

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*

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



Univerzitetni program Vodarstvo in
komunalno inženirstvo

Kandidatka:

Ana Dragoš

Certificiranje male čistilne naprave SBR

Diplomska naloga št.: 99

Mentor:

prof. dr. Boris Kompare

Somentor:

doc. dr. Nataša Atanasova

Ljubljana, 22. 4. 2008

Popravki (Errata):

Stran z napako	Vrstica z napako	Namesto	Naj bo
----------------	------------------	---------	--------

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisana **ANA DRAGOŠ** izjavljam, da sem avtorica diplomske naloge z naslovom:
»CERTIFICIRANJE MALE ČISTILNE NAPRAVE SBR«

Izjavljam, da se odpovedujem vsem materialnim pravicam iz dela za potrebe elektronske separatoteke FGG.

Ljubljana, _____ 2008

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	628.32(043.2)
Avtor:	Ana Dragoš
Mentor:	izr. prof. dr. Boris Kompare
Somentor:	asist. dr. Nataša Atanasova
Naslov:	Certificiranje male čistilne naprave SBR
Obseg in oprema:	82 str., 36 pregl., 59 sl., 8 en.
Ključne besede:	mala čistilna naprava (MČN), sekvenčni biološki reaktor (SBR), aktivno blato

Izvleček

V diplomski nalogi obravnavam testiranje učinkovitosti delovanja male čistilne naprave tipa SBR. Testiranje smo izvajali v različnih fazah delovanja s testnimi metodami po SIST EN 12566-3:2005 in monitoringom kvalitete vode na dotoku in iztoku.

V uvodnem delu so predstavljena izhodišča za uporabo malih čistilnih naprav, namen testiranja in zakonodaja s področja čiščenja komunalnih odpadnih vod. V nadaljevanju je opisana mala komunalna ČN SBR za 5 PE podjetja Regeneracija, njene tehnološke osnove delovanja, tehnologija čiščenja in pripadajoča oprema.

Testne procedure o učinkovitosti delovanja smo izvajali po Aneksu B zgoraj navedenega standarda, po katerem se popolni test izvede za čas 38 tednov od začetne faze adaptacije. Izvajanje meritev je sledilo po predpisanih fazah glede na dotok (normalni dotok, manjši in povečan dotok, brez dotoka) in izpad elektrike. V diplomski nalogi je posebej opisana vsaka od faz, učinek biološkega odstranjevanja v posamezni fazi in spreminjanje lastnosti aktivnega blata v biološki stopnji.

V zadnjem delu naloge sem vključila še rezultate meritev Zavoda za zdravstveno varstvo Kranj, ki je med meritvami jemal vzorce vode in prav tako testiral učinkovitost delovanja. Za proces čiščenja odpadne vode po principu SBR je potrebna električna energija, zato smo v nadaljevanju prikazali tudi porabo energije za delovanje čistilne naprave.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC: 628.32(043.2)
Author: Ana Dragoš
Supervisor: Assoc. prof. dr. Boris Kompare
Co-supervisor: Assist. dr. Nataša Atanasova
Title: Certification of a small waste water treatment plant SBR
Notes: 82 p., 36 tab., 59 fig., 8 eq.
Key words: small wastewater treatment plants (WWTP), Sequencing Batch Reactor (SBR), activated sludge

Abstract:

The basic aim of the presented study was to evaluate testing procedures for the determination of the efficiency of the small WWTP type SBR. Testing has been performed in various operating phases with test methods complying with SIST EN 12566-3:2005 and with the water quality monitoring for both the influent and the effluent.

In the first part of this study are presented the legislation from waste water area, and the purpose of testing the quality of wastewater. Later on, in the study, are described a small WWTP SBR for 5PE from cooperation Regeneracija, its technological operation principles, water treatment technology and all the gear that belongs to that particular WWTP.

The test procedures according to operating efficiency were executed after ANEX B from the standard listed above. In that standard the complete test has to be made in 38 weeks after inicial phase of adaptation. Measurements were taken in proposed phases according to hydraulic daily flow (nominal daily flow, underloading, overloading, nominal with power breakdown, low occupation stress). Description of every phase, effect of biological removal in each phase and properties changing of active sludge in biological tank can be found in my study.

In the last part of this study there are incorporated the measurements' results from ZZV Kranj. This company has been independently monitoring the operating efficiency by taking their own samples during our study testing. For the treatment of wastewater with this type of small WWTP electrical energy is needed so we have shown also the energy usage of this SBR.

ZAHVALA

Za pomoč pri izdelavi diplomske naloge se iskreno zahvaljujem mentorju izr. prof. dr. B. Komparetu in somentorici asist. dr. N. Atanasovi.

Zahvaljujem se podjetju Regeneracija, ki mi je omogočilo izvajanje meritev, vsem sodelavkam in sodelavcem za pomoč pri razvoju in testiranju delovanja male biološke čistilne naprave ter celotni upravi CČN Kranj za pomoč in nasvete pri izvajanju meritev.

Ravno tako se zahvaljujem tudi vsem, ki so mi pri nastajanju te diplomske naloge stali ob strani, me vzpodbujali in s tem znatno pripomogli k uspešnemu zaključku mojega študija.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
2	NAMEN IN ZAKONODAJA NA PODROČJU ČIŠČENJA KOMUNALNIH ODPADNIH VOD	3
2.1	Namen	3
2.2	Zakonodaja	3
2.2.1	Splošno	4
2.2.2	Voda	4
2.2.3	Tla	4
2.2.4	Odpadki	5
2.2.5	Hrup	5
2.3	Standardi	5
2.4	Izpostavljeni uredbi, pravilnik in standard za MČN SBR	5
3	TEHNOLOGIJA ČIŠČENJA ČN	12
3.1	Tehnološke osnove delovanja ČN	12
3.1.1	Biološko odstranjevanje dušika	12
3.1.1.1	Nitrifikacija	13
3.1.1.2	Denitrifikacija	13
3.1.2	Aeracijski bazen	14
3.1.2.1	Aktivno blato	14
3.2	Tehnologija čiščenja v ČN SBR	16
4	METODE DELA	18
4.1	Vzorčenje	18
4.2	Merilne metode	18
4.2.1	Kemijska potreba po kisiku (KPK)	18
4.2.2	Biokemijska potreba po kisiku – BPK	20
4.2.3	Usedljivost	21
4.2.4	Koncentracija aktivnega blata – sušina	21
5	MALA ČISTILNA NAPRAVA SBR (MČN SBR)	23

5.1	Izhodišča	23
5.2	Namestitev MČN SBR 5.....	24
5.2.1	Dotok odpadne vode	25
5.2.2	Iztok odpadne vode.....	25
5.3	Opis MČN SBR 5.....	26
5.3.1	Zahteve glede dimenzioniranja ČN	26
5.3.2	Mehanska stopnja.....	27
5.3.3	Biološka stopnja (aeracijski bazen)	28
5.4	Prezračevanje.....	28
5.4.1	Meritve vnosa kisika za membranski krožnik θ 320 mm po SIST EN 12566-10:2005.....	29
5.4.2	Posplošeni izračuni vnosa kisika po SIST EN 12255-15:2004	30
5.4.3	Meritev zmoglosti puhala.....	31
5.4.4	Elektro krmiljenje za SBR 5.....	32
6	PROGRAM IZVAJANJA RAZISKAV	37
6.1	Cilji izvajanja raziskav	37
6.2	Časovni potek raziskav po posameznih fazah.....	37
6.3	Vzorčenje.....	38
6.4	On-line meritve	38
6.5	Dnevne meritve	38
6.5.1	Dnevne meritve na dotoku	38
6.5.2	Dnevne meritve na iztoku	39
6.5.3	Dnevne meritve v aeracijskem bazenu	39
6.6	Občasne meritve	39
6.7	Protokol	39
7	REZULTATI ANALIZ	40
7.1	Dotok in iztok	40
7.2	Rezultati raziskav I. faze.....	41
7.3	Rezultati raziskav II. faze	41

7.3.1	Primerjava rezultatov raziskav II. faze glede na ciljne vrednosti.....	44
7.4	Rezultati raziskav III. faze	44
7.4.1	Primerjava rezultatov raziskav III. faze glede na ciljne vrednosti	47
7.5	Rezultati raziskav IV. faze	47
7.5.1	Primerjava rezultatov raziskav IV. faze glede na ciljne vrednosti.....	50
7.6	Rezultati raziskav V. faze.....	50
7.6.1	Primerjava rezultatov raziskav V. faze glede na ciljne vrednosti.....	53
7.7	Rezultati raziskav VI. faze	54
7.7.1	Primerjava rezultatov raziskav VI. faze glede na ciljne vrednosti.....	56
7.8	Rezultati raziskav VII. faze.....	56
7.8.1	Primerjava rezultatov raziskav VII. faze glede na ciljne vrednosti	59
7.9	Rezultati raziskav VIII. Faze	59
7.9.1	Primerjava rezultatov raziskav VIII. faze glede na ciljne vrednosti	62
7.10	Rezultati raziskav IX. faze	62
7.10.1	Primerjava rezultatov raziskav IX. faze glede na ciljne vrednosti.....	64
7.11	Rezultati raziskav X. faze.....	65
7.11.1	Primerjava rezultatov raziskav X. faze glede na ciljne vrednosti.....	67
7.12	Rezultati raziskav biološke stopnje	67
7.12.1	Lastnosti aktivnega blata	67
7.12.2	Koncentracija raztopljenega kisika in prevodnost	70
7.13	Rezultati ZZV Kranj	71
7.14	Stroški električne energije.....	75
8	RAZPRAVA O REZULTATIH RAZISKAV	76
8.1	Učinkovitost čiščenja pri ČN SBR 5.....	76
8.2	Učinki čiščenja v času testiranja za SS, KPK, BPK ₅ – rezultati ZZV Kranj	77
9	ZAKLJUČEK.....	78
VIRI	79
PRILOGE		

SEZNAM PREGLEDNIC

Preglednica 1: Meritve kisika za MČN SBR 5	30
Preglednica 2: Časovni potek raziskav	37
Preglednica 3: Rezultati analiz dotoka	40
Preglednica 4: Rezultati analiz iztoka	40
Preglednica 5: Rezultati analiz dotoka II. faze	42
Preglednica 6: Rezultati analiz iztoka II. faze	42
Preglednica 7: Meritve v biološki stopnji za II. fazo.....	43
Preglednica 8: Rezultati analiz dotoka III. faze.....	45
Preglednica 9: Rezultati analiz iztoka III. faze.....	45
Preglednica 10: Meritve v biološki stopnji za III. fazo	46
Preglednica 11: Rezultati analiz dotoka IV. faze	48
Preglednica 12: Rezultati analiz iztoka IV. faze.....	48
Preglednica 13: Meritve v biološki stopnji za IV. fazo	49
Preglednica 14: Rezultati analiz dotoka V. faze.....	51
Preglednica 15: Rezultati analiz iztoka V. faze	51
Preglednica 16: Meritve v biološki stopnji za V. fazo	52
Preglednica 17: Rezultati analiz dotoka VI. faze	54
Preglednica 18: Rezultati analiz iztoka VI. faze.....	55
Preglednica 19: Meritve v biološki stopnji za VI. fazo	56
Preglednica 20: Rezultati analiz dotoka VII. faze	57
Preglednica 21: Rezultati analiz iztoka VII. faze	57
Preglednica 22: Meritve v biološki stopnji za VII. fazo.....	58
Preglednica 23: Rezultati analiz dotoka VIII. faze.....	60
Preglednica 24: Rezultati analiz iztoka VIII. faze.....	60
Preglednica 25: Meritve v biološki stopnji za VIII. fazo	61
Preglednica 26: Rezultati analiz dotoka IX. faze	63
Preglednica 27: Rezultati analiz iztoka IX. faze.....	63
Preglednica 28: Meritve v biološki stopnji za IX. fazo	64
Preglednica 29: Rezultati analiz dotoka X. faze.....	65
Preglednica 30: Rezultati analiz iztoka X. faze.....	65

Preglednica 31: Meritve v biološki stopnji za X. fazo	66
Preglednica 32: Meritve parametrov v biološki stopnji	68
Preglednica 33: Rezultati dotoka (ZZV Kranj).....	72
Preglednica 34: Rezultati iztoka (ZZV Kranj).....	73
Preglednica 35: Učinek čiščenja KPK po posameznih fazah testiranja.....	76
Preglednica 36: Učinki čiščenja za MČN SBR 5.....	77

SEZNAM SLIK

<i>Slika 1: Shema male čistilne naprave SBR</i>	17
<i>Slika 2: Izvajanje meritev KPK</i>	20
<i>Slika 3: Nanocolorjeva grelna naprava in fotospektrometer, za merjenje parametrov odpadne vode (23.11.2007)</i>	20
<i>Slika 4: Izvajanje meritev BPK₅</i>	21
<i>Slika 5: Meritev usedljivosti blata</i>	21
<i>Slika 6: Merilnik sušine blata</i>	21
<i>Slika 7: Naselje Drulovka (23.11.2007)</i>	23
<i>Slika 8: Postavitev pilotnih ČN</i>	24
<i>Slika 9: Alkatenas tlačni vod - pogled iz dotočnega jaška (27.8.2006)</i>	24
<i>Slika 10: MČN SBR 5</i>	24
<i>Slika 11: Alkatenas tlačni vod - pogled iz MČN SBR (9.10.2007)</i>	24
<i>Slika 12: Dotočni kanal (9.10.2007)</i>	25
<i>Slika 13: Rešetka v dotočnem kanalu</i>	25
<i>Slika 14: Potek iztoka očiščene vode</i>	25
<i>Slika 15: Iztočni jašek</i>	25
<i>Slika 16: Model MČN SBR</i>	26
<i>Slika 17: Merska skica MČN SBR</i>	26
<i>Slika 18: Puhalo</i>	27
<i>Slika 19: Membranski krožnik</i>	27
<i>Slika 20: Cevni razvod – mamut črpalke</i>	27
<i>Slika 21: Stikalna ura</i>	27
<i>Slika 22: Pogled skozi vstopno odprtino</i>	28
<i>Slika 23: Cevni razvod MČN SBR 5 (vir: Regeneracija d.o.o.)</i>	28
<i>Slika 24: Naraščanje koncentracije raztopljenega kisika s časom prezračevanja</i>	29
<i>Slika 25: Puhalo HAKKO 80 L</i>	32
<i>Slika 26: Prikaz krmilnega programa za normalno delovanje ČN (vir: Regeneracija d.o.o., 2007)</i>	34
<i>Slika 27: Plošča z elektro krmiljenjem</i>	35
<i>Slika 28: Monitoring na terenu</i>	35

<i>Slika 29: Vnos krmilnega programa iz računalnika na stikalno uro(15.10.2006)</i>	35
<i>Slika 30: Priključna shema regulatorja za MČN SBR 5</i>	36
<i>Slika 31: Hach on-line merilnik</i>	38
<i>Slika 32: Razlika v barvi in bistrosti dotočne odpadne vode in očiščene vode iz ČN SBR 5...</i>	39
<i>Slika 33: Prikaz odstranjevanja organskega onesnaženja II. faze</i>	43
<i>Slika 34: Prikaz poteka usedljivosti in sušine v biološki stopnji za II. fazo</i>	44
<i>Slika 35: Prikaz odstranjevanja organskega onesnaženja III. Faze</i>	46
<i>Slika 36: Prikaz poteka usedljivosti in sušine v biološki stopnji za III. fazo</i>	47
<i>Slika 37: Prikaz odstranjevanja organskega onesnaženja IV. faze</i>	49
<i>Slika 38: Prikaz poteka usedljivosti in sušine v biološki stopnji za IV. fazo</i>	50
<i>Slika 39: Prikaz odstranjevanja organskega onesnaženja V. faze</i>	51
<i>Slika 40: Prikaz poteka usedljivosti in sušine v biološki stopnji za V. fazo</i>	53
<i>Slika 41: Prikaz odstranjevanja organskega onesnaženja V. faze - ponovitev</i>	54
<i>Slika 42: Prikaz odstranjevanja organskega onesnaženja VI. faze</i>	55
<i>Slika 43: Prikaz poteka usedljivosti in sušine v biološki stopnji za VI. fazo</i>	56
<i>Slika 44: Prikaz odstranjevanja organskega onesnaženja VII. faze</i>	58
<i>Slika 45: Prikaz poteka usedljivosti in sušine v biološki stopnji za VII. Fazo</i>	59
<i>Slika 46: Prikaz odstranjevanja organskega onesnaženja VIII. faze</i>	61
<i>Slika 47: Prikaz poteka usedljivosti in sušine v biološki stopnji za VIII. fazo</i>	62
<i>Slika 48: Prikaz odstranjevanja organskega onesnaženja IX. faze</i>	63
<i>Slika 49: Prikaz poteka usedljivosti in sušine v biološki stopnji za IX. fazo</i>	64
<i>Slika 50: Prikaz odstranjevanja organskega onesnaženja X. faze</i>	66
<i>Slika 51: Prikaz poteka usedljivosti in sušine v biološki stopnji za X. fazo</i>	67
<i>Slika 52: Prikaz poteka usedljivosti in sušine v biološki stopnji</i>	68
<i>Slika 53: Prikaz indeksa blata v biološki stopnji</i>	70
<i>Slika 54: Spreminjanje koncentracije kisika v mg/l</i>	70
<i>Slika 55: Spreminjanje prevodnosti</i>	71
<i>Slika 56: Prikaz organskega onesnaženja dotoka (ZZV Kranj)</i>	72
<i>Slika 57: Prikaz organskega onesnaženja iztoka (ZZV Kranj)</i>	73
<i>Slika 58: Primerjava meritev organskega onesnaženja dotoka ZZV Kranj in lastnih meritev</i>	74
<i>Slika 59: Primerjava meritev organskega onesnaženja iztoka ZZV Kranj in lastnih meritev.</i>	74

SEZNAM KRATIC

PE	Populacijski ekvivalent
ČN	Čistilna naprava
MČN	Mala čistilna naprava
SBR	Sekvenčni biološki reaktor
BPK ₅	Biokemijska potreba po kisiku v petih dneh
KPK	Kemijska potreba po kisiku
SS	Suspendirane trdne snovi

