

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Zupančič, T., 2013. Anaerobni postopki čiščenja onesnaženih voda. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Panjan, J., somentor Krzyk, M.): 34 str.

Datum arhiviranja: 07-01-2015

University
of Ljubljana

Faculty of
*Civil and Geodetic
Engineering*



Jamova cesta 2
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

DRUGG – The Digital Repository
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Zupančič, T., 2013. Anaerobni postopki čiščenja onesnaženih voda. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Panjan, J., co-supervisor Krzyk, M.): 34 pp.

Archiving Date: 07-01-2015

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



Jamova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si

UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI
PROGRAM PRVE STOPNJE
VODARSTVA IN
OKOLJSKEGA INŽENIRSTVA

Kandidatka:

TADEJA ZUPANČIČ

**ANAEROBNI POSTOPKI ČIŠČENJA ONESNAŽENIH
VODA**

Diplomska naloga št.: 16/B-VOI

**ANAEROBIC PROCEDURES OF WASTEWATER
TREATMENT**

Graduation thesis No.: 16/B-VOI

Mentor:

izr. prof. dr. Jože Panjan

Predsednik komisije:

izr. prof. dr. Dušan Žagar

Somentor:

asist. dr. Mario Krzyk

Ljubljana, 24. 09. 2013

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVA AVTORJA

Podpisana Tadeja Zupančič izjavljam, da sem avtorica diplomske naloge z naslovom: »Anaerobni postopki čiščenja odpadnih voda«.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v repozitoriju UL FGG.

Ljubljana, september 2013

Tadeja Zupančič

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	628.35(043.2)
Avtor:	Tadeja Zupančič
Mentor:	izr. prof. dr. Jože Panjan
Somentor:	asist. dr. Mario Krzyk
Naslov:	Anaerobni postopki čiščenja odpadnih voda
Tip dokumenta:	diplomska naloga – univerzitetni študij
Obseg in oprema:	34 str., 7 pregl., 9 sl., 2 en., 3 pril.
Ključne besede:	čiščenje odpadnih voda, kemijska potreba po kisiku, biokemijska potreba po kisiku, populacijski ekvivalent

Izvleček:

V mlekarnah, na prašičjih farmah in v klavnicah nastajajo močno onesnažene odpadne vode. Te je treba pred izpustom v vodotoke ustrezno obdelati z različnimi postopki čiščenja v čistilnih napravah. V diplomski nalogi so prikazani opisi postopkov mehanskega, fizikalno-kemijskega in biološkega čiščenja odpadnih voda ter dejavnikov, ki vplivajo na potek reakcij v čistilnih napravah. Poseben poudarek je na anaerobnem čiščenju odpadnih voda. Prednosti pred aerobnimi procesi so manjša produkcija visoko stabiliziranega biološkega blata, manjša potreba po nutrientih, manjši potrebni volumni reaktorjev in produkcija metana, ki je potencialni vir energije. V diplomski nalogi so predstavljene čistilne naprave podjetij Pomurske mlekarne, d. d., Panvita MIR, d. d., in Panvita, Prašičereja Nemščak, d. o. o.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC:	628.35(043.2)
Author:	Tadeja Zupančič
Supervisor:	Assoc. Prof. Jože Panjan, Ph. D.
Co-Supervisor:	Assist. Mario Krzyk, Ph. D.
Title:	Anaerobic procedures of wastewater treatment
Document type:	Graduation Thesis – University studies
Notes:	34 p., 7 tab., 9 fig., 2 eq., 3 ann.
Key words:	wastewater treatment, chemical oxygen demand, biochemical oxygen demand, population equivalents

Abstract:

Highly polluted wastewater is formed in dairies, pig farms and slaughterhouses. Before released into watercourses, wastewater should be properly processed with different treatment procedures in wastewater treatment plants. The thesis deals with the descriptions of mechanical, physical and chemical, and biological wastewater treatment procedures and the description of the factors which affect the reactions in wastewater treatment plants. I give special emphasis on anaerobic wastewater treatment. Its advantages over aerobic processes are smaller production of highly stabilized sludge, reduced need for nutrients, smaller necessary volumes of reactors, and production of methane, which is a potential source of energy. In this thesis I present water treatment plants of various companies Pomurske mlekarne d.d. (Prekmurske Dairies PLC), Panvita MIR d.d. (Panvita MIR PLC) and Panvita – prašičereja Nemščak d.o.o. (Panvita – pig farming Ltd).

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem mentorju izr. prof. dr Jožetu Panjanu in somentorju asist. dr. Mariu Krzyku za vso pomoč pri pripravi diplomske naloge.

Posebna zahvala gre mojim staršem za vso izkazano podporo in vzpodbudne besede ter nečakinji Zarji za vsak podarjen nasmeh v težkih dnevih. Hvala tudi vsem ostalim, ki so bili ob meni na moji študijski poti.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
2	KAKOVOSTNE LASTNOSTI ODPADNIH VODA	2
2.1	FIZIKALNE LASTNOSTI.....	2
2.1.1	<i>Temperatura</i>	2
2.1.2	<i>Motnost</i>	3
2.1.3	<i>Barva</i>	3
2.1.4	<i>Vonj</i>	3
2.1.5	<i>Nihanja v pretoku</i>	3
2.1.6	<i>Prevodnost</i>	3
2.1.7	<i>Usedljivost</i>	3
2.1.8	<i>Raztopljene in neraztopljene snovi</i>	4
2.2	BIOLOŠKE LASTNOSTI.....	4
2.2.1	<i>Indikator bakterij za patogene bakterije</i>	4
2.2.2	<i>Virusi</i>	4
2.3	KEMIJSKE LASTNOSTI	4
2.3.1	<i>pH</i>	5
2.3.2	<i>Alkaliteta</i>	5
2.3.3	<i>Biokemijska potreba po kisiku – BPK</i>	5
2.3.4	<i>Kemijska potreba po kisiku – KPK</i>	6
2.3.5	<i>Celotni organski ogljik – TOC</i>	6
2.3.6	<i>Dušik</i>	6
2.3.7	<i>Fosfor</i>	7
2.3.8	<i>Klor</i>	7
2.3.9	<i>Žveplo</i>	7
2.3.10	<i>AOX</i>	7
2.3.11	<i>Maščobe, olja in masti</i>	7
3	POSTOPKI ČIŠČENJA ODPADNIH VOD	9
3.1	MEHANSKO ČIŠČENJE.....	9
3.1.1	<i>Predčiščenje</i>	9
3.1.2	<i>Sedimentacija</i>	10
3.1.3	<i>Flotacija</i>	10
3.1.4	<i>Filtracija</i>	10
3.2	FIZIKALNO-KEMIJSKO ČIŠČENJE	11
3.2.1	<i>Koagulacija</i>	11
3.2.2	<i>Flokulacija</i>	11
3.2.3	<i>Ionska izmenjava</i>	11
3.3	BIOLOŠKO ČIŠČENJE.....	12
3.3.1	<i>Aerobni postopki</i>	12
3.3.1.1	<i>Sistemi čiščenja z aktivnim blatom</i>	12
3.3.1.2	<i>Sistemi s pritrjeno biomaso</i>	13
3.3.2	<i>Nitrifikacija</i>	14
3.3.3	<i>Denitrifikacija</i>	14
3.3.4	<i>Odstranjevanje fosforja</i>	15
4	ANAEROBNI POSTOPKI ČIŠČENJA ODPADNIH VODA	16
4.1	HIDROLIZA.....	17
4.2	ACIDOGENEZA.....	18
4.3	ACETOGENEZA.....	18
4.4	METANOGENEZA.....	19
4.4.1	<i>Metanogene bakterije, ki uporabljajo vodik</i>	20

4.4.2	<i>Acetoklastične metanogene bakterije</i>	20
4.5	ANAEROBNE LAGUNE	21
4.6	ANAEROBNO AKTIVNO BLATO	21
4.7	SISTEMI S STATIČNIM NOSILCEM BIOMASE.....	21
5	ČISTILNA NAPRAVA V PODJETJU POMURSKE MLEKARNE, D. D.	22
5.1	NASTAJANJE ODPADNIH VOD	22
5.2	OPIS TEHNOLOGIJE IN DELOVANJA ČISTILNE NAPRAVE.....	23
5.3	IZRAČUN OBREMENITVE, IZRAŽENE V POPULACIJSKIH EKVIVALENTIH	24
6	ČISTILNA NAPRAVA V PODJETJU PANVITA MIR, D. D.	25
6.1	NASTAJANJE ODPADNIH VODA.....	25
6.2	TEHNIKE ČIŠČENJA ODPADNIH VODA IN NJIHOVO ODVAJANJE	25
6.3	IZRAČUN OBREMENITVE, IZRAŽENE V POPULACIJSKIH EKVIVALENTIH	27
7	ČISTILNA NAPRAVA V PODJETJU PANVITA, PRAŠIČEREJA NEMŠČAK, D. O. O.	28
7.1	OPIS TEHNOLOŠKEGA POSTOPKA.....	28
7.2	TEHNIKE ČIŠČENJA ODPADNIH VODA IN NJIHOVO ODVAJANJE	29
7.2.1	<i>Mehansko čiščenje odpadnih voda</i>	29
7.2.2	<i>Anaerobno čiščenje</i>	29
7.2.3	<i>Aerobno čiščenje</i>	30
7.2.4	<i>Zaključno čiščenje</i>	30
7.2.5	<i>Obdelava mulja</i>	31
7.3	IZRAČUN OBREMENITVE, IZRAŽENE V POPULACIJSKIH EKVIVALENTIH	31
8	ZAKLJUČEK	32
	VIRI	33

KAZALO PREGLEDNIC

PREGLEDNICA 1: POSTOPKI VRST ČIŠČENJA ODPADNIH VODA.....	9
PREGLEDNICA 2: IZMERJENI PARAMETRI BPK5 IN KPK (PRILOGA A2).....	24
PREGLEDNICA 3: IZRAČUNAN OBREMENITVE, IZRAŽEN S PE.....	24
PREGLEDNICA 4: IZMERJENI PARAMETRI BPK5 IN KPK (PRILOGA B1).....	27
PREGLEDNICA 5: IZRAČUNAN OBREMENITVE, IZRAŽEN S PE.....	27
PREGLEDNICA 6: IZMERJENI PARAMETRI BPK5 IN KPK (PRILOGA C2).....	31
PREGLEDNICA 7: IZRAČUN OBREMENITVE, IZRAŽEN S PE.....	31

KAZALO SLIK

<i>SLIKA 1: PRIKAZ KEMIJSKIH REAKCIJ - NITRIFIKACIJA.....</i>	<i>14</i>
<i>SLIKA 2: SHEMA ANAEROBNEGA ČIŠČENJA</i>	<i>16</i>
<i>SLIKA 3: POMURSKE MLEKARNE.....</i>	<i>22</i>
<i>SLIKA 4: ČISTILNA NAPRAVA MURSKA SOBOTA.....</i>	<i>23</i>
<i>SLIKA 5: BAZEN ODPADNIH VODA</i>	<i>24</i>
<i>SLIKA 6: KLAVNICA PANVITA MIR.....</i>	<i>25</i>
<i>SLIKA 7: ODPADNA VODA V BAZENU.....</i>	<i>26</i>
<i>SLIKA 8: BLATO, KI JE PRIPRAVLJENO ZA ODVOZ.....</i>	<i>27</i>
<i>SLIKA 9: PRAŠIČEREJA NEMŠČAK.....</i>	<i>28</i>

»Ta stran je namenoma prazna.«

1 UVOD

Voda je ključni sestavni del okolja, brez katerega ne bi bilo življenja na Zemlji. Najpomembnejši vlogi vode na Zemlji sta njen pomen kot življenjski prostor najrazličnejših vrst rastlinskega in živalskega sveta ter njen pomen kot sestavni del vsakega živega bitja, ki mu omogoča normalno funkcioniranje.

Zaradi človekove dejavnosti, načina življenja in hitrega gospodarskega razvoja nastaja vrsta onesnaženj, med drugimi tudi odpadne vode, ki lahko v naravnih vodah porušijo naravno ravnotežje. Prav zato je nujno umno gospodarjenje z vodami, saj je ta potrebna za zagotavljanje ustreznih življenjskih pogojev. Evropska gospodarska skupnost je 21. maja 1991 sprejela Direktivo 91/271/EGS o čiščenju komunalne vode. V tej direktivi so postavljene zahteve glede odvajanja in čiščenja komunalnih odpadnih voda ter industrijskih biorazgradljivih odplak. Slovenija je leta 1991 sprejela uredbo o taksi za obremenjevanje voda, pri pristopnih pogajanjih pa je sprejela operativni program odvajanja in čiščenja odpadnih voda. Industrijski onesnaževalci so bili zaradi plačevanja visokih zneskov občinam in državi primorani zgraditi lastne čistilne naprave, ki so namenjene postopkom predčiščenja in nadaljnega izpusta v kanalizacijsko omrežje ali končnemu čiščenju lastnih odpadnih voda in končnemu izpustu v vodotok. Uporabljajo mehanske, fizikalno-kemijske, kemijske, biološke (aerobne in anaerobne) postopke čiščenja.

Biološko čiščenje odpadne vode prispeva k ohranjanju okolja zaradi onesnaženja, ki nastaja v urbanem okolju, kmetijstvu in industriji. Cilj delovanja čistilne naprave je zadovoljiva zaščita podtalnice in površinskih voda. Prav to pa je bilo vodilo pri moji izbiri teme diplomske naloge. V njej bom predstavila postopke čiščenja odpadnih voda v podjetjih Pomurske mlekarne, d. d., Panvita, Prašičereja Nemščak, d. o. o., in Panvita MIR, d. d. Vsa izbrana podjetja so na območju Pomurja, saj prihaja tukaj do težav z onesnaženostjo podtalnice oziroma pitnih voda. Podrobneje se bom osredotočila na predstavitev anaerobnih postopkov. Anaerobno čiščenje je v zadnjih letih ponovno pridobilo na pomenu zaradi možnosti izkoriščanja nastale energije in manjše obremenitve okolja s toplogrednimi plini.

2 KAKOVOSTNE LASTNOSTI ODPADNIH VODA

Odpadne vode delimo glede na izvor in vrsto onesnaženosti na:

- komunalne odpadne vode,
- industrijske odpadne vode,
- padavinske odpadne vode.

Komunalna odpadna voda je odpadna voda, ki nastaja v bivalnem okolju gospodinjstev zaradi rabe vode v sanitarnih prostorih, pri kuhanju, pranju in drugih gospodinjskih opravilih.

Industrijska odpadna voda je voda, ki nastaja predvsem po uporabi v industriji, obrtni ali obrti podobni gospodarski ali kmetijski dejavnosti in po nastanku ni podobna komunalni odpadni vodi. Za industrijsko odpadno vodo se šteje tudi zmes industrijske odpadne vode s komunalno ali padavinsko odpadno vodo ali z obema, če se pomešane vode po skupnem iztoku odvajajo v kanalizacijo ali neposredno v površinske vode. Industrijska odpadna voda so tudi hladilne vode in tekočine, ki se zbirajo in odtekajo iz naprav za predelavo in skladiščenje.

