slika 36):



**Slika 36:** Centralna čistilna naprava Koper (Komunala..., 2007a)

Kjer je:

1. Dotok odpadne vode prek kanalizacijskega sistema
2. Avtomatske fine grablje
3. Črpališče
4. Prezračevani peskolov in lovilec maščob
5. Primarna usedalnika
6. Odtok očiščene vode
7. Črpališče primarnega oz. svežega blata
8. Zgoščevalnik blata
9. Primarno gnilišče
10. Sekundarno gnilišče
11. Objekt za dehidracijo anaerobno pregnitega blata z filtrsko prešo
12. Začasno odlagališče obdelanega blata in ostalih odpadkov
13. Kotlovnica
14. Upravna stavba z laboratorijem.

### 3.1.1 Dotok vode in kanalizacijski sistem

Prispevno območje Kopra se odvaja tako v mešanem kot ločenem (fekalnem) sistemu, pri čemer se v mešanem sistemu odvajajo območja mestnega jedra, del Semedele, del Žusterne, vzhodni del Šalare, del Olma in severni del mestnega jedra. V ločenem sistemu pa se odvajajo območja neposredno ob glavnem zbirnem kanalu v delu Semedele, Žusterne, Šalare, in Olma, športnem parku Bonifika, industrijske cone ter Luke Koper. Skoraj polovica prispevnih površin Kopra se že odvaja v ločenem sistemu, če pa upoštevamo še vsa industrijska območja in Luko Koper pa je v ločenem sistemu kanalizirana več kot polovica prispevnih površin (Tabela 8).

**Tabela 8:** Dolžine fekalne in mešane kanalizacije ter fekalnih kolektorjev na čistilno napravo (Komunala..., 2001)

<b>Čistilna naprava</b>	<b>PE</b>	<b>Sistem</b>	<b>Dolžina (m)</b>
CČN	50000	mešani	51.089
CČN	50000	fekalni	84.768
CČN	50000	fekalni kolektor	18.188

Zaradi neurejenega stanja kanalizacijskega sistema doteka na čistilno napravo 60 % do 70 % vseh odpadnih vod, del pa izteka v okolje. V dotoku na CČN, ki je v sušnem obdobju med 100 in 125 l/s je tudi morska voda, tudi do 10 %. Vsebnost kloridov v dotoku na obstoječo CČN se je po zadnjih sanacijah obstoječih kanalov zmanjšala iz 6.000 mg/l (leta 1993) na 2.000 mg/l (stanje v začetku leta 2002) (Komunala..., 2001).

Zaradi prenizkih pretočnih hitrosti v kanalizacijskem sistemu v sušnem vremenu, delno potopljenih kanalov in negativnih padcev zaradi posedanja kanalizacije, se precejšen del neraztopljenih snovi v odpadni vodi useda v kanalih (še posebej v sifonskih povezavah). Ob deževnem vremenu se usedla gošča izpira na CČN, ker zaradi velikih količin povzroča precejšnje težave z upravljanjem in čiščenjem odpadne vode (Komunala..., 2001).

### 3.1.2 Obstoječa infrastruktura in oprema

**Avtomatske fine grablje.** Iz odpadne vode, ki doteka po kanalizacijskem omrežju na CČN se najprej odstranijo večji delci (papir, cunjje, plastika, les, itd.) na finih grabljah (Slika 37). Širina finih grabelj je 1,4 m, z razmikom med palicami 5 mm (Kozlovič, 1996).



**Slika 37:** Avtomatske fine grablje

Grablje so opremljene z brezkončnim krožnim filtrirnim trakom, ki je sestavljen iz posameznih filtrirnih blokov, ki so sestavljeni iz filtrirnih elementov. Trdi delci se zadržijo na filtrirnih elementih, medtem, ko odpadna voda lahko odteče skozi razpoke med elementi. Z vklopom se z materialom obloženi bloki odstranijo iz toka odpadne vode in se očistijo, ne obloženi filtrirni bloki pa ostanejo v področju odpadne vode za nadaljnje precejanje. V številnih ciklikih vklopa s trdimi delci obloženi filtrirni bloki delujejo dalje do izmeta. Izločen material iz grabelj se odlaga v zabojnik in odvažna na deponijo komunalnih odpadkov. Grablje delujejo avtomatsko.

**Črpališče.** Namenjeno predvsem temu, da se odpadna voda črpa na določeno višino in tako prehaja v naslednje faze brez dodatnega prečrpavanja. Volumen črpališča je okrog 100 m<sup>3</sup>. Sestoji iz ležišča za štiri polžne črpalke, v katerem so trenutno vgrajene le tri polžne črpalke. Polžna črpalka je spirala, ki se vrti v betonskem koritu, njena kapaciteta pa je odvisna od premera. Črpalke so montirane pod kotom 30 - 35°, premer črpalke je 1000 mm s kapaciteto po 200 l/s. Naknadno je bila vgrajena tudi potopna črpalka zmogljivosti 170 l/s. V samem črpališču so bila nameščena tudi sita. Sita so se zaradi dotrajanosti odstranila (nadomestile so jih grablje), se sedaj voda črpa za skoraj 1,5 m višje kot bi bilo potrebno (Komunala..., 2001). Črpališče se lahko vklopi ročno z stikali ali avtomatsko.

**Prezračevanje peskolov in lovilec maščob.** Iz črpališča doteka voda v dvostezni peskolov in prezračevani lovilec maščob (Slika 38). Funkcija peskolova je:

- Odstranitev peska, pesek se sesede na dno, od koder se s črpalkami poseva v zbiralnik, nato pa se s polžno vijačnico izvrši separacija peska in vode.
- Odstranitev maščob z vpihovanjem zraka in flotacijo maščob na površino, od koder se jih odstranjuje s posnemanjem.

Volumen prezračevanega peskolova je 370 m<sup>3</sup>. Projektiran je za maksimalno obremenitev s 100.000 PE s predvidenim pretokom 325 l/s oz. 1.170 m<sup>3</sup>/h. V prvi fazi z 50.000 PE je predviden pretok odpadne vode 163 l/s in na osnovi hidravličnih izračunov je tako obremenitev peskolova 7,5 kg BPK<sub>5</sub>/m<sup>3</sup> dan, z zadrževalnim časom 40,9 minut. Za zračenje peskolova so trije kompresorji zmogljivosti 400 m<sup>3</sup>/h (Kozlovič, 1996).



**Slika 38:** Prezračevani peskolov in lovilec maščob

Za vnos zraka v peskolov mora biti zagotovljeno kontinuirano delovanje puhal. Za odvzem peska in maščob je montirano mostno strgalo, ki posnema in s črpalkami

potegne pesek v zbiralnik, nato pa se s polžno črpalko izvrši separacija peska in vode. Voda odteka nazaj v zbiralnik, pesek pa v zabojnik. Maščobe in plavajoči delci se posnamejo s posnemalom in odvajajo v zabojnik. Peskolov deluje kontinuirano. Zagon se izvrši tako, da se odpre zapornice in s tem, da deluje črpališče. Strgalo deluje avtomatsko s časovno nastavitvijo ali ročno. Zagon in ustavitev se izvrši na komandni tabli električne omarice, ki je montirana na peskolov. Separator peska deluje avtomatsko sočasno z mostnim strgalom ozračenega peskolova.

Ker je dotok na napravo precej manjši od načrtovanega, je zadrževalni čas v bazenu dolg, zato se poleg peska izloča še precejšen del gošč, ki tako po nepotrebnem povzročajo težave pri obratovanju obstoječega izdvajala peska.

**Primarni usedalnik.** Iz peskolova in prezračevanega lovilca maščob izteka voda prek preliva v iztočni kanal k dvema bazenom primarnega usedalnika. Usedalnik služi za izločanje usedenega dela suspendiranih snovi. To so organske in anorganske snovi, ki imajo večjo specifično težo kot voda.

Usedalnika sta okrogle oblike z vtočno kineto na delu oboda usedalnika, na nasprotni strani pa je iztočna kineta (Slika 39). Volumen usedalnikov je  $2 \times 912 \text{ m}^3$ . Glede na projektirani dnevni dotok, ki naj bi znašal 325 l/s je v primarnih usedalnikih zadrževalni čas 1,56 ure. Glede na trenutni dotok okrog 125 l/s ob obratovanju enega usedalnika je zadrževalni čas približno 2 uri (Kozlovič, 1996).



**Slika 39:** Primarna usedalnika CCN Koper

Oba primarna usedalnika sta v pogonu, če je obremenitev čistilne naprave nad 50.000 PE, sicer deluje kontinuirano le en usedalnik. Obratovanje se začne tako, da se odpre zapornica pred usedalnikom, ob predhodnem obratovanjem peskolova. Iztok je izoblikovan tako, da zagotavlja enakomerno pretočno hitrost po celem profilu usedalnika in, da hitrost na površini usedalnika ne naraste. Evakuacija na dnu usedenega blata se izvaja z mostnim sesalnim strgalom (princip natege), ki deluje kontinuirano. Zagon mostnega strgala se lahko tudi izvaja z stikalom na komandni plošči električne omarice v pogonskem objektu. Zaradi neprimerne izvedbe je pretok blata otežen, ob povečanem dotoku gošč na napravo (deževno vreme) se natege pogosto zamašijo (Komunala..., 2001).

Blato, ki se izloči na dnu usedalnikov, se odvaja v črpališče primarnega blata, od tu se deloma kot povratno blato vrača na začetek prezračevanega peskolova, preostali del se vodi v zgoščevalnik in nato v mezofilni anaerobni gnilišči.

**Zgoščevalnik blata.** Iz črpališča se blato najprej črpa v zgoščevalnik primarnega blata, kjer se zgošča in nato prečrpa v gnilišči. Zgoščevalnik je cilindrične oblike z

lijakastim dnom. Na sliki je to manjši levi silos, zraven dveh večjih gniliščnih silosov (Slika 40). Volumen zgoščevalnika je  $106 \text{ m}^3$ . Zadrževalni čas v zgoščevalniku je 3 ure. V zgoščevalniku doteka blato s koncentracijo približno  $10 \text{ kg SS/m}^3$ . V zgoščevalniku se mora blato zgostiti na približno  $50 \text{ kg SS/m}^3$ . To je omogočeno z nastavitvijo pretoka dveh črpalk, ki iz dna zgoščevalnika prečrpavajo blato v gnilišče, med tem ko se razlika preliva na vrhu zgoščevalca nazaj na dotok čistilne naprave (Kozlovič, 1996). Časovno se nastavi vklop in izklop črpalke na komandni plošči v pogonskem objektu.

**Primarno in sekundarno gnilišče.** Po zgostitvi se blato prečrpava v gnilišči. To sta dva večja silosa, katera morata biti nepropustna za plin in vodo (Slika 40). Tu poteka anaerobna presnova blata oziroma t.i. metansko gnitje (fermentacija).

Kapaciteta gnilišča je  $2 \times 800 \text{ m}^3$ . Iz projektne dokumentacije, je predvidena obremenitev gnilišča  $308 \text{ m}^3$  blata na dan s proizvodnjo bioplina od  $500$  do  $625 \text{ m}^3$  na dan (Kozlovič, 1996).



*Slika 40: Zgoščevalnik blata (levo) in primarno ter sekundarno gnilišče CČN Koper*

Proces metanske fermentacije poteka v dveh fazah (Roš, 2001):

- **Prva faza.** Večje organske molekule s hidrolizo razpadejo na manjše molekule. V vodni fazi nastajajo predvsem naslednji produkti; organske kisline (mravljična, mlečna, očetna, maslena) in alkoholi (metanol, etanol). V plinski fazi pa  $\text{CO}_2$  in  $\text{H}_2$ . Značilno za to fazo je padec pH in nastanek metabolitov z izrazitim vonjem.
- **Druga faza.** Metanogenska faza poteka s pomočjo metanskih bakterij, katere so striktno anaerobne. Produkti prve faze se pretvorijo v metan,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NH}_3$ . Vsebnost metana se giblje med 65 in 70 % v plinski fazi.

Za normalno delovanje gnilišč in s tem pravilen proces presnove blata, na CČN Koper morajo zagotoviti in spremljati naslednje pogoje (Kozlovič, 1996):

- Blato mora biti pred črpanjem v gnilišče dobro zgoščeno.
- Blato, ki se črpa v gnilišče mora biti dobro premešano z blatom, ki je že v gnilišču.
- Enakomerno je treba ogrevati celotno maso na mezofilno območje ( $\sim 35^\circ\text{C}$ ), temperatura blata ne sme odstopati od predvidene za več kot 3%.
- Blato se mora med procesom v primarnem gnilišču dobro mešati, to prepreči tudi nastajanje plavajoče skorje, razbijanje plavajoče skorje je pomembno zato,

ker ta lahko precej zmanjša aktivni volumen gnilišča, v ta namen so vgrajene štiri črpalke na primarnem gnilišču, ki prečrpavajo iz dna usedalnika blato na vrh skozi izmenjevalnik toplote v katerem se blato greje z toplo vodo iz kotlovnice, črpalke delujejo neprekinjeno.

- Redno se kontrolira pH blata, pH v gnilišču ne sme pasti pod 7, če se to zgodi, prenehamo z dodajanjem svežega blata in korigiramo vrednost pH z dodatkom apnenega mleka.
- Meri se organska snov v vhodni in izhodni masi ter dnevna obremenitev gnilišča v m<sup>3</sup> blata oz. kg organske mase na m<sup>3</sup> gnilišča, maksimalna obremenitev organske snovi gnilišča ne sme presegati 5 kg organske mase na m<sup>3</sup> gnilišča.
- Pred odvzemom se mora blato dobro zgosti v sekundarnem gnilišču, ki deluje tudi kot usedalnik oziroma zgoščevalnik, to gnilišče je neogrevano s temperaturo okrog 20°C, blato se meša z štirimi mešalnimi črpalkami, ki obratujejo štiri ure in štiri ure mirujejo, vklop, izklop in časovno nastavitev režima delovanja črpalk se izvaja na komandni plošči v pogonskem objektu.
- Barva blata mora biti sivo črna in ne sme imeti neprijetnega vonja.
- Gnilišča se prazni do največ 70 % v štirinajstih dnevih.
- Izvaja se kontrola sestave gniliščnega plina, kateri naj bi vseboval od 65 do 70 % metana in od 30 do 35 % ogljikovega dioksida.
- V bližini gnilišč je potrebno izvajati vse varnostne ukrepe in tako zavarovati zaposlene ter okolico oz. okolje (zastrupitev, eksplozija, toplogredni plin, itd.).

**Objekt za dehidracijo anaerobno pregnitega blata.** Po anaerobni presnovi se pregnito blato še dodatno obdela. Količine blata, ki dnevno nastajajo, so velike in jih v tekoči obliki ni mogoče obvladovati tako, da ne bi slabšale stanja v okolju. V ta namen je na CČN montirana tračna filtrirna stiskalnica (Slika 41). Blatu, ki prihaja iz sekundarnega gnilišča se dodaja flokulant FeCl<sub>3</sub>, s katerim se blato destabilizira in tako dehidrirano blato se dovaja na stiskalnico. Velik tlak stiskalnice omogoča optimalno dehidriranje, kar vodi do visokih učinkov stiskalnice oziroma kvalitetne filtrske pogače. Kapaciteta obdelave blata je 240 - 288 m<sup>3</sup>/d. Filtrska pogača, ki pride iz stiskalnice ima le še okrog 5 do 10 % prvotnega volumna, ostanek je iztisnjen kot filtrat (Kozlovič, 1996). Filtrat se vodi nazaj na čistilno napravo, dehidrirano blato pa se vodi v zabojnik. Začasno se dehidrirano blato odlaga na prostor za to namenjen v okolici CČN. Nato se ga odvaža na komunalno deponijo kot odpadek.



**Slika 41:** Tračna filtrska stiskalnica CČN Koper

**Kotlovnica.** Kotlarna je namenjena za proizvodnjo in razvod toplotne energije, ki je potrebna za ogrevanje gnilišč, upravne stavbe, dehidracije in pripravo tople sanitarne vode. V kotlarni je vgrajen kotel s pregrajenim gorilnikom na kurilno olje in plin.



### 3.1.3 Ravnanje s produkti čiščenja na CČN Koper

Med procesom čiščenja in po njem nastaja na CČN Koper primarno očiščena odpadna voda, anaerobno stabilizirano in strojno zgoščeno blato, gniliščni plini, ki nastajajo med procesom čiščenja in ostali odpadki. Med ostale odpadke uvrščamo odpadke iz grabelj, odpadke iz peskolova in odpadke iz lovilca maščob.