SIMBOLI IN ENOTE

Simbol	Enota	Opis
C _X	mg/l	Koncentracija kisika v reaktorju
BPK ₅	mg/l	Petdnevna biokemijska potreba po kisiku
B _{dBSB5}	mg/l	Dnevna obremenitev z BPK ₅
B _{RBSB5}	mg/l	Prostorska obremenitev z BPK ₅
B _{TS}	kg/(kg.d)	Vsebnost blata
F	-	Faktor temperature
f _C , f _N	-	Faktor za izravnavo
KN	mg/l	Kjeldahlov dušik
KPK	mg/l	Kemijska potreba po kisiku
m _c	-	Število dnevni ciklov
NH ₄ -N	mg/l	Amonijev dušik
O _B	kg/kg	Obremenitev s kisikom
OC	kg/h	Kapaciteta prenosa kisika v čisti vodi pod standardnimi pogoji
OV _N	kgO ₂ /kgBPK ₅	Specifična poraba O ₂ za oksidacijo dušikovih spojin
OV _C	kgO ₂ /kgBPK ₅	Specifična poraba O ₂ za oksidacijo ogljikovih spojin
OC _p	kg/(m ³ .d)	Vnos kisika na m ³ čiste vode pri standardnih pogojih
pH	-	pH vrednost
T	°C	Temperatura
t _c	h	Čas trajanja cikla
t _{ts}	dan	Zadrževalni čas
TS _{BB}	kgSS/m ³	Vsebnost (koncentracija) suhe snovi v prezračevalnem bazenu
VIB	ml/g	Volumski indeks blata
V _{BB}	m ³	Volumen prezračevalnega bazena
F/M	-	Starost blata/organska obremenitev

RAZLAGA POJMOV:

- **Populacijski ekvivalent (PE)** je populacijska enota, ekvivalentno onesnaženje (obrt, industrija), kot ga sicer povzroči ena oseba. 1 PE je enak 60 gBPK₅/dan.
- **Učinek čiščenja** naprave je razmerje med količino snovi, izločene pri obdelavi odpadne vode, in količino te snovi v odpadni vodi pred čiščenjem na čistilni napravi. Izraža se v odstotkih.
- **Biorazgradnja** je molekularna razgradnja sestavin odpadne vode ali blata zaradi delovanja živih organizmov.
- **pH vrednost** – se uporablja za podajanje kislosti oz. bazičnosti. S pH vrednostjo izrazimo koncentracijo oksonijevih in hidroksidnih ionov.
- **Prevodnost** – je merilo za prisotnost ionov in je odvisna predvsem od koncentracije anorganskih ionov. Izražena je v $\mu\text{S}/\text{cm}$.
- **Usedljivost** (volumen blata) – določimo tako, da vzamemo cilinder s prostornino 1000 cm³, premerom 6 cm in ga napolnimo z mešanico odpadne vode in blata. Po 30 min mirovanja odčitamo volumen poseda in ga izrazimo v ml/l.
- **Neraztopljene (suspendirane) snovi** – so snovi, ki jih v procesu filtracije zadrži filter s predpisano in standardizirano velikostjo por. V suspendirani obliki se nahaja dve tretjini vseh prisotnih snovi v odpadni vodi, medtem ko ostalo tretjino predstavlja raztopljena materija. Med neraztopljene snovi štejemo usedljive (tiste, ki so se usedle v 1 l vode po 2-urnem usedanju), lebdeče (v 1 l vode se po 2 urah ne usedejo niti ne splavajo na površino) in plavajoče snovi (po 2-urnem stanju v 1 l vodnega vzorca plavajo na površini).
- **Raztopljene snovi** – snovi, ki so raztopljene v vodi.
- **KPK** (kemijska potreba po kisiku) – je merilo za organsko onesnaženje vode. Je parameter, ki pove količino kisika, potrebno za kemijsko oksidacijo organskega onesnaženja v odpadni vodi.

Za določevanje kemijske potrebe po kisiku je na voljo več oksidantov, kot so KMnO₄, K₂Cr₂O₇ in NaOCl.

Za oceno onesnaženosti z organskimi nečistočami je poleg kemijske pomembna tudi biokemijska potreba po kisiku (BPK). Medtem ko pri določanju KPK oksidiramo

organske snovi z nekaterimi kemijskimi oksidanti, se pri določanju BPK organske snovi razgradijo mikrobiološko ob prisotnosti kisika. Izraža se v mgO_2/l .

- **BPK** – se izraža kot količina kisika, ki ga porabijo mikroorganizmi pri razgradnji organskega onesnaženja v odpadni vodi v 5 dneh. BPK_5 ni odvisna samo od količine in koncentracije organskih snovi, ampak tudi od števila in aktivnosti mikroorganizmov, temperature, turbulence ... Izraža se v mgO_2/l .
- **Sušina** – »celokupna sušina« je pojem, ki pripada snovi, ki ostane v posodi po izparevanju in sušenju pri določeni temperaturi (103-105 °C).
Naša metoda: usedek sušimo 2 uri pri 105 °C, stehtamo in izrazimo v g/l.
- **Indeks blata** – volumen v ml, ki ga zavzame 1 g aktivnega blata po usedanju po določenem času. Dobimo ga tako, da volumen blata delimo s sušino. Izražen je v ml/g.
- **Amonij** – analize dušika v njegovih različnih oblikah so eden od pokazateljev sanitarnega onesnaženja vode.

1 UVOD

Voda je nenadomestljiva naravna dobrina, ki omogoča vse oblike življenja na Zemlji. Hkrati nam daje ustrezen standard življenja, bivanja, rekreacije in oddiha ter proizvodnjo dobrin. Čeprav je voda tudi obnovljiv vir, je omejen, neenakomerno razporejen in dosegljiv. Izpuščanje nevarnih ali škodljivih snovi v vode lahko trajno ali za dolgo dobo onesnaži vodno zbirno območje, vodno telo in okolje, tako da se bistveno zmanjšajo možnosti za zadovoljevanje potreb po vodi, uničijo pa se tudi naravni biotopi.

To pomeni, da moramo poskrbeti, da bi bili naši negativni vplivi na okolico in okolje, pa tudi na nas same, čim manjši. Zato je naš namen poskrbeti za čiščenje naših odpadnih voda. Iz opazovanja naravnih procesov samočiščenja v vodotokih, so se ljudje naučili čistiti onesnaženo vodo na čistilni napravi (v nadaljevanju ČN), kjer potekajo enaki procesi, le da so zelo intenzivirani in je zato potreben bistveno krajši čas čiščenja.

Kot vemo je za precejšen del Slovenije značilna redka poselitev, zato se je tam največkrat treba zateči k uporabi malih ČN. Male ČN so sistemi za čiščenje odpadnih vod z omejeno obremenitvijo (do 2000PE) in temeljijo na procesu mehanskega in biološkega čiščenja. Za način čiščenja odpadnih vod se lahko odločamo med številnimi tehnološkimi postopki, izbira postopka pa je odvisna od mnogih faktorjev. Najpogosteje uporabljena tehnologija čiščenja je biološko čiščenje odpadne vode z lebdečo biomaso, pri katerem se mikroorganizmi, ki opravljajo biološko razgradnjo organskih snovi in drugih primesi v odpadni vodi, nahajajo v suspenziji. Bakterijska združba za svojo rast porablja nečistoče iz odpadne vode in kisik, neusedljiva raztopljena organska snov se pretvarja v usedljivo in mineralizirano obliko in odpadna voda se na tak način biološko očisti. K tej tehnologiji čiščenja prištevamo kontinuirne naprave, kot nam že samo ime pove, je zanje značilen kontinuiran (neprekinjen) pretok odpadne vode skozi različne faze čiščenja, ki so sestavljene iz primarnega usedalnika, aeracijskega bazena in sekundarnega (naknadnega) usedalnika, ter SBR sistem oz. sekvenčni biološki reaktor, katerega posebnost je, da se vse faze čiščenja (biokemična eliminacija onesnaženja in ločitev – sedimentacija – biološkega blata) izvršijo v enem reaktorju.

Ne glede na to, katero tehnologijo čiščenja izberemo, je produkt ČN bolj ali manj očiščena odpadna voda.

V diplomski nalogi bom poskušala prikazati, kakšni so pravni okviri, ki nas zavezujejo k čiščenju gospodinjskih odpadnih voda, saj so se glede ureditev čiščenja odpadne vode v Slovenije že začele odvijati spremembe zakonodaje s tega področja. Ena najpomembnejših sprememb je uvedba standarda SIST EN 12566-3:2005, po katerem se izvaja certificiranje malih ČN do 50PE. Je evropski standard, ki ga je izdelal Tehnični Komite, ki se ukvarja z inženiringom za odpadne vode. Standard vsebuje splošne zahteve za izgradnjo ČN, podrobno označuje zahteve, testne metode, CE označevanje in določuje ustreznost predizdelane in/ali na mestu postavitve sestavljene ČN za gospodinjske odplake.

Za izvedbo testnih metod smo uporabili pilotno ČN SBR (Sequencing Batch Reactor – Sekvenčni Biološki Reaktor). Testirali smo učinkovitost delovanja naprave v različnih fazah. Pri tem se mora izkazovati učinkovitost glede na KPK, BPK₅ in neraztopljenih snovi.

2 NAMEN IN ZAKONODAJA NA PODROČJU ČIŠČENJA KOMUNALNIH ODPADNIH VOD

2.1 Namen

Namen diplomske naloge je izvesti certificiranje za malo čistilno napravo SBR (v nadaljevanju MČN SBR) s testnimi metodami po SIST EN 12566-3:2005 z monitoringom kvalitete vode na dotoku in iztoku. Obvezne meritve na dotoku in iztoku iz ČN vključujejo meritve parametrov za KPK, BPK₅, SS, temperaturo vode, porabo električne energije in dnevno hidravlično obremenitev.

Namen je tudi zagotavljanje učinkovitosti čiščenja gospodinjskih odpadnih voda z MČN SBR do mejnih vrednosti na iztoku. Eden od ciljev izvajanja raziskav čiščenja odpadnih vod je določitev potrebnega časa prezračevanja in potrebne količine kisika glede na količino odpadne vode pri določenem času, z namenom, da se doseže zahtevani učinek čiščenja odpadnih vod z minimalno porabo energije.

2.2 Zakonodaja

Do katere stopnje se bo odpadna voda sama očistila po naravni poti, je odvisno od samočistilne sposobnosti odvodnika (površinskih voda, podtalnice, morja), v katerega se izliva. Vendar pa velike koncentracije ljudi v urbanih območjih in spremljajoče dejavnosti obremenjujejo odpadne vode do te mere, da samočistilna sposobnost voda, v katere se izlivajo, ne zadošča. Da bi se izognili slabemu stanju podtalnic, stoječih voda, vodotokov in nasploh onesnaževanju okolja, obstajajo zakonski predpisi in kriteriji, ki določajo največje dopustne koncentracije onesnaženja v izpustnih vodah iz kanalizacije in/ali čistilnih naprav v okolje, ki jih je treba upoštevati pri ravnanju z odpadnimi vodami. Okoljski kriteriji, ki opisujejo stanje (občutljivega, oz. bolj ranljivega) okolja, lahko dodatno zaostrijo izpustne kriterije.

Slovenska zakonodaja je vezana na zakonodajo Evropske unije (EU), ki je izdala vrsto direktiv, z leti pa jih dopolnjuje in spreminja. V Sloveniji je bil leta 1993 sprejet krovni zakon s področja okolja, tj. Zakon o varstvu okolja (ZVO), ki predvideva ukrepe pri onesnaževanju

okolja, med drugimi tudi voda (ZVO: Ur.l.RS in novela ZVO-1: 41/2004, uradno prečiščeno besedilo pa je dosegljivo na Ur.l.RS 39/2006).

Področje ravnanja s komunalnimi odpadnimi vodami v Sloveniji v največji meri pokrivajo spodaj naštetih zakoni, pravilniki in uredbe.

2.2.1 Splošno

- Zakon o varstvu okolja ZVO-1, uradno prečiščeno besedilo (UL RS št. 39/06)

2.2.2 Voda

- Zakon o vodah ZV-1 (UL RS št. 67/2002)
- Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih vod v vode in javno kanalizacijo (UL RS št. 35/96, 47/05, 45/07)
- Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadnih vod iz komunalnih čistilnih naprav (UL RS št. 35/1996, 90/1998, 31/2001, 62/2001 in 41/2004 – ZVO-1)
- Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadnih vod iz malih komunalnih čistilnih naprav (UL RS št. 98/2007)
- Pravilnik o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne in padavinske vode (UL RS št. 105/2002 in 50/2004)
- Pravilnik o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu odpadnih vod ter o pogojih za njegovo izvajanje (UL RS št. 74/07)

2.2.3 Tla

- Uredba o vnosu nevarnih snovi in rastlinskih hranil v tla (UL RS št. 68/96)
- Uredba o spremembah in dopolnitvah uredbe o vnosu nevarnih snovi in rastlinskih hranil v tla (UL RS št. 35-2049/2001)
- Uredba o mejnih vrednostih vnosa nevarnih snovi in gnojil v tla (UL RS št. 84/2005)
- Navodilo za izvajanje dobre kmetijske prakse pri gnojenju (UL RS št. 34 – 1555/2000)
- Pravilnik za izvajanje dobre kmetijske prakse pri gnojenju (UL RS št. 130/04)

2.2.4 Odpadki

- Pravilnik o ravnanju z odpadki (UL RS št. 84/1998, 45/200, 20/2001 in 13/2003)
- Pravilnik o predelavi biološko razgradljivih odpadkov v kompost (UL RS št. 42/2004)
- Pravilnik o obremenjevanju tal z vnašanjem odpadkov (UL RS št. 3/2003)
- Uredba o odlaganju odpadkov na odlagališčih (UL RS št. 32/06)

2.2.5 Hrup

- Uredba o hrupu v naravnem in življenjskem okolju (UL RS št. 45/1995 in 66/1996)

2.3 Standardi

- EN 976-1:1997 Vkopane posode iz GRP- ležeče posode za shranjevanje bencina in olj, 1.del Zahteve in metode testiranja za enoplaščne posode.
- EN 978: 1997 Vkopane posode iz GRP - Določitev faktorja α in β .
- SIST EN 12255-1 Čistilne naprave – 1. del Osnovna konstrukcijska načela
- SIST EN 12255-4 Čistilne naprave – 4. del Začetna postavitve
- SIST EN 12255-6 Čistilne naprave – 6. del Delovanje blata
- SIST EN 12255-7 Čistilne naprave – 7. del Biološki reaktor
- SIST EN 12255-10 Čistilne naprave – 10. del Varnostni principi
- SIST EN 12255-11 Čistilne naprave – 11 del Zahtevani podatki
- SIST EN 12566-3:2005 – Male čistilne naprave do 50 PE – 3. del. Predizdelane in/ali na mestu postavitve sestavljene čistilne naprave za gospodinjske odplake.

2.4 Izpostavljeni uredbi, pravilnik in standard za MČN SBR

Pri nekaterih sem izpostavila člene, ki pokrivajo področje MČN, in jih poenostavila za lažje razumevanje.

Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih vod v vode in javno kanalizacijo (UL RS št. 35/96, 47/05, 45/07)

15. člen (okoljevarstveno dovoljenje)

Za obratovanje komunalne ČN ali skupne ČN, ki odvaja komunalno odpadno vodo neposredno v površinske vode ali posredno v podzemne vode, mora upravljavec ČN pridobiti okoljevarstveno dovoljenje.

16. člen (obratovanje naprav brez okoljevarstvenega dovoljenja)

Ne glede na prejšnji odstavek, okoljevarstvenega dovoljenja ni treba pridobiti za obratovanje malih komunalnih ČN z zmogljivostjo čiščenja, ki ne presega 250 PE, če za tako komunalno ČN zagotavlja obratovalni monitoring izvajalec občinske gospodarske javne službe čiščenja in odvajanja komunalne odpadne vode v skladu s predpisom, ki ureja emisijo snovi pri odvajanju komunalne odpadne vode iz malih komunalnih ČN.

26. člen (prve meritve emisije)

Investitor oz. upravljavec naprave mora zagotoviti prve meritve parametrov in količine odpadnih vod pri novi ali rekonstruirani napravi.

Meritve iz prejšnjega odstavka ni treba zagotoviti pri mali komunalni ČN, ki ima kot industrijski izdelek certifikat o skladnosti izdelka s predpisi, ki urejajo emisijo snovi pri odvajanju odpadne vode v vode iz malih ČN.

27. člen (obratovalni monitoring)

Pri napravi mora upravljavec naprave v okviru obratovalnega monitoringa zagotavljati občasne ali trajne meritve parametrov in količine odpadnih vod.

Meritev iz prejšnjega odstavka ni treba zagotoviti za komunalno odpadno vodo, ki se odvaja iz male komunalne ČN z zmogljivostjo, ki je manjša od 50 PE.

30. člen (poslovník za obratovanje čistilne naprave)

Poslovník za obratovanje ČN mora imeti upravljavec komunalne ČN, razen male komunalne ČN z zmogljivostjo, manjšo od 50 PE

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

Po 2. členu te uredbe ima mala komunalna ČN naslednji pomen:

»1. mala komunalna čistilna naprava je naprava za čiščenje komunalne odpadne vode z zmogljivostjo čiščenja, manjšo od 2000 PE, v kateri se komunalna odpadna voda zaradi njenega čiščenja obdeluje z biološko razgradnjo na naslednji način:

- s prezračevanjem v naravnih ali prezračevanih lagunah v skladu s standardom SIST EN 12255-5,
- v bioloških reaktorjih s postopkom z aktivnim blatom v skladu s standardom SIST EN 12255-6,
- v bioloških reaktorjih s pritrjeno biomaso v skladu s standardom SIST EN 12255-7, z naravnim prezračevanjem s pomočjo rastlin v rastlinski čistilni napravi z vertikalnim tokom.

Za malo komunalno čistilno napravo z zmogljivostjo čiščenja do 50 PE se šteje tudi naprava za čiščenje komunalne odpadne vode, ki je izdelana v skladu s standardi od SIST EN 12566-1 do SIST EN 12566-5 in iz katere se v skladu s temi standardi odvaja očiščena odpadna voda neposredno v površinsko vodo preko filtrirne naprave za predčiščeno komunalno odpadno vodo ali posredno v podzemno vodo preko sistema za infiltracijo v tla.«

V 5. členu te uredbe sta definirani mejni vrednosti parametrov odpadnih vod na iztoku male komunalne ČN, kot prikazuje spodnja preglednica.

Parameter	Izražen kot	Enota	Mejna vrednost emisije
Kemijska potreba po kisiku (KPK)	O(2)	mg/l	150
Biokemijska potreba po kisiku (BPK ₅)	O(2)	mg/l	30

6. člen določa:

»Prve meritve emisije snovi pri odvajanju odpadne vode iz malih komunalnih čistilnih naprav se izvedejo v skladu s predpisom, ki ureja prve meritve in obratovalni monitoring odpadnih vod.