Padavinska odpadna voda pa je voda, ki kot posledica meteorskih padavin odteka iz utrjenih, tlakovanih ali drugih površin neposredno ali po kanalizaciji v vode ali tla.

2.1 FIZIKALNE LASTNOSTI

Na podlagi opazovanj različnih fizikalnih lastnosti odpadne vode lahko na čistilni napravi pridobimo hitre informacije o dogajanju na vtoku in iztoku ter o poteku delovnega procesa. Med fizikalne lastnosti spadajo celotne trdne snovi, sestavljene iz plavajočih snovi, koloidnih delcev, usedljivih in raztopljenih snovi. Med fizikalne lastnosti spadajo tudi temperatura, barva, motnost, prepustnost in prevodnost (Roš, Zupančič, 2010).

2.1.1 Temperatura

Temperaturo vode v naravi ali v kanalizacijskih sistemih lahko opredelimo kot onesnaženje, pri katerem se zaradi nje spreminjajo fizikalne in kemijske lastnosti, predvsem pa potek biokemijske razgradnje in pospešuje razvoj mikroorganizmov, ki dobro uspevajo pri višjih temperaturah. Temperatura se meri ob odvzemu vzorca. Odvisna je od okolice in niha glede na letni čas v območju 5–20 °C, pri velikih sistemih pa v območju 9–15 °C. Istočasno se meri tudi temperatura zraka s termometrom, ki ga zavarujemo pred neposrednimi sončnimi vplivi (Panjan, 2004).

2.1.2 Motnost

Motnost je merilo za prepustnost svetlobe skozi vodo. Odvisna je od prisotnosti finih suspendiranih snovi in koloidnih delcev. Merilo za motnost je osnovano na primerjavi intenzitete razpršitve svetlobe vzorca in referenčne suspenzije (Roš, Zupančič, 2010). Motnost je v neposredni povezavi s stopnjami prečiščevanja (razlika je pred in po čiščenju).

2.1.3 Barva

Barva je odvisna od količine ter vrste raztopljenih in koloidnih snovi v vodi. Normalno sveža odpadna voda je rumeno-siva, ki po določenem času postane temno siva, če so v sistemu anaerobni pogoji pa voda zaradi sulfidov postane tudi črna.

2.1.4 Vonj

Vonj je subjektiven parameter, čeprav lahko človeški nos zazna sestavine odpadne vode. Sveža odpadna voda ima običajno zatohel vonj. Neobičajne vonjave odpadne vode so lahko posledica industrijskega razlitja. Če zaznamo tak vonj, moramo biti previdni, saj lahko voda vsebuje toksične snovi. V tem primeru moramo upoštevati varnostne ukrepe in povečati vsebnosti kisika v odpadni vodi.

2.1.5 Nihanja v pretoku

Nihanje količine odpadne vode se pojavlja dnevno, tedensko, sezonsko ali letno. Nihanje dnevnega pretoka je odvisno od velikosti kanalizacijskega sistema (če je nihanje večje, imamo manjši sistem). Na nihanje pa vplivajo tudi število in vrsta črpalk, vrste industrijske odpadne vode in življenjske navade prebivalstva.

2.1.6 Prevodnost

Prisotnost raztopljenih snovi je merilo za prevodnost. S tem je povezano tudi to, da govorimo o normalnem območju prevodnosti v odpadni vodi. Če je prevodnost povečana, je vzrok najverjetneje v izpustih industrijskih naprav.

2.1.7 Usedljivost

Med trdne snovi v odpadni vodi spadajo raztopljene, koloidne, plavajoče in usedljive snovi. Raztopljene, koloidne in plavajoče snovi lahko uvrstimo v isto skupino, ki jo poimenujemo neusedljive snovi. Določamo jih po standardnih metodah s filtriranjem. Usedljivost pa merimo z volumetričnim preskusom.

2.1.8 Raztopljene in neraztopljene snovi

Raztopljene in neraztopljene snovi najdemo v vodi organskega in anorganskega izvora. Za anorganske snovi so pogosto vzrok gline in peski, za organske pa odmrli in živi mikroorganizmi. Vzrok za raztopljene snovi so najpogosteje izpusti onesnaženih voda iz naselij in industrije.

Raztopljene in neraztopljene snovi ločimo s filtriranjem. Raztopljene določimo kot sušino ali izparilni ostanek po sušenju (105 °C), neraztopljene pa določimo kot odfiltrirane snovi po sušenju (105 °C). Glede na gostoto snovi jih ločimo na usedljive, lebdeče in plavajoče snovi (Panjan, 2004).

2.2 BIOLOŠKE LASTNOSTI

Bakterije, praživali, glive, virusi ter mikroskopske rastline in živali so glavne skupine mikroorganizmov, ki so v odpadni vodi. Večina mikroorganizmov, predvsem bakterij in praživali, je odgovornih in koristnih za procese pri biološkem čiščenju odpadnih voda. Patogenim bakterijam, praživalim, glivam in virusom se je treba še posebej posvetiti. Vzrok prisotnosti patogenih organizmov so človeški, živalski izločki iz prebavnega trakta, ki se izpuščajo v odpadno vodo. Bolezni, ki se prenašajo z vodo, so kolera, diareja, griža, tifus, paratifus itd. Število patogenih mikroorganizmov je običajno majhno, zato jih je težko izolirati in diferencirati (Roš, Zupančič, 2010).

2.2.1 Indikator bakterij za patogene bakterije

Bakterije so velika skupina enoceličnih mikroskopskih živih organizmov z razmeroma preprosto celično strukturo brez celičnega jedra in brez organelov, kot so mitohondriji ali kloroplasti. Najdemo jih v zemlji, vodi in zraku ter v simbiozi z drugimi organizmi. Za indikatorske organizme v odpadni vodi uporabljamo celotne fekalne in koliformne bakterije. Te bakterije uporabljamo zato, ker so odpornejše proti razkuževanju, so številčnejše od patogenov in jih je lažje šteti. Fekalne in koliformne bakterije izražamo v enotah kolonij na 100 ml pri tehniki filtriranja.

2.2.2 Virusi

Virusi se v odpadni vodi pojavljajo manj pogosto kot bakterije in so odpornejši proti razkuževanju. Večkrat jih uporabljamo za oceno učinkovitosti tehnike razkuževanja.

2.3 KEMIJSKE LASTNOSTI

Kemijske lastnosti delimo na organske in anorganske.

Med organske lastnosti spadajo: biokemijska potreba po kisiku (BPK), kemijska potreba po kisiku (KPK), celotni organski ogljik (TOC) in specifične organske spojine: celotni ogljikovodiki (mineralna olja), adsorbiljivi organski halogeni (AOX), lahkoahlapni aromatski ogljikovodiki (BTX), težkoahlapne lipofilne snovi (maščobe, mineralna olja), lahkoahlapni klorirani ogljikovodiki (LKCH), polarna organska topila, fenoli, tenzidi (anionski, neionski) in pesticidi (Roš, Simonič, Šostar - Turk, 2005). Organske spojine navadno sestojijo iz vodika, ogljika in kisika, ponekod skupaj z dušikom. V odpadni vodi organske spojine običajno vsebujejo proteine (40–60 %), ogljikove hidrate (25–50 %) ter olja in maščobe (8–12 %) (Roš, Zupančič, 2010).

Med anorganske lastnosti pa spadajo: pH, alkaliteta, kovine, sulfat, klorid, celotni fosfor, organski fosfor, anorganski fosfor, nitrati, nitriti, organski dušik, amonij (NH₄⁺), različni plini (O₂, CO₂, NH₃, H₂S, CH₄), specifični anorganski elementi in spojine ter radioaktivni elementi (Roš, Simonič, Šostar - Turk, 2005).

2.3.1 pH

pH je merilo za kislost ali alkalnost raztopine. Območje pH-skale pri 25 °C je 1–14. Raztopine, ki imajo pH pod 7, so kisle, tiste, ki ga imajo nad 7, pa so alkalne. Pri pH 7 je nevtralen. Zelo je pomemben pri biološkem čiščenju, ker so mikroorganizmi dovolj aktivni le v območju 6,5–9. Surova odpadna voda ima pH okrog 8. Velika odstopanja od te vrednosti kažejo na prisotnost industrijskih in nekomunalnih izpustov (Roš, Simonič, Šostar - Turk, 2005). Anaerobne razmere zmanjšajo pH odpadne vode. Prav zato so nizke vrednosti pH-ja povezane z drugimi znamenji, kot sta vonj po sulfidu ali črna barva. Nitrifikacija lahko zniža pH do take mere, da zavira biološko aktivnost (Panjan, 2001).

2.3.2 Alkaliteta

Alkaliteta je merilo sposobnosti odpadne vode, da nevtralizira kislino. Alkaliteto izražamo v mg/l kalcijevega karbonata. Visoka alkaliteta odpadne vode v čistilni napravi omogoča, da industrijski vtoki ne vplivajo občutneje na procese čiščenja. Pod kisle industrijske vtoke štejemo tudi mlekarne odpadne vode.

2.3.3 Biokemijska potreba po kisiku – BPK

BPK je množina kisika, ki je potrebna za oksidacijo razgradljivih organskih snovi s pomočjo mikroorganizmov, ki jih vzorec vsebuje. To pomeni, da se organske snovi, ki so bakterijam hrana, pri oksidaciji organskih snovi oksidirajo v vodo in ogljikov dioksid. Nastane tudi energija. BPK je merilo za onesnaženje površinskih in odpadnih voda z razgradljivimi organskimi snovmi. Inkubacijska doba za določevanje BPK je pet ali pa sedem dni. Po

preteku roka določimo onesnaženje v obliki kisika, ki ga mikroorganizmi porabijo pri razgradnji za svoje razmnoževanje, obstoj in oksidacijo organskih snovi. Biološka aktivnost je odvisna od temperature in zahteva končno razgradnjo več kot dvajset dni. Preizkus je standardiziran za pogoje pri 20 °C in pet dni. Tako posredno določimo množino organske snovi, ki je na razpolago biološkemu sistemu, za razgradnjo odpadne vode in prihodnji učinek iztoka na vodotok (Roš, Simonič, Šostar - Turk, 2005).

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

2.3.4 Kemijska potreba po kisiku – KPK

KPK je merilo za organsko onesnaženje v vodah. Organske nečistoče se določajo tako, da jih pri določenih pogojih oksidiramo in iz porabe oksidanta sklepamo na količino organskih snovi. Ta postopek nam da rezultat v 3–4 urah. Rezultati KPK so v komunalnih odpadnih vodah običajno dvakrat višji od BPK.

KPK je dopolnilo BPK in ne nadomestilo zanj. Prav zato je nujno sočasno vrednotenje onesnaženja s KPK in BPK, saj s KPK določimo vse organske snovi, ne moremo pa ločiti med biološko razgradljivimi in biološko inertnimi organskimi snovmi (Roš, Simonič, Šostar - Turk, 2005).

2.3.5 Celotni organski ogljik – TOC

TOC predstavlja koncentracijo celotnega organskega ogljika v vodi, vezanega na raztopljene ali suspendirane snovi. Vključene so najrazličnejše oblike kot so: elementarni ogljik, delci saj in nekatera onesnaževala. Metoda je primerna za preprosto ocenjevanje kakovosti velikega števila vzorcev vode.

2.3.6 Dušik

V odpadni vodi lahko najdemo dušik v štirih oblikah:

- organski dušik,

- amonij (ionizirani in prosti amonijak),
- nitrit,
- nitrat.

Oblike dušika v odpadni vodi kažejo nivo stabilizacije organskih snovi. Surova odpadna voda ima običajno večjo koncentracijo organskega dušika in amonija kot pa nitrita in nitrata. Organski dušik se metabolizira, spremeni v amonij in se potem ob ugodnih razmerah pretvori v nitrite in nitrate.

2.3.7 Fosfor

Fosfor se pojavlja v odpadni vodi v različnih oblikah in je osnovni element za biološko rast in reprodukcijo. Čezmerna množina fosforja v površinskih vodah vodi do čezmerne rasti alg in eutrofikacije. Prav zato imajo čistilne naprave predpisane mejne vrednosti fosforja v iztoku. Fosfor je lahko prisoten kot ortofosfat, polifosfat in organsko vezan fosfor. Določamo jih kot celotni fosfor. (Roš, 2001)

2.3.8 Klor

Prostega klora v surovi odpadni vodi običajno ne najdemo, ker je zelo reaktiven, lahko pa je prisoten v manj reaktivnih oblikah. Običajno ga uporabljamo za razkuževanje.

2.3.9 Žveplo

Pri sintezi proteinov in njihovi razgradnji je potrebno žveplo. Pri anaerobnih pogojih se sulfat biološko reducira v sulfid, ta pa ob prisotnosti vodika tvori strupen vodikov sulfid (H_2S). Sulfati, ki se na gniliščih reducirajo v sulfide, lahko zavirajo biološke procese, če so njegove koncentracije presežene (Roš, Zupančič, 2010).

Večje količine sulfatov najdemo v industrijskih odpadnih vodah.

2.3.10 AOX

AOX je tuja kratica za adsorbiljive organsko vezane halogene v vodi, ki jo podajamo v mg/l. Med halogene elemente prištevamo klor (glavni element, ki se nanaša na odpadno vodo), brom in jod.

2.3.11 Maščobe, olja in masti

Maščobe, olja in masti v iztoku iz čistilne naprave povzročajo onesnaženje površine na vodotoku. V čistilno napravo lahko pridejo kot fini plavajoči delci (npr. v obliki emulzij) ali kot raztopina. Razdelimo jih lahko na polarne in nepolarne. Polarne maščobe, olja in masti, ki so

običajno biorazgradljive, so živalskega izvora, nepolarne pa so mnogo težje razgradljive in izvirajo iz naftnih derivatov. V primeru, da se v postopku primarnega čiščenja ne odstranijo povsem in 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 (SIST ISO 9377-2).

3 POSTOPKI ČIŠČENJA ODPADNIH VOD

Čiščenje odpadne vode je kombinacija ločenih procesov čiščenja, ki so dimenzionirani za pridobivanje iztoka določene kakovosti iz odpadnih voda, znane kakovosti in pretoka. Čistilna naprava je običajno potrebna tudi za ločevanje suspendiranih snovi do ustrezne stopnje. Z ustrezno kombinacijo teh enot procesov je možno pridobiti končni iztok dejanske kakovosti katerega koli vtoka odpadne vode (Roš, Zupančič, 2010).

Postopke čiščenja odpadnih voda delimo na:

- mehansko čiščenje,
- kemijsko čiščenje,
- fizikalno-kemijsko čiščenje,
- biološko čiščenje,
- napredno čiščenje.

Preglednica 1: Postopki vrst čiščenja odpadnih voda



3.1 MEHANSKO ČIŠČENJE

K mehanskemu čiščenju spadajo postopki predčiščenja in primarnega čiščenja odpadnih voda, ki jih imenujemo tudi primarno čiščenje.