**Očiščena voda.** Očiščena voda se iz primarnih usedalnikov prek preliva in merilnika pretoka izliva v kanal. Kanal se konča z difuzorjem pod vodno gladino reke Rižane, 200 m pred izlivom v morje. Njene kemijske značilnosti so podane v tabeli (Tabela 10).

**Blato.** Stabilizirano in zgoščeno blato se po tekočem traku transportira v zabojnik. Zabojnik se pripelje na mesto dispozicije odpadnega blata v objektu Centralne čistilne naprave Koper. Od tu se transportira, kot odpadke na komunalno deponijo v Sv. Anton. V tabeli (Tabela 9) je prikazana letna količina dehidriranega blata, v tabeli (Tabela 11) pa merjeni parametri v blatu.

**Gniliščni plini.** V projektni dokumentaciji iz leta 1989 (Komunala..., 1989) je bilo predvideno izkoriščanje bioplina, ki nastaja med gnitjem blata v gniliščih, za energetske potrebe CČN Koper. V ta namen je bila predvidena izgradnja plinohrama. Plinohram se na CČN koper ni nikoli zgradil. Naknadno so zgradili baklo, kjer naj bi nastali plin v gniliščih izgoreval. Izkazalo se je, da so gniliščni objekti netesni za nastali plin in tako se velik del plina izgubi v zrak. Trenutno se na CČN Koper ne izkorišča bioplina.

**Ostali odpadki.** Sem štejemo odpadke iz grabelj, ki nastajajo med procesom predčiščenja, ter odpadke iz prezračenega peskolova in lovilca maščob. Odpadke iz grabelj in lovilca maščob se zbira v zabojnikih, katere se nato odpelje na komunalno deponijo v Sv. Anton. Odpadki iz peskolova so večinoma pesek in mivka. Te se lahko uporabi, če se jih predhodno spere z čisto vodo. V koliko se tega ne stori jih tudi odvažajo na deponijo. V tabeli je prikazana ocenjena letna količina posameznega odpadka (Tabela 9). Razen blata je za ostale odpadke podana nedehidrirana količina odpadka (Potočnik, 2003).

**Tabela 9:** Vrste in količine odpadkov na CČN Koper (Potočnik, 2003)

Naziv Odpadka	Enota	Ocenjena letna količina
Opadki iz grabelj	m <sup>3</sup> /leto	140
Opadki iz peskolova	m <sup>3</sup> /leto	208
Opadki iz lovilca maščob	m <sup>3</sup> /leto	100
Blato iz CČN (dehidrirano)	m <sup>3</sup> /leto	400

### 3.1.4 Spremljanje kvalitete odpadnih vod in blata na CČN Koper

**Voda.** V skladu z zakonodajo (Pravilnik..., 2007b, Uredba o emisiji..., 2007b) se na CČN Koper spremlja kvaliteta odpadnih vod, za kar se izvaja obratovni monitoring. Za vsako leto se izvede 12 meritev posameznega parametra na dotoku in iztoku CČN. Spremlja se število priključenih PE na ČN, pretok, temperaturo, pH, neraztopljene snovi, amonijev dušik, KPK, BPK<sub>5</sub> in celotni fosfor. Monitoring lahko izvaja smo pooblaščen ustanova z akreditiranim laboratorijem. Do leta 2004 je imel laboratorij CČN Koper akreditacijo, zato so lahko sami izvajali monitoring. Zaradi spremembe oz. zaostritve zakonodaje na tem področju, to ni bilo več možno. Kljub temu v laboratoriju CČN Koper vzporedno spremljajo oz. kontrolirajo delovanje čistilne naprave in tako na

osnovi analitskih rezultatov skušajo najkvalitetnejše voditi tehnologijo čiščenja. Trenutno pri monitoringu sodelujejo le zunanji pooblaščen izvajalci z ustrezno akreditiranim laboratorijem. CČN Koper izvede javni razpis, kjer se nato izbere najugodnejšega izvajalca. Od leta 2004 naprej opravlja monitoring Zavod za zdravstveno varstvo Maribor. Zakonodaja zahteva tudi mikrobiološke analize odpadne vode, ker CČN Koper nima vpeljanega postopka dezinfekcije odpadne vode, se mikrobioloških analiz ne izvaja. Vzorčenje in ostale meritve za monitoring se izvaja ročno, ker na CČN Koper ni uvedenega avtomatskega vzorčenja. Prav tako se ročno opravlja tudi vse ostale meritve. Splošne lastnosti odpadne vode na CČN Koper so za pH odpadne vode v povprečju okrog 7,5 z zelo majhnimi nihanji med dotokom in iztokom, povprečna letna temperatura je okrog 18°C z nihanji glede na letni čas od 11°C v zimskem obdobju in do 23°C v poletnem obdobju. Ostali merjeni parametri so podani v tabeli (Tabela 10) (Komunala..., 2002 - 2007b).

**Blato.** Na CČN Koper nastaja 400 m<sup>3</sup>/leto anaerobno stabiliziranega in strojno zgoščenega blata (Potočnik, 2003). Dnevno se spremlja temperaturo v primarnem gnilišču, kar je pogoj za normalen proces gnitja. Kvaliteto blata spremljajo tedensko v laboratoriju CČN Koper z vzorci kjer merijo pH, vsebnost suhe snovi (mg/l) in žarino (mg/l). Enkrat na dve do tri leta se pregleda obremenitev dehidriranega blata s težkimi kovinami, kot so kadmij in njegove spojine, krom in njegove spojine, baker in njegove spojine, živo srebro in njegove spojine, nikelj in njegove spojine, svinec in njegove spojine, cink in njegove spojine. Spremlja se še vsebnost polikloriranih bifenilov (PCB), policikličnih aromatskih ogljikovodikov (PAH), celotnega organskega ogljika (TOC), celotnega raztopljenega organskega ogljika (DOC) in celotnih raztopljenih snovi. Te analize opravlja zunanja ustanova, ki ima za to akreditiran laboratorij. Zadnji dve analizi sta bili opravljeni leta 2004 in 2006 na Kemijskem inštitutu v Ljubljani. Rezultati analiz so predstavljeni v tabeli (Tabela 11).

### 3.2 Učinek čiščenja CČN Koper in ustreznost iztoka trenutni zakonodaji

Za podati oceno o učinku čiščenja in ustreznosti iztoka, potrebujemo primerljive podatke za daljše časovno obdobje. V našem primeru podajamo podatke za šest letno obdobje meritev monitoringa na CČN Koper. Zbrane podatke smo skušali čim bolj nazorno prikazati v primerjalni tabeli (Tabela 10). Tabela vsebuje podatke o obremenitvi (PE), katera se z leti spreminja, skupni letni količini odpadne vode na CČN, katera tudi z leti zelo niha in ostale vzorčevalne parametre. To so neraztopljene snovi, amonijev dušik, celotni dušik, KPK, BPK<sub>5</sub> in celotni fosfor. Vzorčevanje na vtoku in na iztoku iz CČN Koper in analize vzorcev opravlja pooblaščen ustanova. Za posamezni merjeni parameter smo glede na njegovo koncentracijo na vtoku in na iztoku izračunali učinek čiščenja in ga podali v %. Zakonodaja prepisuje mejne vrednosti samo za iztok iz ČN. Zato smo za lažjo primerjavo ustreznosti iztoka zakonodaji, koncentracije na iztoku in mejne vrednosti označili z rdečo barvo.

Viri podatkov so iz poročil o obratovalnem monitoringu CČN Koper od leta 2002 do leta 2007 (Komunala..., 2002 - 2007b). Mejne vrednosti so vzete iz Uredbe o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz komunalnih čistilnih naprav (Uradni list RS št. 45/07) za čistilne naprave zmogljivosti čiščenja med 10.000 in 100.000 PE, kamor sodi tudi CČN Koper.

**Tabela 10: Primerjalna tabela merjenih parametrov, učinka čiščenja in mejnih vrednosti odpadne vode (Komunala..., 2002 - 2007b)**

Parameter	Enota	Mesto vzorčenja	Leto za katero veljajo podatki in njihova povprečna vrednost					
			2002	2003	2004	2005	2006	2007
Obremenitev (PE)	/	/	41000	37382	40936	60247	46667	44460
Skupna letna količina odpadne vode na CČN	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /leto	Iztok iz primarnih usedalnikov	3877	3416	4229	4188	3689	3515
Povprečni pretok v času vzorčenja (Q)	m <sup>3</sup>	Iztok	8559	9026	11621	9397	<i>f<sup>a</sup></i>	<i>f<sup>a</sup></i>
Neraztopljene snovi	mg/l	Dotok	295,1	426,3	298,8	<i>f<sup>a</sup></i>	485,1	238,5
		Iztok	198	182,6	157,7	118,9	125,7	138,7
	%	Učinek	33	57	47	/	74	42
	mg/l	Mejna vrednost <sup>e</sup>	35					
Amonijev dušik	mg/l	Dotok	29,14	26	9,29	22,75	39,87	31,8
		Iztok	26,43	23,75	7,55	23,62	36,54	37,38
	%	Učinek	9	9	19	-4 <sup>b</sup>	8	-17 <sup>b</sup>
	mg/l	Mejna vrednost <sup>e</sup>	10 <sup>d</sup>					
KPK	mg/l	Dotok	751	768	806	655	698	520
		Iztok	435	438	476	409	428	332
	%	Učinek	42	43	41	37	39	36
	mg/l	Mejna vrednost <sup>e</sup>	110					
BPK <sub>5</sub>	mg/l	Dotok	301	277	212	300	277	220
		Iztok	210	183	129	179	216	158
	%	Učinek	30	34	39	40	22	28
	mg/l	Mejna vrednost <sup>e</sup>	20					
Celotni fosfor	mg/l	Dotok	7,21	7,12	6,10	9,67	8,79	7,63
		Iztok	6,32	5,76	5,32	4,37	7,02	6,3
	%	Učinek	12	19	13	55	20	17
	mg/l	Mejna vrednost <sup>e</sup>	2					
Celotni dušik <sup>c</sup>	mg/l	Dotok	37,9	36,5	25,7	<i>f<sup>a</sup></i>	<i>f<sup>a</sup></i>	46,4
		Iztok	33,6	32,5	20	<i>f<sup>a</sup></i>	<i>f<sup>a</sup></i>	45,6
	%	Učinek	11	11	22	/	/	1,7
	mg/l	Mejna vrednost <sup>e</sup>	15 <sup>d</sup>					

<sup>a</sup> Ni podatka za ta parameter.

<sup>b</sup> Nepravilen način vzorčenja, pretok (Q) ni konstanten.

<sup>c</sup> Celotni dušik je vsota dušika po Kjeldahlu (N-organski + N-NH<sub>4</sub>), nitratnega dušika (N-NO<sub>3</sub>) in nitritnega dušika (N-NO<sub>2</sub>).

<sup>d</sup> Mejna vrednost za amonijev in celotni dušik se uporablja pri temperaturi odpadne vode 12°C in več na iztoku aeracijskega bazena.

<sup>e</sup> Mejna vrednost na podlagi Uredbe o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz komunalnih čistilnih naprav (Uradni list RS št. 45/07).

### 3.3 Ustreznost merjenih parametrov obdelanega blata trenutni zakonodaji

Za ugotoviti ali obdelano blato iz komunalne CČN Koper lahko uporabimo na kakršen koli zakonsko predpisan način, kateri je pogojen z mejnimi vrednostmi posameznih parametrov, smo naredili primerjalno tabelo. Primerjali smo izmerjene parametre v blatu in zakonsko določene mejne vrednosti. Podatke smo skušali čim bolj nazorno prikazati v tabeli (Tabela 11). Uporabili smo zadnji dve analizi blata, opravljene v letih 2004 in 2006 na Kemijskem inštitutu v Ljubljani (Kemijski inštitut, Ocena..., 2004, 2006). Mejne vrednosti smo podali na podlagi dveh uredb in sicer Uredbe o uporabi blata iz komunalnih čistilnih naprav v kmetijstvu (Ur.l. RS, št. 62/2008) in Uredbe o obdelavi biološko razgradljivih odpadkov (Ur.l. RS, št. 62/2008). Zaradi boljše preglednosti mejne vrednosti navajamo v rdeči barvi.

**Tabela 11: Primerjalna tabela merjenih parametrov in mejnih vrednosti za blato (Kemijski inštitut, Ocena..., 2004, 2006)**

Parameter	Izražen kot	Enota	Leto za katero veljajo podatki		Mejna vrednost <sup>b,c,d</sup>
			2004	2006	
Kadmij in njegove spojine	Cd	mg/kg s.s. <sup>a</sup>	<5	<0,5	1,5 <sup>b,c</sup> , 0,7 <sup>d</sup>
Krom in njegove spojine	Cr	mg/kg s.s. <sup>a</sup>	70	<1	200 <sup>b,c</sup> , 80 <sup>d</sup>
Baker in njegove spojine	Cu	mg/kg s.s. <sup>a</sup>	105	<0,1	300 <sup>b,c</sup> , 100 <sup>d</sup>
Živo srebro in njegove spojine	Hg	mg/kg s.s. <sup>a</sup>	/ <sup>e</sup>	<0,01	1,5 <sup>b,c</sup> , 0,5 <sup>d</sup>
Nikelj in njegove spojine	Ni	mg/kg s.s. <sup>a</sup>	27	1,3	75 <sup>b,c</sup> , 50 <sup>d</sup>
Svinec in njegove spojine	Pb	mg/kg s.s. <sup>a</sup>	76	0,6	250 <sup>b,c</sup> , 80 <sup>d</sup>
Cink in njegove spojine	Zn	mg/kg s.s. <sup>a</sup>	413	1,4	1200 <sup>b,c</sup> , 200 <sup>d</sup>
Poliklorirani bifenili	PCB	mg/kg s.s. <sup>a</sup>	<0,1	/ <sup>e</sup>	1 <sup>c</sup> , 0,4 <sup>d</sup>
Polciklični aromatski ogljikovodiki	PAH	mg/kg s.s. <sup>a</sup>	0,09	/ <sup>e</sup>	3 <sup>c,d</sup>
Celotni organski ogljik (TOC)	C	% mase s.s. <sup>a</sup>	/ <sup>e</sup>	17,5	
Celotni raztopljeni organski ogljik (DOC)	C	mg/kg s.s. <sup>a</sup>	2,9	3,7	
Celotne raztopljene snovi		mg/kg s.s. <sup>a</sup>	20,7	30,6	
Sušilni ostanek		% mase s.s. <sup>a</sup>	48,3	36,5	
Žarilna izguba		% mase s.s. <sup>a</sup>	37,7	31,2	
pH			10,5	12,7	

<sup>a</sup> Oznaka s.s. je okrajšava za suhe snovi.

<sup>b</sup> Mejna vrednost podana v Uredbi o uporabi blata iz komunalnih čistilnih naprav v kmetijstvu (Ur.l. RS, št. 62/2008).

<sup>c</sup> Mejna vrednosti težkih kovin določena v Uredbi o obdelavi biološko razgradljivih odpadkov (Ur.l. RS, št. 62/2008) za 2. razred okoljske kakovosti.

<sup>d</sup> Mejna vrednosti težkih kovin določena v Uredbi o obdelavi biološko razgradljivih odpadkov (Ur.l. RS, št. 62/2008) za 1. razred okoljske kakovosti.

<sup>e</sup> Ni podatka za ta parameter.

### 3.4 Skupna centralna čistilna naprava Koper - Izola

Površinske vode na prispevnem območju obale in obalno morje so v skladu z Uredbo o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz komunalnih čistilnih naprav (Uradni list RS št. 45/07) določeni kot občutljiva območja zaradi evtrofikacije in kopalnih voda. Ista uredba določa časovne termine usklajevanja z Operativnim programom (OP) odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode za obdobje od 2005 do 2017, ki ga je sprejela Vlada Republike Slovenije s smernicami ES v okviru kanalizacijskega sistema in primerne stopnje čiščenja odpadne vode. V ta namen je bil uveden dolgoročni projekt obalnih občin »Zbiranje in čiščenje odpadnih voda v obalnem področju (Koper, Izola, Piran)«, ki je bil konec leta 2004 potrjen tudi s strani Evropske komisije. Projekt predvideva rekonstrukcijo obstoječih čistilnih naprav ter njuno razširitev, upoštevajoč vse zakonske določbe (Analiza nosilne..., 2006). Piranska občina se je odločila za rekonstrukcijo in dograditev obstoječe ČN Piran. Občina Koper se je tudi odločila za rekonstrukcijo in dograditev obstoječe CČN Koper. Občina Izola nima zgrajene ČN. Kanalizacijski sistem Izola zbira in odvaja odpadne vode pretežno v mešanem sistemu. Odpadna voda se vodi prek dveh glavnih zbirnih kanalov v črpališče v bližini Ladjedelnice Izola. Tu se voda očisti le grobih delcev na grabljah in prečrpava v podmorski izpust. Obstoječi kanalizacijski sistem nima urejenega kontroliranega razbremenjevanja in zadrževanja odpadnih voda ob nalivih (Komunala..., 2001), kar povzroča veliko težav. Občina Izola je morala izbrati med možnostmi:

- Zgraditev svoje lastne nove čistilne naprave.
- Priklučitev na CČN Koper z dograditvijo ustreznega kanalizacijskega sistema.
- Priklučitev na ČN Piran z dograditvijo ustreznega kanalizacijskega sistema.