Ne glede na določbe prejšnjega odstavka se prve meritve ne izvajajo za malo komunalno čistilno napravo z zmogljivostjo do 50 PE, če je zanjo izdelana ocena obratovanja male komunalne čistilne naprave v skladu s 7. in 8. členom te uredbe.«

V 7. členu je zapisano:

»Za malo komunalno čistilno napravo z zmogljivostjo do 50 PE se lahko namesto meritev iz prvega, drugega in tretjega odstavka tega člena izdelata ocena obratovanja male komunalne čistilne naprave, iz katere mora biti razvidno, da je obratovanje male komunalne čistilne naprave v skladu z določbami te uredbe.

Oceno obratovanja male komunalne čistilne naprave je treba izdelati na obrazcu, ki ga objavi ministrstvo na svojih spletnih straneh, v rokih, ki so v skladu s predpisom, ki ureja prve meritve in obratovalni monitoring odpadnih vod, določeni za izvajanje meritev obratovalnega monitoringa malih komunalnih čistilnih naprav.«

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

V prilogi 1 tega pravilnika je podana pogostost prvih in občasnih meritev za komunalne in skupne ČN. Za male komunalne ČN z zmogljivostjo čiščenja, manjšo ali enako 50 PE, se izvede ena meritev vsako tretje leto ali se poda ocena o obratovanju, za ČN z zmogljivostjo, večjo od 50 in manjšo od 200 PE, se izvede dve meritvi vsako tretje leto, za ČN z zmogljivostjo, večjo ali enako 200 in manjšo od 1000 PE, se izvede dve meritvi vsako drugo leto, za ČN z zmogljivostjo, večjo ali enako 1000 in manjšo od 2000 PE, se izvede dve meritvi vsako leto.

SIST EN 12566-3:2005 – Male čistilne naprave do 50 PE – 3. del. Predizdelane in/ali na mestu postavitve sestavljene čistilne naprave za gospodinjske odplake.

Je evropski standard, ki je bil izdelan s strani Tehničnega Komiteja, ki se ukvarja z inženiringom za odpadne vode. Obvezna uporaba tega standarda bo od 1. 7. 2008, ko bo tudi treba pridobiti zahtevani certifikat kakovosti.

Standard vsebuje splošne zahteve za izgradnjo ČN do 50PE in podrobno označuje testne metode, CE označevanje in določuje ustreznost predizdelane in/ali na mestu postavitve sestavljene ČN za gospodinjske odplake.

Standard vsebuje naslednje splošne zahteve:

- velikost ČN SBR je določena z dnevnim hidravličnim dotokom Q_N , izražena v m^3 oziroma z organsko obremenitvijo B_d v kg BPK₅ na dan,

- upoštevani morajo biti notranji premeri cevi in cevnih priključkov, ki znašajo 100 mm za dnevni hidravlični dotok, ki je manjši ali enak $4 \text{ m}^3/\text{d}$, in 150 mm za dnevni hidravlični dotok, večji od $4 \text{ m}^3/\text{d}$,
- hidravlična oprema cevi in cevnih priključkov mora zagotavljati normalen oziroma prost pretok vode brez zamašitve in s tem omogočati normalno delovanje,
- ČN mora biti načrtovana tako, da je nedostopna za nepooblaščen osebe in mora zagotavljati varno delovanje,
- dostop je omogočen na dotoku in iztoku, ker le tak dostop zagotavlja možnost vzorčevanja, odstranjevanje blata, čiščenja in vzdrževanja,
- vstopne odprtine in pokrovi so prilagojeni namenu.

Glede dimenzioniranja naprave vsebuje pravila za določitev velikosti naprave z ozirom na količino onesnaženja. Ta pravila so dana z nacionalno zakonodajo. Poleg tega se upošteva enega ali več od naslednjih kriterijev: količina odpadne vode, minimalna in maksimalna dnevna obremenitev, minimalni volumen in kriteriji, ki so značilni za komunalno odpadno vodo iz različnih virov (hotelov, restavracij ali trgovskih središč).

Proizvajalec mora določiti frekvenco praznjenja blata. Posebna pozornost mora biti dana za maksimalne dotoke v MČN, skladno s SIST EN 12255-1, -4, -6, -7, -10, -11.

Zahtevano je, da mora naprava vzdržati obremenitve, povzročene z delovanjem, vključno s praznjenjem blata in vzdrževanjem, za celotno dobo delovanja, in sicer: obremenitev zemljine, hidrostatično obremenitev in pohodno obremenitev.

V Aneksu A k temu standardu so opisane metode testiranja vodotesnosti (test z vodo, vakuumski test, test z zračnim pritiskom).

V Aneksu B k temu standardu je določeno, da mora biti izvedeno skladno testiranje učinkovitosti delovanja naprave. Proizvajalčeva deklaracija mora izkazovati učinkovitost glede na KPK, BPK₅ in neraztopljene snovi.

V Aneksu C k temu standardu je določeno, da mora biti izveden izračun in metode testiranja konstrukcijskih lastnosti, aneks ZA pa narekuje pogoje za označevanje malih ČN z znakom CE.

Aneks B standarda SIST EN 12566-3:2005 - Testne procedure glede učinkovitosti delovanja

Obvezne meritve pri monitoringu kvalitete vode na dotoku in iztoku iz ČN vključujejo naslednje parametre:

- kemijsko potrebo po kisiku (KPK) in biokemijsko potrebo po kisiku (BPK₅),
- suspendirane snovi (SS),
- temperaturo vode,
- porabo električne energije in
- dnevno hidravlično obremenitev.

Priporočeno je merjenje naslednjih parametrov:

- pH,
- prevodnosti,
- dušikovih parametrov (amonij, nitrati, nitriti),
- totalnega fosforja,
- urne hidravlične obremenitve,
- koncentracije raztopljenega kisika,
- produkcije blata in
- temperature okolice.

KARAKTERISTIKE DOTOKA:

Uporabljena mora biti le gospodinjaska odpadna voda z naslednjimi karakteristikami:

- a) BPK₅: od 150 do 500 mgO₂/l in
KPK: od 300 do 1000 mgO₂/l,
- b) SS: od 200 do 700 mg/l,
- c) KN: od 25 do 100 mg/l ali NH₄-N: od 22 do 80 mg/l,
- d) Totalni fosfor: od 5 do 20 mg/l.

Popolni test se izvede za čas 38 tednov in začetne faze adaptacije. Meritve se izvajajo po časovnih fazah glede na plan testiranja.

Plan testiranja (Vir: SIST EN 12566-3:2005 Aneks B)

Faza	Postopek	Čas poteka v tednih
1	Faza: vzpostavljanje biomase Dnevni pretok: normalen Testiranje: ne	x
2	Faza: normalno delovanje Dnevni pretok: normalen Testiranje: 4 meritve	6
3	Faza: manjši dotok Dnevni pretok: 50 % normalnega Testiranje: 2 meritvi	2
4	Faza: normalno delovanje – izpad elektrike* Dnevni pretok: normalen Testiranje: 5 meritve	6
5	Faza: ni pritoka Dnevni pretok: ne Testiranje: ne	3
6	Faza: normalno delovanje Dnevni pretok: normalen Testiranje: 3 meritve	6
7	Faza: povečan dotok** Dnevni pretok: do 150 % Testiranje: 2 meritvi	2
8	Faza: normalno delovanje – izpad elektrike Dnevni pretok: normalen Testiranje: 5 meritve	6
9	Faza: manjši dotok Dnevni pretok: 50 % normalnega Testiranje: 2 meritvi	2
10	Faza: normalno delovanje Dnevni pretok: normalen Testiranje: 3 meritve	6

* Izpad elektrike traja 24ur po dvotedenskem normalnem delovanju.
** Povečan dotok traja 48 ur na začetku testiranja te faze.

Zahteve glede dimenzioniranja ČN

Pri snovanju naprave je upoštevana dnevna poraba vode 150 l/dan na osebo (povprečna poraba vode v individualni hiši v Sloveniji je od 120 do 150 l/(PE.dan)).

Pri tem je upoštevana sestava komunalnih odpadnih vod, in sicer biokemijska potreba po kisiku BPK₅, ki znaša 60 g/(PE.dan).

Komunalne odpadne vode so odpadne vode iz stranišč, kopalnic, kuhinj in podobnih virov onesnaževanja v gospodinjstvu, poslovnih zgradbah in gostinskih lokalih.

3 TEHNOLOGIJA ČIŠČENJA ČN

3.1 Tehnološke osnove delovanja ČN

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

- pri **anaerobnih pogojih** se organske snovi v prvi fazi ob prisotnosti ustreznih mikroorganizmov pretvorijo (fermentacija) v enostavnejše komponente (nižje maščobne kisline), ki se v drugi fazi pretvorijo v metan (metanogeneza). Pogoj za tako razgradnjo je odsotnost raztopljenega kisika in nitritnega oziroma nitratnega dušika,
- pri **aerobnih pogojih** se organsko razgradljive snovi v prisotnosti mikroorganizmov in raztopljenega kisika odstranjujejo (oksidirajo),
- pri **anoksičnih pogojih**, kjer se oksidacija dogaja v odsotnosti raztopljenega kisika, le ta pa se sprošča iz nitrata in nitrita; pri tem nitratnem dihanju se nitratni in nitritni ioni reducirajo v elementarni dušik, sproščeni kisik pa se porabi za dihanje mikroorganizmov in hkratno oksidacijo organske snovi, ki jim služi za hrano.

Z zagotovitvijo vseh teh faz se v ČN iz odpadne vode poleg osnovnega onesnaženja z organskimi snovmi (organski ogljik) odstranjujejo tudi druga hranila, kot so fosforjeve in dušikove spojine. Učinkovitost odstranjevanja hranil v procesu III. stopnje biološkega in/ali kemijskega čiščenja (s koagulacijo, flokulacijo in sedimentacijo) dosega vrednost med 80 in 90 % (Panjan, 2001).

Postopek z aktivnim blatom se lahko uporablja tudi za nitrifikacijo in denitrifikacijo z različnimi modifikacijami, pa tudi za odstranjevanje fosforjevih spojin (Roš, 2001).

3.1.1 Biološko odstranjevanje dušika

Dušik se v odpadni vodi lahko nahaja v anorganski obliki kot amonij, nitrat ali nitrit, ali pa je organsko vezan. Biološko odstranjevanje dušika iz odpadne vode poteka v dveh različnih stopnjah. Oba procesa potekata pri določenih pogojih in s pomočjo mikroorganizmov.

Prva stopnja se imenuje nitrifikacija oz. pretvorba amonijevega dušika v nitrat. Druga stopnja se imenuje denitrifikacija, kjer gre za redukcijo nitrata v plinasti dušik (Henze *et al.*, 1995).

Dušikove spojine nastopajo v vodnih ekosistemih v različnih oblikah:

- molekularni dušik (N₂)
- organski dušik (proteini, amino kisline, sečnina ...)

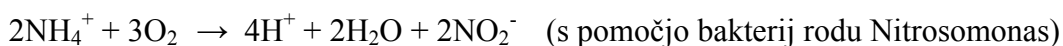
- amonij (NH_4^+)
- nitrit (NO_2^-)
- nitrat (NO_3^-)

3.1.1.1 Nitrifikacija

Nitrifikacija je dvostopenjska biokemijska reakcija, kjer se amonijev ion (NH_4^+) oksidira v nitrit (NO_2^-) in nato v nitrat (NO_3^-). Proces poteka v aerobnih pogojih s pomočjo nitrificirajočih bakterij. Pri oksidaciji amoniaka v nitrit sodelujejo bakterije rodu *Nitrosomonas*, pri oksidaciji nitrita v nitrat pa bakterije rodu *Nitrobacter*.

Proces lahko ponazorimo z naslednjimi reakcijami (N. Atanasova, 1998):

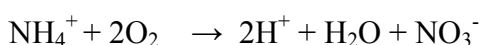
1. Pretvorba amonija v nitrit:



2. Pretvorba nitrita v nitrat:



3. Celotna reakcija:



Nitrifikacija je občutljiv biokemijski proces, za katerega moramo zagotoviti ustrezne pogoje. Na hitrost nitrifikacije vplivajo številni faktorji: koncentracija mikroorganizmov, pH, temperatura, raztopljen kisik in inhibitorji (M. Roš, 2001)

3.1.1.2 Denitrifikacija

Denitrifikacija je proces, pri katerem poteka redukcija nitrata v nitrit in nitrita v plinast dušik. Med bakterije, ki navadno sodelujejo pri procesu denitrifikacije, uvrščamo naslednje rodove: *Pseudomonas*, *Micrococcus*, *Achromobacter*, *Thiobacillus* in *Bacillus*. S skupnim imenom jih imenujemo heterotrofne fakultativno aerobne bakterije.

Z denitrifikacijo se porabljata nitrat in nitrit, ki lahko v vodnem okolju povzročita evtrofikacijo. Sprošča pa se molekularni dušik, ki nima škodljivega vpliva na okolje (N. Atanasova, 1998).

Presnovo v procesu denitrifikacije prikazujeta naslednji reakciji:

1. Disimilacijska redukcija nitrata (denitrifikacija)



2. Asimilacijska redukcija nitrata (sinteza)



3.1.2 Aeracijski bazen

V aeracijskem bazenu (biološki stopnji) so nameščena membranska prezračevala, ki s pomočjo puhal omogočajo vnos kisika v vodo. S tem je v bazenu zagotovljena zadostna količina kisika (3 mgO₂/l), istočasno pa je odpadna voda v stalnem gibanju, kar drži razpršeno biomaso v lebdečem stanju. To je pomembno, ker stalno prezračevanje, premešanje in recirkulacija ustvarjajo idealno okolje za vrsto nižjih mikroorganizmov, medtem ko zavirajo rast višjih organizmov. V aktivnem blatu ponavadi najdemo bakterije, glive, praživali in kotačnike. Vsi naštetni organizmi ne obstajajo v vseh sistemih. Vrsta organizmov je odvisna od lastnosti odpadne vode, razmer okolja, načrtovanja postopka in načina vodenja ČN (Roš, 2001).

V aeracijskem bazenih, kamor odpadna voda priteče po primarnem čiščenju, so že razviti kosmi aktivnega blata. Kosem oblikujejo bakterijske populacije (najpogostejša je *Zoogloea ramigera*), poseljujejo ga organizmi spremljajoče združbe. Notranjost kosma je anoksična, zato tam najdemo fakultativno anaerobne mikroorganizme, medtem ko je zunanost kosma oksična in jo poseljujejo aerobni mikroorganizmi. Med kosmi se nahaja intersticijska tekočina, v kateri se nahajajo dispergirane bakterije, prostoplavajoči bičkarji, migetalkarji, korenonožci, kotačniki in nekateri drugi mnogoceličarji (Urbanič in Toman, 2003).

3.1.2.1 Aktivno blato

Aktivno blato je nakopičena biomasa (kosmi), ki pri obdelavi odpadne vode na čistilni napravi nastane z rastjo bakterij in drugih mikroorganizmov, običajno ob prisotnosti raztopljenega kisika (Dular *et al.*, 1997).

Postopek z aktivnim blatom je metoda čiščenja odpadne vode z razpršeno biomaso ob prisotnosti kisika. Odpadna voda (po predhodnem čiščenju) priteče v prezračevalni bazen,

kjer so že razviti kosmi aktivnega blata. Kosmi aktivnega blata so skupki manjših delcev in vsebujejo (Govoreanu *et al.*, 2004):

- heterogeno mešanico različnih mikroorganizmov,
- mrtve celice,
- poseben organski in anorganski material in
- polimerne snovi.

Odpadna voda vsebuje hranila, zato je pomembno zagotoviti čim boljši stik mikroorganizmov z odpadno vodo. Povečanje biomase je namreč odvisno od večje porabe hranil (polutantov) s strani mikroorganizmov, posledica tega pa je naraščanje njihove vsebnosti in s tem tudi povečanje biomase. Kosmi aktivnega blata se iz vode izločajo s fazo usedanja oz. sedimentacijo.

Prirast blata

Prirast blata (biomase) je najbolj odvisen od sestave odpadne vode (vrsta organskih snovi, koncentracija škodljivih snovi, temperatura, pH ...) in postopka čiščenja (mikroorganizmi, oksidacijsko-redukcijski pogoji) (Roš, 2005).

Produkcija blata

Produkcija blata pri biološkem čiščenju je odvisna od sestave odpadne vode. Količina blata narašča s povečano koncentracijo odpadne vode, upada pa s podaljšano dobo zračenja, z večjo koncentracijo blata in naraščanjem temperature nad 9 °C. V splošnem velja, da proizvodnja odvečnega blata narašča s povečanim učinkom procesa in pada s povečano koncentracijo aktivnega blata (Panjan, 2001).

Volumski indeks (VIB)

Volumski indeks blata je volumen, izražen v ml, ki ga zavzema 1 g aktivnega blata pri specifičnih pogojih in v določenem času, običajno po 30 minutah (Dular *et al.*, 1997).

Volumski indeks blata je parameter, ki opisuje proces usedanja aktivnega blata. Manjša je vrednost volumskega indeksa blata, boljše je kosmičenje in usedanje aktivnega blata. Kakovost iztoka iz ČN je v veliki meri odvisna od procesa kosmičenja in usedanja kosmov aktivnega blata. Vrednost VIB 100 ml/g nam ponavadi zagotavlja dobro delovanje ČN z aktivnim blatom (Henze *et al.*, 2001).

Če naprava deluje pravilno, mora biti indeks blata pod 150 ml/g. Če se indeks blata dviga in pride do tvorbe napihnjene blata, lahko ukrepamo tako, da (Panjan, 2001):

- dvignemo koncentracijo blata in s tem znižamo njegovo obremenitev,
- dodajamo dušikove in fosforjeve spojine, dodajamo sredstva za izkosmičenje, ki hkrati omejujejo razvoj bičkastih organizmov,
- dodatno obremenimo poživiljeno blato s suspendiranimi snovmi,
- intenzivneje prezračujemo, kar pospešuje razvoj bičkastih organizmov,
- kloriramo povratno blato.

Napihovanje aktivnega blata

Napihovanje aktivnega blata se pojavi zaradi prekomerne rasti nitastih bakterij. Vrednost volumskega indeksa takšnega blata je večja od 150 ml/g. Posledica tega je slabša usedljivost aktivnega blata in s tem slabše ločevanje blata od očiščene vode. Blato se izpira iz ČN in povzroča sekundarno onesnaženje vodnih teles.