3.1.1 Predčiščenje

Predčiščenje je prva stopnja čiščenja surove odpadne vode. Na tej stopnji odstranjujemo in ločujemo velike trdne delce ter ločujemo padavinske vode. V predčiščenju se odstranjujejo

tudi olja in odpadne maščobe, če so prisotne v velikih količinah. Te vsebujejo predvsem industrijske vode, ki velikokrat zahtevajo predčiščenje pred izpustom v kanalizacijsko omrežje za nadaljnjo obdelavo. Grobo čiščenje poteka prek grabelj, sit in peskolovov.

Grablje so konstruirane iz težkih pravokotnih ali okroglih jeklenih palic, ki so vstavljene v kanal. Grablje zadržijo velike predmete (veje, velike kamne, gradbeni material...).

Sita se uporabljajo predvsem za pripravo industrijske vode ali pa za njeno čiščenje. Zajete trdne snovi se zbirajo v bobnu in se odstranjujejo z vodnim curkom pod visokim tlakom.

Peskolovi izločajo pesek ali druge specifično težke snovi, ki bi lahko ogrožale delovanje čistilne naprave.

V usedalnikih in lovilcih olj se izločajo vse suspendirane snovi. Usedalniki se uporabljajo kot samostojna naprava za čiščenje, nameščeni so pred napravo za biološko čiščenje ali za njo kot naknadni usedalniki, ki izločajo biološko blato, ali pa tudi za napravo za dodajanje sredstev za obarjanje in kosmičenje (Panjan, 2004).

3.1.2 Sedimentacija

Sedimentacija ali usedanje je odstranjevanje težjih suspendiranih delcev iz vode. Suspendirane delce lahko razdelimo na zrnave in kosmičaste. Zrnavi delci (pesek, mivka) se usedajo s konstantno hitrostjo. Večji kosmi pa se usedajo hitreje kot posamezni delci. Njihovo usedanje odvisno od velikosti, oblike in relativne gostote.

3.1.3 Flotacija

Flotacija je proces, ki služi ločevanju trdnih in tekočih delcev od preostale tekočinske faze. Separacija se zgodi s pomočjo finih plinskih mehurčkov, ki potujejo skozi tekočinsko fazo. Mehurčki se pritrdijo na delce, vzgonska sila pa povzroči dviganje kombinacije mehurčkov plina in delcev na površje. Ko delci priplavajo na površje, jih lahko ločimo s posnemanjem.

Prednost flotacije pred sedimentacijo je krajši čas procesa odstranjevanja, saj se manjši in lažji delci, ki se sicer usedajo zelo dolgo, lahko s plavljenjem odstranijo precej hitreje.

3.1.4 Filtracija

Filtracija je fizikalni, kemični in tudi biološki proces ločevanja neusedljivih nečistoč v vodi. Odvija se v napravi, sestavljeni iz filtrskega prostora s polnilom in odvodnega zbiralnega sistema. Filtracija je separacijski proces, pri katerem tekočina s primesmi prehaja skozi filter. Ta pri prehodu tekočine zadrži neraztopljene trdne delce nad določeno velikostjo, tekočinski

del pa prehaja skozi. Pri tem moremo upoštevati zadrževalni mehanizem, mehanizem pritrdjevanja in ločevanja.

3.2 FIZIKALNO-KEMIJSKO ČIŠČENJE

3.2.1 Koagulacija

Koagulacija je proces, ki ga uporabljamo za destabilizacijo medsebojno odbojnih delcev, tako da povzročimo vezanje delcev v večje aglomerate. Aglomerate atomov ali molekul imenujemo koloidi, katerih velikost je tako majhna, da gravitacija nima učinka na njihovo usedanje. Vezanje delcev povzročimo z dodajanjem določenih kemikalij (koagulantov). Največkrat se odločimo za dodajanje soli železa in aluminija.

3.2.2 Flokulacija

Flokulacija je prenosna stopnja, ki zaradi trkov med destabiliziranimi delci tvori večje delce (kosme), ki jih lažje odtстранjujemo s sedimentacijo in filtracijo. Flokulacijo lahko uporabljamo za (Roš, Zupančič, 2010):

- povečano odstranjevanje suspendiranih snovi in BPK v primarnih usedalnikih,
- obdelavo odpadne vode, ki vsebuje določene industrijske odpadke,
- izboljšanje delovanja sekundarnih usedalnikov, ki sledijo procesu z aktivnim blatom,
- predčiščenje za filtracijo sekundarnih iztokov.

Izvajamo jo v posebnih reaktorjih, ki so dimenzionirani za ta namen, ali v kombinacijah z drugimi postopki. Pogosto je koagulacija dovolj, da odstranimo suspendirane in koloidne snovi iz odpadne vode. Če pa so kosmi po koagulaciji premajhni in slabo usedljivi, dodamo flokulante, ki povečajo kosme in s tem izboljšajo usedanje. Flokulanti so naravni ali sintetični polimeri, ki so v vodi topni.

3.2.3 Ionska izmenjava

Ionska izmenjava je postopek, ki se uporablja za odstranjevanje določenih ionov iz odpadne vode. Pogosto se uporablja za mehčanje vode, v kateri se natrijevi ioni iz ionskega izmenjevalca zamenjajo s kalcijevimi in magnezijevimi ioni iz obdelovalne vode ter se tako zmanjša njena trdota. Ionska izmenjava se uporablja pri obdelavi odpadne vode za odstranjevanje dušika, težkih kovin ali celotnih raztopljenih snovi. Ionska izmenjava lahko deluje šaržno ali kontinuirano. Pri šaržnem procesu se voda zmeša z rezinami ionskega izmenjevalca v reaktorju. Sistem se meša tako dolgo, dokler ni reakcija končana. Nato se

rezine ločijo z usedanjem, po ločitvi pa se regenerirajo. Pri kontinuiranem sistemu damo rezine v posebne reaktorje, skozi katere pretakamo vodo.

3.3 BIOLOŠKO ČIŠČENJE

Biološko čiščenje lahko uporabimo za odstranjevanje topnih in koloidnih spojin. Za čiščenje uporabljamo naravne mikroorganizme za pretvorbo topnih in koloidnih snovi v gosto mikrobno biomaso, ki se ločuje od čiščene tekočine z uporabo konvencionalnih sedimentacijskih procesov.

3.3.1 Aerobni postopki

Pri aerobnih pogojih se organsko razgradljive snovi odstranjujejo ob prisotnosti raztopljenega kisika. Pri aerobnih postopkih čiščenja uporabljamo:

- sisteme čiščenja z aktivnim blatom,
- sisteme s pritrjeno biomaso.

3.3.1.1 Sistemi čiščenja z aktivnim blatom

Postopek čiščenja z aktivnim blatom je metoda čiščenja odpadne vode s suspendirano biomaso pri aerobnih pogojih. Uporablja metabolične reakcije mikroorganizmov za izdelavo zelo kakovostnega iztoka s pretvorbo in odstranjevanjem snovi, ki porabljajo kisik. To čiščenje navadno zahteva predčiščenje in primarno čiščenje, včasih pa se izvaja brez predhodnih usedalnikov (Roš, Zupančič, 2010).

Postopek čiščenja z aktivnim blatom je najpogostejši proces za odstranjevanje raztopljenih snovi, drobnih neraztopljenih snovi in koloidnih organskih onesnaževal iz odpadne vode. V postopku najprej odpadna voda priteka v prezračevalnik, kjer so prisotni predhodno razviti kosmi, ki pridejo v stik z organsko snovjo v odpadni vodi. Ta se pretvarja v celično maso, vodo in oksidirane produkte, predvsem v ogljikov dioksid. Vsebina, ki je v prezračevalnem bazenu, se imenuje suspenzija aktivnega blata. Biološka masa vsebuje predvsem mikroorganizme, inertne suspendirane in nerazgradljive snovi. Mikroorganizmi so sestavljeni iz organskih in neorganskih snovi. Celična masa oziroma biomasa se spreminja glede na kemijsko sestavo odpadne vode, okoljskih razmer in lastnosti organizmov.

Iz prezračevalnika odteka voda gravitacijsko v bistrilnik ali sekundarni usedalnik. Tukaj se ločijo suspendirane snovi od obdelane vode. Koncentrirana suspenzija aktivnega blata se vrača v prezračevalnik, saj vsebuje mikroorganizme. Ti se v procesu neprestano proizvajajo, zato je treba poskrbeti za redno odstranjevanje viška aktivnega blata.

Največ sistemov čiščenja z aktivnim blatom uporabljamo za razgradnjo ogljikovih spojin. Je pa sistem možno načrtovati in uporabljati tudi za proces oksidacije amonijevih spojin in redukcijo nitrata v elementarni dušik. Čistilne naprave z aktivnim blatom so dimenzionirane na osnovi časa (starost blata), množine hrane, ki priteka v prezračevalnik, in hidravličnega zadrževalnega časa.

3.3.1.2 *Sistemi s pritrjeno biomaso*

Pri teh sistemih je biomasa priraščena na nosilec biomase, ki je trda podlaga (na primer kamenje, plastika, keramika). Pritrjena biomasa, ki je lepljiva in želatinasta, vsebuje veliko in raznovrstno populacijo živih organizmov, kot so bakterije, praživali, alge, glive.

Taki sistemi so precejalniki, rotirajoči biološki kontaktorji in različni biofiltri.

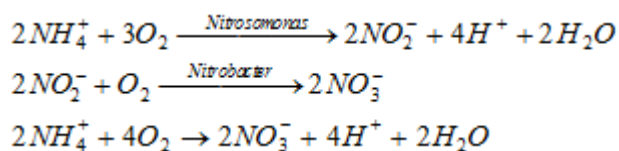
Pri precejalnikih prehaja odpadna voda skozi obraščeno podlago od vrha navzdol. Pritrjeni mikroorganizmi se hranijo z organsko snovjo iz odpadne vode. Mikroorganizmi vsebujejo na zunanji strani površine aerobne bakterije, na notranji strani površine pa anaerobne bakterije. Zrak prehaja skozi prostor med podlago za biomaso in tako se mikroorganizmi oskrbujejo s kisikom. Običajno prehod zraka poteka po naravni poti, torej brez mehanskega vnosa, včasih pa ga dovajamo prisiljeno z ventilatorji. Odpadna voda se nato izteka v bistrilnik, od koder se del vode vrača v precejalnik. Precejalniki so načrtovani za hidravlično in organsko obremenitev.

Rotirajoči biološki kontaktorji imajo vrsto diskov, ki so pripeti na horizontalno nosilno gred. Večina diskov je potopljenih in v stiku z odpadno vodo. Delovanje diskov lahko kontroliramo z električnim pogonom in z vnosom zraka v sistem. Cilj vodenja kontaktorja je zagotovitev dovolj raztopljenega kisika za vzdrževanje procesa. Pomembna pa je tudi hitrost vrtenja diskov. Izток iz rotirajočega biološkega kontaktorja vodimo v bistrilnik, kjer se od diskov oluščena biomasa useda in loči od očiščene odpadne vode. Gošča se črpa za nadaljnjo obdelavo ali pa nazaj v usedalnik.

Pri biofiltrih potekajo čistilni postopki, pri katerih istočasno odstranimo organsko onesnaženje in suspendirane snovi. Biomasa ima v primerjavi s postopki čiščenja z aktivnim blatom višjo koncentracijo in aktivnost. Prav tako potrebujejo manj volumna kot postopki z aktivnim ogljem in precejalniki. Biofiltre uporabljamo v različnih procesih čiščenja odpadne vode, kot so odstranjevanje organskih snovi, nitrifikacija in denitrifikacija. Več suspendiranih snovi vsebujejo, tem pogostejše jih je treba čistiti.

3.3.2 Nitrifikacija

Biološki proces nitrifikacije je pretvorba ali oksidacija amonijevih ionov v nitrit in nato v nitratne ione. Nitrifikacija poteka z avtotrofnimi mikroorganizmi, proces pa poteka v dveh stopnjah. Najprej se amonijak v procesu nitracije oksidira v nitrit s pomočjo bakterij *Nitrosomonas*. Nato se nitrit v procesu nitracije oksidira z organizmi *Nitrobacter* do nitrata. Čeprav je več organizmov, ki so sposobni oksidirati amonijeve in nitritne ione, pa ti dve vrsti bakterij, ki sta posebno specializirani za nitrifikacijski proces, dosežeta celo do desetisočkrat učinkovitejšo nitrifikacijo, kot jo dosežejo drugi mikroorganizmi. Pomembno je, da se nitriti v čim večji meri pretvorijo v nitratne ione, ker je akumulacija nitritov za rastline toksična. Tudi previsoka koncentracija nitrata v podtalnici je škodljiva, kar posledično lahko vpliva tudi na raven kisika v krvi pri dojenčkih.



Slika 1: Prikaz kemijskih reakcij - nitrifikacija

Hitrost nitrifikacije je odvisna od pH-ja, raztopljenega kisika, temperature in inhibitorjev.

3.3.3 Denitrifikacija

Denitrifikacija je proces, pri katerem mikroorganizmi pretvarjajo nitrat v elementarni dušik, ki za okolje ni škodljiv. Aktivni mikroorganizmi so večinoma heterotrofi, ki v procesu predelave porabljajo razpoložljiv (atmosferski) kisik ali pa ga črpajo iz nitrata. Pogoji za izvedbo denitrifikacije je predhodni proces nitrifikacije. Postopek denitrifikacije se izvaja v več stopnjah do končne pretvorbe nitratnega iona v elementarni dušik. V samem postopku denitrifikacije nastajajo vmesni strupeni produkti, kot so nitrit, dušikov oksid (NO) in didušikov oksid (N₂O). S procesom denitrifikacije se zaključi kroženje dušika v naravi, in sicer z vrnitvijo elementarnega dušika nazaj v atmosfero. Denitrifikacija je zahteven tehnični postopek nadzorovanega čiščenja odpadne vode.

V vodnih ekosistemih se nitrat reducira na dva načina: asimilacijsko in disimilacijsko. V procesu asimilacijske redukcije sodelujejo alge in višje rastline, ki reducirajo nitrat v amonij in ga nato uporabijo za sintezo celic. Disimilacijsko redukcijo ali denitrifikacijo izvajajo heterotrofne bakterije (denitrifikatorji), ki ob pomanjkanju raztopljenega kisika porabljajo kisik, vezan iz nitrata, kot donor elektronov pa potrebujejo organski vir ogljika, na primer metanol, etanol, glukozo ali acetat.