Odločili so se za priklučitev na CČN Koper, kljub dragi investiciji v sam kanalizacijski sistem. Tako bodo dotekale na rekonstruirano CČN Koper tudi odpadne vode aglomeracije občine Izola. V nadaljevanju podajamo podatke, kateri so nujno potrebni za oceno nove obremenitve na trenutno CČN Koper in za načrtovanje nadgradnje oz. rekonstrukcije CČN Koper v skupno CČN Koper - Izola.

**Prispevno področje Koper.** Podatki o prispevnem področju občine Koper navajamo v tabeli (Tabela 12).

**Tabela 12: Podatki iz prispevnega področja Koper (Komunala..., 2001)**

Prispevek	PE	Dnevni dotok vode ob sušnem vremenu $Q$ ( $m^3/d$ )	Sušni dotok $Q_t$ ( $m^3/h$ )	Deževni dotok $Q_m$ ( $m^3/h$ )
Prebivalci, javna poraba, mala obrt <sup>a, b</sup>	38.100	5.715	317	634
Povečanje št. prebivalcev v obdobju 20 let <sup>c</sup>	4.300	840	47	94
Turizem <sup>d</sup>	3.000	450	25	50
Industrija <sup>a, e</sup>	6.300	2.100	140	280
Gošče iz malih čistilnih naprav <sup>f</sup>	4.500	50	6	6
Izcedne vode iz deponije	500	20	1	2
Zelene vode <sup>g</sup>	0	1.500	63	63
Infiltracija morja <sup>g</sup>	0	1.700	142	142
Rezerva <sup>h</sup>	800	195	11	22
<b>SKUPAJ</b>	<b>57.500</b>	<b>12.570</b>	<b>752</b>	<b>1.293</b>

- <sup>a</sup> Za prispevek prebivalcev, turizma in rezervo je upoštevano 18 urno povprečje, za industrijo pa 15 urno povprečje.
- <sup>b</sup> Upoštevana je 95% priključitev prebivalcev na sistem javne kanalizacije ( $41.100 \times 0,95 = 38.100$  PE).
- <sup>c</sup> Povečanje po demografskih podatkih Občine Koper.
- <sup>d</sup> Prispevek turizma na področju Ankarana je ocenjen na oz. do 3.000 PE.
- <sup>e</sup> Poraba vode v industriji v letu 2001 je bila  $548.000 \text{ m}^3/\text{leto}$ , kar pomeni približno  $2.100 \text{ m}^3/\text{dan}$ .
- <sup>f</sup> Število prebivalcev, ki bo še naprej uporabljalo greznice je ocenjeno na 6.500 oseb. Iz tega izhaja približna obremenitev gošč okrog 4.000 PE.
- <sup>g</sup> Približna ocena.
- <sup>h</sup> Pribitek približno 3% na postavke <sup>a</sup> in <sup>b</sup>.

**Prispevno področje Izola.** Občina Izola nima zgrajene čistilne naprave za komunalne odpadne vode zato bo priključena na CČN Koper. Za podatki oceno predvidene obremenitve skupne CČN Koper - Izola, moramo všteti tudi prispevno področje občine Izola, podatke navajamo v tabeli (Tabela 13).

**Tabela 13: Prispevno področje Izola (Komunala..., 2001)**

Prispevek	PE	Dnevni dotok vode ob sušnem vremenu $Q$ ( $\text{m}^3/\text{d}$ )	Sušni dotok $Q_t$ ( $\text{m}^3/\text{h}$ )	Deževni dotok $Q_m$ ( $\text{m}^3/\text{h}$ )
Prebivalci, javna poraba, mala obrt <sup>a</sup>	13.000	1.950	122	244
Povečanje št. prebivalcev v obdobju 20 let	0	0	0	0
Turizem <sup>a</sup>	4.500	675	42	84
Industrija	5.500	825	52	104
Bolnica	1.300	325	20	40
Gošče iz malih čistilnih naprav	150	5	1	1
Zelene vode	0	1.800	75	75
Infiltracija morja	0	700	58	58
Izcedne vode iz deponije	0	0	0	0
Rezerva	2.550	382	24	48
<b>SKUPAJ</b>	<b>27.000</b>	<b>6.662</b>	<b>394</b>	<b>654</b>

<sup>a</sup> Za prispevek prebivalcev in turizma je upoštevano 16 urno povprečje.

### 3.4.1 Predvidena obremenitev skupne CČN Koper - Izola

Na podlagi števila priključenih populacijskih enot (PE) in izmerjenega dotoka iz prispevnih področij Kopa in Izole, smo izračunali predvideno obremenitev skupne CČN Koper - Izola. Podatke izračunov navajamo v tabeli (Tabela 14). Novo število priključenih populacijskih enot znaša 84.500 PE. Na podlagi tega podatka in podatka o pretoku ( $Q$ ,  $Q_t$  in  $Q_m$ ) smo izračunali vse ostale pomembne parametre, upoštevajoč teoretično ozadje v poglavju 2.2 Komunalne odpadne vode. Izračunali smo predvideno obremenitev z  $\text{BPK}_5$ , KPK, neraztopljenimi snovmi in obremenjenost vode z dušikovimi in fosforjevimi spojinami. Navajamo tudi podatek iz tabel (Tabela 12 in Tabela 13) o infiltraciji morske vode. Glede na predvideni dnevni dotok smo ocenili, da bo tudi do 12% morske vode v dotoku na skupno CČN Koper - Izola. Temperatura odpadne vode predvidevamo, da bo ostala nespremenjena.

**Tabela 14: Predvidena obremenitev CČN Koper**

Parameter	Oznaka	Enota	Količina
Število priključenih populacijskih enot	PE	PE	84.500
Biokemijska obremenitev <sup>a</sup>	BPK <sub>5</sub>	kg BPK <sub>5</sub> /d	5.070
Specifična BPK <sub>5</sub> obremenitev <sup>b</sup>	BPK <sub>5</sub>	kg/m <sup>3</sup>	0,263
Kemijska obremenitev <sup>a</sup>	KPK	kg KPK/d	10.140
Neraztopljene snovi <sup>a</sup>	SS	kg SS/d	5.915
Dnevni dotok vode pri sušnem vremenu	Q	m <sup>3</sup> /d	19.232
Infiltracija morske vode	Q	m <sup>3</sup> /d	2.400
Sušni dotok	Q <sub>t</sub>	m <sup>3</sup> /h	1.146
Deževni dotok	Q <sub>m</sub>	m <sup>3</sup> /h	1.947
Celotni Kjeldahlov dušik (TKN) <sup>a</sup>	N	kg/d	1014
Koncentracija TKN na vtoku <sup>b</sup>	N	kg/m <sup>3</sup>	0,053
Celokupni fosfor <sup>a</sup>	P	kg/d	169
Koncentracija fosforja na vtoku <sup>b</sup>	P	kg/m <sup>3</sup>	0,009
Temperatura vode	T	°C	11° - 23°

<sup>a</sup> Podatki so izraženi na podlagi definicije PE v poglavju 2.1.2.4 Ostali...

<sup>b</sup> Podatek je izračunan glede na dnevno obremenitev za posamezen parameter v (kg/d) in dnevni dotoku vode pri sušnem vremenu (Q) v (m<sup>3</sup>/d).

### 3.4.2 Potreben učinek čiščenja

Potreben učinek čiščenja, katerega bo potrebno dosežati na skupni CČN Koper - Izola, smo izračunali upoštevajoč zakonodajo in izračunanih podatkov iz tabele (Tabela 14). Na podlagi uredbe (Uredba o..., 2007a) in njenih prilog (Priloga 4, Priloga 5), sodi lokacija CČN Koper v občutljivo območje zaradi eutrofikacije in kopalnih voda. S predvidenimi 84.500 PE, sodi velikost ČN v srednji razred med 10.000 in 100.000 PE. Zaradi izliva v morje, mora iztok iz ČN ustrezati mejnim vrednostim podanim v tabeli (Tabela 15).

**Tabela 15: Mejne vrednosti odpadne vode, ki se odvaja iz komunalne čistilne naprave (Uredba o..., 2007a)**

Parameter	Izražen kot	Enota	Mejna vrednost emisije
KPK	O <sub>2</sub>	mg/l	110
BPK <sub>5</sub>	O <sub>2</sub>	mg/l	20
Neraztopljene snovi		mg/l	35
Amonijev dušik	N	mg/l	10
Celotni dušik	N	mg/l	15
Učinek čiščenja celotnega dušika		%	70
Celotni fosfor	P	mg/l	2
Učinek čiščenja celotnega fosforja		%	80
Skupne koliformne bakterije	MPN	Število v 100 ml	2.000
Koliformne bakterije fekalnega izvora	MPN	Število v 100 ml	500
Streptokoki fekalnega izvora	MPN	Število v 100 ml	200

Učinek čiščenja je odvisen od uporabljenega načina biološkega čiščenja, pravilnega dimenzioniranja čistilne naprave in tudi samega upravljanja čistilne naprave. Kot že opisano v teoretičnem delu, lahko s pravilnim vodenjem procesov v posamezni fazi čiščenja dosežemo naslednje učinkovitosti čiščenja (Roš, 2001):

- Pravilno voden proces predčiščenja in primarnega čiščenja nam lahko že v osnovi da učinke čiščenja za trdne usedljive snovi 90 do 95 %, za suspendirane snovi 50 do 65 %, za BPK<sub>5</sub> 20 do 35 %.
- S pravilno izvedenim biološkim čiščenjem lahko dosežemo 50 do 90 % učinek čiščenja BPK<sub>5</sub>. Z značilno komunalno odpadno vodo in z dobro načrtovanim procesom z aktivnim blatom, lahko dosežemo kakovost iztoka BPK<sub>5</sub> 5 do 15 mg/l, znatno se poveča tudi učinek čiščenja suspendiranih snovi.
- Običajno razmerje BPK<sub>5</sub> : KPK je 0,5 : 1 za surovo odpadno vodo in se zmanjša do 0,1 : 1 pri dobro stabiliziranemu sekundarnem iztoku.
- S pravilnim (stabilnim) vodenjem nitrifikacije lahko nitrificiramo več kot 90 % dušikovih spojin.
- Biološko odstranjevanje fosforjevih spojin. Pri konvencionalnem sistemu z aktivnim blatom se iz sistema biološko odstrani 30 do 50 % fosforjevih spojin, medtem ko se pri procesu za odstranjevanje fosforja odstrani več kot 90% fosforja.
- Dezinfekcija. Po čiščenju in dezinfekciji se število koliformnih bakterij zmanjša za več kot 99,99 %.
- Pravilno uporabljeni, dimenzionirani in vodeni tehnološki postopki lahko dajo učinke čiščenja, ki so nad 90 %.

Iz zgoraj navedenih trditev in na podlagi podatkov (Tabela 14, Tabela 15), smo izračunali obremenjenost na vtoku in minimalen potreben učinek čiščenja za posamezen parameter (Tabela 16). Skupna ČČN Koper - Izola, bo morala zagotoviti spodaj navedene učinke čiščenja, da bo obratovala v skladu z trenutno zakonodajo. Pri izračunu smo uporabili dnevni dotok vode pri sušnem vremenu, ki znaša 19.232 m<sup>3</sup>/dan (Tabela 14).

**Tabela 16: Predvidena obremenitev na vtoku na ČN in potreben učinek čiščenja**

Parameter	Izražen kot	Enota	Predvidena obremenitev na vtoku	Mejna vrednost na iztoku	Potreben učinek čiščenja v %
KPK	O <sub>2</sub>	mg/l	527 <sup>b</sup>	110	80
BPK <sub>5</sub>	O <sub>2</sub>	mg/l	263 <sup>b, c</sup>	20	93
Neraztopljene snovi	SS	mg/l	308 <sup>d</sup>	35	89
Amonijev dušik	N	mg/l	7 <sup>a</sup>	10	7 <sup>a</sup>
Celotni dušik	N	mg/l	53 <sup>e</sup>	15	72
Celotni fosfor	P	mg/l	9 <sup>f</sup>	2	78

<sup>a</sup> Parameter ni podan, zato ni mogoče izračunati potrebnega učinka čiščenja.

<sup>b</sup> Razmerje BPK<sub>5</sub> : KPK je 0,5 : 1, kar je običajno za surovo odpadno vodo.

<sup>c</sup> Običajno je BPK<sub>5</sub> za domače odpadne vode v območju med 100 in 250 mg/l, v našem primeru je presežen.

<sup>d</sup> Odpadna voda sodi skoraj v visok razred obremenjenosti s SS (Tabela 2).

<sup>e</sup> Značilno območje koncentracije celotnega dušika v surovi odpadni vodi je od 20 do 85 mg/l.

<sup>f</sup> Običajna koncentracija celotnega fosforja v domači odpadni vodi je od 2 do 20 mg/l



### 3.4.3 Ustreznost obstoječih objektov CČN Koper novim obremenitvam

Glede na povečano hidravlično obremenitev in na podlagi volumnov obstoječih objektov CČN Koper, smo v nadaljevanju izračunali vpliv nove obremenitve za posamezni objekt. Pri teh izračunih smo upoštevali nov pretok vode in blata (Q), volumen objekta (V) in zadrževalni čas ( $t_z$ ). Navajamo tudi priporočene zadrževalne čase za ustrezno delovanje posameznih faz. S tem lahko ocenimo ali objekti lahko še naprej opravljajo svojo funkcijo ali jih je potrebno nadgraditi oz. zamenjati.

**Črpališče.** Vijačne črpalke, so montirane pod kotom 30 - 35° premer črpalke je 1000 mm s kapaciteto 3 x 200 l/s. Naknadno je bila vgrajena tudi potopna črpalka zmogljivosti 170 l/s. Sušni dotok vode, ( $Q_t$ ) je 318 l/s, deževni dotok vode ( $Q_m$ ) je 541 l/s. Zmogljivost črpališča je 770 l/s in ustreza maksimalni obremenitvi pretoka skupne CČN Koper - Izola.

**Prezračevanje peskolov in lovilec maščob.** Pri izračunu smo uporabili enačbo (4) zadrževalnega časa ( $t_z = V_p / Q$ ) v poglavju 2.1.2.4 Ostali pomembni parametri pri čiščenju odpadne vode. Glede na rezultate (Tabela 17) prezračevanje volumsko ustreza obremenitvam. Ustrezen zadrževalni čas naj bi bil od 5 do 30 min oz. 0,08 do 0,5 ure (h) (Roš, 2001).

**Tabela 17: Zadrževalni čas v peskolovu**

Pretok ( $m^3/h$ )	Volumen ( $m^3$ )	Zadrževalni čas $t_z$ (h)
$Q_t = 1.146$	370	0,32
$Q_m = 1.947$	370	0,19

**Primarni usedalnik.** Pri izračunu smo uporabili enačbo (4) zadrževalnega časa ( $t_z = V_p / Q$ ) v poglavju 2.1.2.4 Ostali pomembni parametri pri čiščenju odpadne vode. Glede na rezultate (Tabela 18). Ustrezen zadrževalni čas je od 1 do 2 uri (Roš, 2001).

**Tabela 18: Zadrževalni čas vode v usedalniku**

Pretok ( $m^3/h$ )	Volumen ( $m^3$ )	Zadrževalni čas $t_z$ (h)
$Q_t = 1.146$	2 x 912	1,58
$Q_m = 1.947$	2 x 912	0,93

V kolikor sta v uporabi oba primarna usedalnika, je zadrževalni čas zadosten, da se zagotovi ustrezen učinek čiščenja. Vsekakor pa bi bil priporočljiv nekoliko večji volumen.