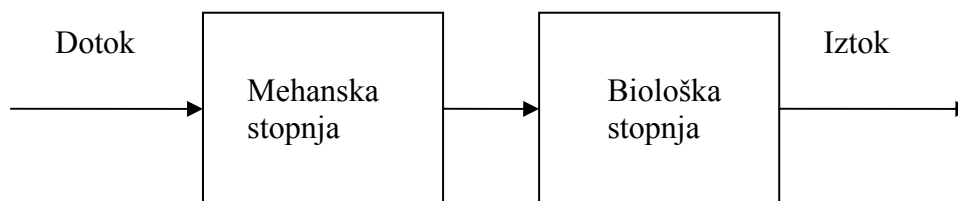
Nitaste bakterije spadajo med tipično populacijo v aktivnem blatu. Nitasti organizmi so lahko tudi koristni v procesih z aktivnim blatom, saj služijo kot »opora« za nastajanje kosmov in tako omogočajo nastajanje večjih in bolj obstojnih kosmov. Prav tako nitasti organizmi služijo za zadrževanje manjših delcev med usedanjem aktivnega blata in zmanjšujejo motnost iztoka (Richard, 2003).

Prekomerna rast nitastih organizmov se pojavi zaradi (Richard, 2003):

- nizke koncentracije raztopljenega kisika,
- nizkega F/M razmerja,
- vsebnosti olj in maščob,
- pomanjkanja nutrientov in
- nizke vrednosti pH.

3.2 Tehnologija čiščenja v ČN SBR

ČN SBR je celovit sistem, ki temelji na principu čiščenja odpadne vode s poživiljenim (aktivnim) blatom v biološki stopnji (Slika 1).



Slika 1: Shema male čistilne naprave SBR

V SBR reaktorjih se vse faze čiščenja izvršijo v enem reaktorju. Tehnologija čiščenja je sestavljena iz dnevnih ciklov, ki jih sestavljajo štiri zaporedne faze:

- faza polnjenja – bazen se napolni z odpadno vodo. V tej fazi praviloma ni vpihovanja zraka, zagotavlja se le mešanje, ki zagotovi dober kontakt biološkega blata z dovedeno hrano in se s tem pospeši nadaljnji razkroj,
- faza prezračevanja ali aerobna faza – vrši se intenziven vnos kisika, ki ga mikroorganizmi potrebujejo za razkroj snovi in nastanek novega aktivnega blata,
- faza sedimentacije – po fazi prezračevanja sledi faza usedanja, ko se aktivno blato z usedanjem loči od očiščene vode,
- faza praznjenja – očiščena odpadna voda se črpa oz. preliva na iztok. Z dna se po potrebi prečrpava aktivno blato v zalogovnike blata ali na stiskalnico za blato. Bazeni je pripravljen na nov cikel.

Čas med dvema iztokoma očiščene vode imenujemo obratovalni cikel t_c . Dolžina posameznega cikla se določi na podlagi lastnosti odpadnih vod, zahtevanega cilja čiščenja in drugih robnih zahtev. Znotraj cikla je možno dolžino in deloma tudi vrstni red posameznih faz spreminjati in prilagajati obstoječim potrebam in pogojem obratovanja. (Rismal, 2004)

Za MČN SBR 5 so predvideni 8-urni cikli, kar predstavlja tri dnevne cikle:

$$m_c = \frac{24}{t_c} = \frac{24}{8} = 3(\text{ciklov/dan}) \quad (1)$$

Trajanje cikla t_c je konstantno, neodvisno od dotoka odpadne vode, spreminja pa se zapolnitev reaktorja.

4 METODE DELA

4.1 Vzorčenje

Vzorke smo zajemali na vzorčnih mestih v mehanski stopnji, na iztoku, kjer smo določevali naslednje parametre: KPK, BPK₅ (občasno), pH-vrednost, prevodnost in temperaturo, ter v biološki stopnji trenutni vzorec med fazo prezračevanja, kjer smo merili sušino in usedljivost blata.

4.2 Merilne metode

4.2.1 Kemijska potreba po kisiku (KPK)

Je merilo za organsko onesnaženje v odpadnih vodah. Organske nečistoče določimo tako, da jih pri določenih pogojih oksidiramo in iz porabe oksidanta sklepamo na količine organskih snovi. S kemijsko potrebo po kisiku določimo vse organske snovi, ne moremo pa ločiti med biološko razgradljivimi in biološko inertnimi snovmi.

Za določanje KPK smo uporabili kalijev dikromat (K₂Cr₂O₇). Večina oblik organskih snovi se oksidira s segrevanjem mešanice kromove in žveplove kisline. Vzorec refluktiramo v močno kisli raztopini z znano prebitno količino kalijevega dikromata. Po oksidaciji organskih snovi preostane nereducirani dikromat, ki ga titriramo z železovim amonijevim sulfatom.

Reagenti:

- **standardna raztopina kalijevega dikromata, 0.04 mol/l:** v 800 ml demineralizirane vode raztopimo 80 g HgSO₄ in dodamo 100 ml koncentrirane žveplove (VI) kisline H₂SO₄. Ko se raztopina ohladi, dodamo 11.768 g K₂Cr₂O₇, predhodno sušenega dve uri pri 103 °C. Raztopino razredčimo z demineralizirano vodo do 1000 ml;
- **žveplova kislina, H₂SO₄/Ag₂SO₄:** 1000 ml žveplove (VI) kisline dodamo 10g srebrovega sulfata in pustimo stati en do dva dni, da se sol raztopi;
- **ferroin indikator:** v demineralizirani vodi raztopimo 0.7 g železovega (II) sulfata (VI) heptahidrata (FeSO₄ * 7H₂O) ali 1 g amonijevega železovega (II) sulfata (VI) heksahidrata ((NH₄)₂ Fe(SO₄)₂ * 6H₂O). Dodamo 1.5 g 1.10 fenantrolin monohidrata in dopolnimo z demineralizirano vodo do 100ml;
- **standardna raztopina amonijevega železovega (II) sulfata (VI) heksahidrata (FAS),** 0.12 mol/l: 47 g (NH₄)₂ Fe(SO₄)₂ * 6H₂O raztopimo v demineralizirani vodi. Dodamo

20 ml žveplove (VI) kisline, ohladimo in razredčimo do 1000 ml. Raztopino dnevno standardiziramo s standardno raztopino kalijevega dikromata.

Postopek:

4 ml vzorca odpipetiramo v erlenmajerico. Če je KPK večji od 100 mg/l, uporabimo manjše dele vzorca (2 ml ali 1 ml) in razredčimo z destilirano vodo do 4 ml. Dodamo 2 ml kalijevega dikromata, nato za noževno konico HgSO_4 (po potrebi zaradi prisotnih halidov), 1 ml Ag_2SO_4 in 8 ml H_2SO_4 (koncentrirane). Erlenmajerice z vzorci postavimo na grelno ploščo (Slika 2), namestimo hladilnike z zamaški in segrevamo od 15 do 20 minut. Počakamo, da se vzorci ohladijo in hladilnike speremo z destilirano vodo. Vzorcem nato dodamo dve kapljici feroin indikatorja in titriramo z 0.025 M $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ do preskoka iz modrozeleno v rdečerrjavo barvo. Celotni postopek delamo tudi s slepim vzorcem, ki vsebuje 4 ml destilirane vode.

KPK nato določimo po enačbi (Navodila..., 2007):

$$KPK = \frac{(A - B) * M * 8000}{V} [\text{mgO}_2/\text{l}] \quad (2)$$

kjer je:

- A poraba FAS za slepi vzorec [ml]
- B poraba FAS za vzorec [ml]
- M molarna koncentracija FAS [mol/l]
- V prostornina vzorca [ml]

Ena od možnih metod za določanje KPK vrednosti poteka s pomočjo Nanocolorjeve grelne naprave in fotospektrometra (Slika 3).

Po Uredbi (Uradni list RS št. 98/07) je mejna dovoljena koncentracija KPK na iztoku 150 mgO_2/l .



*Slika 2: Izvajanje meritev KPK
(23.11.2007)*



*Slika 3: Nanocolorjeva grelna naprava in
fotospektrometer, za merjenje parametrov odpadne
vode (23.11.2007)*

4.2.2 Biokemijska potreba po kisiku – BPK

BPK je množina kisika, ki je potrebna za oksidacijo razgradljivih organskih snovi s pomočjo mikroorganizmov, ki so vsebovani v vzorcu. BPK je merilo za onesnaženje površinskih in odpadnih voda z razgradljivimi organskimi snovmi. Z BPK določimo onesnaženje v obliki kisika, ki ga mikroorganizmi porabijo pri razgradnji.

Za določevanje BPK smo uporabili klasično razredčevalno metodo. Vzorec se inkubira v stekleničkah pri 20 °C (Slika 4). Določimo količino raztopljenega kisika na začetku in na koncu inkubacije. Količino raztopljenega kisika izmerimo z oksimetrom. Razlika vsebnosti kisika pred inkubacijo in po njej je BPK. Standardni čas inkubacije je pet dni (BPK₅). Če je poraba kisika v vzorcu večja kot je na voljo raztopljenega kisika, je treba vzorec redčiti. Rezultat BPK podamo v mgO₂/l. Po Uredbi (Uradni list RS št. 98/07) je mejna dovoljena koncentracija BPK₅ na iztoku 30 mg O₂/l.



*Slika 4: Izvajanje meritev BPK₅
(23.11.2007)*

4.2.3 Usedljivost

Usedljivost blata je uporaben parameter za rutinsko kontrolo biološke ČN z aktivnim blatom. Suspenzijo aktivnega blata iz biološke stopnje prenesemo v 1000 ml valj. Po 30 minutah odčitamo volumen usedlega blata. Rezultate podamo v ml/l (Slika 5).



*Slika 5: Meritev usedljivosti blata
(23.11.2007)*



*Slika 6: Merilnik sušine blata
(27.11.2007)*

4.2.4 Koncentracija aktivnega blata – sušina

Koncentracijo aktivnega blata lahko določimo na dva načina:

- merjenje s sondo (Slika 6) in
- s sušenjem v laboratoriju.

Rezultati so bolj natančni, če koncentracijo aktivnega blata določimo s sušenjem v laboratoriju. Suspenzijo aktivnega blata prenesemo iz biološke stopnje v 1000 ml merilni valj. Pri zajemu vzorca je potrebno paziti, da zajamemo homogen vzorec, sicer lahko naredimo veliko napako. Suspenzijo filtriramo skozi filtrirni papir z oznako črni trak, ki ga predhodno sušimo pri 105 °C in po sušenju stehtamo. Filtrirni papir s suspendiranimi snovmi sušimo dve uri (do konstantne mase) na temperaturi 105 °C. Nato filtrirni papir ponovno stehtamo in določimo MLSS v g/l po naslednji enačbi:

$$MLSS = \frac{A - B}{V} \quad (3)$$

kjer je:

- A masa filtrirnega papirja + suhe snovi [g]
- B masa praznega filtrirnega papirja [g]
- V volumen vzorca [l]

5 MALA ČISTILNA NAPRAVA SBR (MČN SBR)

5.1 Izhodišča

Na Centralni čistilni napravi (CČN) Kranj Zarica se čistijo komunalne odpadne vode iz gospodinjstev in tehnološke odpadne vode iz industrije, ki nastajajo na območju mesta Kranj. Za testiranje je bila uporabljena komunalna odpadna voda iz naselja Orehek – Drulovka (Slika 7), kjer so prisotne enodružinske in več stanovanjske hiše, kmetije, šola, območje pa je brez industrijske odpadne vode. Odpadna voda se je črpala iz revizijskega jaška javne kanalizacije.



Slika 7: Naselje Drulovka (23.11.2007)

5.2 Namestitev MČN SBR 5

MČN SBR 5 stoji na betonski podlagi približno 10 m stran od poslovnega objekta CČN Kranj Zarica (Slika 8 in Slika 10). Odpadne vode se na ČN dozirajo iz dotočnega jaška, iz katerega je speljan 50 m dolg alkatenast tlačni vod (Slika 9 in Slika 11).



*Slika 8: Postavitev pilotnih ČN
(9.10.2007)*



*Slika 9: Alkatenast tlačni vod - pogled iz
dotočnega jaška (27.8.2006)*



*Slika 10: MČN SBR 5
(9.10.2007)*



*Slika 11: Alkatenast tlačni vod - pogled iz
MČN SBR (9.10.2007)*

5.2.1 *Dotok odpadne vode*

Dotok odpadne vode na MČN SBR 5 poteka s pomočjo potopne črpalke, ki je nameščena v dotočnem kanalu (Slika 12), na katerega priteka odpadna voda iz območja Drulovke na CCN Kranj Zarica. Črpalka je postavljena v kanal in zaščitena z rešetko s 5 mm odprtinami (Slika 13), ki preprečuje zamašitev črpalke in omogoča nemoteno doziranje odpadne vode.



Slika 12: Dotočni kanal (9.10.2007)



Slika 13: Rešetka v dotočnem kanalu (9.10.2007)

5.2.2 *Iztok odpadne vode*

Očiščena odpadna voda se s pomočjo mamut črpalke črpa na iztok, nato pa gravitacijsko izteka v iztočni jašek (Slika 14 in Slika 15), ki je oddaljen približno 10m. Takoj za iztokom je nameščena kolenasta cev za odvzemanje vzorcev očiščene vode.



Slika 14: Potek iztoka očiščene vode (9.10.2007)



Slika 15: Iztočni jašek (9.10.2007)

5.3 Opis MČN SBR 5

5.3.1 Zahteve glede dimenzioniranja ČN

Pri snovanju MČN SBR 5, naprava za 5 prebivalcev (eno gospodinjstvo s 5 osebami), je upoštevana dnevna poraba vode 150 l/(dan.osebo) (povprečna poraba vode v individualni hiši v Sloveniji je od 120 do 150 l/(PE.dan)). Tako je dnevni dotok na napravo $5 \times 150 \text{ l} = 750 \text{ l}$.

Pri tem je upoštevana sestava komunalnih odpadnih vod, in sicer biokemijska potreba po kisiku BPK_5 , ki znaša 60 g/(PE.dan).

Komunalne odpadne vode so odpadne vode iz stranišč, kopalnic, kuhinj in podobnih virov onesnaževanja v gospodinjstvu, poslovnih zgradbah in gostinskih lokalih.

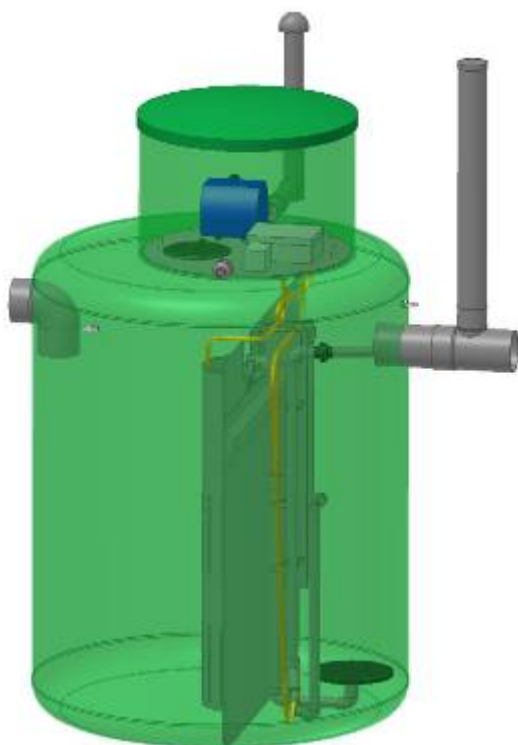
MČN SBR 5 je s steno predeljena v dva dela: mehansko in biološko stopnjo (Slika 16) in je naslednjih izmer (Slika 17):

premer: $D = 1,4 \text{ m}$

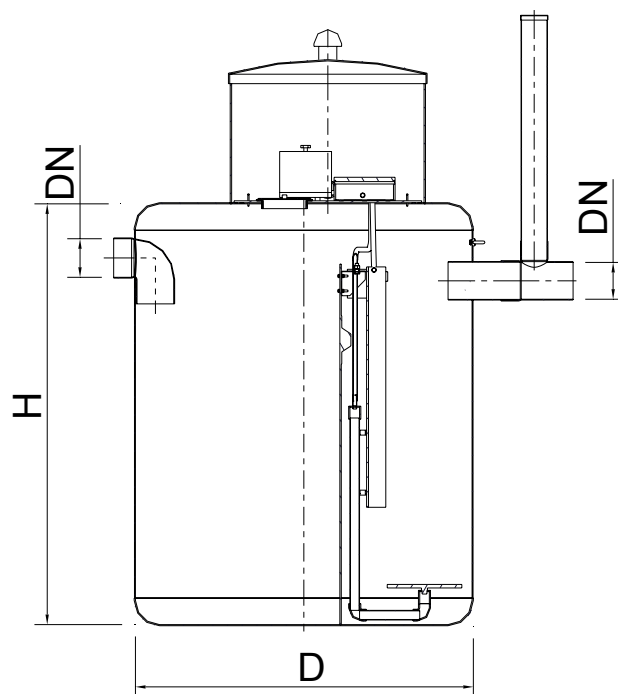
višina: $H = 1,75 \text{ m}$

prostornina: $V = 2,2 \text{ m}^3$

cevni priključki DN 150 mm



Slika 16: Model MČN SBR



Slika 17: Merska skica MČN SBR

(vir: Regeneracija d.o.o. 2007, <http://www.regeneracija.si> (03.10.2007))

Za MČN SBR 5 je potrebna naslednja minimalna oprema:

- Puhalo (Slika 18)
- oprema za potrebe prezračevanja odpadne vode (Slika 19)
- »mamut« črpalka za prečrpavanje odpadne vode iz mehanske v biološko stopnjo in »mamut« črpalka za odvzem očiščene vode (Slika 20),
- stikalna ura (Slika 21)



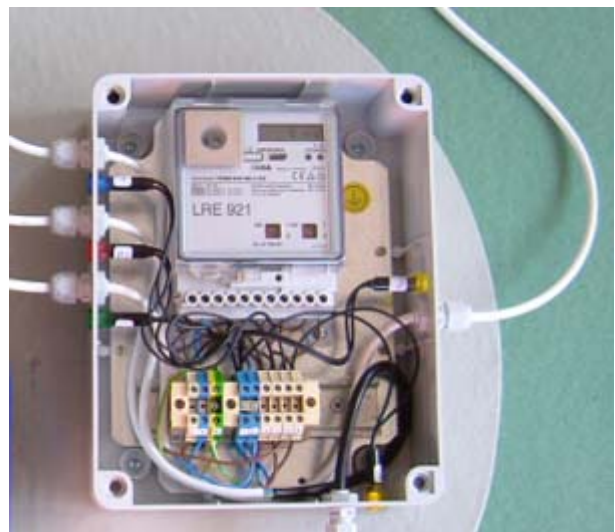
Slika 18: Puhalo
(www.hakkoairpumps.com (23.08.2007))



Slika 19: Membranski krožnik
(www.sanlee.com.tw (26.11.2007))



Slika 20: Cevni razvod – mamut črpalke
(vir: Regeneracija d.o.o.)