3.3.4 Odstranjevanje fosforja

Pri sistemih za odstranjevanje fosforja dosegamo večjo učinkovitost zaradi dveh vrst prisotnih bakterij: Acinetobacter in Pseudomonas. Te pod anaerobnimi pogoji sproščajo vezani fosfor in ga nato v aerobnih pogojih odstranjujejo iz raztopine v zelo velikih količinah. Pri tem nastaja večja količina blata, kar je osnova za odstranjevanja fosforja. Tehnologija odstranjevanja je razdeljena na dva načina:

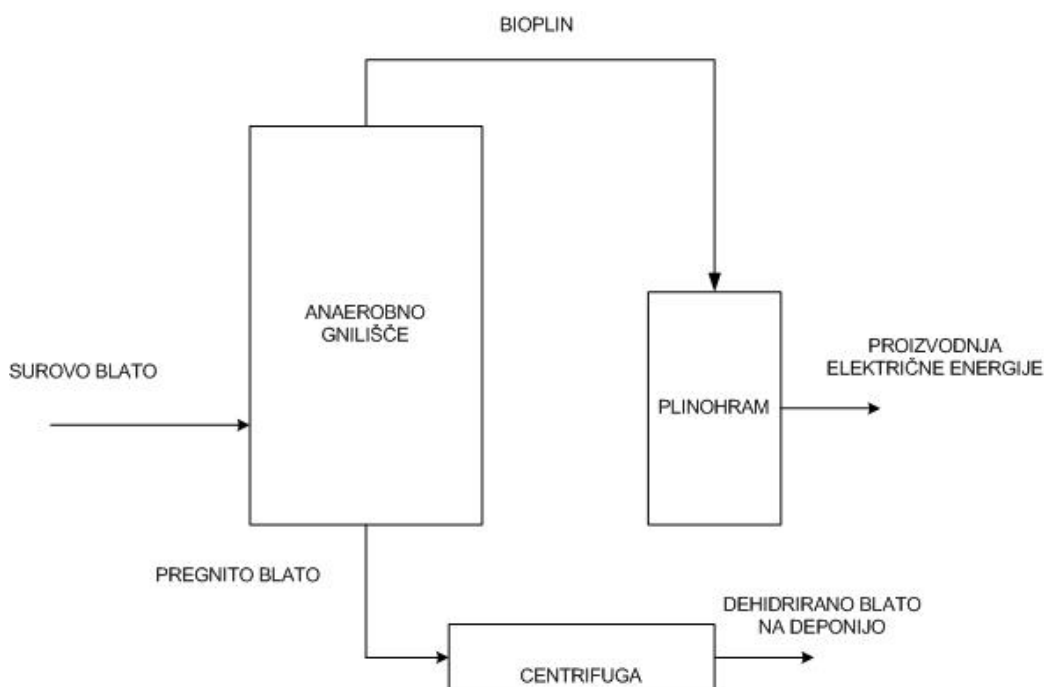
- proces z glavnim tokom,
- proces s stranskim tokom.

Razlika med njima je povezana z usmerjanjem tokov z zunanjim dodajanjem kemikalij (Roš, Zupančič, 2010).

4 ANAEROBNI POSTOPKI ČIŠČENJA ODPADNIH VODA

Anaerobni procesi se uporabljajo za čiščenje organsko močno obremenjenih odpadnih voda ter za dodatno obdelavo primarnega in sekundarnega blata iz konvencionalnih bioloških čistilnih naprav. Odpadne vode, ki so bogate z biorazgradljivimi organskimi snovmi, običajno nastajajo v kmetijstvu in prehrabni industriji. Take odpadne vode je težko čistiti z aerobnimi sistemi čiščenja zaradi cene in težav, da bi zadovoljivo odstranili visoko potrebo po kisiku in vzdrževanju aerobnih pogojev (Roš, Zupančič, 2010).

Poznamo kar veliko število anaerobnih procesov, kot so na primer anaerobne lagune, gnilišča, filtri (pritrjena biomasa).



Slika 2: Shema anaerobnega čiščenja

Čeprav je anaerobno čiščenje počasno, nam daje veliko prednosti pri čiščenju močno onesnaženih voda. Te vključujejo visoko stopnjo čiščenja, sposobnost čiščenja pri visokih obremenitvah, produkcijo majhne količine odvečnega blata, ki je zelo stabilno, in produkcijo gorljivega plina metana kot končnega produkta. Z anaerobnimi postopki pa ni možna popolna stabilizacija organskih snovi, zato je potrebno še aerobno čiščenje. Iztok iz anaerobne čistilne naprave vsebuje raztopljene organske snovi, ki so primerne za aerobno čiščenje.

Anaerobna presnova poteka v odsotnosti kisika. Aerobna in anaerobna presnova se razlikujeta v tem, da je pri aerobnem sistemu končni vodikov akceptor kisik z veliko sproščene energije, pri anaerobnem sistemu pa so lahko nitrat, sulfat ali organske spojine z mnogo manj sproščene energije.

Proces anaerobne razgradnje vsebuje štiri ločene stopnje:

- prva stopnja je hidroliza visokomolekularnih ogljikovih hidratov, maščob in proteinov, ki so pogosto netopni in se pretvorijo v enostavnejše topne polimere;
- druga stopnja obsega kislinske bakterije, ki pretvorijo topne polimere v vrsto nižjih organskih kislin, alkohole, vodik in ogljikov dioksid. Slednja sta edina končna produkta očetne kisline, ki se lahko z metanogenimi bakterijami pretvori neposredno v metan;
- v tretji stopnji se organske kisline in alkoholi pretvorijo v očetno kislino s pomočjo acetatnih bakterij;
- v četrti stopnji se vmesni produkti pretvorijo v metan. Metanogena stopnja je večinoma odvisna od proizvodnje očetne kisline in je tako pomembnejša stopnja v vsakem anaerobnem procesu. Vse te procese pa je treba prilagoditi rasti metanogenih bakterij, ki je počasna.

4.1 HIDROLIZA

Med hidrolizo, ki je prva faza razgradnje, poteka razgradnja polimerov, kot so celuloza in drugi polisaharidi ter proteini in maščobe, v manjše monomere (topne molekule). Razgradnjo omogočajo ekstracelularni hidrolitični encimi fakultativnih in obligatnih anaerobnih bakterij. Kovalentne vezi se razdvajajo v hidrolitski reakciji z vodo. Kisik, ki je v vodi v manjši količini, porabljajo fakultativni mikroorganizmi, ob tem pa se zmanjšuje redoks potencial, potreben za optimalno rast obligatnih anaerobnih bakterij in arhej. Faza hidrolize lahko poteka različno dolgo, odvisno od vrste substrata. Hidroliza enostavnih ogljikovih hidratov poteka nekaj ur, hidroliza proteinov in maščob nekaj dni, razgradnja lignoceluloze in lignina pa poteka zelo počasi in nepopolno (Deublein in Steinhauser, 2008).

Kompleksne organske spojine (polimeri) se med hidrolizo razgradijo v oligomere in/ali monomere. Lipidi se razgradijo v maščobne kisline in glicerol, polisaharidi se razgradijo v monosaharide, proteini pa v aminokisline (Al Seadi in sod., 2010).

Številne zunajcelične hidrolizne encime, ki so sposobni začeti napad na ta kompleksni substrat, morajo znotraj anaerobnega presnovališča proizvesti hidrolizni rodovi, kot so *Clostridium*, *Peptococcus*, *Vibrio*, *Micrococcus* in *Bacillus*. Ti vključujejo protazo, lipazo, celulazo, pektinazo, amilazo, hitinazo itd., njihova relativna sestava in aktivnost pa odražata razširjenost njihovega individualnega substrata v hranilu presnovališča. Ker so encimi zunajcelični, so sposobni pristopiti k velikim molekulam substrata, ki zaradi velikosti niso sposobne prehoda skozi celično membrano. Anaerobna presnovališča vsebujejo 108–109

hidrolitičnih bakterij na mililiter blata in vsebujejo fakultativne in obligatne anaerobe (Mara in Horan, 2003).

4.2 ACIDOGENEZA

Druga skupina, označena kot bakterije, ki tvorijo kisline, je sestavljena iz kislivotvornih (tvorba organskih kislin) in acetogenih (tvorba acetata) bakterij. Monomeri, ki jih proizvajajo hidrolitične bakterije med prvo stopnjo procesa razgradnje (kratkoverižne maščobne kisline, glicerol, peptidi, aminokisline, oligosaharidi, sladkorji), se fermentirajo med drugo oziroma kislivotvorno stopnjo in se pretvorijo v različne vmesne produkte, kot so acetat, propionat, butirat in vodik. Vsak kislinski končni produkt vsebuje karboksilno kislinsko skupino, ki je bila vpeljana med fermentacijo, in zato se mikroorganizmi, odgovorni za to fermentacijo, imenujejo kislivotvorne bakterije. Te pa se delijo na kislinske bakterije in acetogene bakterije (Mara in Horan, 2003).

Kislinske bakterije zagotavljajo pomembne substrate za acetogene in metanogene bakterije, saj presnavljajo aminokisline in sladkorje v vmesne produkte, acetat, vodik in ogljikov dioksid. Acidogena stopnja vključuje mnoge različne fermentativne rodove in vrste, kot so *Clostridium*, *Bacteroides*, *Ruminococcus*, *Butyribacterium*, *Propionibacterium*, *Eubacterium*, *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Pseudomonas*, *Desulfobacter*, *Micrococcus*, *Bacillus* in *Escherichia*. Tipično število celic kislinskih bakterij v anaerobnem presnovališču je reda 10⁶–10⁸ na mililiter blata (Mara in Horan, 2003).

4.3 ACETOGENEZA

Proizvodi acidogene faze služijo kot substrat za bakterije acetogene faze. Acetogene bakterije lahko pridobijo energijo za svoje preživetje in rast le ob zelo nizkem parcialnem tlaku vodika, medtem pa obvezno proizvajajo vodik. Ker metanogene arheje preživijo samo ob visokem parcialnem tlaku vodika, živijo v sožitju (simbiozi) z acetogenimi mikroorganizmi. Tako acetogene bakterije nenehno proizvajajo vodik, ki ga metanogene arheje porabljajo in s tem ohranjajo nizek parcialni tlak vodika. Ko je parcialni tlak vodika nizek, acetogene bakterije tvorijo predvsem H₂, CO₂ in acetat. Kadar je parcialni tlak vodika višji, v sistemu prevladujejo maslena, kapronska, propionska in valerianska kislina ter etanol. Od vseh omenjenih produktov lahko metanogene arheje predelajo samo acetat, H₂ in CO₂ (Deublein in Steinhauser, 2008).

V acetogeni fazi sodelujeta dve skupini bakterij. Prva skupina acetogenih bakterij so obligatne bakterije, ki proizvajajo vodik (OHPA), imenujemo pa jih tudi acetogene bakterije, ki reducirajo protone. Te tvorijo očetno kislino, ogljikov dioksid in vodik iz večjih vmesnih

maščobnih kislin (propionat in butirat), alkoholov in drugih višjih maščobnih kislin (valerat, izovalat stearat, palminat in miristat, pridobljen z β -oksidacijo). Vrste OHPA so zlasti pomembne v β -oksidaciji dolgoveržnih maščobnih kislin, nastalih iz hidrolize lipidov, in so tudi vključene v anaerobni razkroj aromatskih spojin (Mara in Horan, 2003).

Druga skupina acetogenih bakterij so homoacetogene bakterije, ki so striktno anaerobni mikroorganizmi, ki katalizirajo sestavo acetatov iz vodika in ogljikovega dioksida. Homoacetogene bakterije so znane v rodovih *Acerobacterium*, *Acetoanaerobium*, *Acetogenium*, *Butribacterium*, *Clostridium* in *Pelobacter*.

4.4 METANOGENEZA

Metanogeneza je končna faza anaerobne razgradnje. Metanogeni mikroorganizmi so obligatne anaerobne arheje, ki so jih včasih uvrščali med bakterije. So tudi ključni organizmi v pridobivanju metana iz acetata, vodika in ogljikovega dioksida. Brez njih se dokončna razgradnja organske snovi ne bi izvršila zaradi akumulacije končnih produktov bakterij, ki proizvajajo kisline. Metanogeni so najbolj aktivni v območju pH-ja 6,5–8 in so občutljivi proti kisanju v okoljih z revno pufersko kapaciteto, ki jo povzročajo produkti kislinotvornih in acetogenih bakterij. Izrabijo lahko omejen obseg substratov, najpomembnejši pa so acetat, vodik in ogljikov dioksid. Glede na specifičnost substrata se metanogeni delijo v dve skupini: acetoklastične metanogene bakterije in metanogene bakterije, ki porabljajo vodik. Populacija metanogenih bakterij v anaerobnem presnovališču je tipično prisotna v količini 10^6 – 10^8 na mililiter blata (Mara in Horan, 2003).

Proizvodnja metana je biološko možna pri vseh temperaturah med 0–100 °C, vendar so z anaerobno razgradnjo povezana le tri posebna temperaturna območja. Prvi dve sta definirani kot mezofilno območje s temperaturnim optimumom pri 30–37 °C in termofilno območje z optimumom pri 55–60 °C. Tretje območje, ugodno za psihrofilne organizme, ima temperaturni optimum pri 15–20 °C (ambient). Čeprav ni tako učinkovito kot visoko učinkovita mezofilna in termofilna razgradnja, ima lahko še vedno primerno ekonomsko vrednost za anaerobno obdelavo odpadnih voda v zmernih klimah (Mara in Horan, 2003).

V primerjavi z mnogimi aerobnimi procesi, ki so relativno robustni za temperaturna nihanja, je anaerobna razgradnja zelo občutljiva na nenadne temperaturne fluktuacije: majhna sprememba za 1–2 °C ima škodljiv vpliv na procesni učinek, zlasti kadar se spremembe pojavljajo hitro (manj kot 2 uri). Če so bakterije podvržene škodljivemu vplivu temperaturnega nihanja v presnovališču, so potrebni dnevi ali celo tedni za obnovo nove zdrave populacije (Mara in Horan, 2003).

4.4.1 Metanogene bakterije, ki uporabljajo vodik

Pomembno količino proizvedenega metana znotraj anaerobnega presnovališča, to je več kot trideset odstotkov od celote, tvorijo metanogene bakterije, ki uporabljajo vodik. Ti metanogeni reducirajo ogljikov dioksid, format¹, metanol in metilamine z uporabo vodika, ki so ga v zgodnejšem procesu razgradnje s fermentacijo tvorile hidrolitične bakterije in bakterije, ki proizvajajo kisline (Mara in Horan, 2003).

Kadar se izkoriščata samo vodik in ogljikov dioksid, metanogene bakterije rastejo kot kemolitotrofni avtotrofi, ker pridobivajo energijo in celični ogljik iz anorganskih kemikalij. Zanimivo je, da tak energijski metabolizem ne vsebuje običajnih citokromov za transport elektronov. Namesto tega se je razvil kompleksen sedemstopenjski proces s kofaktorji, kot je koencim M (CoM), ki je unikatni za metanogene bakterije. CoM je najmanjši znani koencim in je izjemen zaradi visoke vsebnosti žvepla in kislosti. Druga posledica uporabe samo ogljikovega dioksida ali drugega enoogljičnega substrata za rast je potreba po tvorbi dvoogljčnih gradbenih blokov za anabolne procese. Metanogene bakterije dosežejo to z načinom, podobnim homoacetogenim bakterijam (Mara in Horan, 2003).

4.4.2 Acetoklastične metanogene bakterije

Med različnimi končnimi produkti, ki jih tvorijo bakterije, ki proizvajajo kisline, se acetat smatra kot najpomembnejši predhodnik produkcije metana in vir več kot sedemdesetih odstotkov metana, nastalega v presnovališču. Kljub temu dejstvu samo dva rodova bakterij vsebujeta vrste, ki so sposobne koristno uporabiti acetat (acetoklastične), in to sta *Methanosaeta* (prej znan kot *Methanothrix*) in *Methanosarcina*. Poleg acetoklastične aktivnosti so *Methanosarcina* spp. prav tako sposobne uporabiti metanol, metilamine ter včasih H₂ in CO₂ kot rasni substrat, medtem ko so *Methanosaeta* spp. omejene, da rastejo samo na acetatu (Mara in Horan, 2003).