**Zgoščevalnik blata.** Volumen zgoščevalnika je  $106 m^3$ . Trenutni zadrževalni čas v zgoščevalniku je sedaj 3 ure. V zgoščevalnik doteka blato z gostoto približno  $10 kg SS/m^3$ . V zgoščevalniku se mora blato zgostiti na približno  $50 kg SS/m^3$  (Kozlovič 1996). Ob upoštevanju, da je 1 PE enak 80 g blata na dan (Roš, 2005) in da bo na napravo priključenih 84.500 PE je predvidena proizvodnja blata  $6.760 kg SS/dan$ . Zanima nas kolikšen zadrževalni čas ( $t_z = V / Q$ ) je potreben, da se dana masa zgosti na  $50 kg SS/m^3$  ob danem volumnu zgoščevalnika. Za pretok smo uporabili aritmetično sredino med skupnim volumnom blata, ki vstopa v sistem  $676 m^3/d$  in skupnim volumnom blata po zgoščevanju  $135,2 m^3/d$ , ki izstopa iz sistema, ki znaša  $405,6 m^3/d$ . Podatki so podani v tabeli (Tabela 19). Zadrževalni čas v zgoščevalniku se ob danih obremenitvah poveča za več kot dvakrat.

**Tabela 19: Zadrževalni čas v zgoščevalniku blata**

Parameter	Enota	Količina
Masna proizvodnja blata	kg SS/d	6.760
Suha snov blata na vtoku	kg SS/m <sup>3</sup>	10
Skupni volumen blata pred zgoščevanjem	m <sup>3</sup> /d	676
Suha snov blata po zgoščevanju	kg SS/m <sup>3</sup>	50
Skupni volumen blata po zgoščevanju	m <sup>3</sup> /d	135,2
Volumen zgoščevalnika	m <sup>3</sup>	106
Zadrževalni čas (približen)	h	6,5

**Gnilišča.** Kapaciteta gnilišča je 2 x 800 m<sup>3</sup>. Gnilišči sta bili projektirani za obremenitev 308 m<sup>3</sup> blata na dan in s proizvodnjo bioplina od 500 do 625 m<sup>3</sup> na dan. Iz podatkov v tabeli (Tabela 19) lahko vidimo, da je skupni volumen blata po zgoščevanju 135,2 m<sup>3</sup>/d. Kapaciteta gnilišč ustreza obremenitvam skupne CČN Koper - Izola.

**Objekt za dehidracijo anaerobno pregnitega blata (tračna filtrirna stiskalnica).** Iz podatkov v tabeli (Tabela 19) lahko vidimo, da je skupni volumen blata po zgoščevanju 135,2 m<sup>3</sup>/d. Približno tolikšen dnevni volumen lahko pričakujemo tudi po anaerobni stabilizaciji. Tračna filtrirna stiskalnica ima kapaciteto obdelave blata 240 - 288 m<sup>3</sup>/d, zato lahko ostane v uporabi tudi v bodoče. Ob upoštevanju, da ima filtrska pogača, ki pride iz preše le še okrog 5 do 10 % prvotnega volumna, ostanek je iztisnjen kot filtrat (Kozlovič 1996), lahko ocenimo letno količino dehidriranega blata, ki znaša približno 4.935 m<sup>3</sup>.

## 4 RAZPRAVA

### 4.1 Razmere in stanje obstoječe CČN Koper

Pri pregledu rezultatov smo ugotovili:

1. **Obremenjenost in učinek čiščenja CČN Koper ter ustreznost iztoka trenutni zakonodaji.** Iz podatkov v tabeli (Tabela 10) smo ugotovili, da je čistilna naprava povprečno obremenjena s približno 45.000 PE. Obremenitev ni stalna saj niha od 37.382 PE v letu 2003 in do 60.247 PE v letu 2005. Kljub velikim nihanjem čistilna naprava ni preobremenjena, saj je projektirana za 100.000 PE. Povprečna letna količina pretečene odpadne vode na ČN je  $3.819 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{leto}$ . Iz tabele je razvidno, da CČN Koper ne dosega zadostnega učinka čiščenja. Le ta znaša za KPK okoli 40 %,  $\text{BPK}_5$  35 %, neraztopljene snovi 50 %, celotni dušik 10 % in celotni fosfor 20 %. V nekaterih primerih lahko vidimo, da je učinek čiščenja negativen. To pomeni, da je bila v času vzetega vzorca na vtoku količina za ta parameter nižja kot smo jo izmerili v določenem času na iztoku. Razlog za takšen rezultat je v napačno izvedenem planu vzorčenja. Trenuten način vzorčenja na CČN Koper je časovno sorazmeren, kjer zbiramo enake volumne vzorca v približno enakem časovnem obdobju in jih sestavljajo, primer a (Slika 8). Zaradi nihanja v pretoku se lahko napačnim meritvam izognemo le s pretočno sorazmernimi vzorci. Pretočno sorazmerni vzorec zahteva, ali različne volumne naključnih vzorcev, primer b (Slika 8), ali pogostost vzorčenja, primer c (Slika 8), da uravnotežimo končni vzorec. Taki pretočno sorazmerni vzorci vsebujejo odpadno vodo, ki je upravičeno enakovredna (ekvivalentna) sestavi realne odpadne vode, ki je tekla med vzorčenjem. Izmerjeni parametri na iztoku bistveno presegajo vse zakonsko predpisane mejne vrednosti (Uredba o..., 2007a), zato CČN Koper z trenutnim načinom in stopnjo čiščenja ne izpopolnjuje zakonskih zahtev in jo je potrebno nadgraditi.
2. **Ustreznost merjenih parametrov obdelanega blata CČN Koper trenutni zakonodaji.** Iz podatkov v primerjalni tabeli (Tabela 11), lahko ocenimo kakovost blata CČN Koper. Iz zadnje analize vzorca dehidriranega blata opravljene leta 2006 je razvidno, da je odpadno blato primerno za odlaganje na odlagališču nenevarnih odpadkov, oziroma se ga lahko uporabi tudi na kmetijskih površinah. Blato lahko na podlagi Uredbe o obdelavi biološko razgradljivih odpadkov (Ur.l. RS, št. 62/2008) uvrščamo v 1. razred okoljske kakovosti (Priloga 7). Za uporabo blata na kmetijskih površinah so vsi pogoji navedeni v Uredbi o uporabi blata iz komunalnih čistilnih naprav v kmetijstvu (Uradni list RS, št. 62/2008). Po tej uredbi je potrebno predhodno izvesti tudi analize tal, predvsem težkih kovin, tam kjer se želi blato uporabljati kot gnojilo upoštevajoč tudi količinske omejitve vnosa (Priloga 6).
3. **Predvidena obremenitev skupne CČN Koper - Izola in potreben učinek čiščenja.** Na podlagi prispevnih področij Kopra in Izole (Tabela 12 in 13), smo izračunali predvideno novo obremenitev skupne CČN Koper - Izola in predstavili rezultate v tabeli (Tabela 14). Ugotovili smo, da bo na skupno ČN priključenih 84.500 PE, kar je še vedno manj od projektiranih 100.000 PE pri obstoječi CČN Koper. V tabeli (Tabela 16) smo podali izračune predvidenih obremenitev na vtoku in na podlagi zahtevanih mejnih vrednosti izračunali potreben minimalni učinek čiščenja. Le ta znaša za KPK 80 %,  $\text{BPK}_5$  93 %, neraztopljene snovi 89 %, celotni dušik 72 % in celotni fosfor 78 %. CČN Koper obratuje le s primarno stopnjo čiščenja in ni zmožna dosežati zgoraj navedene učinkovitosti čiščenja. Za doseganje ustreznih učinkov čiščenja in za izpolnjevanje

zakonskih zahtev, tudi glede občutljivega območja nahajanja, je potrebno zgraditi ustrezno biološko stopnjo čiščenja z odstranjevanjem hraniv in dezinfekcijo iztoka.

4. **Obstoječe stanje in oprema ter ustreznost obstoječih objektov CČN Koper novim obremenitvam.** Na napravo doteka samo del komunalnih vod, del izteka v okolje. V dotoku na CČN je precejšnja vsebnost morske vode. Zaradi slabega kanalizacijskega omrežja se precejšen del neraztopljenih snovi v odpadni vodi useda v kanalih, še posebej v sifonskih povezavah, kar ob deževnem vremenu povzroča precejšnje težave z upravljanjem in čiščenjem odpadne vode. Količina prisotnih tujih voda (10 % morske vode) v odpadni vodi je visoka, zato je lahko odpadna voda tudi zelo razredčena (Tabela 12 in 13). Za skupno CČN Koper - Izola lahko na podlagi predvidenih obremenitev iz tabele (Tabela 16) sklepamo, da bo voda nadpovprečno obremenjena z organsko snovjo in neraztopljenimi snovmi. Objekt z avtomatskimi grabljami lahko ostane nespremenjen. V črpališču so se sита zaradi dotrajanosti odstranila, nadomestile so jih avtomatske grablje, nameščene pred črpališčem. Zdaj se voda črpa za skoraj 1,5 m višje kot bi bilo potrebno. Izračunali smo, da zmogljivost črpališča ustreza novim obremenitvam. Peskolov je predimenzioniran, zato je zadrževalni čas v bazenu dolg in se poleg peska izloča še precejšen del gošč, ki tako po nepotrebem povzročajo težave pri obratovanju obstoječega izdvajala peska. Volumen peskolova zadošča novim obremenitvam skupne CČN Koper - Izola z ustreznim zadrževalnim časom med 0,2 in 0,3 h. Primarna usedalnika omogočata le primarno stopnjo čiščenja in tako ne zadoščata trenutni zakonodaji. Trenutno kontinuirano deluje le en primarni usedalnik, ker je obremenitev CČN Koper v povprečju pod 50.000 PE. Z zadrževalnim časom vode okrog 2h. V kolikor sta v uporabi oba primarna usedalnika, je zadrževalni čas zadosten, da se zagotovi ustrezen učinek primarnega čiščenja skupne CČN Koper - Izola. Vsekakor pa bi bil priporočljiv nekoliko večji volumen. Tehnologija primarnih usedalnikov je zastarela. Zaradi neprimerne izvedbe usedalnikov je odtok blata otežen predvsem ob deževnem vremenu, ko je povečanem dotoku gošč na napravo se odtok blata, ki deluje na principu natege pogosto zamaši. Zaradi zakonodaje je potrebno primarno čiščenje nadgraditi ali zamenjati z biološkim čiščenjem oz. terciarno stopnjo čiščenja z dezinfekcijo iztoka. Obdelava blata se začne z zgoščevanjem usedenega blata v zgoščevalniku. Glede na izračunano predvideno proizvodnjo blata 6.760 kg SS/dan (Tabela 19), volumen zgoščevalnika ustreza novim obremenitvam skupne CČN Koper - Izola. Pri novi obremenitvi, se zadrževalni čas podvoji. Gnilišča niso tesna za pline, saj gniliščni plini uhajajo v zrak. Plina se na CČN Koper ne izkorišča. Gnilišča volumsko zadostujejo potrebam skupne CČN Koper - Izola, potrebna je le sanacija. Objekt za dehidracijo anaerobno pregnitega blata in kotlovnica, lahko ostaneta v uporabi tudi ob razširitvi na skupno CČN Koper - Izola.

#### 4.2 Predlog postopka čiščenja in ureditve skupne CČN Koper - Izola

**Predlog za sanacijo.** Predlog za sanacijo podajamo na osnovi pomanjkljivosti obstoječega stanja CČN Koper in predvidene obremenitve skupne CČN Koper - Izola in ob upoštevanju:

- veljavne Slovenske zakonodaje in EU direktiv,
- zelo slaba nosilnost tal,
- velik učinek čiščenja in odstranitvev hraniv na čim manjši površini,

- dezinfekcijo iztoka,
- uporaba čim večjega števila obstoječih objektov,
- vdor tujih vod (predvsem morske vode) in nihanja v pretoku,
- lastnosti sprejemnika odpadne vode,
- gospodarjenje s produkti, ki nastanejo pri čiščenju.

**Linija vode.** Predhodno je potrebno urediti in prilagoditi zbirni kanalizacijski sistem novim hidravličnim obremenitvam. Ob uspešnem saniranju kanalizacijskega sistema, ki lahko sicer traja daljše obdobje, se bo vdor morske vode na CČN Koper - Izola znatno zmanjšal. Vsekakor je komunalna čistilna naprava tako dodatno hidravlično (tuje vode) in kvalitativno obremenjena (sol, kloridi). Združba mikroorganizmov se sicer lahko prilagodi določeni konstantni slanosti, vendar pa v kanalizacijskih sistemih obmorskih mest slanost niha. Posledica je bistveno slabši učinek biološkega čiščenja od projektiranega in od zahtevanega z zakonodajo (Kompere, 2008). Pri novih postopkih čiščenja odpadne vode se posveča vedno več pozornosti predčiščenju oziroma primarnemu čiščenju (čim večje odstranjevanje suspendiranih in koloidnih snovi) in intenzivnim postopkom čiščenja (kombinacija biološkega in fizikalno kemijskega čiščenja) (Roš, 2002).

Zato predlagamo, da se ohrani objekte kot so avtomatske grablje, črpališče in prezračevani peskolov ter lovilec maščob. Z njihovo sanacijo lahko dosežemo dobre rezultate predčiščenja. Po potrebi glede na obremenitev se dogradi še dodatne avtomatske grablje. Na podlagi Pravilnika o nalogah, ki se izvajajo v okviru obvezne občinske gospodarske javne službe odvajanja in čiščenja komunalne in padavinske odpadne vode (Pravilnik..., 2007a) je potrebno dodatno zgraditi v fazi predčiščenja objekt za sprejem gošč iz malih komunalnih čistilnih naprav in greznic.

Predlagamo, v kolikor se bo voda v črpališču črpala na obstoječo višino (za več kot 1,5 m), naj se vgradijo pred peskolovom še dodatna fina sita, ki bodo dodatno pripomogla k odstranjevanju trdih delcev. Nastalo višinsko razliko je smiselno ekonomsko - energetsko izkoristiti s čim manj dodatnega črpanja vode v ostale faze čiščenja. Zaradi daljšega zadrževalnega časa se v peskolovu in lovilcu maščob izloča veliko gošče, ki ovira normalno odvajanje usedlin, predvsem peska. Svetujemo nadgradnjo z boljšim sistemom črpanja in odvajanja usedlin ter gošč. Zaradi velikih količin peska iz peskolova (208 m<sup>3</sup>/leto), katerega se odvaža na deponijo, svetujemo, da se pesek spira in primerno uporabi.

Primarna usedalnica bi lahko ostala še naprej v uporabi. Toda zaradi omenjenih tehničnih težav, velike površine in samega primarnega čiščenja odpadne vode, ki ne zadostuje zahtevam veljavne zakonodaje predlagamo, da se primarna usedalnica dogradi z bolj učinkovitim postopkom čiščenja, ki bo vključeval biološko stopnjo čiščenja z odstranjevanjem hraniv (N in P). Za odstranjevanje posameznih onesnaževal (organske snovi, hraniva) iz odpadnih vod je v svetu in pri nas poznana vrsta variant čistilnih naprav, ki so konstruirane glede na različne oksidacijsko-redukcijske pogoje ter glede na različne pretočne sisteme (pretočni sistemi, diskontinuirani sistemi, različna recirkulacijska razmerja, itd.). Zato je predlog, ki ga podajamo le kot ena od številnih variant odstranjevanja posameznih snovi iz odpadne vode. Pri predlogu moramo upoštevati, da ima trenutna lokacija CČN Koper slabo nosilnost tal. Zato je smiselno zgraditi sistem z manjšo površino delovanja in čim večjim učinkom čiščenja. Večstopenjski sistemi, kot so dvostopenjski in tristopenjski sistemi za nitrifikacijo/denitrifikacijo so, glede na slabo nosilnost tal, neprimerni. V našem primeru pridejo v poštev predvsem izpopolnjeni sistemi z eno stopnjo, kjer je isti

reaktor razdeljen na več con in je za njim dovolj le en bistrilnik. Pri sistemih z eno stopnjo odstranjujemo hraniva tako, da recirkuliramo biomaso skozi različne cone reaktorja (odstranjevanje fosforja, nitrifikacija in denitrifikacija) z različnimi oksidacijsko-redukcijskimi in ostalimi pogoji delovanja čistilne naprave. Kljub temu se pri takem sistemu ne izognemo izgradnji usedalnika, ki znatno poveča površino objekta. Infiltracija morja bo prisotna še nekaj časa, saj bo sanacija kanalizacije trajala daljše obdobje. Upoštevati moramo tudi velika dnevna in sezonska nihanja odpadne vode na dotoku (turizem, industrija, univerza, itd.). Zato predlagamo kompakten sistem z zadovoljivim učinkom čiščenja in predvsem bolj stabilnim obratovanjem tudi pri spremenljivih pogojih obratovanja.