Slika 21: Stikalna ura
(9.10 2007)

5.3.2 Mehanska stopnja

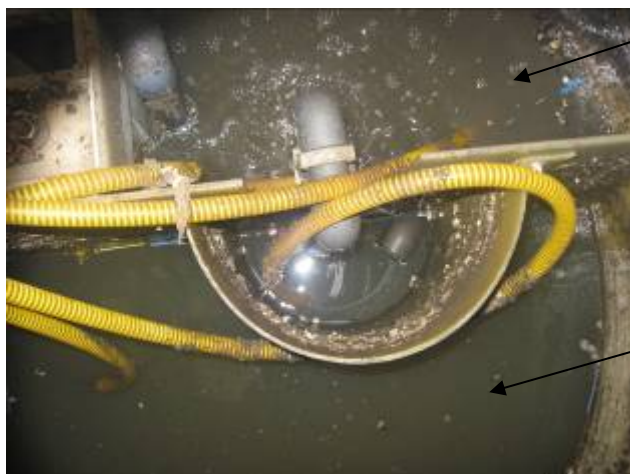
Mehanska stopnja ima prostornino 1,4 m³. Skozi dotočno cev vanjo doteka odpadna voda, večji delci se usedajo, odpadna voda pa se s pomočjo mamut črpalke prečrpa v biološko stopnjo.

Višina dotoka vode v ČN je 1450 mm. Mamut črpalka v mehanski stopnji je na višini 1100 mm, kar pomeni, da se v biološko stopnjo lahko prečrpa max 350 mm vode, kar predstavlja 250 l in ustreza količini vode na cikel.

5.3.3 Biološka stopnja (aeracijski bazen)

Biološka stopnja ima prostornino 0,8 m³. Na dnu je nameščen membranski difuzor, preko katerega se s pomočjo puhalca vpihuje potrebna količina zraka. V biološki stopnji je prav tako nameščen cevni razvod z mamut črpalko, ki je na višini 900 mm in prečrpa količino očiščene vode na iztok, ki je na višini 1350 mm (Slika 23). Količina očiščene vode je 250 l na cikel in v biološki stopnji zavzema tretjino posode.

Slika 22 nam prikazuje pogled skozi vstopno odprtino v mehansko in biološko stopnjo.



Slika 22: Pogled skozi vstopno odprtino
(9.10.2007)

Biološka
stopnja

Mehanska
stopnja



Slika 23: Cevni razvod MČN SBR 5
(vir: Regeneracija d.o.o.)

5.4 Prezračevanje

Pri ČN s prezračevanjem ima pomembno vlogo pravilen vnos kisika, ki je odvisen od globine vpihovanja, velikosti mehurčkov, načina vpihovanja ... Pomembna je tudi zadostna količina kisika (Priloga A). Zato je tu potrebna pravilna izbira strojne opreme in pravilna medsebojna povezava merilne tehnike, tehnike vodenja naprave, strojne, elektro in gradbene tehnike.

Za potrebe prezračevanja MČN SBR 5 se uporabljajo membranski krožniki KAD 320, na katere se zrak dovaja s pomočjo puhala Hakko (HK 80).

5.4.1 Meritve vnosa kisika za membranski krožnik θ 320 mm po SIST EN 12566-10:2005

Meritve vnosa kisika smo izvajali v biološkem delu ČN SBR 5, katere maksimalen volumen je 800 l.

Voda v SBR 5 je bila načrpana s pomočjo gasilske cevi iz vodovodnega omrežja.

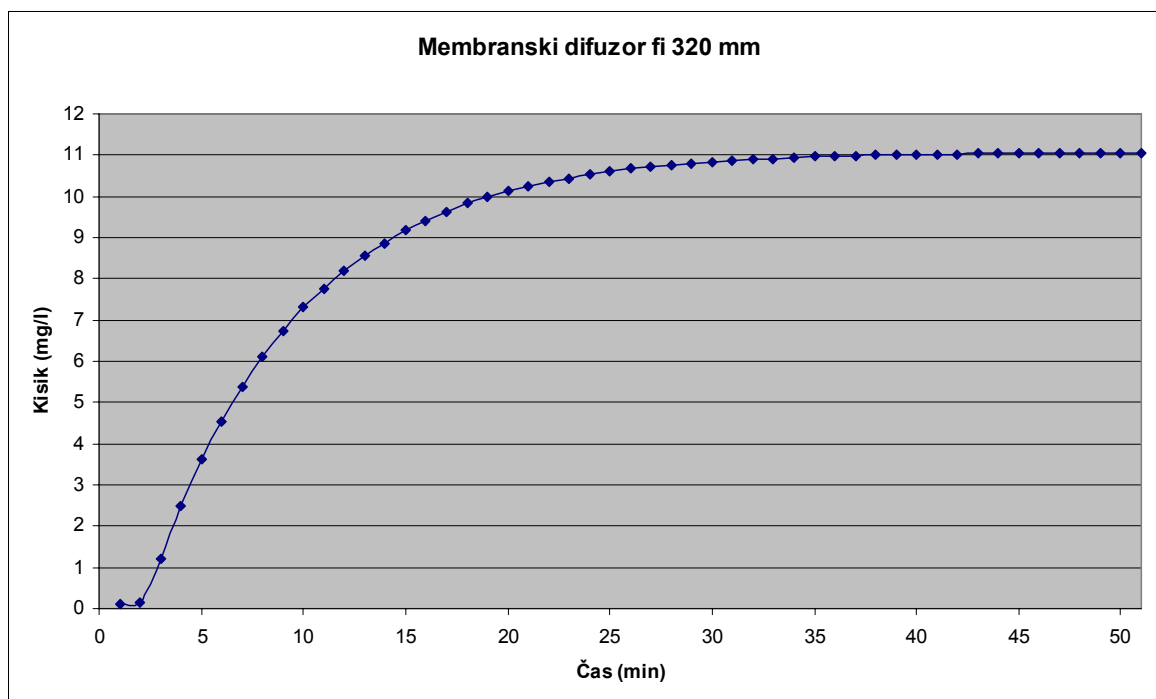
S kemikalijami smo reducirali prosti kisik v vodi na 0 mg/l, tako, da smo najprej dodali 4 g kobaltovega sulfata CoSO_4 , nato pa 80 g natrijevega sulfita NaSO_3 in pustili učinkovati približno 30 min.

V posodo smo vstavili on-line kisik sondo, s pomočjo katere smo merili količino raztopljenega kisika, ki smo jo v času 50 min odčitavali v minutnih razmakih.

Priključen je bil hypex ventil in puhalo HK 80 L, ki daje $6,8 \text{ m}^3/\text{h}$ zraka pri tlaku 0,07 bara.

Iz rezultatov meritev kisika je razvidno, kako se je večala vsebnost prostega kisika v vodi (Preglednica 1 in Slika 24).

Podatke o porastu koncentracije kisika v bazenu, v odvisnosti od časa v minutah, smo nanegli na krivuljo, s katere smo ugotovili stopnjo nasičenosti $C_s = 11,1 \text{ mgO}_2/\text{l}$.



Slika 24: Naraščanje koncentracije raztopljenega kisika s časom prezračevanja

Preglednica 1: Meritve kisika za MČN SBR 5

Čistilna naprava	SBR 5		Datum: 2. 4. 2007	Ura:	13:25
Velikost ČN	3-6 PE		Volumen:	0,8 m ³	
Moč puhala	87 W		Količina vpihanega zraka	6,8 m ³ /h	
Proizvajalec puhla: Hakko			Globina prezračevanja	1,3 m	
Temperatura vode (°C)	Zračni pritisk (bar)	Nasičenost z O ₂ (mg/l)	Tlak puhala:	0,17 mbar	
9,3	1	0,12			
Čas (min)	Cx mgO ₂ /l	Čas (min)	Cx mgO ₂ /l	Čas (min)	Cx mgO ₂ /l
0	0,12	16	9,64	32	10,92
1	0,15	17	9,83	33	10,95
2	1,21	18	9,98	34	10,96
3	2,5	19	10,13	35	10,98
4	3,61	20	10,25	36	10,99
5	4,54	21	10,37	37	11
6	5,39	22	10,44	38	11,02
7	6,1	23	10,54	39	11,02
8	6,72	24	10,61	40	11,03
9	7,32	25	10,67	41	11,03
10	7,76	26	10,72	42	11,04
11	8,19	27	10,77	43	11,04
12	8,57	28	10,81	44	11,05
13	8,87	29	10,84	45	11,05
14	9,18	30	10,88	46	11,05
15	9,42	31	10,91	47	11,05

5.4.2 Posplošeni izračuni vnosa kisika po SIST EN 12255-15:2004

Izračun vnosa kisika O_{Cr} pod standardnimi pogoji (SIST EN 12255-15:2004):

- voda 10 °C
- zračni pritisk 1013 mbar
- vsebnost kisika v vodi 0 mg/l

$$OC_R = 2,303 * C_{St} * \frac{60}{t_{90\%}} * ft * \left[\frac{760 \text{ torr}}{p} * \frac{273 \text{ K}}{(273 + t)} \right] \quad (4)$$

O_{Cr} (mgO₂/m³.h) - specifična koncentracija kisika na m³ vode pri standardnih pogojih

- f_t temperaturni faktor
 f_p faktor pritiska
 $t_{90\%}$ čas potreben za 90-odstotno nasičenje

Nasičenost s kisikom (Cst) je odvisna od komprimiranega zraka v prezračevalnem bazenu, temperature in globine vpihovanja.

$$Cst = C_s * \left(0,5 + \frac{10,35 + tc}{20,7}\right) = 11,1 * \left(0,5 + \frac{10,35 + 1,3}{20,7}\right) = 12,2 \quad (\text{mgO}_2/\text{l}) \quad (5)$$

C_s ... nasičenost s kisikom

Cst ... nasičenost s kisikom ob vpihovanju pri času t

t_c ... globina vpihovanja

$$OC_R = 2,303 * C_s * \frac{60}{t_{90\%}} * f_t * f_p = 2,303 * 12,2 * 1,935 * 0,98 * 1,013 = 53,9 \text{ gO}_2/\text{l} \quad (6)$$

Kapaciteta vnosa kisika v bazenu 800 l znaša:

$$OC = \frac{0,8 * 53,9}{1000} = 0,043 \text{ kgO}_2/\text{h} \quad (7)$$

5.4.3 Meritev zmoglosti puhala

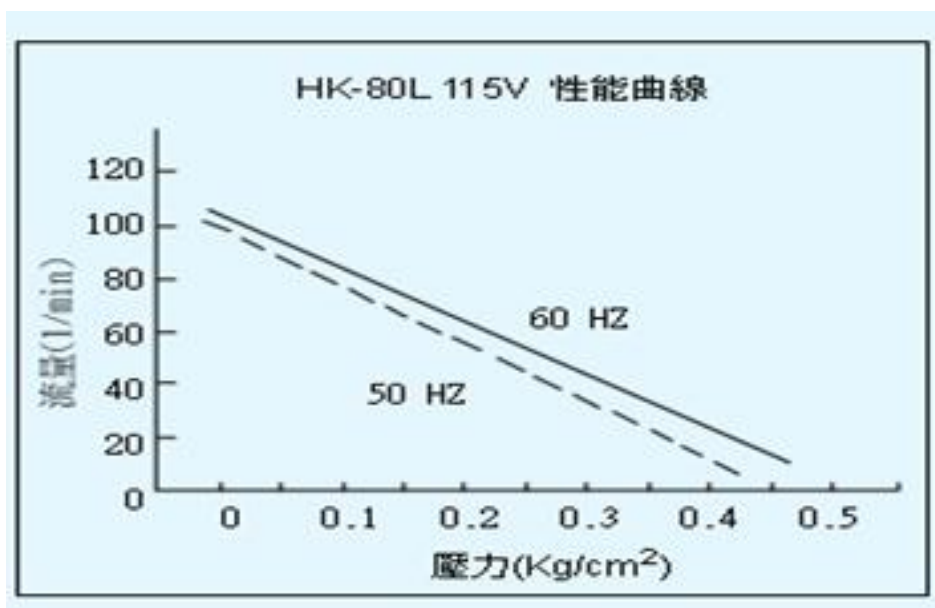
Izvedli smo meritev s 100 l vrečo, ki smo jo privezali na krožnik in merili v kolikem času se napolni. Čas, ki smo ga porabili, da se je 100 litrska vreča napolnila z zrakom je 53 s. To pomeni, da je kapaciteta puhala $6,8 \text{ m}^3/\text{h}$ vpihanega zraka pri tlaku 0,07 bara.

Cevni razvod, ki vodi iz puhla, smo vstavili v posodo z vodo na globino 1,3 m. Ko smo prezračevali pod vodo, je bil tlak na puhalu 0,17 bara.

Slika nam prikazuje karakteristike puhala in iz nje lahko razberemo, da ima puhalo pri globini 1,3 m kapaciteto $4,8 \text{ m}^3/\text{h}$ vpihanega zraka.

Pomembna ugotovitev:

	Tlak puhala:	Kapaciteta puhala:
- globina 0 m:	0,07 bara	6,8 m ³ /h
- globina 1,3 m:	0,17 bara	4,8 m ³ /h



Slika 25: Puhalo HAKKO 80 L

5.4.4 Elektro krmiljenje za SBR 5

Električno krmiljenje za ČN SBR skrbi za pravilno periodično delovanje ČN. S krmilnim programom, vpisanem v stikalni uri, je določen dnevni ritem delovanja, tako faze čiščenja (aeracija, prečrpavanje in izločanje) potekajo v vnaprej določenih urah. Vse tri stopnje potekajo preko puhala, ki po eni strani s pomočjo membranskega krožnika vpihuje zrak v biološko stopnjo, po drugi strani se za potrebe prečrpavanja zrak preko ventila preusmeri na mamut črpalki, ki se vklopita ob določenem času in delujeta do nivoja, ki določa količino prečrpane ali odvzete vode.

Srce krmiljenja predstavlja mikroročunalniško vodeno profesionalna stikalna ura. Le ta je programljiva preko IBM-PC ali preko dlančnika.

Slika 26 nam prikazuje krmilni program za normalni režim delovanja, ki je sestavljen iz treh dnevnih ciklov oz. sarž, kjer se prvi se prične ob 0:00 in traja do 8:00, drugi traja od 8:00 do 16:00, tretji pa od 16:00 do 24:00. En cikel je sestavljen iz:

5 min dotoka, 10 min prečrpavanja odpadne vode iz mehanske v biološko stopnjo, 15 min mirovanja, 1h prezračevanja, 1h mirovanja, 1 h prezračevanja, 1h mirovanja, 1h prezračevanja; 45 min mirovanja, 45 min prezračevanja, 50 min mirovanja in 10 min izločanja očiščene vode na iztok.

Na abscisni osi je podan dnevni potek delovanja v urah, na ordinatni osi pa so podani aktivni releji (1, 2, 3 in 4), preko katerih se določi delovanje puhala in mamut črpalk, ki je razvideno iz različno obarvanih polj. Pri prvem delu (tarifnem programu 0) nam modra barva ponazarja izločanje, zelena barva prezračevanje in rdeča barva mirovanje, pri drugem delu (tarifnem programu 1) nam rumena barva ponazarja dotok, zelena (ob istočasnem aktiviranju releja 2 v tarifnem programu 0) prečrpavanje vode iz mehanske v biološko stopnjo, rdeča pa, da v tem času ni aktivirana nobeden od funkcij.

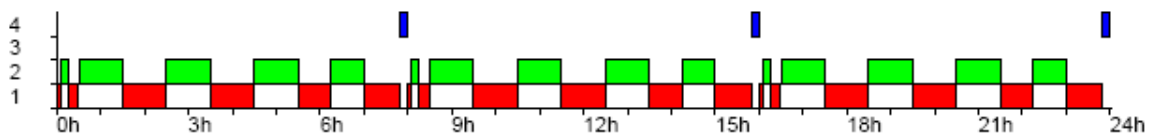
Tarifni program

Tarifni program 0

Začetek sezone	Program	Po	To	Sr	Če	Pe	So	Ne	Pr
1. 1. 0:00	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Day 1

Začetek	T1	T2	T3	T4
0:00	x			
0:05		x		
0:15	x			
0:30		x		
1:30	x			
2:30		x		
3:30	x			
4:30		x		
5:30	x			
6:15		x		
7:00	x			
7:50				x
8:00	x			
8:05		x		
8:15	x			
8:30		x		
9:30	x			
10:30		x		
11:30	x			
12:30		x		
13:30	x			
14:15		x		
15:00	x			
15:50				x
16:00	x			
16:05		x		
16:15	x			
16:30		x		
17:30	x			
18:30		x		
19:30	x			
20:30		x		
21:30	x			
22:15		x		
23:00	x			
23:50				x

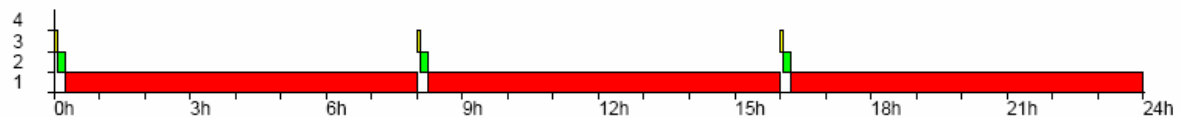


Tarifni program 1

Začetek sezone	Program	Po	To	Sr	Če	Pe	So	Ne	Pr
1. 1. 0:00	1	1	1	1	1	1	1	1	1

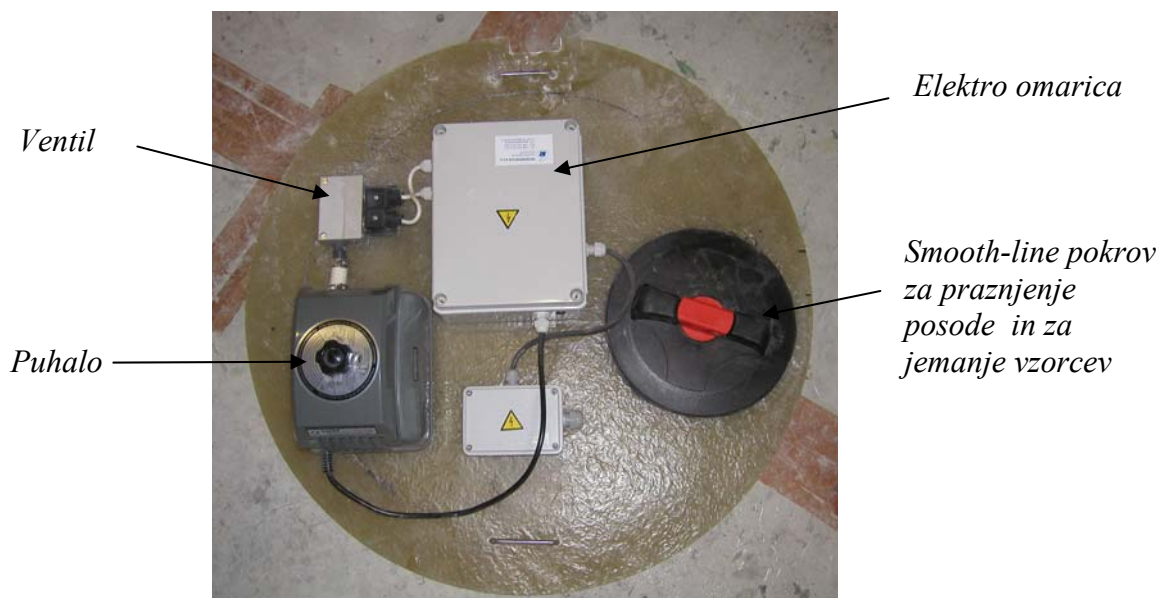
Day 1

Začetek	T1	T2	T3	T4
0:00			x	
0:05		x		
0:15	x			
8:00			x	
8:05		x		
8:15	x			
16:00			x	
16:05		x		
16:15	x			



Slika 26: Prikaz krmilnega programa za normalno delovanje ČN
 (vir: Regeneracija d.o.o., 2007)

Celotno krmiljenje za MČN SBR 5 je pritrjeno na poliestrski plošči (Slika 27), ki se enostavno vstavi v vstopno odprtino premera 800 mm.