Methanosarcina spp. kažejo večjo maksimalno specifično stopnjo rasti (krajši čas podvajanja) na acetatu kot *Methanosaeta* spp., ti pa imajo višjo substratno afiniteto do acetata. *Methanosaeta* spp. je tako dominantna acetoklastična vrsta pri koncentracijah acetata pod 1 mM, medtem ko je višja koncentracija acetata prednost za *Methanosarcina* spp. zaradi njihove hitrejše rasti. Z acetatom kot rasnim substratom je podvojitveni čas *Methanosarcina* spp. štiriindvajset ur, *Methanosaeta* spp. pa 3,5–9 dni. Poleg tega ta dva rodova izkazujeta različni rasni fiziologiji: *Methanosaeta* spp. so vlaknasti organizmi, medtem ko *Methanosarcina* spp. navadno rastejo v skupkih, sestavljenih iz velikega števila individualnih celic, vsako pa obdaja tanka celična stena (Mara in Horan, 2003).

4.5 ANAEROBNE LAGUNE

Lagune so običajni bazeni, ki so v celoti zgrajeni v zemlji. Grajene so kot naravni plitvi bazeni iz naravnih materialov, novejše pa vsebujejeo tudi umetne pregrade in talne obloge. Mikroorganizmi v lagunah biološko čistijo odpadne vode.

V anaerobnih lagunah, kjer ni kisika, proizvajao bakterije reducirane produkte, kot so metan in vodikov sulfid. Na pretvorbo organskih kislin v metan in ogljikov dioksid z metanogenimi bakterijami vplivajo raztopljeni kisik, pH in temperatura, zato so te lagune za te parametre zelo občutljive.

Anaerobne lagune se najpogosteje uporabljajo za grobo čiščenje pred čiščenjem v aerobnih ali fakultativnih lagunah. Z zaporedno povezavo lagun se lahko vmesni produkti iz anaerobne lagune oksidirajo v aerobni laguni. Globina lagune je odvisna od ekonomskih razmer, nivoja podtalnice in zadrževanja toplote v laguni.

4.6 ANAEROBNO AKTIVNO BLATO

Aktivne anaerobne bakterije se ločujejo v bistrilniku s sedimentacijo ali z drugim separacijskim sistemom. Del blata se vrača v reaktor, ki vsebuje visoko koncentracijo aktivnega blata. Ti sistemi so znani kot kontaktna anaerobna gnilišča in delujejo v širokem območju hidravličnih zadrževalnih časov. Primerni so predvsem za tople razredčene iztoke iz prehranske industrije, ki ima visoko koncentracijo suspendiranih snovi. Glavna težava, ki se pojavlja pri vodenju čistilne naprave, je slabo usedanje blata zaradi nastajanja mehurčkov na kosmih blata.

4.7 SISTEMI S STATIČNIM NOSILCEM BIOMASE

Anaerobni reaktorji z uporabo fiksnih in statičnih nosilcev biomase, ki zadržujejo biomaso, so znani kot anaerobni filtri. Projektirani so tako, da se voda preceja od zgoraj navzdol ali od spodaj navzgor in so v celoti potopljeni v vodi, tako da zrak ne more prodreti v nosilec. Biomasa se obraste na nosilcih.

Anaerobni biofiltri so idealni za relativno hladne in razredčene odpadne vode oziroma blata z izredno visokim razmerjem med starostjo blata in zadrževalnim časom odpadne vode. To daje procesu veliko stabilnost in odločno odpornost pred inhibitornimi snovmi ter zadovoljivo delovanje celo pri nizkih temperaturah. V novejšem času se anaerobni filtri uporabljajo za denitrifikacijo za odstranjevanje nitratov iz čiščenja odpadnih vod.

5 ČISTILNA NAPRAVA V PODJETJU POMURSKE MLEKARNE, D. D.

Osnovna dejavnost podjetja je proizvodnja mlečnih izdelkov. V mlekarni predelujejo tudi jajca, čaje in kavo (ekstrakti). Površina celotne lokacije je 3,17 ha, od tega je utrjenega dela 1,38 ha. V podjetju so zaposlene 104 osebe, ki delajo v dveh ali treh izmenah. V letu 2011 so porabili 155.808 m³ vode in predelali 60.420.594 litrov mleka. Tehnološki postopek proizvodnje je predstavljen v Prilogi A3.



Slika 3: Pomurske mlekarne

5.1 NASTAJANJE ODPADNIH VOD

V kotlovnici imajo dva parna kotla, od katerih eden deluje stalno, drugi pa v primerih večje porabe pare. Industrijske odpadne vode nastajajo pri odsoljevanju kotla in kaluženju parnih kotlov. Te odtekajo v kalužno jamo ob kotlovnici in nato skupaj z odpadnimi vodami iz mlekarne v javno kanalizacijo. Odpadne vode nastajajo tudi pri predelavi mleka, proizvodnji mlečnih izdelkov, pri pranju naprav, obratov in avtocistern. Vir odpadnih voda so tudi komunalne odpadne vode.



Slika 4: Čistilna naprava Murska Sobota

5.2 OPIS TEHNOLOGIJE IN DELOVANJA ČISTILNE NAPRAVE

Čistilna naprava je bila zgrajena v letu 2007. Njena cilja sta odstranitev lipofilnih snovi in zmanjšanje organskega tovora (KPK IN BPK₅) pod zakonsko mejo za odvod odplak v javno kanalsko mrežo.

Dve potopni črpalki v črpalnem jašku služita kot dvigovalna postaja za nastajajoče odplake mlekarne v blažilni bazen. V 400 m³ obsegajočem blažilnem bazenu je odplaka s prezračevalnikom premešana in prezračena. Napolnjenost je s pomočjo potopne sonde hidrostatično izmerjena in služi kot krmilni signal za naslednji postopek čiščenja. Ta postopek je flotacija. V čistilni napravi uporabljajo dvostopenjsko flotacijo za adsorbijsko obarjanje in ločevanje trdih delcev. Obe stopnji dvostopenjskega flotacijskega procesa razpolagata z lastnim postopkom vnosa in nasičenosti z zrakom. To se vsakokrat zgodi z večfazno črpalko (reciklažna črpalka, tlačno sprostitvena črpalka). Reciklažna črpalka črpa na prvi stopnji v krožni tok očiščenih odplak na dotoku k flotaciji, tlačna pa na drugi stopnji v preliv čiste vode.

Iznos flotacijskega mulja prve flotacijske stopnje iz stožca sledi z dvigom nivoja čiste vode z zaježitvijo odtoka čiste vode. Presežek očiščene čiste vode odteka za potopljeno steno prosto h kanalu.

Odtokajoči flotacijski mulj obeh stopenj je najprej zgoščen s transportnim polžem. V nadaljevanju je nadalje izsušen s pomočjo bobna sitasto-tračne stiskalnice. Filtrat odteka v črpališče, od tam pa je prečrpan s pomočjo potopne črpalke nazaj v blažilni bazen. Nadaljno čiščenje odpadne vode mlekarne se opravi v centralni čistilni napravi v Murski Soboti. (Priloga A4)



Slika 5: Bazen odpadnih voda

5.3 IZRAČUN OBREMENITVE, IZRAŽENE V POPULACIJSKIH EKVIVALENTIH

Preglednica 2: Izmerjeni parametri BPK₅ in KPK (Priloga A2)

PARAMETER	LETNA KOLIČINA (kg/leto)	POVPREČNA DNEVNA KOLIČINA (kg/dan)
KPK	43.631,3114	119,5378
BPK ₅	28.660,4168	78,5217

Preglednica 3: Izračunan obremenitve, izražen s PE

LETNI	PE _{B60} (kg/dan)	PE _{K120} (kg/dan)
povprečni	1.308,7	996,15

PE_{B60} (izražen z BPK₅) pomeni, da je populacijski ekvivalent enak 60 g BPK₅ na prebivalca na dan.

PE_{K120} (izražen s KPK) pomeni, da je populacijski ekvivalent enak 120 g KPK na prebivalca na dan.

6 ČISTILNA NAPRAVA V PODJETJU PANVITA MIR, D. D.

V obratih podjetja poteka predelava mesa. Izdelki podjetja so sveže meso in mesni izdelki. Na isti lokaciji je tudi klavnica. Ravnanje z odpadnimi vodami je obema podjetjema skupno, z izjemo mehanskega predčiščenja in egalizacije odpadnih voda iz klavnice. Izmerjeni podatki se navezujejo na vse odpadne vode. V podjetju je zaposlenih 272 ljudi, ki so v letu 2011 proizvedli 10.791.109 kg svežega mesa in 8.424.201 kg mesnih izdelkov. Tehnološka shema proizvodnje je v prilogi B2.



Slika 6: Klavnica Panvita MIR

6.1 NASTAJANJE ODPADNIH VODA

Industrijske odpadne vode nastajajo pri čiščenju naprav in obratov (hlevi, klavnica, predelava), odsoljevanju in kaluženju dveh parnih kotlov ter pripravi vode v kotlovnici. Priprava vode poteka le z mehčanjem. Odpadna voda je slanica, ki nastaja pri regeneraciji ionskih izmenjevalcev. Skupna količina odpadnih voda je znašala 65.458 m³.

6.2 TEHNIKE ČIŠČENJA ODPADNIH VODA IN NJIHOVO ODVAJANJE

Industrijske in komunalne odpadne vode čistijo na lastni čistilni napravi v podjetju. Čiščenje odpadnih voda je večstopenjsko:

- mehansko čiščenje,
- koagulacija in flokulacija,
- flotacija

- biološko čiščenje.

Industrijske odpadne vode dotekajo v dva bazena. Prvi je namenjen fekalnim vodam iz hleva, pralnice živincev in črevarne, drugi pa je namenjen vodam iz klavnice. V mehanski stopnji predčiščenja odstranjujejo maščobo, ki se izloči na površini odpadnih voda, ki se zadržujejo v zbirnih bazenih. Sledi ločena filtracija (dve rotacijski siti, opremljeni s posnemalcem filtrne pogače in razpršilnim sistemom za čiščenje sita) in ločena pridobitev dveh odpadkov z različnim načinom odstranjevanja: gnoj iz čiščenja fekalnih odpadnih voda in odpadek, ki spada med stranske živalske proizvode.



Slika 7: Odpadna voda v bazenu

Tako predčiščena odpadna voda iz obeh sit odteka v »puferski bazen«, kjer sta vgrajeni dve mešali za homogenizacijo odpadnih voda. Iz bazenov vodo črpajo na koagulacijo in flokulacijo, ki poteka z dodatkom kemikalij v cevnem reaktorju. Nato pride na vrsto flotacija, kjer flotat posnemajo in odvajajo v zbirno posodo za flotat. Odpadna voda nato odteka v črpališče biološke čistilne naprave, kjer se združi s komunalnimi odpadnimi vodami iz podjetja. Biološko čiščenje poteka šaržno v prvem reaktorju – postopek SBR. Ta cikel poteka en dan. Vode nato prečrpajo v drug reaktor, v katerem je po zaključku predhodne šarže in dekantiranju vode preostali del biološkega blata. Odpadne vode aerirajo s puhalom, delovanje tega pa krmili sonda za meritev koncentracije kisika v reaktorju. Sledi usedanje blata in praznjenje odpadnih voda iz bazena, nato pa izčrpajo še prebitno blato. Sprejemnik odpadne vode iz čistilne naprave je potok Hercegovščak, ki izteka v reko Muro. (Priloga B3)



Slika 8: Blato, ki je pripravljeno za odvoz

6.3 IZRAČUN OBREMENITVE, IZRAŽENE V POPULACIJSKIH EKVIVALENTIH

Preglednica 4: Izmerjeni parametri BPK₅ in KPK (Priloga B1)

PARAMETER	LETNA KOLIČINA (kg/leto)	POVPREČNA DNEVNA KOLČINA (kg/dan)
KPK	2.116,2	5,798
BPK ₅	208,275	0,571

Preglednica 5: Izračunan obremenitve, izražen s PE

LETNI	PE _{B60} (kg/dan)	PE _{K120} (kg/dan)
povprečni	9,52	48,32

PE_{B60} (izražen z BPK₅) pomeni, da je populacijski ekvivalent enak 60 g BPK₅ na prebivalca na dan.

PE_{K120} (izražen s KPK) pomeni, da je populacijski ekvivalent enak 120 g KPK na prebivalca na dan.

7 ČISTILNA NAPRAVA V PODJETJU PANVITA, PRAŠIČEREJA NEMŠČAK, D. O. O.

V opisu sta upoštevani dve lokaciji Prašičereje Nemščak, d. o. o., in sicer Farmo Nemščak in Farmo Jezera. Delno je vključena tudi Bioplinarna Nemščak, ki meji na Farmo Nemščak in uporablja vodo iz črpališča Nemščak ter na katero odvajajo del gnojevke iz farm.

Dejavnost podjetja je reja prašičev. Površina celotne Farme Nemščak je 11 ha, od tega je utrjene površine 1 ha, površina Farme Jezera je 4,5 ha, od tega je utrjenih 0,2 ha površin. Farmi imata 38 zaposlenih. Povprečno število prašičev na obeh farmah v letu 2012 je bil 22.818 prašičev različnih velikosti, skupna teža pa je bila 1.350.000 kg.



Slika 9: Prašičereja Nemščak

7.1 OPIS TEHNOLOŠKEGA POSTOPKA

Na Farmi Nemščak imajo več hlevov za rejo živali (plemenskih svinj, merjascev, sesnih pujskov in odstavljenih pujskov). V hlevu so skupinski in individualni boksi. Boks ima rešetkasta tla, ki so iz armiranega betona. Pod rešetkami so odprti kanali, v katere se steka gnojevka. Na prednjem delu oziroma na obeh straneh so korita s sistemom za krmljenje. Bokse čistijo z vodo po vsaki selitvi živali.

Industrijska odpadna voda je gnojevka, ki nastaja zaradi izločkov živali, zaradi rabe vode na napajalnih mestih (polivanje) in pri izpiranju sistema za odvajanje gnojevke – večina gnojevke nastaja v času čiščenja hlevov.

Komunalne odpadne vode iz sanitarnih prostorov zaposlenih se združijo z industrijskimi.
(Priloga C3)

7.2 TEHNIKE ČIŠČENJA ODPADNIH VODA IN NJIHOVO ODVAJANJE

Postopek čiščenja odpadnih voda iz farm je večstopenjski:

- mehansko čiščenje,
- anaerobno čiščenje,
- aerobno čiščenje,
- zaključno čiščenje,
- obdelava mulja.

7.2.1 Mehansko čiščenje odpadnih voda

Z mehanskim čiščenjem izločajo v gnojevki neraztopljene snovi.