Predlagamo, da se za biološko stopnjo čiščenja in odstranjevanja hraniv na CČN Koper, obstoječa primarna usedalnika dopolni s šaržnim biološkim reaktorjem (SBR), kjer ni potrebe po izgradnji sekundarnega usedalnika. Glede na pretočne sisteme je čiščenje odpadne vode v SBR reaktorju dražje predvsem z vidika višje porabe električne energije ter amortizacije strojne in električne opreme, medtem ko amortizacija gradbenih objektov in samo upravljanje govori v prid SBR reaktorju (Rismal, 2004). Novi sistemi SBR reaktorjev so dokaj stabilni sistemi, pri katerih lahko s pravilnim upravljanjem dosegamo visoke učinke čiščenja (Vaupotič, 2004). Običajno je SBR sistem opremljen z dvema paralelnima enotama. Prva enota je lahko izravnalni bazen (egalizator) za odpadno vodo, medtem ko druga enota deluje po ciklih SBR. V kolikor potrebujemo sočasno delovanje vseh bazenov, se pred šaržnimi bazeni dogradi razdelilni bazen. Razdelilni bazen pripomore k nemotenemu delovanju SBR ciklov, predvsem tam, kjer so nihanja v pretoku odpadne vode velika (Tchobanoglous in sod., 2003). V ta namen bi lahko za razdelilni bazen uporabili enega od obstoječih primarnih usedalnikov. Ob upoštevanju izračunane dnevne obremenitve z 5.070 kg BPK<sub>5</sub>/dan (Tabela 14) in priporočene volumnske obremenitve zadrževalnika ( $B_v$ ) 0,6 g BPK<sub>5</sub>/l dan ter zadrževalnem času 7 ur (Roš, 2001), priporočamo velikost reaktorja od 8.000 do 8.500 m<sup>3</sup>. Ta volumen se lahko razdeli na več SBR enot. Čistilni cikel v enem reaktorju je zajet v štirih do petih fazah. Te so polnjenje, reagiranje, usedanje, odstranjevanje in po potrebi prosti tek oz. mirovanje. SBR sistemi so zelo prilagodljivi na dotok vode, saj lahko sprejmejo različne volumnske odpadne vode. S šaržnim reaktorjem učinkovito znižujemo BPK<sub>5</sub>, izvajamo proces nitrifikacije in denitrifikacije (s spreminjanjem oksidacijsko-redukcijskih pogojev) ter odstranjevanje fosforja, vendar so zato potrebni dolgi zadrževalni časi, zaradi česar se volumen in s tem tudi velikost teh naprav zelo poveča (Vaupotič, 2004). Poleg biološkega odstranjevanja fosforjevih spojin, velja poudariti možnosti kemijskega odstranjevanja fosforja z aluminijevimi ali železovimi solmi, ki se jih lahko dozira v različnih fazah, v samem biološkem procesu. V zadnjem času so železove soli uporabljene pogosteje, saj odstranjujejo tudi sulfide, kar pripomore k manjšemu smradu iz naprave (Tchobanoglous in sod., 2003). Zato za simultano odstranjevanje oziroma obarjanje fosforja predlagamo uporabo železove soli, npr. FeCl<sub>3</sub>. Za pravilno delovanje SBR reaktorjev je potrebno na novo zgraditi tudi kompresorsko postajo, ki bo služila za vpihovanje zraka v proces.

Po končanem procesu čiščenja vode v SBR reaktorju je v našem primeru nujno potrebno uvesti proces dezinfekcije, katerega predpisuje tudi zakonodaja. Poznamo več različnih načinov dezinfekcije, opisanih v poglavju 2.3.8 Dezinfekcija. Lokacija čistilne naprave se nahaja na občutljivem območju, kjer se očiščena voda odvaja praktično neposredno v morje. Zato svetujemo način dezinfekcije, kjer se ne uporablja kemijskih sredstev. Predlagamo sistem dezinfekcije z UV svetlobo. Obsevanje z UV svetlobo je varnejši tip dezinfekcije, ki pa zahteva za učinkovito delovanje zelo bistro vodo (Roš, 2001). V našem primeru je voda na dotoku zelo obremenjena z BPK<sub>5</sub> in neraztopljenimi snovmi, zato je zelo pomembno pravilno vodenje vseh predhodnih

procesov s poudarkom na predčiščenju. Sprejemnik je reka Rižana, 200 m pred izlivom v morje. Izpust iz CČN v reko Rižano je prek podvodnega difuzorja. Takšen izpust je lahko neugoden saj ne zagotavlja dovolj učinkovitega redčenja odplak. Rešitev bi lahko bila zgraditev podmorskega izpusta prečiščene vode v morje (Krušnik in sod., 1994). Za učinkovito vodenje naprave, varčevanje z električno energijo in protokolarno nadzorovanje vseh obratovalnih parametrov svetujemo vgradnjo vse potrebne tehnološke merilne opreme. Na vtoku v čistilno napravo predlagamo namestitve avtomatskega vzorčevalnika, merilnika pH, T in prevodnosti. V SBR je nujno potrebno vgraditi sistem za regulacijo kisika, ki se mora ohranjati v fazi prezračevanja nad 2 mg/l (Roš, 2001). Na cevovodu za presežno blato iz SBR sistema, bi bilo smiselno vgraditi merilnik suhe snovi biološkega blata, za lažjo kontrolo zgoščevanja. Na iztoku iz naprave je nujno potrebna vgradnja »on-line« analizatorjev predvsem za NH<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>, O<sub>2</sub> in KPK.

**Linija blata.** Ob saniranju primarnih usedalnikov in dopolnitvi z SBR sistemom predlagamo, da se preseženo blato iz SBR reaktorjev ciklično črpa v zgoščevalnik blata. Za doseganje zadostne zgostitve blata na približno 50 kg SS/m<sup>3</sup> je potreben zadrževalni čas okrog 6,5 h. Odstranjena voda se iz zgoščevalnika vrača nazaj na vtok čistilne naprave, kjer se vrača v proces čiščenja. Blato nato črpamo v obstoječi gnilišči za anaerobno stabilizacijo. Gnilišča je potrebno predhodno sanirati saj ne zadržujejo nastalega plina in ju hkrati opremiti z ustrežno tehnološko in merilno opremo (izolacija, črpalke, mešala, merilniki za T, pH, itd.). V anaerobnem procesu blato prepustimo delovanju mikroorganizmov v zaprtem prostoru, v odsotnosti kisika. Mikrobi razgrajujejo biomaso blata v mešanico plinov (metan in CO<sub>2</sub>) ter mineraliziran ostanek. Proces je relativno počasen (60 do 80 dni), saj običajno poteka v mezofilnem temperaturnem območju pri 30°C do 40°C. Mogoča je tudi hitrejša reakcija (12 do 15 dni), če uporabimo termofilno območje delovanja pri 50°C do 60°C. V termofilnem območju mikroorganizmi delujejo tudi do 8 krat hitreje (Grilc in sod., 2006). Seveda z znatnim povečanjem porabe energije za ogrevanje. Ravnaje z blatom čistilne naprave že v osnovi predstavlja 30% do 50% obratovalnih stroškov čistilne naprave.

Zato predlagamo izgradnjo plinohrama in uporabo nastalega plina za ogrevanje gnilišč in kritje ostalih energetskih potreb čistilne naprave. Tako z ekonomsko sprejemljivim višanjem temperature v gniliščih krajšamo zadrževalni čas blata v gniliščih. Izcedek iz gnilišč vračamo nazaj na vtok čistilne naprave, kjer se vrača v proces čiščenja. Pregnito blato iz gnilišč kemijsko obdelamo, dezinfeciramo z apnenim mlekom in nato strojno zgostimo v obstoječi filtrirni stiskalnici. Filtrat se vodi nazaj na čistilno napravo. Tako obdelano blato zbiramo v zabojnikih. Blato lahko damo v nadaljnjo obdelavo ali uporabo ali odlagamo na deponiji.

Za obdelano blato iz CČN Koper pred združitvijo v skupno ČN smo ugotovila, da je primerno tudi za nadaljnjo uporabo, predvsem na kmetijskih površinah. Analiz obdelanega blata iz skupne CČN Koper - Izola nimamo, zato ne moremo predlagati ustreznega načina uporabe. V nadaljevanju navajamo le možnosti uporabe.

### 4.3 Predlog in možnosti uporabe produktov čiščenja

Kot je že opisano v poglavju 2.5 Gospodarjenje s produkti, ki nastanejo pri čiščenju odpadnih vod, je možno odpadek uporabiti tudi kot produkt, kar je tudi temelj trajnostnega razvoja. V nadaljevanju je predlog možne uporabe anaerobno stabiliziranega dehidriranega blata, gniliščne plina, ki nastaja med procesom gnitja in terciarno očiščene odpadne vode obdelane z dezinfekcijo. Točnejši način ravnanja s

produkti bomo lahko podali šele, ko bo skupna CČN Koper - Izola v normalnem obratovanju in bomo imeli na razpolago ustrezne rezultate analiz.

**Blato.** Na način ravnanja in uporabo blata iz komunalnih čistilnih naprav (KČN) v Sloveniji vplivajo naslednje uredbe:

- Uredba o odlaganju odpadkov na odlagališčih (Uradni list RS, št. 32/2006).
- Uredba o uporabi blata iz komunalnih čistilnih naprav v kmetijstvu (Uradni list RS, št. 62/2008).
- Uredba o obdelavi biološko razgradljivih odpadkov (Ur.l. RS, št. 62/2008).

Možnosti ravnanja z blatom iz KČN:

- oskrba blata kot odpadek, kjer sta mišljena predvsem odlaganje in termična obdelava blata (sežig),
- uporaba blata kot surovine.

Po izkušnjah iz držav, kjer je ravnanje z blatom pereč problem, predvsem zaradi velikih količin blata, je razvidno, da izrabljajo različne možnosti za ravnanje z blatom, ki so odvisne tako od zakonskih usmeritev kot od tehničnih in prostorskih možnosti ter ekonomskih dejavnikov (Potočnik, 2003). V nadaljevanju navajamo možnost uporabe blata kot surovine v kmetijstvu.

Z uporabo blata kot surovine mislimo uporabo blata v kmetijstvu in s tem izrabo njegove hranilne vrednosti. V kmetijstvu se sme uporabljati stabilizirano blato z nizko stopnjo onesnaženja. Pred uporabo blata na kmetijskih površinah so predpisane analize onesnaževal (težke kovine, AOX, PCB, dioksini, itd.). Blato se sme uporabljati le v primerih ko izmerjene vrednosti ne presegajo zakonsko predpisanih mejnih vrednosti. Poleg omejitev pri kvaliteti blata, so za njegovo uporabo na kmetijskih površinah še naslednje omejitve in zahteve:

- prostorske in časovne omejitve,
- omejitve glede na vrsto kultur,
- omejitve količin,
- zahteve za nadzor kvalitete tal na področju uporabe (analize onesnaženja tal),
- zahteve za vodenje evidence, itd.

Iz navedenih omejitev in zahtev, ki jih narekujejo zgoraj našteje uredbe je razvidno, da je možno v kmetijstvu uporabiti le del blata in da mora biti vnos skrbno načrtovan in nadziran. Uporaba blata v kmetijstvu pa je, kljub zahtevanim preiskavam, še vedno najcenejši način ravnanja z blatom (Potočnik, 2003).

**Gniliščni plin.** Gniliščni plin ali bioplin je tesno povezan z blatom iz čistilnih naprav, saj ga največ nastaja med procesom gnitja blata. Plin se ob gnitju blata v gniliščih prečrpa v plinohram in se ga nato izkorišča kot energent. Gniliščni plin se šteje za dober energent, s sestavo od 65 do 70 % metana in od 30 do 35 % ogljikovega dioksida. Glede na sestavo sodi med toplogredne pline. V kolikor se na čistilni napravi gniliščni plin ne izkorišča kot energent, ga je potrebno ustrezno odstranjevati. Lahko se ga shranjuje in odvaža ali se ga usmeri na baklo kjer izgoreva na mestu nastanka.

**Voda.** V mnogih regijah sveta je oskrba z vodo pogojena z nizko ceno vode. V bodočnosti se bo poraba vode v mnogih regijah spreminjala, saj se bo cena vode zviševala. Uveljavljati se bo začelo ekonomsko sprejemljivo čiščenje odpadne vode. Če bomo želeli doseči cenovno učinkovitost gospodarjenja z vodami, bo potrebno vire v odpadni vodi koristno uporabiti.



Možnost uporabe vode in virov iz odpadne vode navajamo v nadaljevanju (Roš, 2002).

**Voda:**

- ponovna uporaba v kmetijstvu (namakanje),
- ponovna uporaba v urbanih naseljih,
- ponovna uporaba v industriji,
- ponovna uporaba za pitno vodo.

**Sestavine v odpadni vodi:**

- hraniva (C, N, P),
- ogljik za proizvodnjo energije (bioplin, bio-gorivo),
- kovine za ponovno uporabo (Al, Fe).

**Toplota odpadne vode:**

- energija za gretje,
- energija za hlajenje.

Razen naštetega v svetu razmišljajo tudi o ločevanju posameznih vrst odpadnih vod na samem viru nastanka (sive vode, črne vode, vode iz kuhinje, iz kopalnic in pralnic itd.) in selektivni porabi vode v gospodinjstvu (manj kakovostna voda za splakovanje stranišč, voda za kuhanje itd.). To pa potegne za seboj gradnjo ločenih vodovodnih in kanalizacijskih sistemov, zato pridejo taki sistemi v poštev le pri novogradnjah, kjer je to možno in ekonomsko upravičeno. Z drugimi besedami, kanalizacijske sisteme se bo načrtovalo tako, da se bo zbiralo posebej koncentrirane, posebej pa razredčene odpadne vode. Del čiščenih odpadnih vod se bo recikliralo in ponovno uporabljalo za sanitarije (manj kakovostna voda) in za namakanje (v skladu s predpisi) (Roš, 2002).

Način ravnanja z očiščeno komunalno vodo je predhodno pogojen z zakonodajo. Trenutna Slovenska zakonodaja na tem področju zelo zaostaja. Razlog zaostajanja je predvsem v tem, ker se nahaja Slovenija na bogatem vodnatem območju, kjer ni pomanjkanja po pitni vodi. Temu primerna je tudi cena vode. Tako se pitna voda uporablja tudi tam, kjer ne bi bilo potrebno. Toda z malomarnim ravnanjem in prekomerno porabo pitne vode, lahko hitro ogrozimo naš bogati Slovenski vodni vir.

## 5 ZAKLJUČEK

V diplomskem delu opisujemo CČN Koper. CČN Koper je bila projektirana, glede na maksimalno obremenitev z organsko snovjo, za 100.000 PE. Ugotovili smo, da deluje s 50 % kapaciteto, z obremenitvijo približno 50.000 PE. Predčiščenje odpadne vode se izvaja z avtomatskimi finimi grabljami in prezračevanim peskolovom in lovilecma maščob. Primarno stopnjo čiščenja se izvaja z dvema primarnima usedalnikoma. Blato, ki tu nastaja se črpa v zgoščevalnik in nato v dve anaerobni gnilišči. Gniliščni plin se ne izkorišča. Blato se dokončno obdela na tračni filtrirni stiskalnici in odlaga na deponijo. Očiščena voda se izliva v morje. Ob primerjanju analiznih podatkov monitoringa v letih 2002 do 2007 z mejnimi vrednostmi za iztok iz čistilnih naprav smo ugotovili, da iztok ne ustrežata trenutni zakonodaji za izpust v morje, saj so mejne vrednosti za večino parametrov presežene ( $\text{NH}_4\text{-N}$ , KPK,  $\text{BPK}_5$ , celotni fosfor, celotni dušik). Zaradi nezadostnega učinka čiščenja smo predlagali sanacijo. Pri predlogu smo v drugem delu analize upoštevali načrtovano izgradnjo skupne CČN Koper - Izola. Izračunali smo novo obremenitev vtoka in ga primerjali z obstoječo infrastrukturo ter izračunali potreben učinek čiščenja. Nova predvidena obremenitev znaša 84.500 PE. Kljub zmožnosti objektov prenašanja nove obremenitve smo morali, upoštevajoč zakonske predpise, podati predlog sanacije in nadgradnje. Pri tem smo upoštevali nosilnost tal, velik učinek čiščenja na čim manjši površini, dezinfekcijo iztoka, uporabo čim večjega števila obstoječih objektov, predviden vdor tujih vod in nihanja v dotoku, lastnosti sprejemnika in možnost gospodarjenja s produkti, ki nastanejo pri čiščenju. CČN Koper se nahaja na občutljivem območju in slabo nosilnem terenu, zato smo predlagali sanacijo obstoječih objektov in dopolnitev primarnih usedalnikov z ustreznim kompaktnim sistemom z aktivnim blatom in dezinfekcijo iztoka. Predlagali smo izgradnjo SBR sistema velikosti od 8.000 do 8.500 m<sup>3</sup>. SBR dosega velike učinke čiščenja na majhni površini, z možnostjo prilagajanja spreminjajočim se razmeram na dotoku. Predlagali smo odstranjevanje fosforja z uporabo železovih soli. Kljub dražji investiciji v strojno in električno opremo, je SBR precej bolj fleksibilen in ga je, ob ustrezni avtomatizaciji, bistveno lažje voditi in upravljati. Potrebno bo zgraditi tudi novo kompresorsko postajo, ki bo služila za vpihovanje zraka v proces. Glede na sprejemnik smo predlagali UV dezinfekcijo iztoka. Proces obdelave blata ostaja nespremenjen, le ustrezno saniran. Ob tem predlagamo izgradnjo plinohrama in izkoriščanje gnilišnega plina za energetske potrebe ČN. Obdelano blato iz ČN, ob upoštevanju zakonskih predpisov, je smiselno uporabiti kot gnojilo na kmetijskih površinah. Za učinkovito vodenje ČN, varčevanje z električno energijo, protokolarno nadzorovanje vseh obratovalnih parametrov in monitoringa je potrebna vgradnja ustrezne tehnološke merilne opreme. Na vtoku predlagamo namestitve avtomatskega vzorčevalnika, merilnika pretoka, pH, T in prevodnosti. V SBR sistem je potrebna vgradnja sistema za regulacijo kisika. Na cevovodu za presežno blato iz SBR sistema, predlagamo vgradnjo merilnika za suhe snovi biološkega blata, za lažjo kontrolo zgoščevanja. Gnilišča bo treba, ob ustrezni sanaciji, opremiti tudi z ustrežno merilno opremo za pravilno voden proces gnitja (T, pH). Na iztoku iz naprave je potrebna vgradnja »on-line« analizatorjev predvsem za  $\text{NH}_4$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{O}_2$  in KPK.