*Slika 27: Plošča z elektro krmiljenjem
(7.6.2007)*

Zaradi enostavne regulacije delovanja ČN SBR je dokaj hitro in preprosto tudi delo na terenu (Slika 28). Slika 29 prikazuje vnos krmilnega programa iz računalnika na stikalno uro.

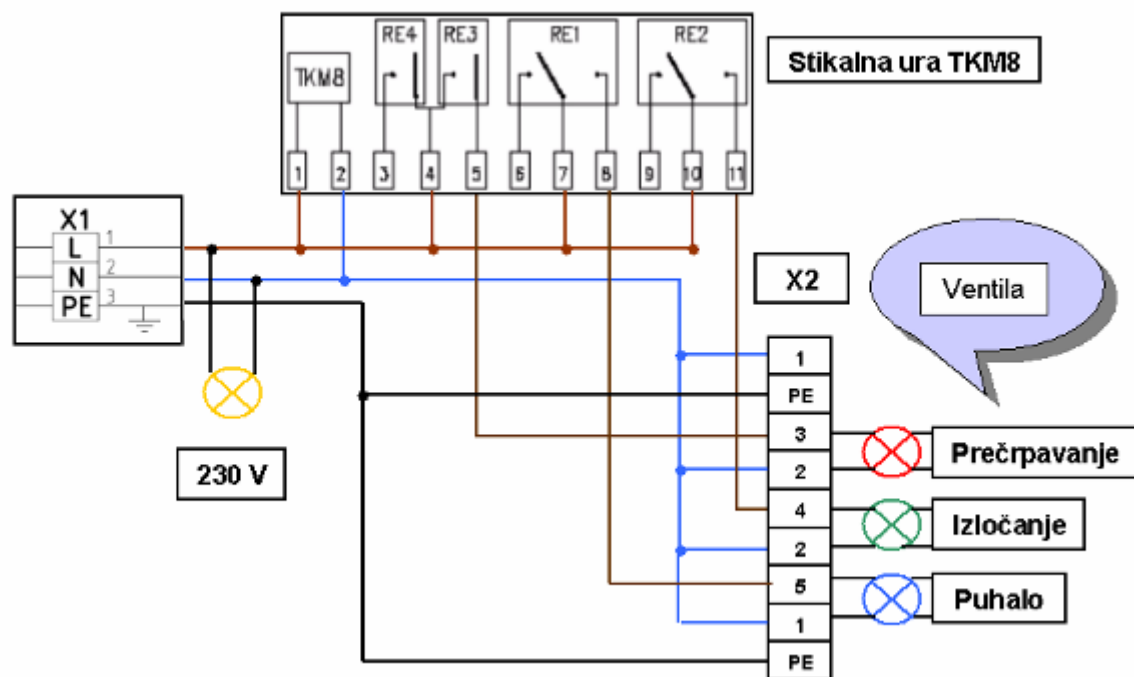


*Slika 28: Monitoring na terenu
(15.10.2006)*



*Slika 29: Vnos krmilnega programa iz računalnika na stikalno uro
(15.10.2006)*

Natančnejši prikaz elektro krmiljenja nam prikazuje priključna shema regulatorja za MČN SBR 5 (Slika 30).



Barvna legenda:

- Modra = Zračenje
- Rdeča = Prečrpavanje
- Zelena = Izločanje
- Rumena = Prisotnost 230

*Slika 30: Priključna shema regulatorja za MČN SBR 5
(vir: Navodila ČN SBR_REG 3 – 60 PE)*

6 PROGRAM IZVAJANJA RAZISKAV

6.1 Cilji izvajanja raziskav

Namen raziskav je izvajanje meritev po SIST EN 12566-3:2005 z monitoringom kvalitete vode na dotoku in iztoku s ciljem doseganja skladnosti z Uredbo o emisiji snovi pri odvajanju odpadnih vod iz malih komunalnih čistilnih naprav (Ur.l.RS, 98/07) in pridobivanje podatkov, potrebnih za določitev sposobnosti čiščenja gospodinskih odpadnih vod z MČN SBR do mejnih vrednosti na iztoku. S tem pa je povezana tudi določitev pravih razmerij volumnov mehanske in biološke stopnje pri upoštevanju dnevnega dotoka in zelenega učinka čiščenja.

6.2 Časovni potek raziskav po posameznih fazah

Raziskave so potekale v časovnem obdobju od 19. 4. 2007 do 31. 8. 2007 in 3. 9. 2007 do 18. 9. 2007. Celotno obdobje raziskav je bilo razdeljeno v 10 faz testiranja (Preglednica 2), v katerih smo preizkušali delovanje MČN SBR 5 v različnih preizkuševalnih pogojih. Pri vseh fazah testiranja smo merili parametre odpadne vode, opazovali njihovo spreminjanje in zagotavljali doseganje mejnih vrednosti na iztoku.

Preglednica 2: Časovni potek raziskav

Faza	Preizkuševalni pogoji	Začetek	Konec
I. faza	vzpostavljanje biomase	19. 4. 2007	3. 5. 2007
II. faza	normalno delovanje	3. 5. 2007	23. 5. 2007
III. faza	manjši dotok	23. 5. 2007	30. 5. 2007
IV. faza	normalno delovanje z izpadom elektrike	30. 5. 2007	13. 6. 2007
V. faza	brez dotoka	13. 6. 2007	2. 7. 2007
V. faza - ponovitev	brez dotoka	3. 9. 2007	18. 9. 2007
VI. faza	normalno delovanje	2. 7. 2007	17. 7. 2007
VII. faza	povečan dotok	17. 7. 2007	31. 7. 2007
VIII. faza	normalno delovanje z izpadom elektrike	31. 7. 2007	7. 8. 2007
IX. faza	manjši dotok	7. 8. 2007	21. 8. 2007
X. faza	normalno delovanje	21. 8. 2007	31. 8. 2007

6.3 Vzorčenje

Vzorke smo zajemali na naslednjih vzorčnih mestih: na dotoku (v mehanski stopnji), na iztoku in v biološki stopnji med fazo prezračevanja.

6.4 On-line meritve

Z on-line Hach merilnikom (Slika 31) smo merili prevodnost, temperaturo in kisik.



*Slika 31: Hach on-line merilnik
(27.11.2007)*



(vir: www.hachlange.com, 22.11.2006)

6.5 Dnevne meritve

6.5.1 Dnevne meritve na dotoku

Normalni dnevni dotok na ČN SBR je znašal 750 l/dan. Dotok je bil kontroliran po programu, vnesenem v stikalno uro glede na želeno fazo testiranja. Na SBR napravo smo črpali 5 min s pretokom 0,83 l/s, t.j. skupaj 250 litrov naenkrat (t.j. v eni fazi cikla). Ker smo nastavili dnevno 3 cikle, je bil celotni dnevni dotok 750 l.

Na dotoku na MČN SBR 5 v mehanski stopnji smo določevali naslednje parametre: KPK, BPK₅ (občasno), pH-vrednost, prevodnost in temperaturo (Priloga B).

6.5.2 Dnevne meritve na iztoku

Na iztoku iz MČN SBR 5 smo določevali naslednje parametre: KPK, BPK₅ (občasno), pH-vrednost, prevodnost in temperaturo (Priloga C).

Slika 32 prikazuje razliko v barvi in bistrosti dotočne odpadne vode in očiščene vode iz MČN SBR 5.



Slika 32: Razlika v barvi in bistrosti dotočne odpadne vode in očiščene vode iz ČN SBR 5

6.5.3 Dnevne meritve v aeracijskem bazenu

V biološki stopnji smo vzeli trenutni vzorec med fazo prezračevanja za analize usedljivosti, sušine in izračunan indeksa blata (Priloga D).

6.6 Občasne meritve

Izvajale so se meritve za amonij, suspendirane snovi, celotni vezani dušik in celotni fosfor.

6.7 Protokol

Ker je za spremljanje delovanja naprave treba dosledno in natančno spremljati obratovalne parametre, smo vodili obratovalni dnevnik. Dnevni protokol je vseboval tudi vse dnevne meritve, navedene pod točkama 6.5 in 6.6. V obratovalnem dnevniku so časovno navedeni tudi izpadi opreme, servisna in vzdrževalna dela na opremi in vse opombe o delovanju MČN SBR 5 (Priloga E).

Pomemben je tudi krmilni program, ki je bil nastavljen v stikalni uri, kjer je prikazan čas prezračevanja, dolžina časovnih premorov med prezračevanjem, čas dotoka in iztoka.

7 REZULTATI ANALIZ

7.1 Dotok in iztok

Analize dotoka in iztoka MČN SBR smo izvajali v obdobju od 19. 4. 2007 do 31. 8. 2007 in 3. 9. 2007 do 18. 9. 2007 (Preglednica 3 in Preglednica 4).

Dotok na pilotno ČN predstavlja tudi delni dotok surove vode na CČN Kranj Zarica.

Preglednica 3: Rezultati analiz dotoka

Parameter	Enota	Povprečna vrednost	Standardni odklon	Max. vrednost	Min. vrednost	Št. meritev
Temperatura	°C	20,5	1,4	25,4	15,3	58
pH		7,4	0,3	8,6	6,0	58
Prevodnost	μS/cm	1167	160	1714	630	56
KPK	mgO ₂ /l	692	139	2000	358	61
BPK ₅	mgO ₂ /l	355	162	660	90	6
Amonij	mg/l	69	13	90	36	5

Preglednica 4: Rezultati analiz iztoka

Parameter	Enota	Povprečna vrednost	Standardni odklon	Max. vrednost	Min. vrednost	Št. meritev
Temperatura	°C	21,0	1,9	27,7	17,0	58
pH		7,8	0,2	8,3	7,4	58
Prevodnost	μS/cm	879	120	1250	653	57
KPK	mgO ₂ /l	77	44	378	12	60
BPK ₅	mgO ₂ /l	15	9	41	14	6
Amonij	mg/l	24	21	56	1	12

V preglednici 4 so zajeti rezultati analiz iztoka vseh posameznih faz testiranja, ki so potekale skozi obdobje testiranja in so podrobneje opisane v nadaljevanju in grafično prikazani v prilogi (Priloga F).

7.2 Rezultati raziskav I. faze

Faza I: vzpostavljanje biomase

Dnevni pretok: normalen

Potekala v obdobju od 19. 4. 2007 do 3. 5. 2007.

V I. fazi je bilo treba pilotno napravo stabilizirati in vzpostaviti nemoten dotok odpadne vode na napravo. Potekal je zagon pilotne naprave in adaptacija aktivnega blata. MČN SBR se je napolnila s surovo odpadno vodo, v biološko stopnjo pa smo dodali aktivno blato. 300 l aktivnega blata smo prečrpali iz aeracijskega bazena CČN Kranj Zarica v MČN SBR. S tem se je bistveno skrajšal čas zagona in adaptacija aktivnega blata. Začetna sušina je bila 8,9 g/l. V tej fazi testiranja nismo izvajali meritev. Ko smo vzpostavili ustrezne pogoje na pilotni ČN, smo začeli z meritvami.

ČN SBR je delovala na 3 cikle dnevno, tako je bil dotok približno 250 l na cikel, kar dnevno znaša 750 l.

7.3 Rezultati raziskav II. faze

Faza II: normalno delovanje

Dnevni pretok: normalni dotok

Druga faza je potekala v obdobju od 3. 5. 2007 do 23. 5. 2007. V II. fazi je potekalo normalno delovanje MČN SBR 5, kar predstavljajo 3 cikli dnevno po 250 l odpadne vode. Cikel je sestavljen iz dotoka odpadne vode, ki je bil reguliran s potopno črpalko, kapacitete 0, 83 l/s, in je trajal 5 min, kar predstavlja skupaj 250 litrov. Nato se je voda s pomočjo mamut črpalke prečrpala iz mehanske v biološko stopnjo. Prečrpavanje je regulirano preko krmilnega programa v stikalni uri, s katerim je določen čas prečrpavanja odpadne vode in traja 10 min. Sledi 15 minutno mirovanje, nato pa si 4 - krat izmenično sledita faza aeracije in faza mirovanja, po zadnjem mirovanju, ki traja 50 min, se prične izločanje očiščene vode, ki poteka s pomočjo mamut črpalke in traja 10 min.

Preglednica 5 prikazuje rezultate analiz dotoka II. faze. Preglednica 6 pa prikazuje rezultate analiz iztoka II. faze.

Slika 33 prikazuje odstranjevanje organskega onesnaženja II. faze, ki je za parameter KPK potekalo uspešno, za parameter BPK₅ pa je bila dne 10. 05. 2007 prekoračena mejna vrednost na iztoku, kar lahko pripisujemo vsebnosti aktivnega blata na iztoku, zaradi napačnega

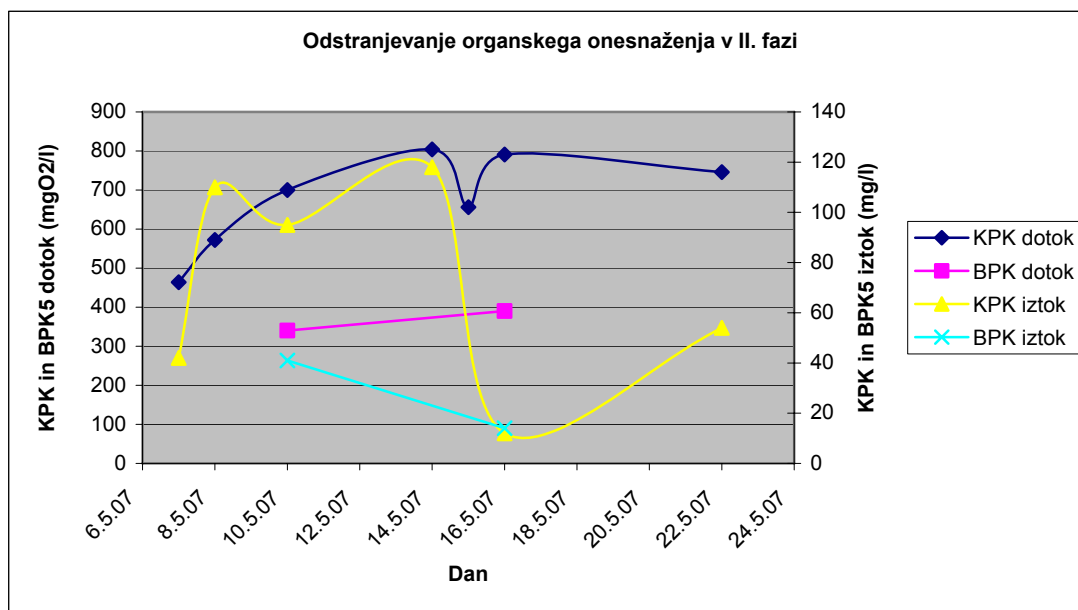
vzorčenja. Vzorec smo vzeli iz posode, ki je bila locirana za iztokom iz ČN, v njej pa je bilo, od prve faze testiranja, prisotno usedlo aktivno blato.

Preglednica 5: Rezultati analiz dotoka II. faze

Parameter	Enota	Povprečna vrednost	Standardni odklon	Max. vrednost	Min. vrednost	Št. meritev
Temperatura	°C	19,3	1,6	21,3	16,1	4
pH		7,7	0,3	8,2	7,2	4
Prevodnost	μS/cm	1312	133	1458	1162	4
KPK	mgO ₂ /l	676	96	804	464	7
BPK ₅	mgO ₂ /l	365	25	390	340	2
Amonij	mg/l	> 50	/	> 100	> 50	4

Preglednica 6: Rezultati analiz iztoka II. faze

Parameter	Enota	MDK	Povprečna vrednost	Standardni odklon	Max. vrednost	Min. vrednost	Št. meritev
Temperatura	°C	/	20,2	1,7	22,8	17,7	3
pH		/	7,9	0,1	8,0	7,8	3
Prevodnost	μS/cm	/	1146	79	1250	1027	3
KPK	mgO ₂ /l	150	72	36	118	12	6
BPK ₅	mgO ₂ /l	30	28	14	41	14	2
Amonij	mg/l	/	42	13	55	22	3



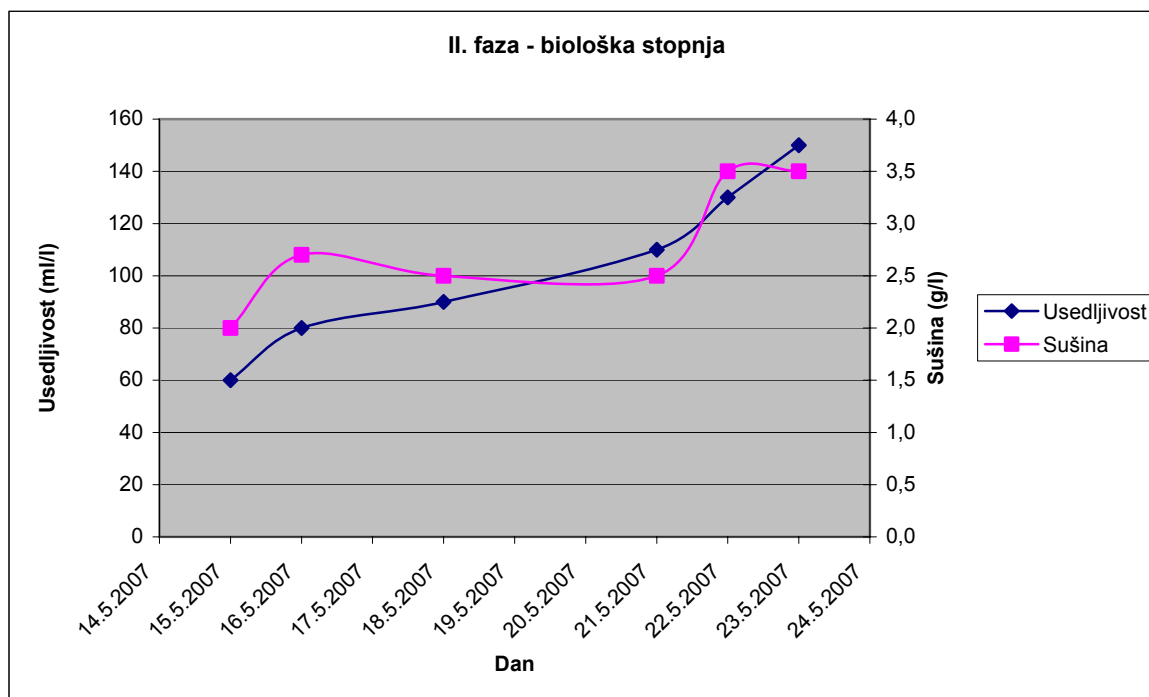
Slika 33: Prikaz odstranjevanja organskega onesnaženja II. faze

Preglednica 7 prikazuje meritve v biološki stopnji za II. fazo testiranja ČN, iz katere je razvidno, da se koncentracija aktivnega blata giblje od 2,3 g/l do 3,5 g/l, povprečna koncentracija aktivnega blata pa je 2,8 g/l.