Mehansko čiščenje poteka v FAN-polžnih sitih, kjer izločijo delce, večje od 0,5 mm, sledi pa obdelava v FAN-centrifugah in vibrositih. Neraztopljene snovi izločajo še s flotacijo. Pred flotacijo dozirajo koagulant – Feriklar (raztopina železovega(III)klorida) in flokulant (raztopina polielektrolita). Mulj, ki nastaja pri mehanski obdelavi, z izjemo flotata, dodatno dehidrirajo na FAN-separatorju in odlagajo na interni deponiji. Flotat črpajo v muljno laguno.

7.2.2 Anaerobno čiščenje

Anaerobno čiščenje poteka po tehnologiji ASBR (anaerobni sekvenčni šaržni reaktor) ameriške firme LEMNA.

Po mehanskem čiščenju odteka odpadna voda v zbirni bazen, kjer jo segrejejo na 35 °C. Odpadne vode odvajajo v enega od dveh ASBR-reaktorjev, v katerih se dnevno obdelajo po 3–4 šarže. Obdelava posamezne šarže traja 3–8 ur in poteka v štirih fazah: polnjenje reaktorja, reakcija, usedanje in odvajanje odpadnih voda.

Potek anaerobne razgradnje je izredno pomemben za učinkovitost celotnega čiščenja gnojevke, saj je možno voditi postopek tako, da se doseže okoli 90-odstotna redukcija organskih snovi. Treba je spremljati in regulirati vrsto parametrov, kot so količina gnojevke za obdelavo, intenziteta mešanja, zadrževalni čas itd.

Pri anaerobni razgradnji organskih snovi nastaja »bioplin«, ki ga uporabljajo za segrevanje gnojevke pred uvajanjem v reaktorje, toplotno energijo preostalega plina pa pretvorijo v elektriko (109-kilovatni električni kogenerator).

Po usedanju odlijejo odpadno vodo v izravnalni bazen in nato v usedalnik. Usedlino občasno prečrpajo v muljno laguno.

7.2.3 Aerobno čiščenje

Aerobno čiščenje poteka v dveh CASS-reaktorjih. V aerobni stopnji se nadaljujejo razgradnja organskih snovi, nitrifikacija amonijaka, delna denitrifikacija in defosforizacija. Tudi CASS-reaktorji so sekvenčni šaržni reaktorji. V reaktor vpihujejo zrak. Doziranje zraka je odvisno od koncentracije raztopljenega kisika (sonde za kisik) in želenih pogojev v procesu čiščenja: aerobne razmere, anoksične razmere itd. Obdelava posamezne šarže poteka v treh fazah: polnjenje reaktorja in mešanje z muljem ter aeracija, usedanje mulja in odvajanje odpadnih voda. Ta izteka iz obeh CASS-reaktorjev okoli tri ure, običajno zjutraj med šesto in deveto uro. Na iztoku je nameščen stacionarni merilnik pretoka odpadnih voda.

V aerobno stopnjo čiščenja dotekajo tudi odpadne vode iz Bioplinarne.

7.2.4 Zaključno čiščenje

Zaključno čiščenje sestoji iz defosforizacije, čiščenja v zeleni laguni in dezinfekcije odpadnih voda.

Iz CASS-reaktorjev odteka odpadna voda v reaktorje za defosforizacijo, ki poteka ob dodatku Feriklara, ki tvori s fosfatnimi ioni težkotočen Fe-fosfat. Optimalni pH za obarjanje je 6,5, ki ga uravnava z raztopino NaOH (ob sicer kisli raztopini Feriklara).

Sledi odvajanje odpadnih voda v zeleno laguno LEMNA. To je velika laguna (zemeljski izkop), katere dno in stene so prekrte z neprepustno folijo. Površina vode je prekrita z račjo lečo, ki je stabilizirana s plavajočo rešetko. V zeleni laguni poteka naknadno aerobno čiščenje, obenem pa deluje laguna kot usedalnik. Predvideno je občasno odstranjevanje račje leče (kombajn), odcejanje in odlaganje na interni deponiji (skupaj z muljem iz FAN-separatorjev).

Na iztoku iz zelene lagune je v podzemnem objektu nameščena naprava za UV-dezinfekcijo.

Tako čiščena odpadna voda odteka po kanalu v reko Muro. Merilno mesto za monitoring odpadnih voda je na kanalu, ki odvaja odpadno vodo v Muro. (Priloga C4)

Po podatkih iz trajnih meritev pretoka so odvedli 40.100 m³ odpadnih voda; po podatkih podjetja je smiselno pripisati 40 % odpadne vode prašičereji in 60 % bioplinarni. Količina odpadne vode iz Farme Nemščak je bila 16.040 m³.

7.2.5 Obdelava mulja

V postopku čiščenja gnojevke nastaja mulj v več stopnjah. Mulj, ki nastaja pri mehanskem čiščenju na FAN-separatorjih (separat), zbirajo na interni deponiji. Separat je kakovostno gnojilo z visokim odstotkom suhe snovi (okoli 20 % s. s.). Mulj nastaja še pri flotaciji ter v anaerobnih in aerobnih reaktorjih. Količina tega mulja je okoli 80 m³/dan. Ta mulj vsebuje bistveno manj suhe snovi kot separat (okoli 1 % s. s.) in ga odvajajo v muljno laguno. Dno in stene muljne lagune so prekrivane z neprepustno folijo. V laguni poteka zgoščevanje in stabilizacija mulja ter skladiščenje pred odvozom na kmetijske površine. Mulj odvajajo iz lagune s plavajočo črpalko. Izcedne vode iz muljne lagune prečrpajo v CASS-reaktorje.

7.3 IZRAČUN OBREMENITVE, IZRAŽENE V POPULACIJSKIH EKVIVALENTIH

Preglednica 6: Izmerjeni parametri BPK₅ in KPK (Priloga C2)

PARAMETER	LETNA KOLIČINA (kg/leto)	POVPREČNA DNEVNA KOLIČINA (kg/dan)
KPK	726,9291	1,9916
BPK ₅	71,5505	0,196

Preglednica 7: Izračunan obremenitve, izražen s PE

LETNI	PE _{B60} (kg/dan)	PE _{K120} (kg/dan)
povprečni	3,27	16,6

PE_{B60} (izražen z BPK₅) pomeni, da je populacijski ekvivalent enak 60 g BPK₅ na prebivalca na dan.

PE_{K120} (izražen s KPK) pomeni, da je populacijski ekvivalent enak 120 g KPK na prebivalca na dan.

8 ZAKLJUČEK

Iz izračunov obremenitev, izraženih s populacijskimi ekvivalenti, je razvidno, da je odpadna voda iz Pomurskih mlekarn v primerjavi s farmo in klavnico zelo obremenjena. Pomurske mlekarnе v svoji čistilni napravi opravljajo samo mehanske postopke čiščenja, nato pa odpadna voda odteče v javno kanalizacijo za odpadne vode. Ta odpadna voda se prečisti v centralni čistilni napravi Murska Sobota. Z uvedbo tehnoloških dopolnitev v sistem čiščenja odpadnih voda bi lahko podjetje bistveno izboljšalo učinek čiščenja teh voda.

Izmed izbranih podjetij ima najbolj dovršeno čiščenje odpadnih voda podjetje Panvita, Prašičereja Nemščak, d. o. o., ki uporablja postopke mehanskega, anaerobnega, aerobnega in zaključnega čiščenja. V podjetju obdelajo tudi preostali mulj, ki ga predelanega odložijo na svojih kmetijskih površinah.

Iz analize čistilnih naprav podjetij z močno onesnaženimi odpadnimi vodami je razvidno, da se splača vložiti denar v ustrezno in kakovostno čiščenje odpadnih voda. Tako prihranijo denar pri plačilih taks za obremenjevanje voda, podjetje Panvita pa tudi pri nakupu potrebnih gnojil, saj namesto njih uporablja obdelani mulj. Prav tako smo ugotovili, da so anaerobni procesi uspešna alternativa aerobnim procesom, saj jih pri močno obremenjenih industrijskih in kmetijskih vodah v marsičem prekašajo. Njihove prednosti so manjša produkcija biološkega blata, ki je visoko stabilizirano, manjša potreba po nutrientih zaradi nižje stopnje rasti bakterij, manjši potrebni volumni reaktorjev in produkcija metana, ki je potencialni vir energije. Za takšne postopke podjetje potrebuje ustrezen kader, ki mora poznati kompleksen sistem anaerobnega čiščenja, v katerem delujejo različne mikrobne združbe, ki s pomočjo različnih biokemičnih reakcij preoblikujejo organske komponente v končna produkta metan in ogljikov dioksid.

VIRI

- Panjan, J. 2001. Čiščenje odpadnih voda. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 168 str.
- Panjan, J. 2004. Količinske in kakovostne lastnosti voda. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 82 str.
- Panjan, J. 2005. Osnove zdravstveno hidrotehnične infrastrukture: vodovod in čiščenje pitnih voda, odvod in čiščenje onesnaženih voda in komunalni odpadki, 2. izdaja. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 289 str.
- Roš, M. 2001. Biološko čiščenje odpadne vode. Ljubljana, GV Založba: 243 str.
- Roš, M., Zupančič, G. 2010. Čiščenje odpadnih voda. Velenje, Visoka šola za varstvo okolja: 330 str.
- Husain, A. 1998. Mathematical models of the kinetics of anaerobic digestion a selected review. *Biom. Bioen.* 14, 5/6: 561-571.
- Mara D., Horan N. 2003. Handbook of water and wastewater microbiology. Amsterdam, Academic Press: 819 str.
- Bitton, G. 2005. Wastewater microbiology, Third edition. Hoboken, John Wiley & Sons, Inc.: 746 str.
- Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih voda v vode in javno kanalizacijo. Uradni list RS, št. 64/2012
- Deublein D., Steinhauser A. 2008. Biogas from Waste and Renewable Resources. Substrate and biogas. Weinheim, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA: 443 str.
- Al Seadi, T., Rutz, D., Prassl, H., Köttner, M., Finsterwalder T., Volk, S., Janssen, R., Grmek, M. 2010. Priročnik o bioplinu. Ljubljana, Agencija za prestrukturiranje energetike: 144 str.

»Ta stran je namenoma prazna.«

SEZNAM PRILOG

PRILOGA A: ČISTILNA NAPRAVA POMURSKIH MLEKARN

- A1 Podatki o povprečnih letnih vrednostih in enotah obremenitve
- A2 Podatki o meritvah na posameznem iztoku za vire onesnaževanja
- A3 Shema tehnološkega postopka
- A4 Shematski prikaz čistilne naprave

PRILOGA B: ČISTILNA NAPRAVA PANVITA - MIR

- B1 Podatki o meritvah na posameznem iztoku za vire onesnaževanja
- B2 Shema tehnološkega postopka
- B3 Shematski prikaz čistilne naprave

PRILOGA C: ČISTILNA NAPRAVA PANVITA – PRAŠIČEREJA NEMŠČAK

- C1 Podatki o povprečnih vrednostih in enotah obremenitve
- C2 Podatki o meritvah na posameznem iztoku za vire onesnaževanja
- C3 Shema tehnološkega postopka
- C4 Shematski prikaz čistilne naprave

PRILOGA A: ČISTILNA NAPRAVA POMURSKIH MLEKARN

A1 PODATKI O POVPREČNIH LETNIH VREDNOSTIH IN ENOTAH OBREMENITVE

8. PODATKI O POVPREČNIH LETNIH VREDNOSTIH IN ENOTAH OBREMENITVE

		1	2	3	4	5	6
Naziv izvoka:		V1 - Iztok iz čistilne naprave					
Q na tem iztoku (1000 m ³ /leto)		98,422					
Iztok v kanalizacijo s KČN (DA/NE)		DA					
Na katero KČN je priključen kanal		MURSKA SOBOTA					
Zap. št.	Naziv parametra	Povprečne letne vrednosti					
6	Strupenost						
11	Cu (mg/l)						
14	Cd (mg/l)						
18	Cr _{VI} (mg/l)						
19	Ni (mg/l)						
21	Pb (mg/l)						
23	Hg (mg/l)						
38	KPK (mg/l)	443					
43	AOX (mg/l)	0,10					
33	Celotni fosfor(mg/l)	1,0					
60	Dušik(mg/l)	6,7					
Enote obremenitve EO _N (brez upoštevanja učinka čiščenja)		937,3					
Enote obremenitve EO _N (z upoštevanjem učinka čiščenja)		27,5					

Skupna enota obremenitve EO = 937,3

(brez upoštevanja učinka čiščenja)

Skupna enota obremenitve EO = 27,5

(z upoštevanjem učinka čiščenja)

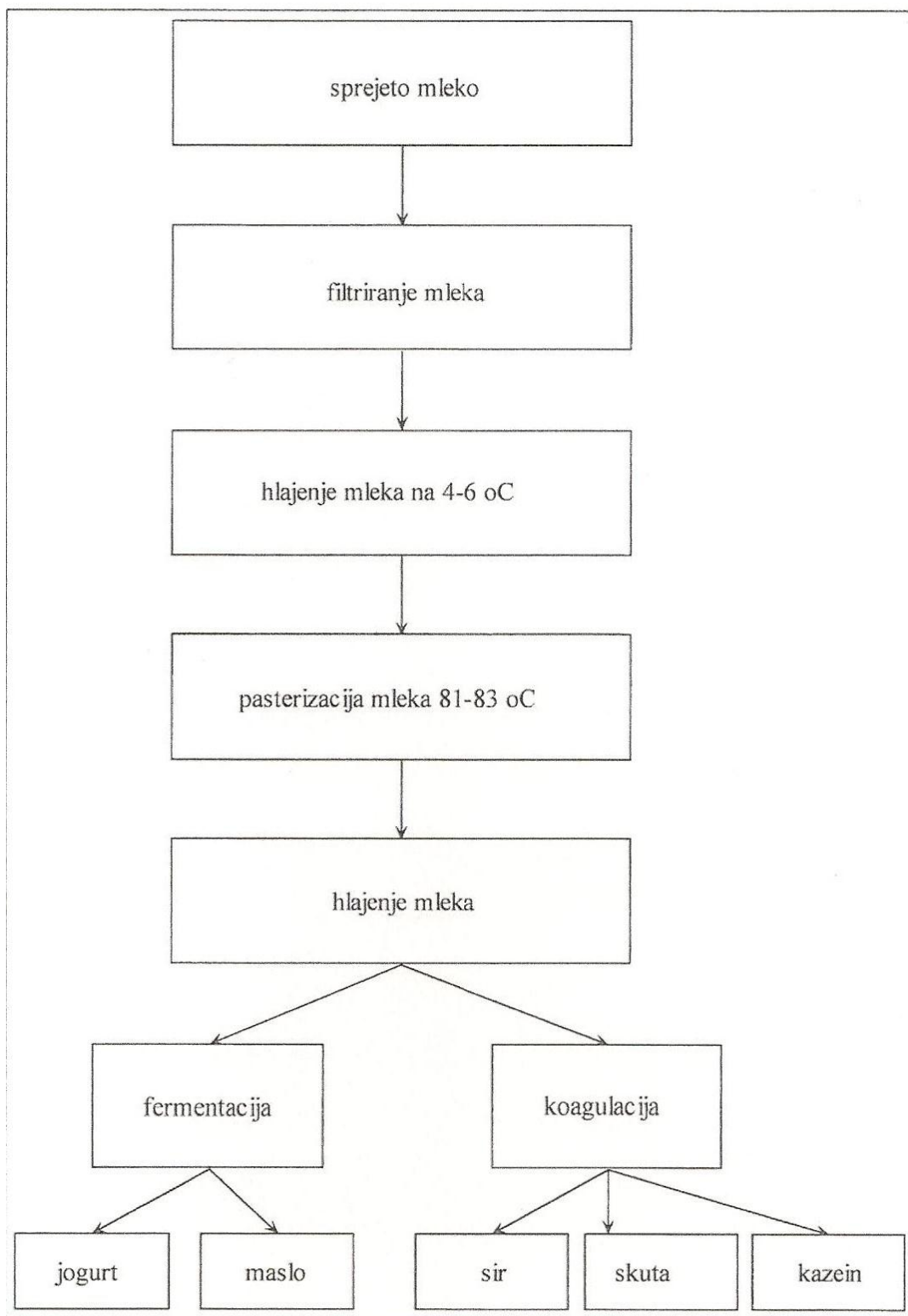
Bilanca vode (1000 m³/leto) = 0,0

(komunalna+industrijska+hladilna)-(vsota količin na posameznih iztokih)