Projektiranje, izgradnja in vodenje čistilnih naprav je velik izziv. Pogosto odločanje ni prepuščeno sami stroki, pač se v odločitve vključujejo ekonomski in politični vidiki. Sam cilj varovanja okolja omejujejo tudi tehnološke zmožnosti, ki so včasih omejitveni dejavnik razvoja. Z izgradnjo skupne CČN Koper - Izola bomo vsekakor naredili velik korak naprej k ohranjanju narave in okolja. Ta dosežek pa ne sme ustaviti nadaljnega razvoja k izboljšanju učinkovitosti čiščenja in iskanju novih rešitev ter investiranja v čiščenje komunalne odpadne vode in v ponovno uporabo produktov čiščenja.

## 6 VIRI

1. Analiza nosilne zmogljivosti. 2006. Regionalna strategija trajnostnega razvoja Južne Primorske 2006 -2012 (11. jan. 2006).  
[http://camp.rrckp.si/news/files.php?actionID=view\\_file&dir=%2FSejaProjektnegaSveta20051027&file=Povzetek\\_strategije.pdf](http://camp.rrckp.si/news/files.php?actionID=view_file&dir=%2FSejaProjektnegaSveta20051027&file=Povzetek_strategije.pdf) (11. avg. 2008).
2. ANPA - Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente. Manuali e Linee Guida. 2001. Guida alla progettazione dei sistemi di collettamento e depurazione delle acque reflue urbane. ANPA, Roma, Italia. Dipartimento Prevenzione e Risanamento Ambientali: 142 str.
3. ARSO. Podatki čistilnih naprav, ARSO 2008. <http://okolje.arso.gov.si> (8. avg. 2008)
4. Baird C. 1999. Water. V: Environmental chemistry. 2. izdaja. W.H. Freeman and company, New York, ZDA. The chemistry of waters: str. 420-501.
5. BREF. 2005. Draft Reference Document on Best Available Techniques from the Waste Treatment Industries, Institute for prospective technologies, IPPC Bureau, Seville: 622 str.  
[http://okolje.arso.gov.si/ippc/bref/20050530\\_144441\\_WT%20FD%2005\\_05.pdf](http://okolje.arso.gov.si/ippc/bref/20050530_144441_WT%20FD%2005_05.pdf) (7. jun. 2008).
6. Delo. 2007. Časnik. Članek: Bruselj potrdil kohezijski okvir za Slovenijo, 19.6.07, str. 3. <http://www.delo.si/clanek/43351> (7. avg. 2008).
7. Dolenc T. 2005. Okoljska dajatev za obremenjevanje vode in zmanjšanje onesnaževanja voda, Vodni dnevi 2005, Zbornik referatov, Portorož 2005: str. 10-17.
8. Estrucplan On Line. 2008. <http://www.estrucplan.com.ar> (20. avg. 2008).
9. Evropska direktiva. Council and Parliament Directive 2000/60/EC. Water Framework Directive. Brussels. 23. October 2000.
10. Evropska direktiva. Council Directive 91/271/EEC. Urban waste-water treatment. Brussels. 21. May 1991.
11. Evropska direktiva. Council Directive 91/676/EEC. Guideline concerning the Protection of Waters against Pollution caused by Nitrates from Agricultural Sources. Brussels. 12. December 1991.
12. Evropska direktiva. Council Directive 86/278/EEC. The protection of the environment, and in particular of the soil, when sewage sludge is used in agriculture. Brussels. 12. June 1986.
13. Evropska direktiva. Council Directive 79/869/EEC. The methods of measurement and frequencies of sampling and analysis of surface water intended for the abstraction of drinking water. Brussels. 9. October 1979.
14. Gerardi H. M., Zimmerman M. C. 2005. Wastewater Pathogens. 1. izdaja. John Wiley and Sons, New York, ZDA: 175 str.
15. Greenberg A. E., Clesceri L. S., Eaton A. D. (Eds.). 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th Edition. APHA-AWWA-WEF. Washington DC. 1998.
16. Grilc V., Zupančič G. D., Roš M. 2006. Alternativni načini sodobnega ravnanja z odvečnim blatom iz bioloških čistilnih naprav, Vodni dnevi 2006, Zbornik referatov, Portorož 2006: str. 99-110.
17. Hammer M. J., Hammer M. J. Jr. 1996. Water and Wastewater Technology. 3. izdaja. New Jersey, USA, Prentice Hall, Inc.: 519 str.
18. Hubert P. 1999. Prihodnost napredka, Politična ekologija za začetnike, Mohorjeva Družba, Celje, 1999: 269 str.
19. Kemijski inštitut. Ljubljana. Ocena odpadnega dehidriranega blata iz čistilne naprave Komunale Koper, št. KI-L14-1231. 2004: 8 str.

20. Kemijski inštitut. Ljubljana. Ocena odpadnega dehidriranega blata iz čistilne naprave Komunale Koper, št. KI-L14-1480. 2006: 8 str.
21. Klemenčič T. 1997. Komunalno gospodarstvo. Svetovalni center d.o.o. Ljubljana 1997: 511 str.
22. Kompore B., Atanasova N., Uršič M., Drev D., Vahtar M. 2007. Male čistilne naprave na območju razpršene poselitve. 1. izdaja. Ljubljana, Slovenija. FGG-IZH Ljubljana, ICRO Domžale: 57 str.
23. Kompore B. 2008. Biološko čiščenje zasoljenih komunalnih vod, Center odličnosti okoljske tehnologije. <http://sl.coot.si/projekti/rr-1-bioloske-metode-ciscenja-odpadnih-voda/podprojekt-2/> (5. sep. 2008).
24. Komunala Koper d.o.o. 2007a. Centralna čistilna naprava Koper. <http://www.komunalakoper.si> (5. nov. 2007)
25. Komunala Koper d.o.o. 1989. Centralna čistilna naprava Koper. Projektna dokumentacija. Sprememba in dopolnitev projekta št. 260/83.
26. Komunala Koper d.o.o. Poročilo o obratovalnem monitoringu CČN, 2002, str. 15.
27. Komunala Koper d.o.o. Poročilo o obratovalnem monitoringu CČN, 2003, str. 15.
28. Komunala Koper d.o.o. Poročilo o obratovalnem monitoringu CČN, 2004, str. 8.
29. Komunala Koper d.o.o. Poročilo o obratovalnem monitoringu CČN, 2005, str. 8.
30. Komunala Koper d.o.o. Poročilo o obratovalnem monitoringu CČN, 2006, str. 8.
31. Komunala Koper d.o.o. Poročilo o obratovalnem monitoringu CČN, 2007b, str. 8.
32. Komunala Koper d.o.o. 2001. Rekonstrukcija in dograditev Centralne čistilne naprave Koper, projekt št. 51-191-01-2001, Maj 2001.
33. Kozlovič T. 1996. Dnevnik pripravištva. Komunala Koper d.o.o. 1996: 85 str.
34. Krajnc U. 2007. Financiranje komunalnih čistilnih naprav. Vodni dnevi 2007. Zbornik referatov. Portorož 2007: str. 99-110.
35. Krušnik C., Lipej L., Turk V., Turk R., Peroša B., Sotlar Z., Umek T. 1994. » Izlivni odseki morske obale (Debeli rtič - izliv Dragonje)«. Inštitut za biologijo Ljubljana 1994: 59 str.
36. Meden M. 2004. Nekater primerjave tehnoloških postopkov biološkega čiščenja odpadne vode in primernost uporabe v današnjem času. Vodni dnevi 2004. Zbornik referatov. Portorož 2004: str. 30-34.
37. Nacionalni program varstva okolja. 1999. Ministrstvo za okolje in prostor. Ljubljana. 16.9.1999. [http://www.arso.gov.si/poro~cila/nacionalni\\_program\\_varstva\\_okolja/npvo.pdf](http://www.arso.gov.si/poro~cila/nacionalni_program_varstva_okolja/npvo.pdf). (5. apr. 2008).
38. OP KOV. 2004. Operativni program odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode. Sklep vlade RS, 14. 10. 2004. Ljubljana, Slovenija: 90 str.
39. Potočnik B. 2003. Načrt ravnanja z blatom. Centralna čistilna naprava Koper. Komunala Koper d.o.o. 2003: 6 str.
40. Pravilnik o nalogah, ki se izvajajo v okviru obvezne občinske gospodarske javne službe odvajanja in čiščenja komunalne in padavinske odpadne vode. Ur.l. RS, št. 109/07. 2007a.
41. Pravilnik o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu odpadnih vod ter o pogojih za njegovo izvajanje. Ur. l. RS, št. 74/07. 2007b.
42. Pravilnik o ravnanju z odpadki. Ur.l. RS, št. 84/98, 45/00, 20/01, 13/03.
43. Rismal M. 2004. Šaržne (SBR) ali kontinuirane čistilne naprave za čiščenje komunalnih odpadnih vod ?. Vodni dnevi 2004. Zbornik referatov. Portorož 2004: str. 14-26.
44. Roš M. 2001. Biološko čiščenje odpadne vode. 1. izdaja. Ljubljana. Slovenija. GV Založba. 2001: 243 str.
45. Roš M. 2004. Čiščenje komunalnih odpadnih vod v Sloveniji. Vodni dnevi 2004. Zbornik referatov. Portorož 2004: str. 1-5.

46. Roš M. 2002. Novi pristopi pri čiščenju odpadne vode. Vodni dnevi 2002. Zbornik referatov. Portorož 2002: str. 1-11.
47. Roš M. 2005. Sistemi čiščenja s problematiko odpadnega blata. Vodni dnevi 2005. Zbornik referatov. Portorož 2005: str. 18-26.
48. Roš M., Drolc A. 2004. Navodila za vaje pri predmetih onesnaževanje in zaščita voda. Politehnika Nova Gorica. 2004: 55 str.
49. Roš M., Simonič M., Turk S. Š. 2005. Priprava in čiščenje vod. Učbenik. Univerza v Mariboru. Fakulteta za strojništvo. Oddelek za tekstilstvo. 2005: str. 27-42.
50. Roš M., Zupančič G. D. 2004a. Postopek in naprava za stabilizacijo in mineralizacijo blata iz naprav za čiščenje odpadne vode v termofilnem temperaturnem območju: patent št. 21318. Datum objave 30.04.2004 (po prijavi št. 200200254, 18.10.2002), Ljubljana: Urad Republike Slovenije za intelektualno lastnino. 2004. <http://www.uil-sipo.si/index.php?id=188> (5. sep. 2008).
51. Roš M., Zupančič G. D. 2004b. Two stage thermophilic anaerobic-aerobic digestion of waste-activated sludge. Environ. eng. sci. Vol. 21, no. 5. 2004: str. 617-626.
52. SIST ISO 5667-10. 1996. Water quality - Sampling -Part 10:Guidance on sampling of waste water.
53. Smith R. L., Smith T. M. 2001. Ecology and field biology. 6. izdaja. West Virginia, USA, Benjamin Cummings, Inc.: 772 str.
54. SVLR. 2007a. Služba Vlade Republike Slovenije za lokalno samoupravo in regionalno politiko. Nacionalni referenčni strateški okvir 2007-2013. Ljubljana: 121 str. <http://www.svlr.gov.si> (10. jul. 2007).
55. SVLR. 2007b. Služba Vlade Republike Slovenije za lokalno samoupravo in regionalno politiko. Operativni program krepitve regionalnih razvojnih potencialov za obdobje 2007 - 2013. Ljubljana, Slovenija: 113 str.
56. SVLR. 2006. Služba Vlade Republike Slovenije za lokalno samoupravo in regionalno politiko. Operativni program razvoja okoljske in prometne infrastrukture za obdobje 2007 - 2013. Ljubljana, Slovenija: 103 str.
57. Tchobanoglous G., Burton F. L., Stensel H. D. 2003. Wastewater Engineering - Treatment and Reuse. 4. izdaja. Metcalf & Eddy. Boston, ZDA. Revised by Mc Graw Hill: 1819 str.
58. Uredba Evropskega parlamenta in Sveta (ES) št. 166/2006. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32006R0166:SL:NOT> (5. avg. 2008).
59. Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz komunalnih čistilnih naprav. Uradni list RS št. 45/07. 2007a.
60. Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadnih vod iz malih komunalnih čistilnih naprav. Uradni list RS št. 98/07. 2007b.
61. Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih vod v vode in javno kanalizacijo. Uradni list RS št. 47/05, 45/07. 2007c.
62. Uredba o okoljski dajatvi za onesnaževanje okolja zaradi odvajanja odpadnih voda. Uradni list RS, št. 123/04, 142/04, 68/05, 77/06. 2006a.
63. Uredba o odlaganju odpadkov na odlagališčih. Uradni list RS, št. 32/06. 2006b.
64. Uredba in dopolnitve uredbe o odlaganju odpadkov na odlagališčih. Uradni list RS, št. 98/07. 2007d.
65. Uredba o obdelavi biološko razgradljivih odpadkov. Ur.l. RS, št. 62/08. 2008a
66. Uredba o uporabi blata iz komunalnih čistilnih naprav v kmetijstvu. Uradni list RS, št. 62/08. 2008b.
67. Vaupotič M. 2004. Opis in velikost posameznih sklopov komunalne čistilne naprave. Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo. Oddelek za tehniško varstvo. 25.03.2004. <http://www.vtvs.uni-lj.si/files03/31.pdf> (7. apr. 2008).
68. Veolia Water Systems sp. z o.o. 2007. <http://www.veoliawaterst.pl/pl/technologie/> (15. nov. 2007).

69. Zakon o gospodarskih javnih službah (ZGJS). Ur.l. RS, št. 32/1993.
70. Zakon o javno-zasebnem partnerstvu (ZJZP). Ur.l. RS, št. 127/2006.
71. Zakon o prostorskem načrtovanju (ZPN). Ur.l. RS, št. 33/2007.
72. Zakon o varstvu okolja (ZVO). Ur.l. RS, št. 32/1993.
73. Zakon o spremembah in dopolnitvah Zakona o varstvu okolja (ZVO-1B). Ur.l. RS, št. 70/2008.
74. Zakon o vodah (ZV-1). Ur.l. RS, št. 67/2002.
75. Zakon o spremembah in dopolnitvah Zakona o vodah (ZV-1A). Ur.l. RS, št. 57/2008.
76. Zumft G. W. 1997. Cell biology and molecular basis of denitrification. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 61. 1997: str. 533-616.
77. Zupančič G. D., Roš M. 2003. Heat and energy requirements in thermophilic anaerobic sludge digestion. *Renew. Energy*. 2003, vol. 28, no. 14: str. 2255-2267.
78. Zupančič G. D., Roš M. 2005. Ammonia removal in sludge digestion utilizing nitrification with pure oxygen aeration, V: Nutrient management in wastewater treatment processes and recycle streams : IWA specialized conference, Krakow, Poland, 19-21 September 2005 : the conference proceedings. Krakow: Lemtech. 2005: str. 1053-1057.
79. Zupančič G. D., Roš M., Uranjek Ž. N., Pražnikar Š. 2005. Ekonomsko smiselna rešitev obdelave blata za ČN 50000 PE. *Vodni dnevi 2005. Zbornik referatov. Portorož 2005*: str. 26-38.