Glede na rezultate merjene sušine in usedljivosti aktivnega blata vidimo tudi njuno usklajenost (Slika 34).

Preglednica 7: Meritve v biološki stopnji za II. fazo

Parameter	Enota	Povprečna vrednost	Standardni odklon	Max. vrednost	Min. vrednost	Št. meritev
Usedljivost	ml/l	103	27	150	60	6
Sušina	g/l	2,8	2,3	3,5	2,0	6
VIB	ml/g	37	5	44	30	6



Slika 34: Prikaz poteka usedljivosti in sušine v biološki stopnji za II. fazo

7.3.1 Primerjava rezultatov raziskav II. faze glede na ciljne vrednosti

Glede na zadane mejne vrednosti v II. fazi ni bilo prekoračenih vrednosti za KPK.

Pri spremembi krmilnega programa je prišlo do napake, v stikalno urico smo vnesli program brez regulacije dotoka, zato v tem času ni meritev. Dne 6. 5. 2007 smo vnesli ustrezen krmilni program. Intenzivne padavine so bile od 4. 5. 2007 do 7. 5. 2007, zato je bila zamašena črpalka v dotočnem kanalu in poplavljen jašek na dotoku in iztoku. Z vnosom aktivnega blata smo v ČN vnesli polno vatiranih palčk in drugih smeti, zato je bilo potrebno čiščenje, ki smo ga izvedli 8. 5. 2007. Dne 23. 5. 2007 smo spremenili krmilni program in začeli novo fazo testiranja.

7.4 Rezultati raziskav III. faze

Faza III: manjši pritok

Dnevni pretok: 50% normalnega dotoka

Tretja faza je potekala v obdobju med 23. 5. 2007 in 30. 5. 2007.

V III. fazi smo preizkušali delovanje MČN SBR 5 z zmanjšanim dotokom (50 % normalnega dotoka, cca 400 l na dan). V III. fazi so prav tako potekali trije cikli dnevno, vendar je bil dotok vode na ČN polovičen, kar predstavlja 125 litrov vode na cikel. To smo zagotovili z zmanjšanim časom delovanja črpalke za dotok. Po normativu (Aneks B standarda 12566-3:2005) sta za testiranje te faze predvidena dva tedna, vendar smo zaradi časovne stiske čas trajanja tretje faze skrajšali na en teden. Po zgoraj omenjenem normativu sta fazi II in IX enaki, tako smo IX. fazo izvedli v dvotedenskem obdobju.

Do 24. 5. 2007 je bilo lepo, sončno vreme in vse je nemoteno delovalo. Intenzivno deževje 28. in 29. 5. 2007 je povzročilo premik plovnega stikala na črpalki v dotočnem kanalu, saj je bilo le-to spuščeno in ni bilo pogoja za delovanje črpalke, zato dne 30. 5. 2007 ni bilo dotoka na ČN in ni izvedenih meritev.

Preglednica 8 prikazuje rezultate analiz dotoka III. faze. Preglednica 9 prikazuje rezultate analiz iztoka III. faze .

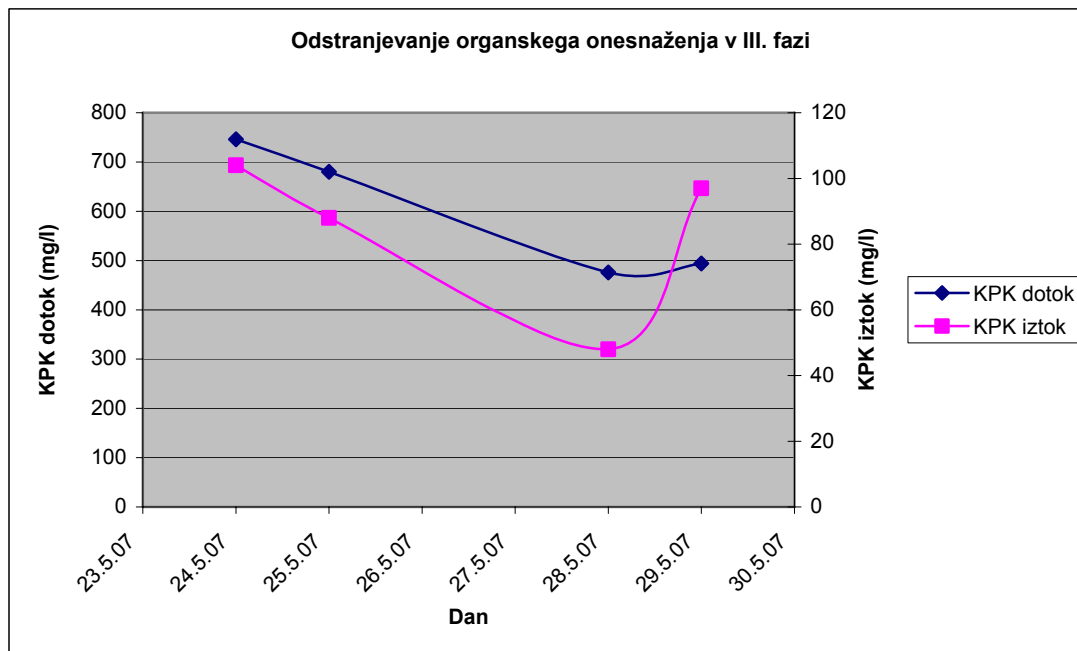
Preglednica 8: Rezultati analiz dotoka III. faze

Parameter	Enota	Povprečna vrednost	Standardni odklon	Max. vrednost	Min. vrednost	Št. meritev
Temperatura	°C	20,7	1,5	22,8	18,9	4
pH		7,3	0,1	7,6	7,0	4
Prevodnost	μS/cm	1057	208	1290	704	4
KPK	mgO ₂ /l	599	114	746	476	4

Preglednica 9: Rezultati analiz iztoka III. faze

Parameter	Enota	MDK	Povprečna vrednost	Standardni odklon	Max. vrednost	Min. vrednost	Št. meritev
Temperatura	°C	/	21,0	1,7	23,3	18,8	4
pH		/	8,1	0,1	8,2	8,0	4
Prevodnost	μS/cm	/	897	173	1094	705	4
KPK	mgO ₂ /l	150	84	18	104	48	4

Slika 35 prikazuje odstranjevanje organskega onesnaženja III. faze za parameter KPK, ki je potekalo uspešno, saj mejna vrednost na iztoku ni bila prekoračena.



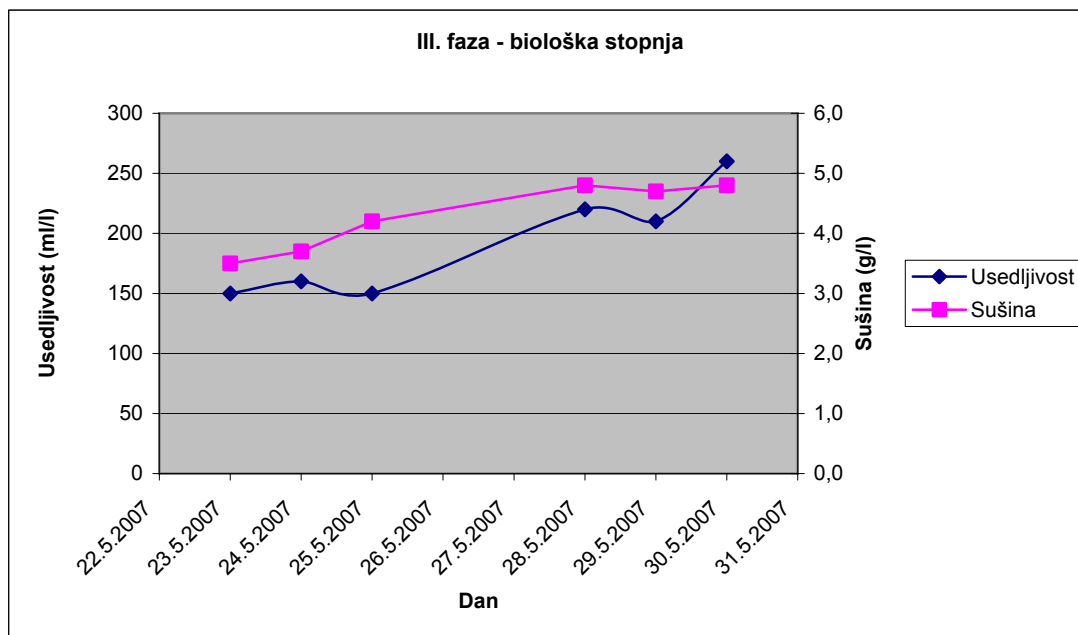
Slika 35: Prikaz odstranjevanja organskega onesnaženja III. faze

Preglednica 10 predstavlja meritve v biološki stopnji za III. fazo testiranja ČN, iz katere je razvidno, da se je sušina glede na prejšnjo fazo dvignila, saj se giblje od 3,5 g/l do 4,8 g/l, povprečna koncentracija pa je kar 4,3 g/l, kar pripisujemo zmanjšani vsebnosti vode v biološki stopnji, zaradi zmanjšane dotoka, saj smo vzorce za merjenje usedljivosti in sušine jemali vedno po končanem dotoku v biološko stopnjo. Ker pa je v tej fazi dotok na ČN le polovičen, pomeni, da je v biološki stopnji manj vode ob enaki vsebnosti aktivnega blata. Ena od razlag pa je tudi izboljšana usedljivost aktivnega blata.

Slika 36 nam prikazuje potek sušine in usedljivosti aktivnega blata in njuno usklajenost.

Preglednica 10: Meritve v biološki stopnji za III. fazo

Parameter	Enota	Povprečna vrednost	Standardni odklon	Max. vrednost	Min. vrednost	Št. meritev
Usedljivost	ml/l	192	38	260	150	6
Sušina	g/l	4,3	0,5	4,8	3,5	6
VIB	ml/g	44	4	54	36	6



Slika 36: Prikaz poteka usedljivosti in sušine v biološki stopnji za III. fazo

7.4.1 Primerjava rezultatov raziskav III. faze glede na ciljne vrednosti

Glede na zadane mejne vrednosti v III. fazi ni bilo prekoračenih vrednosti za KPK.

7.5 Rezultati raziskav IV. faze

Faza IV: normalno delovanje z izpadom elektrike

Dnevni pretok: normalni dotok

Četrta faza je potekala v obdobju od 30. 5. 2007 do 13. 6. 2007.

V IV. fazi smo preizkušali normalno delovanje z namernim izpadom elektrike (izpad elektrike traja 24 ur). Dne 6. 6. 2007 smo ob 11 uri v stikalno uro vnesli krmilni program, po katerem je bil dotok na ČN nemoten in je znašal 250 litrov na cikel, puhalo in črpalke so bili za 24 ur izključeni. Po aneksu B standarda SIST EN 12566-3:2005 se izpad elektrike izvede po dvotedenskem normalnem delovanju, mi smo zaradi časovne stiske skrajšali normalno delovanje ČN na en teden.

Preglednica 11 prikazuje rezultate analiz dotoka IV. faze. Preglednica 12 pa prikazuje rezultate analiz iztoka IV. faze.

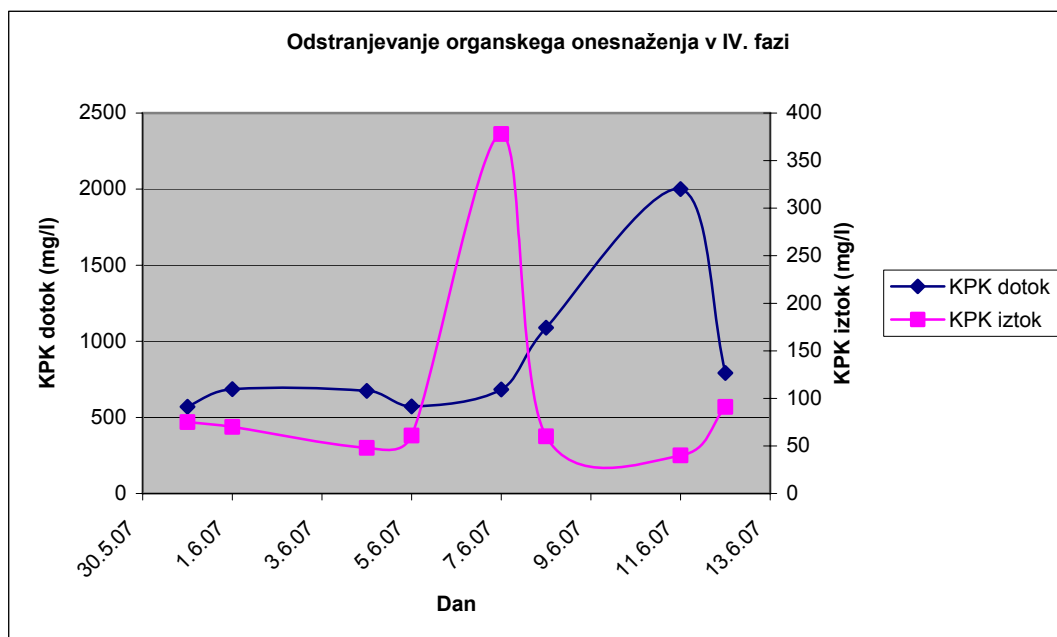
Preglednica 11: Rezultati analiz dotoka IV. faze

Parameter	Enota	Povprečna vrednost	Standardni odklon	Max. vrednost	Min. vrednost	Št. meritev
Temperatura	°C	19,2	0,9	20,7	17,2	8
pH		7,7	0,4	8,6	7,4	8
Prevodnost	μS/cm	1237	165	1714	1040	8
KPK	mgO ₂ /l	884	331	2000	570	8

Preglednica 12: Rezultati analiz iztoka IV. faze

Parameter	Enota	MDK	Povprečna vrednost	Standardni odklon	Max. vrednost	Min. vrednost	Št. meritev
Temperatura	°C	/	19,7	1,2	21,6	17,0	8,0
pH		/	7,8	0,2	8,1	7,4	8,0
Prevodnost	μS/cm	/	812	86	1100	653	8
KPK	mgO ₂ /l	150	103	69	378	40	8

Slika 37 prikazuje odstranjevanje organskega onesnaženja IV. faze za parameter KPK, ki je potekalo po pričakovanjih. Velik skok za vrednosti KPK, z dne 7. 6. 2007, lahko upravičimo zaradi namernega izpada elektrike. Na sliki je za dan 11. 6. 2007 opaziti bistveno (3x) višje vrednosti za parameter KPK na dotoku kot do tedaj, vzrok je lahko trenutno povečano onesnaženje, ki ima lahko hude posledice na normalno delovanje. Ker pa se je vrednost za parameter KPK na dotoku že naslednji dan spustila na normalno povprečno vrednost dotoka 792 mgO₂/l, visoko vrednost na dan 11. 6. 2007 lahko pripisujemo napačni meritvi.



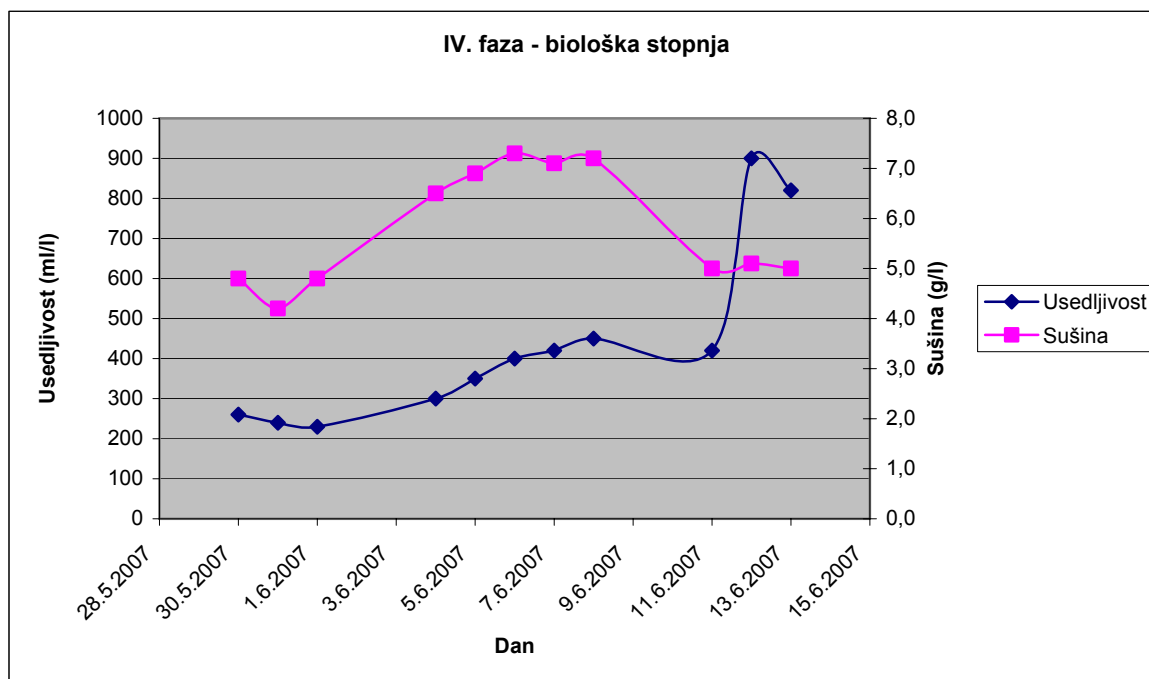
Slika 37: Prikaz odstranjanja organskega onesnaženja IV. faze

Preglednica 13 prikazuje meritve v biološki stopnji za IV. fazo delovanja ČN, iz katere je razvidno, da se je sušina še vedno dvigala, saj se je gibala od 4,2 g/l do 7,3 g/l, povprečna koncentracija pa je kar 5,8 g/l.