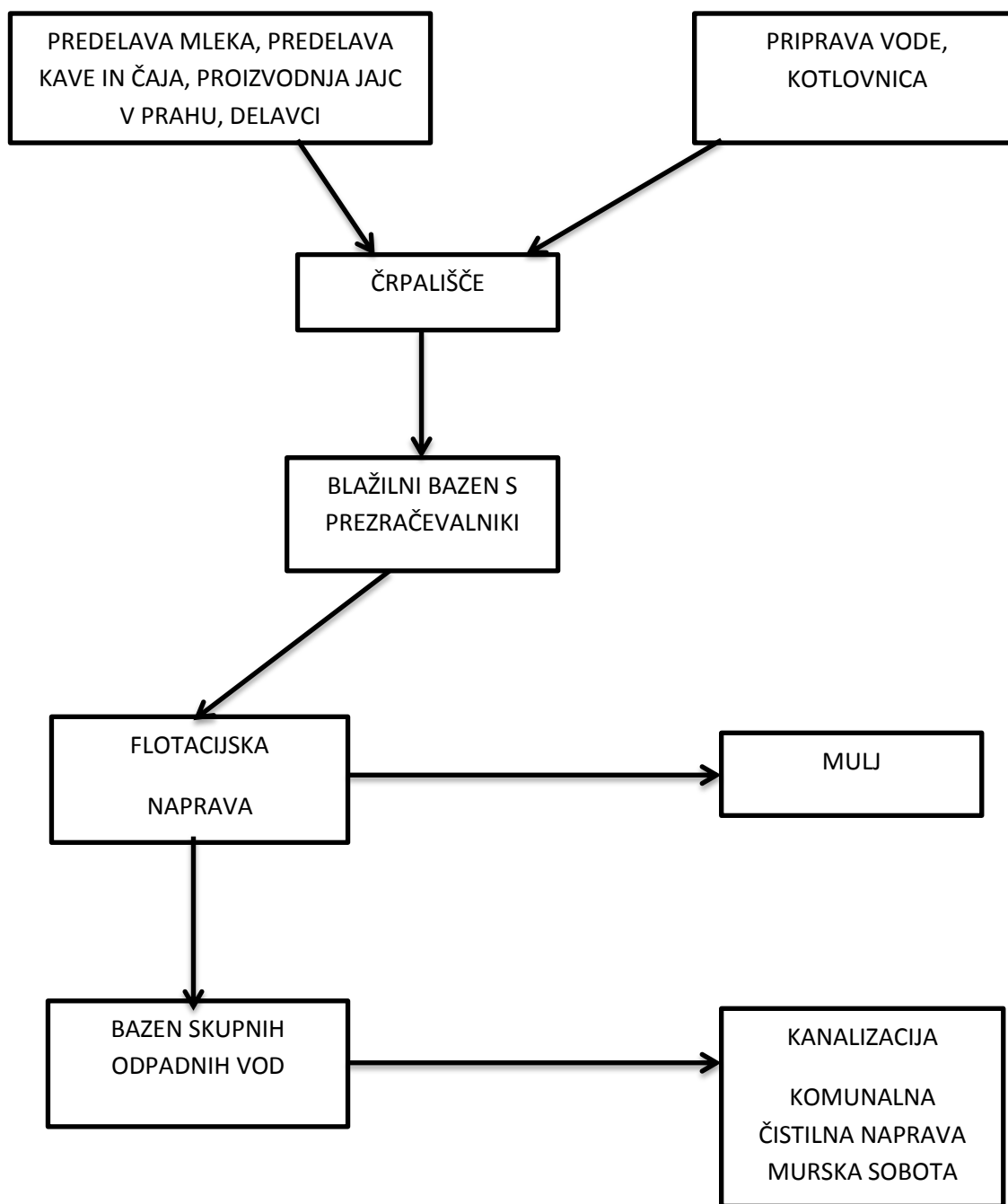
A2 PODATKI O MERITVAH NA POSAMEZNEM IZTOKU ZA VIRE ONESNAŽEVANJA

PODATKI O MERITVAH NA POSAMEZNEM IZTOKU ZA VIRE ONESNAŽEVANJA																														
Zap. št. parametra		Naziv parametra	Mehna vred. za iztok v vode kanaliz.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Povprečna vrednost	Minim. vrednost	Maks. vrednost	Vsota	Prilok'konc.	Letna količina emisije (kg/leto)									
Zaporedna številka izloka												1	Skupna letna količina odpadne vode na tem izloku (1000 m ³)												98,42					
Naziv izloka												V1 - iztok iz čistilne naprave	Odpadna voda na tem izloku se zlika v												Izlok v kanalizacijo s KCN					
Čas vzorčenja reprezentativnega vzorca (ure)												24	Na katero KCN je priključen kanal?												MURSKA SOBOTA					
Ali se na tem izloku izvaja kakšne meritve pretoka												NE																		
Po kateri uredbi se vrednosti izlok odpadne vode												OND																		
Zap. št. parametra		Naziv parametra	Mehna vred. za iztok v vode kanaliz.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Povprečna vrednost	Minim. vrednost	Maks. vrednost	Vsota	Prilok'konc.	Letna količina emisije (kg/leto)									
PODATKI O MERITVAH NA POSAMEZNEM IZTOKU ZA VIRE ONESNAŽEVANJA																														
Identifikacija vzorca			/	2011/04280	2011/05005	2011/11054	2011/16308									/	/	/	/	/	/									
datum vz. (dd.mm.lll)			/	12.04.2011	18.05.2011	25.08.2011	12.12.2011									/	/	/	/	/	/									
čas vz. (h:mm:ss)			/	22:35	21:00	24:05	23:40									/	/	/	/	/	/									
Q v času vz. (m ³)			/	532,0	544,8	515,8	557,0									/	/	/	/	/	/									
1	Temperatura		40,0	33,0	19,0	37,0	28,0									537,4	515,8	557,0	2149,5	6173,8	/									
2	pH		6,5-9,5	7,1	7,2	6,7	7,4									28,6	19,0	37,0	115,0	15277,4	/									
3	Nerazst. sn. (mg/l)		400,0	30.000	30.000	33.000	120.000									7,1	6,7	7,4	28,4	15277,4	/									
4	Used. sn. (mg/l)		20,0	0,100	0,100	0,100	4,000									56,1	30,0	120,0	221,0	120522,9	5518,325941									
38	KPK (mg/l)		*	280	320	400	760									1,11	0,10	4,00	4,3	2387,26	/									
39	BPk (mg/l)		*	160	210	330	460									291,2	160	460	1160	625962,0	28660,4768									
5	Strupenost															0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0									
11	Cu * (mg/l)															0,0000	0,000	0,000	0,000	0,000	0									
14	Cd * (mg/l)															0,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0									
18	Cr ₆ * (mg/l)															0,0000	0,000	0,000	0,000	0,000	0									
19	Ni * (mg/l)															0,0000	0,000	0,000	0,000	0,000	0									
21	Pb * (mg/l)															0,0000	0,000	0,000	0,000	0,000	0									
23	Hg * (mg/l)															0,0000	0,000	0,000	0,000	0,000	0									
43	ADX * (mg/l)		0,20	0,050	0,058	0,260	0,066									0,1044	0,050	0,250	0,425	224,455	10,21594905									
33	Celotni fosfor (mg/l)		-	0,250	0,290	1,300	2,200									1,0174	0,290	2,200	4,040	2186,932	100,1312901									
60	Celotni dušik (mg/l)		-	3,700	6,800	6,800	9,100									6,6528	3,700	9,100	26,500	14300,765	654,772543									
28	Amonijev dušik (mg/l)		200,00	1,000	1,200	1,000	LOD									0,7657	1,000	1,200	3,200	170,560	75,36158455									
28	Nitrarni dušik (mg/l)															0,0000	0,000	0,000	0,000	0,000	0									
27	Nitrin dušik * (mg/l)															0,0000	0,000	0,000	0,000	0,000	0									
25	Celotni klor (mg/l)		0,40	0,070	0,070	0,070	0,070									0,0700	0,070	0,070	0,280	150,472	6,88954									
34	Sulfat (mg/l)		200,00	20,000	13,000	19,000	37,000									22,3910	13,000	37,000	89,000	48151,600	2203,762716									
40	Težkohlupne lipofilne snovi (mg/l)		160,00	5,000	5,000	LOD	22,000									7,3858	5,000	22,000	32,000	17658,000	726,9214199									
1011	Temperatura-delež vrednosti lw		20,00	0,100	0,100	0,100	0,100									0,0000	0,100	0,100	0,400	214,980	0									
1020	pH-delež vrednosti izven območ.		20,00	0,100	0,100	2,800	0,100									0,0000	0,100	2,800	3,100	1607,820	0									