## 7 PRILOGE

## PRILOGA 1

### Pravilnik o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu odpadnih vod ter o pogojih za njegovo izvajanje (Uradni list RS št. 74/07)

**Preglednica 1:** Pogostost prvih in občasnih meritev in čas vzorčenja za komunalne in skupne čistilne naprave

Zmogljivost komunalne ali skupne čistilne naprave, izražena v populacijskih ekvivalentih PE	Letna pogostost meritev (št. meritev na leto)	Čas vzorčenja reprezentativnega vzorca (ure)
<= 50	1 meritev vsako tretje leto ali ocena o obratovanju*	2
>50 < 200	2 meritvi vsako tretje leto	2
=> 200 < 1.000	2 meritvi vsako drugo leto	2
=> 1.000 < 2.000	2 meritvi vsako leto	6
=> 2.000 < 10.000	prvo leto obratovanja 12 meritev **	24
	vsako nadaljnje leto 4 meritve	24
=> 10.000 < 50.000	12 meritev vsako leto	24
=> 50.000	24 meritev vsako leto	24

\*prvih meritev se ne izvaja, če je glede mejnih vrednosti za napravo izdana listina o skladnosti KČN z zahtevami iz predpisa ki ureja odvajanje odpadnih vod iz malih komunalnih čistilnih naprav.

\*\* poskusno obratovanje se ne šteje kot obratovanje naprave.

**Preglednica 2:** Pogostost prvih in občasnih meritev in čas vzorčenja za posamezen iztok iz naprave

Vrsta naprave in letna količina industrijske odpadne vode (1.000 m <sup>3</sup> /11eto)	Letna pogostost meritev (št. meritev na leto)	Čas vzorčenja reprezentativnega vzorca (ure)
<4	1 meritev vsako leto	6
>= 4 < 10	2 meritvi vsako leto	6
>= 10 < 50	3 meritve vsako leto	6
>= 50 < 200	4 meritve vsako leto	24
>= 200 < 500	6 meritev vsako leto	24
>= 500	12 meritev vsako leto	24



## PRILOGA 2

### Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih vod v vode in javno kanalizacijo (Uradni list RS št. 47/05, 45/07)

**Preglednica 1:** Mejne vrednosti parametrov industrijske odpadne vode

Parameter	Izražen kot	Enota	MEJNE VREDNOSTI	
			Za odvajanje neposredno in posredno v vode	Za odvajanje v javno kanalizacijo
<b>I. SPLOŠNI PARAMETRI</b>				
Temperatura		°C	30	40
pH-vrednost			6,5 - 9,0	6,5 - 9,5
Neraztopljene snovi		mg/l	80	(a)
Usedljive snovi		mili	0,5	10
Obarvanost:				
- pri 436 nm	SAK	m <sup>-1</sup>	7,0	(b)
- pri 525 nm	SAK	m <sup>-1</sup>	5,0	
- pri 620 nm	SAK	m <sup>-1</sup>	3,0	
<b>II. BIOLOŠKI PARAMETRI</b>				
Strupenost za vodne bolhe	So		3	-
Biološka razgradljivost		%	-	70 (c)
<b>III. ANORGANSKI PARAMETRI</b>				
Bor*	B	mg/l	1,0	10,0
Aluminij *	Al	mg/l	3,0	(d)
Antimon *	Sb	mg/l	0,3	0,3
Arzen *	As	mg/l	0,1	0,1
Baker *	Cu	mg/l	0,5	0,5
Barij *	Ba	mg/l	5,0	5,0
Cink *	Zn	mg/l	2,0	2,0
Kadmij *	Cd	mg/l	0,1	0,1
Kobalt *	Co	mg/l	1,0	1,0
Kositer *	Sn	mg/l	2,0	2,0
Celotni krom *	Cr	mg/l	0,5	0,5
Krom-šestvalentni *	Cr	mg/l	0,1	0,1
Mangan	Mn	mg/l	1,0	1,0
Molibden *	Mo	mg/l	1,0	1,0
Nikelj *	Ni	mg/l	0,5	0,5
Srebro *	Ag	mg/l	0,1	0,1
Volfram *	W	mg/l	5,0	5,0

Se nadaljuje

## Nadaljevanje

Parameter	Izražen kot	Enota	MEJNE VREDNOSTI	
			za odvajanje neposredno in posredno v vode	za odvajanje v javno kanalizacijo
Svinec *	Pb	mg/l	0,5	0,5
Talij *	Ta	mg/l	0,5	0,5
Vanadij *	Va	mg/l	0,5	0,5
Železo *	Fe	mg/l	2,0	(d)
Živo srebro *	Hg	mg/l	0,01	0,01
Klor - prosti *	Cl <sub>2</sub>	mg/l	0,2	0,5
Celotni klor *	Cl <sub>2</sub>	mg/l	0,5	1,0
Amonijev dušik *	N	mg/l	10	(e)
Nitritni dušik *	N	mg/l	1,0	10
Nitratni dušik	N	mg/l	(f)	-
Celotni dušik	N	mg/l	(h)	-
Celotni cianid *	CN	mg/l	0,5	10
Cianid - prosti *	CN	mg/l	0,1	0,1
Fluorid *	F	mg/l	10	20
Klorid	Cl	mg/l	(g)	-
Celotni fosfor	P	mg/l	2,0 1,0 (i)	-
Sulfat	SO <sub>4</sub>	mg/l	(f)	300 (j)
Sulfid	S	mg/l	0,1	1,0
Sulfit	SO <sub>3</sub>	mg/l	1,0	10
<b>IV. ORGANSKI PARAMETRI</b>				
Celotni organski ogljik (TOC)	C	mg/l	30	-
Kemijska potreba po kisiku (KPK)	O <sub>2</sub>	mg/l	120	-
Biokemijska potreba po kisiku (BPK <sub>5</sub> )	O <sub>2</sub>	mg/l	25	-
Težkohlapne lipofinane snovi (maščobe, mineralna olja ...)		mg/l	20	100 (j)
Celotni ogljikovodiki * (mineralna olja)		mg/l	10	20
Lahkohlapni aromatski ogljikovodiki * (BTX) (k)		mg/l	0,1	1,0
Adsorbiljivi organski halogeni * (AOX)	Cl	mg/l	0,5	0,5
Lahkohlapni halogenirani ogljikovodiki * (LKCH) (l)	Cl	mg/l	0,1	0,1

Se nadaljuje

## Nadaljevanje

Parameter	Izražen kot	Enota	MEJNE VREDNOSTI	
			za odvajanje neposredno in posredno v vode	za odvajanje v javno kanalizacijo
PAH * (m)		mg/l	0,01	0,01
Polarna organska topila (n)		mg/l	(o)	5000
Fenoli *	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH	mg/l	0,1	10
Vsota anionskih in neionskih tenzidov		mg/l	1,0	(a)
Heksaklorobenzen *		mg/l	0,03	0,03

Parameter z oznako \* je nevarna snov s seznama I in seznama II iz priloge 1 te uredbe (v nadaljnjem besedilu: nevarna snov).

Oznake v preglednici 1 pomenijo:

- (a) mejna vrednost koncentracije neraztopljenih snovi, težkohlapnih lipofilnih snovi in vsote anionskih in neionskih tenzidov v industrijski odpadni vodi se določi v okoljevarstvenem dovoljenju na podlagi mnenja upravljavca javne kanalizacije oziroma upravljavca komunalne ali skupne čistilne naprave kot vrednost, pri kateri ni vpliva na kanalizacijo ali čistilno napravo;
- (b) mejna vrednost se določi v okoljevarstvenem dovoljenju kot vrednost, pri kateri obarvanost iztoka iz čistilne naprave, v kateri se obdeluje obarvana industrijska odpadna voda, ne presega mejne vrednosti za iztok v vode;
- (c) mejna vrednost parametra se uporablja, če je koncentracija KPK na iztoku iz naprave večja od 400 mg/l in je količina industrijske odpadne vode, ki se odvaja iz naprave, večja od 5 % vse odpadne vode, ki se čisti v čistilni napravi;
- (d) mejna vrednost parametra se v okoljevarstvenem dovoljenju določi posredno z upoštevanjem mejne vrednosti za neraztopljene snovi;
- (e) za odpadne vode, ki odtekajo na čistilne naprave z zmogljivostjo, manjšo od 2.000 PE, je mejna vrednost 100 mg/l, za tiste, ki odtekajo na čistilne naprave z zmogljivostjo, enako ali večjo od 2.000 PE, pa je mejna vrednost 200 mg/l, sicer pa se lahko določi višja mejna vrednost na način iz 7. člena te uredbe;
- (f) mejna vrednost se določi na način iz 6. člena te uredbe;
- (g) mejna vrednost parametra se določi v okoljevarstvenem dovoljenju posredno z upoštevanjem mejne vrednosti za strupenost;
- (h) mejna vrednost se določi kot vsota mejne vrednosti amonijevega dušika in mejne vrednosti nitratnega dušika, izražene kot N;
- (i) se uporablja na občutljivih območjih v skladu s predpisom, ki ureja emisijo snovi pri odvajanju odpadne vode iz komunalnih čistilnih naprav;
- (j) lahko se določi višja mejna vrednost na način iz 7. člena te uredbe;
- (k) lahkoohlapani aromatski ogljikovodiki (BTX) so vsota benzena, toluena, etilbenzena in ksilena, pri čemer se za vsako posamezno spojino posebej izvajajo meritve in določajo letne količine nevarne snovi. Pri ksilenu se upošteva vsota orto, meta in para izomere;
- (l) alifatski klorirani ogljikovodiki z vreliščem do 150°C (LKCH) so vsota izmerjenih koncentracij triklorometana, diklorometana, tetraklorometana, 1,2-dikloroetana, 1, 1-dikloroetena, trikloroetena in tetrakloroetena, pri čemer se za vsako posamezno spojino posebej izvajajo meritve in določajo letne količine nevarne snovi;
- (m) policiklični aromatski ogljikovodiki (PAH) so vsota izmerjenih koncentracij benzo(a)pirena, fluoroantena, benzo(b)fluorantena, benzo(k)f1uorantena, benzo(ghi)perilena in indeno(1,2,3-cd)pirena, pri čemer se za vsako posamezno spojino posebej izvajajo meritve in določajo letne količine nevarne snovi;
- (n) topila, ki se z vodo povsem ali delno mešajo in so biološko razgradljiva;
- (o) mejna vrednost je določena posredno z upoštevanjem mejne vrednosti za KPK.

### PRILOGA 3

#### Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih vod v vode in javno kanalizacijo (Uradni list RS št. 45/07)

**Preglednica 1:** Količina snovi v odpadni vodi

PARAMETER	IZRAŽEN KOT	ENOTA	KOLIČINA
Bor*	B	g/leto	1.000
Aluminij	Al	g/leto	3.000
Antimon *	Sb	g/leto	300
Arzen *	As	g/leto	100
Baker*	Cu	g/leto	500
Barij *	Ba	g/leto	5.000
Cink *	Zn	g/leto	2.000
Kadmij *	Cd	g/leto	100
Kobalt *	Co	g/leto	1.000
Kositer *	Sn	g/leto	2.000
Celotni krom *	Cr	g/leto	500
Krom - šestvalentni *	Cr	g/leto	100
Mangan	Mn	g/leto	1.000
Molibden *	Mo	g/leto	1.000
Nikelj *	Ni	g/leto	500
Srebro *	Ag	g/leto	100
Volfram *	W	g/leto	5.000
Svinec *	Pb	g/leto	500
Talij *	Ta	g/leto	500
Vanadij *	Va	g/leto	500
Železo	Fe	g/leto	2.000
Živo srebro *	Hg	g/leto	20
Klor - prosti *	Cl <sub>2</sub>	g/leto	200
Celotni klor *	Cl <sub>2</sub>	g/leto	500
Amonijev dušik *	N	g/leto	40.000
Nitritni dušik *		g/leto	1.000
Cianid prosti *	CN	g/leto	100
Celotni cianid *	CN	g/leto	100
Fluorid *	F	g/leto	10.000
Sulfat	SO <sub>4</sub>	g/leto	300.000
Sulfid	S	g/leto	100
Sulfit	SO <sub>3</sub>	g/leto	1.000
Celotni ogljikovodiki (mineralna olja) *		g/leto	10.000
Težkohlapne lipofilne snovi		g/leto	20.000
Lahkohlapni aromatski ogljikovodiki - BTX *		g/leto	100
Adsorbiljivi organski halogeni - AOX *	Cl	g/leto	500
Lahkohlapni klorirani ogljikovodiki - LKCH *	Cl	g/leto	100
Dikloroetan - 1,2 *	Cl	g/leto	100
Diklorometan *	Cl	g/leto	100
Kloroalkani (C <sub>10-13</sub> ) *	Cl	g/leto	100
Heksaklorobenzen (HCB) *	Cl	g/leto	100

Se nadaljuje

Nadaljevanje

PARAMETER	IZRAŽEN KOT	ENOTA	KOLIČINA
Heksaklorobutadien (HCBd) *	Cl	g/leto	100
Heksaklorocikloheksan (HCH) *	Cl	g/leto	100
Bromirani difenileter *		g/leto	100
Organske kositrove spojine *		g/leto	100
Fenoli *	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH	g/leto	100
Policiklični aromatski ogljikovodiki - PAH *		g/leto	100
Vsota anionskih in neionskih tenzidov		g/leto	1.000

**Preglednica 2:** Koncentracije prednostnih snovi za dobro kemijsko stanje površinske vode

Ime prednostne snovi	Številka iz CAS seznama nevarnih snovi	Koncentracija prednostne snovi (µg/l)
Pentabromo difenileter	32534-81-9	0,0005
C <sub>(10-13)</sub> kloroalkani	85535-84-8	0,4
Klorfenvinfos	470-90-6	0,1
Klorpirifos	2921-88-2	0,03
Di(2-etilheksil)ftalat (DEHP)	117-81-7	1,3
Diuron	330-54-1	0,2
Endosulfan	115-29-7	0,005
Izoproturon	34123-59-6	0,3
Nonilfenol	25154-52-3	0,3
Oktifenol	1806-26-4	0,1
Pentaklorobenzen	608-93-5	0,007
Benzo(a)piren	50-32-8	0,05
Benzo(b)fluoranten	205-99-2	vsota = 0,03
Benzo(k)fluoranten	207-08-9	
Indendo(1,2,3-cd)perilen	193-39-5	vsota = 0,002
Benzo(g, h, i)perilen	191-24-2	
Benzo(k)fluoranten	207-08-9	0,03
Tributilkositrove spojine	688-73-3	0,4
Triklorobenzen (vse izomere)	12002-48-1	0,4
Trifluralin	1582-09-8	0,03
Nikelj		20 *

\* uporablja se za nikelj ne glede na vrednost koncentracije niklja za dobro kemijsko stanje površinske vode iz predpisa, ki ureja kemijsko stanje površinskih voda.

## PRILOGA 4

### MEJNE VREDNOSTI PARAMETROV ODPADNE VODE, KI SE ODVAJA IZ KOMUNALNE ČISTILNE NAPRAVE

#### Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz komunalnih čistilnih naprav (Uradni list RS št. 45/07)

**Preglednica 1:** Mejne vrednosti za koncentracijo neraztopljenih snovi, amonijevega in celotnega dušika, KPK ter BPK<sub>5</sub>

Parameter	Izražen kot	Enota	Zmogljivost čistilne naprave, izražena v PE		
			>= 2.000 < 10.000	>= 10.000 < 100.000	>=100.000
Neraztopljene snovi	-	mg/l	60	<b>35</b>	35
Amonijev dušik	N	mg/l	10**	<b>10**</b>	5**
Celotni dušik*	N	mg/l	25**	<b>25**</b>	20**
KPK	O <sub>2</sub>	mg/l	125	<b>110</b>	100
BPK <sub>5</sub>	O <sub>2</sub>	mg/l	25	<b>20</b>	20

\* Celotni dušik je vsota dušika po Kjeldahlu (N-organski + N-NH<sub>4</sub>), nitratnega dušika (N-NO<sub>3</sub>) in nitritnega dušika (N-NO<sub>2</sub>).

\*\* Mejna vrednost za amonijev in celotni dušik se uporablja pri temperaturi odpadne vode 12°C in več na iztoku aeracijskega bazena.