A3 SHEMA TEHNOLOŠKEGA POSTOPKA



A4 SHEMATSKI PRIKAZ ČISTILNE NAPRAVE

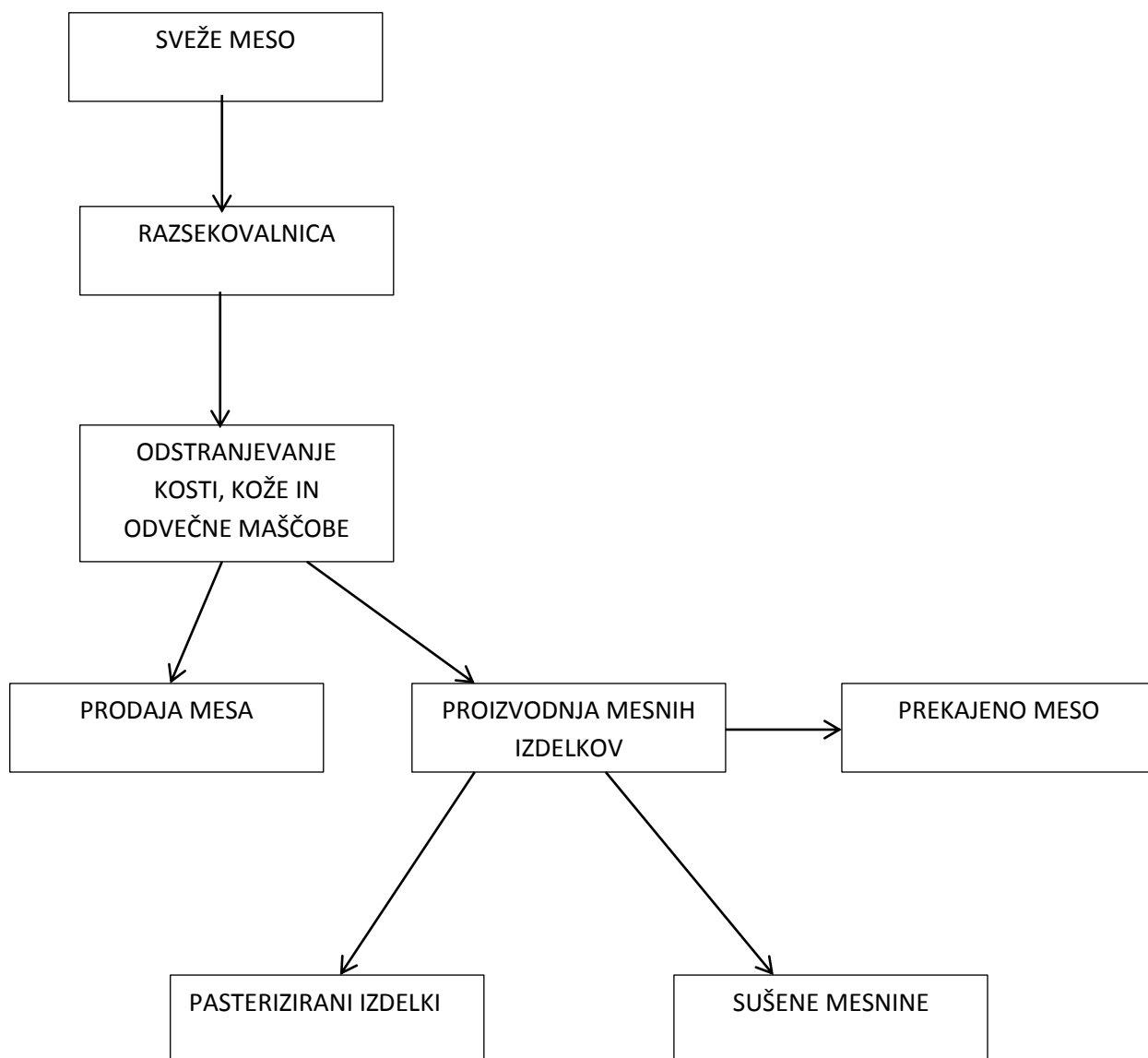


PRILOGA B: ČISTILNA NAPRAVA PANVITA - MIR

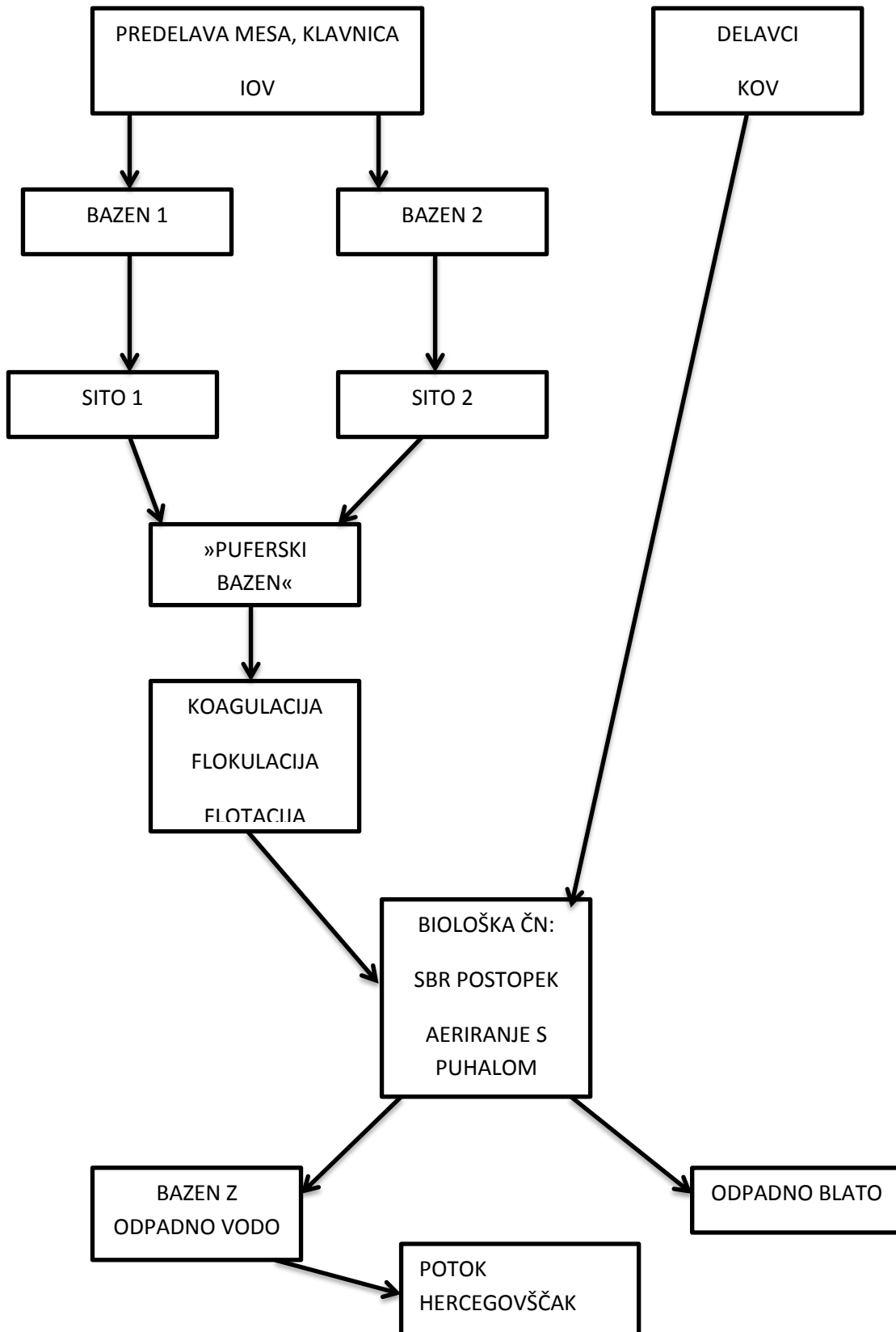
B1 PODATKI O MERITVAH NA POSAMEZNEM IZTOKU ZA VIRE ONESNAŽEVANJA

Zaporedna številka iztoka:		Skupna letna količina odpadne vode na tem iztoku (1000 m ³):												70,64							
Naziv iztoka:		Opadna voda na tem iztoku se izteka v												Hercegovščak							
Čas vzorčenja reprezentativnega vzorca (urb):		Na katero KČN je priključen kanal:																			
Ali se na tem iztoku izvajajo trajne meritve pretoka		NE																			
Po kateri uredbi se vrednoti iztok odpadne vode:		OVD																			
PODATKI O MERITVAH NA POSAMEZNEM IZTOKU ZA VIRE ONESNAŽEVANJA																					
Zap. št.	Naziv parametra	Méjna vred. za iztok v kanal.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Povprečna vrednost	Mimim. vrednost	Maks. vrednost	Vsota	Pretok*konc.	Letna količina emisije (kg/leto)	
Identifikacija vzorca		Št. vzorčenja																			
	datum vz. (dd.mm.ll)	/ /	2010/03/23	2010/06/34	2010/10/44	2010/13/75									/	/	/	/	/	/	
	čas vz. (hh:mm)	/ /	2:00	2:00	2:00	2:00									/	/	/	/	/	/	
	G v času vz. (m ³)	/ /	296	243	229	246									253,5	229,0	296,0	1014,0	/	/	
1	Temperatura	30	20	26	27	24									24,3	20,0	27,0	97,0	24325,0	/	
2	pH	6,5-9,5	7,5	7,3	7,4	7,3									7,4	7,3	7,5	29,5	7484,3	/	
3	Nerazt. sn. (mg/l)	60	2,7	2	4,1	4,7									3,3	2,0	4,7	13,5	3380,3	229,6137115	
4	Used. sn. (mg/l)	0,4	0,1	0,1	0,1	0,1									0,00	0,10	0,10	0,4	101,40	/	
38	KPK (mg/l)	140	30	30	30	30									0,0	30	30	120	30420,0	0	
39	BPK ₅ (mg/l)	30	3	3	5	4									3,0	3	5	15	3746,0	208,2749231	
6	Strupenost	3	2	2	2	2									0,0	2,0	2,0	8,0	2028,0	0	
11	Cu * (mg/l)														0,0000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0
14	Cd * (mg/l)														0,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0
18	Cr ₆₊ * (mg/l)														0,0000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0
19	Ni * (mg/l)														0,0000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0
21	Pb * (mg/l)														0,0000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0
23	Hg * (mg/l)														0,0000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0
43	AOX * (mg/l)	0,3	0,13	0,044	0,045	0,064									0,0708	0,044	0,130	0,283	75,221	4,9905635	
33	Celomi fosfor (mg/l)	2	0,25	0,09	0,88	3,4									1,1550	0,090	3,400	4,620	11337,90	81,47139	
60	Celomi dušik (mg/l)	*	5,7	3,5	3,1	LOD									3,2643	3,100	5,700	12,300	3247,600	230,2806577	
26	Amonijev dušik (mg/l)	8	LOD	LOD	1	LOD									0,2782	1,000	1,000	1,000	229,000	19,6257244	
28	Nitratni dušik (mg/l)														0,0000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0
27	Nitritni dušik * (mg/l)	0,5	0,07	0,07	0,07	0,07									0,0000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0
25	Celomi klor (mg/l)	150	20	24	28	30									0,0000	0,070	0,070	0,280	70,980	1763,45	
34	Sulfat (mg/l)														25,0000	20,000	30,000	100,000	25085,000	1763,45	
37	Celomi organski ogljik	20	3,5	3,5	6,2	7,6									5,2000	3,500	7,600	20,800	5175,900	366,1976	
40	Težkohlapne lipofilne s	20	5	LOD	5	5									1,0988	5,000	5,000	15,000	3855,000	76,78976923	
1011	Temperatura-delež vred	20	0,1	0,1	0,1	0,1									0,0000	0,100	0,100	0,400	101,400	0	
1020	pH-delež vrednosti izve	20	0,1	0,1	0,1	0,1									0,0000	0,100	0,100	0,400	101,400	0	

B2 SHEMA TEHNOLOŠKEGA POSTOPKA



B3 SHEMATSKI PRIKAZ ČN V PANVITI - MIR



PRILOGA C: ČISTILNA NAPRAVA PANVITA – PRAŠIČEREJA NEMŠČAK

C1 PODATKI O POVPREČNIH VREDNOSTIH IN ENOTAH OBREMITVE

8. PODATKI O POVPREČNIH LETNIH VREDNOSTIH IN ENOTAH OBREMITVE

Naziv izvoka:	Zaporedna številka izvoka					
	1	2	3	4	5	6
letna količina odpadne vode na tem iztoku (1000 m ³)	VI - ČN Nemiščak					
Izlok v kanalizacijo s KCN (D/ANE)	16,04					
Na katero KCN je priključen kanal	NE					
Zap. št. parametra	Povprečne letne vrednosti					
6	Strupenost					
11	Cu (mg/l)					
14	Cd (mg/l)					
18	Cr _v (mg/l)					
19	Ni (mg/l)					
21	Pb (mg/l)					
23	Hg (mg/l)					
38	KPK (mg/l)					
43	AOX (mg/l)					
33	Celotni fosfor(mg/l)					
60	Dušik(mg/l)					
Enote obremenitve EO_N						
(brez upoštevanja učinka čiščenja)						
17,8						
Enote obremenitve EO_N						
(z upoštevanjem učinka čiščenja)						
17,8						

Skupna enota obremenitve EO = 17,8

(brez upoštevanja učinka čiščenja)

Skupna enota obremenitve EO = 17,8

(z upoštevanjem učinka čiščenja)

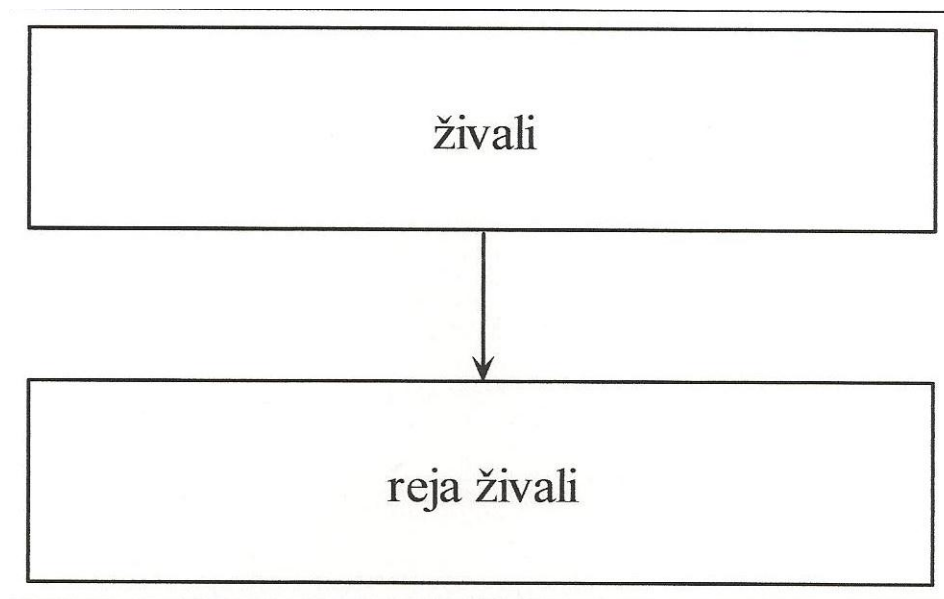
Bilanca vode (1000 m³/leto) = 0,0

(komunalna+industrijska+hladilna)-(vsota količin na posameznih iztokih)

C2 PODATKI O MERITVAH NA POSAMEZNEM IZTOKU ZA VIRE ONESNAŽEVANJA

PODATKI O MERITVAH NA POSAMEZNEM IZTOKU ZA VIRE ONESNAŽEVANJA		Skupna letna količina odpadne vode na tem iztoku (1000 m ³): 16,04																		
Zaporedna številka iztoka:		1																		
Naziv iztoka:		V1 - ČN Nemščak																		
Čas vzorčenja reprezentativnega vzorca (ure):		24																		
Ali se na tem iztoku izvajajo trajne meritve prebka		DA																		
Po kateri uredbi se vrednoti iztok odpadne vode:		OVD																		
PODATKI O MERITVAH NA POSAMEZNEM IZTOKU ZA VIRE ONESNAŽEVANJA		Št. vzorčenja																		
Zap. št. parametra	Naziv parametra	Majna vred. za iztok v kanaliz.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Povprečna vrednost	Minim. vrednost	Maks. vrednost	Vsota	Pretok/konc.	Letna količina emisije (kg/leto)
identifikacija vzorca		/	2012/00670	2012/04348	2012/14002	2012/14578														
	datum vz. (dd.mm.ll)	/	14.3.2012	8.5.2012	20.11.2012	5.12.2012														
	čas vz. (h:mm)	/	24:00	24:00	24:00	24:00														
	Q v času vz. (m ³)	/	109	115	65	55									86,0	55,0	115,0	344,0	/	/
1	Temperatura	30	10	17	9,9	8,2									12,0	8,2	17,0	45,1	4139,5	/
2	pH	6,5-9	7,3	8,1	8,3	8,0									7,9	7,3	8,3	31,7	2708,7	/
3	Nerazt. sn. (mg/l)	30	2,1	2,0	4,9	2,1									2,4	2,0	4,9	11,1	892,9	36.95295349
4	Used. sn. (mg/l)	0,5	0,1	0,1	0,1	0,1									0,10	0,10	0,10	0,4	34,40	/
38	KPK (mg/l)	400	30	30	120	50									45,3	30	120	230	17270,0	726.9209698
39	BPK ₅ (mg/l)	25	3	3	14	3									4,5	3	14	23	1747,0	71.55052326
6	Strupenost	3,0	2	2	2	2									2,0	2,0	2,0	8,0	688,0	32,08
11	Cu * (mg/l)	0,5	0,005	LOD	0,015	0,005									0,0045	0,005	0,015	0,025	1,795	0,07197215
14	Cd * (mg/l)														0,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0
18	Cr _{v6} * (mg/l)														0,0000	0,000	0,000	0,000	0,000	0
19	Ni * (mg/l)														0,0000	0,000	0,000	0,000	0,000	0
21	Pb * (mg/l)														0,0000	0,000	0,000	0,000	0,000	0
23	Hg * (mg/l)														0,0000	0,000	0,000	0,000	0,000	0
43	AOX * (mg/l)	0,1	0,024	0,020	0,020	0,023									0,6053	0,060	1,900	3,090	208,210	0,281679186
33	Celotni fosfor (mg/l)	2	0,29	0,06	1,9	0,84									0,0000	0,000	0,000	0,000	0,000	0
60	Celotni dušik (mg/l)		LOD	LOD	16	3,9									3,7124	3,600	16,000	19,600	1238,000	59,54709032
26	Amonijev dušik (mg/l)	159													0,0000	0,000	0,000	0,000	0,000	0
28	Nitrati dušik (mg/l)														0,0000	0,000	0,000	0,000	0,000	0
27	Nitritni dušik * (mg/l)														0,0000	0,000	0,000	0,000	0,000	0
13	Cink * (mg/l)	1	0,100	0,100	0,130	0,100									0,0773	0,100	0,130	0,430	36,350	1,239602907
24	Klor - prosti* (mg/l)	0,2	0,07	0,07	0,07	0,07									0,0700	0,070	0,070	0,260	24,080	1,1228
52	Mangan (mg/l)	1	LOD	LOD	0,100	LOD									0,0156	0,100	0,100	0,100	6,500	0,250879149
35	Sulfid (mg/l)	0,1	LOD	LOD	LOD	LOD									0,0000	0,000	0,000	0,000	0,000	0
37	Celotni organski ogljik	90	2,0	2,0	25	3,3									6,5538	2,000	25,000	32,300	2254,500	105,1226163
3501	Temperatura-delež ved	20	0,1	0,1	0,1	0,1									0,0000	0,100	0,100	0,400	34,400	0
1020	pH-delež vrednosti izve	20	6,4	0,1	0,1	0,1									0,0000	0,100	6,400	6,700	721,100	0

C3 SHEMA TEHNOLOŠKEGA POSTOPKA



C4 SHEMATSKI PRIKAZ ČISTILNE NAPRAVE