**Preglednica 2:** Mejne vrednosti za koncentracijo amonijevega dušika ter za koncentracijo in učinek čiščenja celotnega dušika in celotnega fosforja

Parameter	Izražen kot	Enota	Zmogljivost čistilne naprave, izražena v PE		
			>= 2.000 < 10.000	>= 10.000 < 100.000	>=100.000
Amonijev dušik	N	mg/l	10**	<b>10**</b>	5**
Celotni dušik*	N	mg/l	15**	<b>15**</b>	10**
Učinek čiščenja celotnega dušika		%	70	<b>70</b>	80
Celotni fosfor	P	mg/l	2	<b>2</b>	1
Učinek čiščenja celotnega fosforja		%	80	<b>80</b>	80

\* Celotni dušik je vsota dušika po Kjeldahlu (N-organski + N-NH<sub>4</sub>), nitratnega dušika (N-NO<sub>3</sub>) in nitritnega dušika (N-NO<sub>2</sub>).

\*\* Mejna vrednost za amonijev in celotni dušik se uporablja pri temperaturi odpadne vode 12°C in več na iztoku aeracijskega bazena.

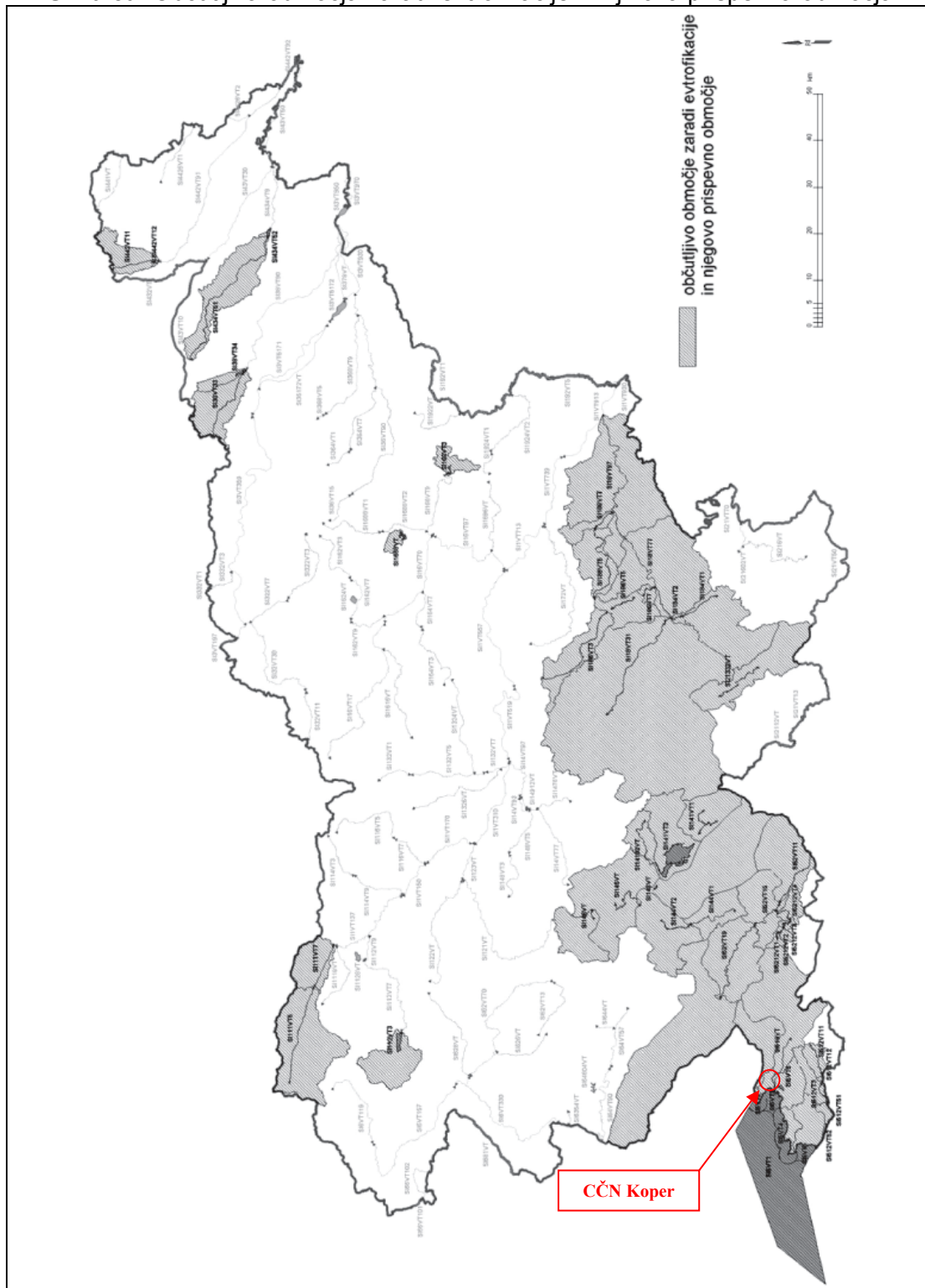
**Preglednica 3:** Mejne vrednosti za mikrobiološke parametre

Parameter	Enota	Mejna vrednost emisije	
		Vodotoki	morje
Skupne koliformne bakterije	Število v 100 ml	10.000	2.000
Koliformne bakterije fekalnega	Število v 100 ml	2.000	500
Streptokoki fekalnega izvora	Število v 100 ml	400	200

## PRILOGA 5

OBČUTLJIVA OBMOČJA (Uradni list RS št. 45/07)

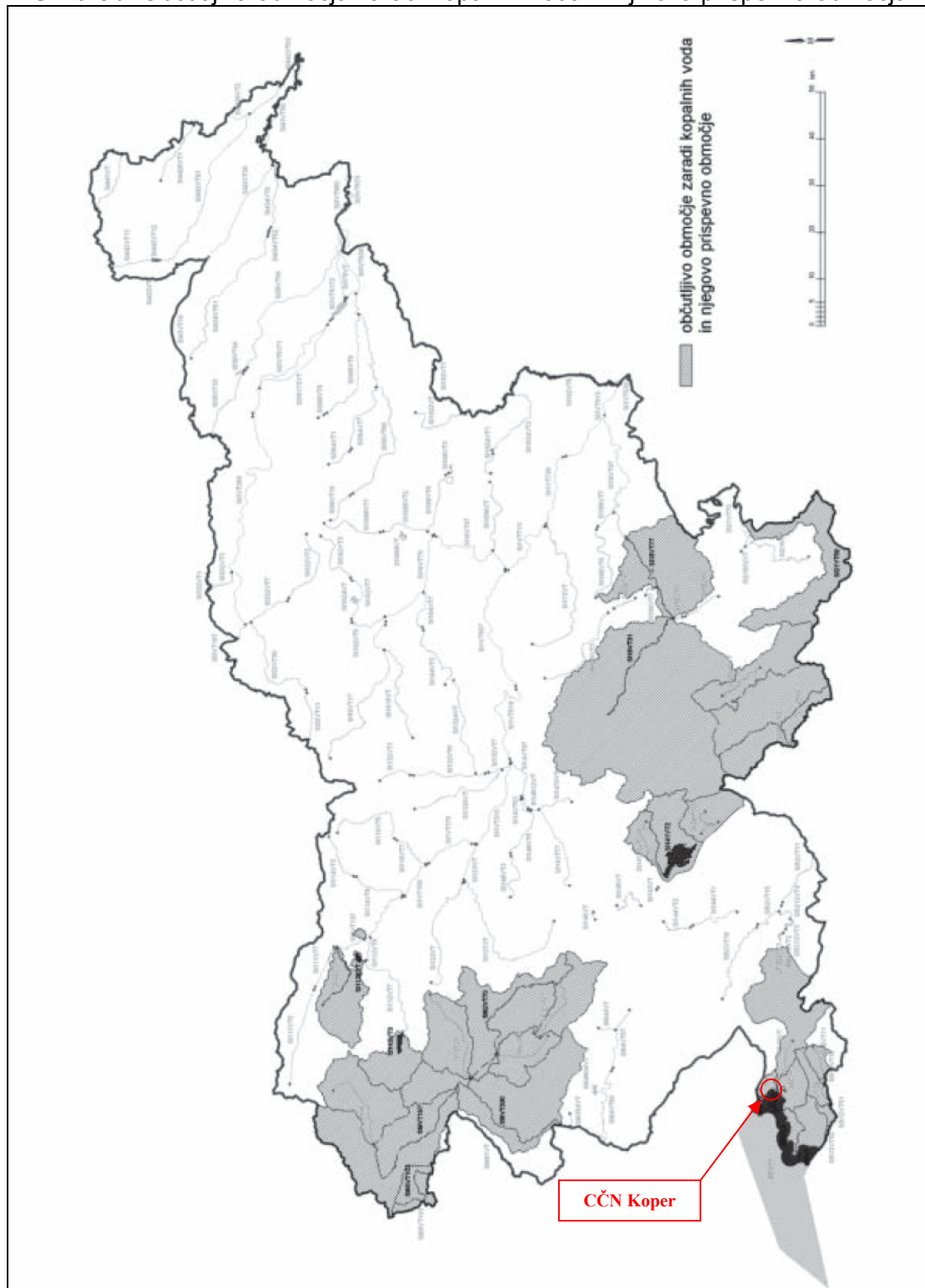
Slika 5a: Občutljiva območja zaradi eutrofikacije in njihova prispevna območja



Se nadaljuje

Nadaljevanje

**Slika 5b:** Občutljiva območja zaradi kopalnih voda in njihova prispevna območja





## PRILOGA 6

### Uredba o uporabi blata iz komunalnih čistilnih naprav v kmetijstvu (Uradni list RS, št. 62/2008)

#### Del A

**Preglednica 1:** Mejne vrednosti za koncentracije težkih kovin v tleh

Parameter	Tla (mg/kg suhe snovi)
Kadmij in njegove spojine, izražene kot Cd	1
Krom in njegove spojine, izražene kot celotni Cr	100
Baker in njegove spojine, izražene kot Cu	60
Živo srebro in njegove spojine, izražene kot Hg	0,8
Nikelj in njegove spojine, izražene kot Ni	50
Svinec in njegove spojine, izražene kot Pb	85
Cink in njegove spojine, izražene kot Zn	200

Mejne vrednosti veljajo za vsebnost težkih kovin v reprezentativnem vzorcu tal, določenem v delu F te priloge, pri vrednosti pH od 6 do 7 v tleh.

#### Del B

**Preglednica 2:** Mejne vrednosti koncentracije težkih kovin v blatu, ki se uporablja v kmetijstvu

Parameter	Tla (mg/kg suhe snovi)
Kadmij in njegove spojine, izražene kot Cd	1,5
Krom in njegove spojine, izražene kot celotni Cr	200
Baker in njegove spojine, izražene kot Cu	300
Živo srebro in njegove spojine, izražene kot Hg	1,5
Nikelj in njegove spojine, izražene kot Ni	75
Svinec in njegove spojine, izražene kot Pb	250
Cink in njegove spojine, izražene kot Zn	1200

Mejne vrednosti veljajo za koncentracije težkih kovin v obdelanem blatu. Izmerjene vrednosti morajo biti preračunane na 30% vsebnost biološko razgradljivih organskih snovi v obdelanem blatu.

#### Del C

**Preglednica 3:** Mejne vrednosti za količine težkih kovin, ki se smejo na podlagi 10-letnega povprečja letno vnesti v kmetijska zemljišča

Parameter	Tla (mg/kg suhe snovi)
Kadmij in njegove spojine, izražene kot Cd	0,015
Krom in njegove spojine, izražene kot celotni Cr	2
Baker in njegove spojine, izražene kot Cu	3
Živo srebro in njegove spojine, izražene kot Hg	0,015
Nikelj in njegove spojine, izražene kot Ni	0,75
Svinec in njegove spojine, izražene kot Pb	2,5
Cink in njegove spojine, izražene kot Zn	12

Se nadaljuje

Nadaljevanje

## Del D

### ANALIZA OBDELANEGA BLATA

1. Praviloma je treba obdelano blato analizirati najmanj vsakih šest mesecev. Ob spremembah v značilnostih čiščenja odpadnih voda je treba pogostnost analiz povečati če se rezultati analiz v enem letu bistveno ne razlikujejo, je treba obdelano blato analizirati vsaj vsakih dvanajst mesecev.
2. Analiza mora vključevati naslednje parametre obdelanega blata:
  - suha snov, organska snov,
  - pH,
  - dušik in fosfor,
  - kadmij, baker, nikelj, svinec, Cink, živo srebro, krom.

## Del E

### ANALIZA TAL

1. Kadar koli se uporablja obdelano blato, ki ni blato iz malih komunalnih čistilnih naprav z zmogljivostjo čiščenja, manjšo od 500 PE, mora upravljavec naprave dokazati, da vsebnost težkih kovin v tleh ne presega mejnih vrednosti, določenih v delu A priloge 1 te uredbe.
2. V okoljevarstvenem dovoljenju za uporabo komposta ali pregnitega blata v kmetijstvu je treba določiti pogostnost nadaljnjih analiz težkih kovin v tleh, pri čemer se upoštevajo predvsem vsebnost kovin v tleh pred uporabo blata in količina ter sestava uporabljenega blata.
3. Analiza težkih kovin v tleh mora vsebovati naslednje parametre:
  - pH
  - kadmij, baker, nikelj, svinec, cink, živo srebro in krom.

## Del F

### VZORČENJE IN ANALITSKE METODE

1. **Vzorčenje tal.** Reprezentativni vzorci tal za analizo so sestavljeni z mešanjem 25 vzorcev, odvzetih na območju, ki ne presega 2 ha istovrstne kmetijske rabe tal. Vzorce je treba jemati do globine 25 cm, na travnikih 6 cm in v trajnih nasadih do globine 25 cm.
2. **Vzorčenje blata.** Blato je treba vzorčiti po obdelavi, vendar pred dobavo uporabniku, pri čemer mora biti vzorec reprezentativen za proizvodnjo blata.
3. **Analitske metode.** Analizo težkih kovin je treba opraviti s kislinskim razklopom. Referenčna analitska metoda mora biti atomska absorpcijska spektrometrija, meja detekcije za vsako kovino pa naj ne bo višja od 10% ustrezne mejne vrednosti.

## PRILOGA 7

Uredba o obdelavi biološko razgradljivih odpadkov Ur.l. RS, št. 62/2008.

**Preglednica 1:** Parametri okoljske kakovosti

Parameter okoljske kakovosti	Kompost ali pregnito blato: 1. razred okoljske kakovosti (mg/kg suhe snovi)	Kompost ali pregnito blato: 2. razred okoljske kakovosti (mg/kg suhe snovi)	Okoljska kakovost za stabilizirane biološko razgradljive odpadke (mg/kg suhe snovi)
Cd	0,7	1,5	7
celotni Cr	80	200	500
Cu	100	300	800
Hg	0,5	1,5	7
Ni	50	75	350
Pb	80	250	500
Zn	200	1200	2500
PCB	0,4	1	1
PAH	3	3	6
neželene primesi	(% mase suhe snovi)	(% mase suhe snovi)	(% mase suhe snovi)
trdni delci iz stekla, plastike ali kovine, večji od 2 mm	<0,5%	<2%	<7%
mineralni trdni delci, večji od 5 mm	<5%	<5%	-

Izmerjene vrednosti morajo biti preračunane na 30 % vsebnost biološko razgradljivih organskih snovi v kompostu, pregnitem blatu ali stabiliziranih biološko razgradljivih odpadkih.

Se nadaljuje

Nadaljevanje

**Preglednica 2: Število vzorčenj in vrednotenje meritev**

Število vzorčenj	Kompost ali pregnito blato: 1. razred okoljske kakovosti	Kompost ali pregnito blato: 2. razred okoljske kakovosti	Stabilizirani biološko razgradljivi odpadki
Letna zmogljivost obdelave:	najmanjše število vzorčenj:		
<= 1000 t	1 vsakih 6 mesecev	1 vsakih 6 mesecev	1 vzorčenje na 100 t in ne manj kakor 1 vzorčenje vsakih 6 mesecev
>1000 t in <= 10.000 t	1 vsake 3 mesece	1 vsake 3 mesece	
> 10.000 t	1 na mesec	1 na mesec	
Vrednotenje meritev			
Največje število vzorcev, v katerih lahko parametri okoljske kakovosti presegajo vrednosti iz preglednice 1 za največ 20 %	1 za 2 vzorca v obdobju 12 mesecev 2 za 4 vzorce v obdobju 12 mesecev 3 za 12 vzorcev v obdobju 12 mesecev	1 za 2 vzorca v obdobju 12 mesecev 2 za 4 vzorce v obdobju 12 mesecev 3 za 12 vzorcev v obdobju 12 mesecev	1 za 2 vzorca v obdobju 12 mesecev 2 za 4 vzorce v obdobju 12 mesecev 3 za 12 vzorcev v obdobju 12 mesecev