Slika 38 prikazuje potek sušine in usedljivosti aktivnega blata.

Preglednica 13: Meritve v biološki stopnji za IV. fazo

Parameter	Enota	Povprečna vrednost	Standardni odklon	Max. vrednost	Min. vrednost	Št. meritev
Usedljivost	ml/l	435	157	900	230	11
Sušina	g/l	5,8	1,1	7,3	4,2	11
VIB	ml/g	78	35	176	46	11



Slika 38: Prikaz poteka usedljivosti in sušine v biološki stopnji za IV. fazo

7.5.1 Primerjava rezultatov raziskav IV. faze glede na ciljne vrednosti

Glede na zadane mejne vrednosti je ČN v IV. fazi delovala po pričakovanjih. Pričakovali smo, da bo meritev, izvedena na dan namernega izpada izpada elektrike, prekoračila zahtevane mejne vrednosti na iztoku, saj je bila ČN 24h brez prezračevanja. Vrednost za KPK je bila na dan namernega izpada elektrike 7. 6. 2007 378 mgO₂/l, kar pomeni, da so parametri iztoka enaki parametrom mehansko očiščene odpadne vode. Za nas zahtevana mejna vrednost KPK na iztoku se je naslednji dan 8. 6. 2007 že zmanjšala na 60 mgO₂/l. Do konca te faze je ČN delovala v skladu z zahtevami, kar pomeni, da ni bilo prekoračenih mejnih vrednosti na iztoku.

7.6 Rezultati raziskav V. faze

Faza V: brez dotoka

Dnevni pretok: ni dotoka

Peta faza je potekala v obdobju od 13. 6. 2007 do 2. 7. 2007. V fazi V smo preizkušali, kaj se zgodi v primeru, če ni dotoka, npr. da družina odide na dopust. MČN SBR 5 je bila 12 dni brez dotoka, prezračevanje pa je potekalo nemoteno. ČN je bila od dne 14. 6. 2007 do 26. 6.

2007 brez dotoka, dne 27. 6. 2007 smo začeli z dotokom. Preglednica 14 prikazuje rezultate analiz dotoka na ČN po štirinajst dnevem obdobju brez dotoka. Preglednica 15 pa prikazuje rezultate analiz iztoka iz ČN po štirinajst dnevem obdobju brez dotoka.

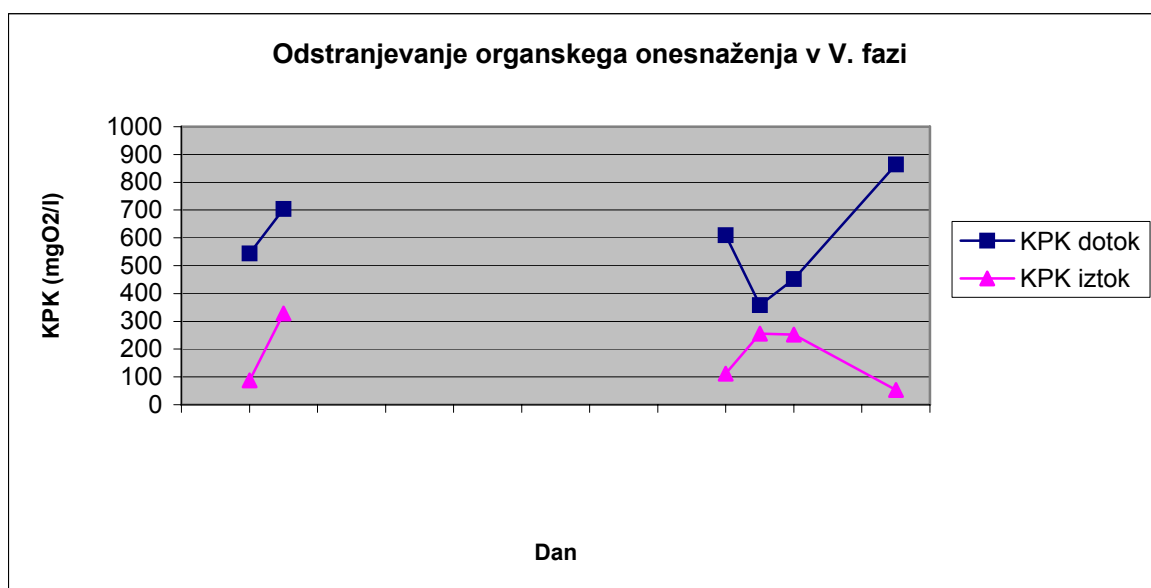
Slika 39 prikazuje odstranjevanje organskega onesnaženja V. faze za parameter KPK.

Preglednica 14: Rezultati analiz dotoka V. faze

Parameter	Enota	Povprečna vrednost	Standardni odklon	Max. vrednost	Min. vrednost	Št. meritev
Temperatura	°C	20,8	1,1	22,2	19,6	4
pH		7,4	0,1	7,5	7,3	4
Prevodnost	μS/cm	1183	40	1225	1103	4
KPK	mgO ₂ /l	571	166	864	358	4

Preglednica 15: Rezultati analiz iztoka V. faze

Parameter	Enota	MDK	Povprečna vrednost	Standardni odklon	Max. vrednost	Min. vrednost	Št. meritev
Temperatura	°C	/	21,9	1,6	23,6	20,2	4
pH		/	7,6	0,2	8,1	7,5	4
Prevodnost	μS/cm	/	978	81	1046	816	4
KPK	mgO ₂ /l	150	168	86	256	53	4



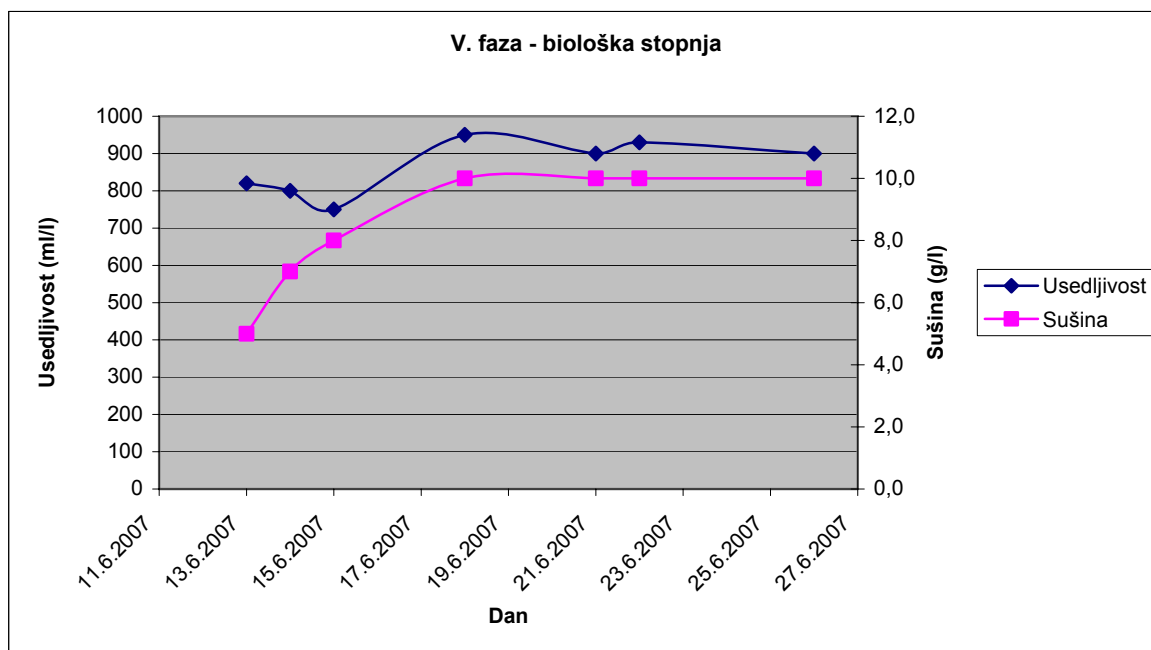
Slika 39: Prikaz odstranjevanja organskega onesnaženja V. faze

Preglednica 16 prikazuje meritve v biološki stopnji za V. fazo delovanja ČN iz katere so razvidne visoke vrednosti sušine in usedljivosti. V biološkem delu ČN SBR 5 sta dve tretjini prostornine stalni (namenjeni aktivnemu blatu in vodi), preostala tretjina pa odgovarja količini vode na cikel, ki se menja. Zato visoke vrednosti sušine pripisujemo danim razmeram, ki so bile v ČN v času 12 dni brez dotoka, saj je merjenje sušine potekalo ob manjšem volumnu, v primerjavi z merjenjem v drugih fazah, ko smo sušino merili ob polnem volumnu biološke stopnje.

Slika 40 prikazuje potek sušine in usedljivosti aktivnega blata v V. fazi testiranja, ko na ČN ni bilo nič dotoka, vrednosti sušine pa so narasle iz 5 mg/l na 10 mg/l. To se nam je zdelo nemogoče, kajti če ni dotoka, ni hrane za bakterije in sušina ne more naraščati, kvečjemu bi se morale vrednosti sušine zmanjšati. Tako smo prišli do ugotovitve, da sonda za merjenje sušine (Sika 6) ni umerjena. Na CČN v Kranju so jo poskušali umeriti, vendar neuspešno, zato so jo poslali nazaj proizvajalcu, da ugotovijo in odpravijo napake. Posledica tega je tudi pomanjkanje meritev med 26. 6. in 2. 7. 2007. V dokaz nelogičnih rezultatov, zaradi neumerjenosti sonde, so nam rezultati vrednosti sušine v naslednji fazi testiranja - ko smo sušino merili s filtriranjem in so se vrednosti sušine spustile na 3,7 mg/l

Preglednica 16: Meritve v biološki stopnji za V. fazo

Parameter	Enota	Povprečna vrednost	Standardni odklon	Max. vrednost	Min. vrednost	Št. meritev
Usedljivost	ml/l	864	64	950	750	7
Sušina	g/l	8,6	1,6	10,0	5,0	7
VIB	ml/g	106	19	164	90	7



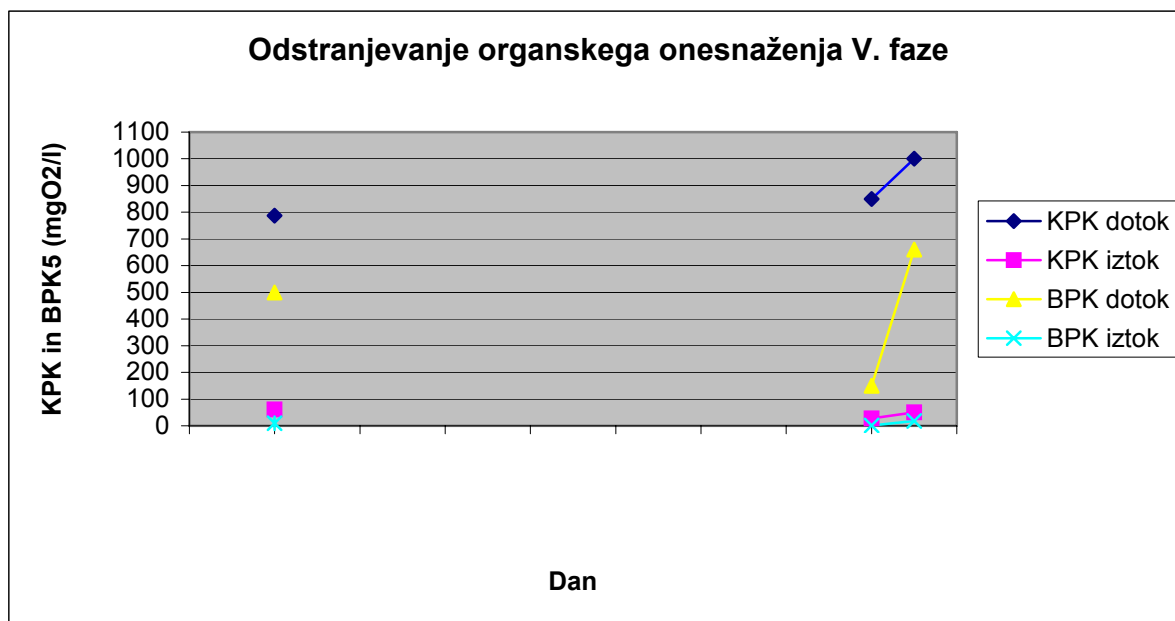
Slika 40: Prikaz poteka usedljivosti in sušine v biološki stopnji za V. fazo

7.6.1 Primerjava rezultatov raziskav V. faze glede na ciljne vrednosti

Glede na zadane mejne vrednosti ČN v V. fazi ni delovala po pričakovanjih. Pričakovali smo, da bo meritev, izvedena na dan novega dotoka, prekoračila zahtevane mejne vrednosti na iztoku, saj je bila ČN 12 dni brez dotoka, kar za ČN v mehanski stopnji pomeni zakisanje odpadne vode in s tem otežene razmere za čiščenje prve šarže po ponovnem dotoku.

Vrednost na iztoku za KPK je bila na dan ponovnega dotoka, tj. 27. 6. 2007 112 mgO₂/l, kar pomeni, da je ČN že v prvem ciklu delovala v skladu z zahtevami. Tako smo 27. 6. 2007 spremenili krmilni program na normalno delovanje in želeli nadaljevati s VI. fazo testiranja, vendar smo ugotovili, da sta bili vrednosti za parameter KPK v dneh 28. in 29. 6. prekoračeni, znašali sta okoli 250 mg/l. ČN SBR 5 je šele 2. 7. 2007 začela delovati pod zahtevanimi mejnimi vrednostmi parametrov odpadnih vod na iztoku. Vzrok tega je najbrž šok za mikroorganizme, ki so se morali znova prilagoditi na drugačne razmere v ČN.

Ker z rezultati nismo bili najbolj zadovoljni, smo se odločili, da to fazo ponovimo. To smo izvedli v času od 3. 9. do 18. 9. 2007. MČN SBR 5 je fazo brez dotoka uspešno premagala, saj so bile vrednosti za parameter KPK pod 70 mg O₂/l, vrednosti za parameter BPK₅ pa pod 20 mg O₂/l, ko smo spet dovedli dotok na MČN SBR 5 (Slika 41).



Slika 41: Prikaz odstranjevanja organskega onesnaženja V. faze - ponovitev

7.7 Rezultati raziskav VI. faze

Faza VI: normalno delovanje

Dnevni pretok: normalni dotok

Šesta faza je potekala v obdobju od 2.7.2007 do 17.7.2007. V VI. fazi je potekalo normalno delovanje ČN SBR, kar predstavljajo 3 cikli dnevno po 250 l odpadne vode.

Preglednica 17 prikazuje rezultate analiz dotoka VI. faze. Preglednica 18 pa prikazuje rezultate analiz iztoka VI. faze.

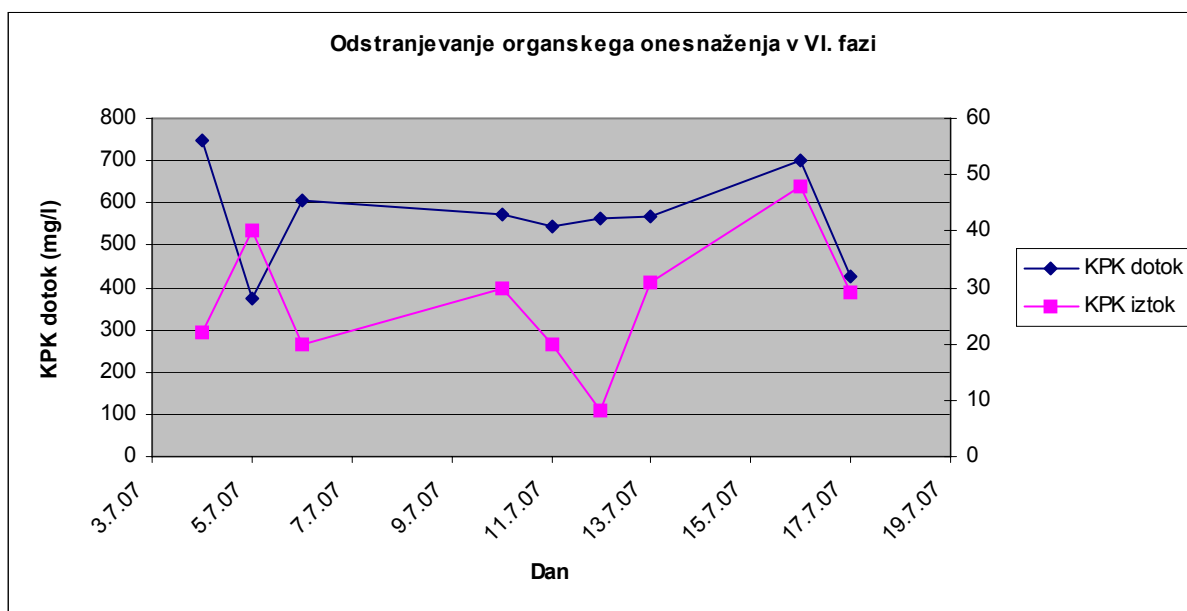
Preglednica 17: Rezultati analiz dotoka VI. faze

Parameter	Enota	Povprečna vrednost	Standardni odklon	Max. vrednost	Min. vrednost	Št. meritev
Temperatura	°C	19,6	1,6	22,1	17,0	9
pH		7,5	0,1	7,8	7,3	9
Prevodnost	μS/cm	863	215	1220	94	9
KPK	mgO ₂ /l	568	79	748	376	9

Preglednica 18: Rezultati analiz iztoka VI. faze

Parameter	Enota	MDK	Povprečna vrednost	Standardni odklon	Max. vrednost	Min. vrednost	Št. meritev
Temperatura	°C	/	19,6	2,0	23,9	16,1	9
pH		/	7,9	0,1	8,0	7,8	9
Prevodnost	μS/cm	/	750	72	920	677	9
KPK	mgO ₂ /l	150	28	9	48	8	9

Slika 42 prikazuje odstranjevanje organskega onesnaženja VI. faze za parameter KPK, ki prikazuje, da so vrednosti na iztoku pod 50 mg O₂/l .



Slika 42: Prikaz odstranjevanja organskega onesnaženja VI. faze

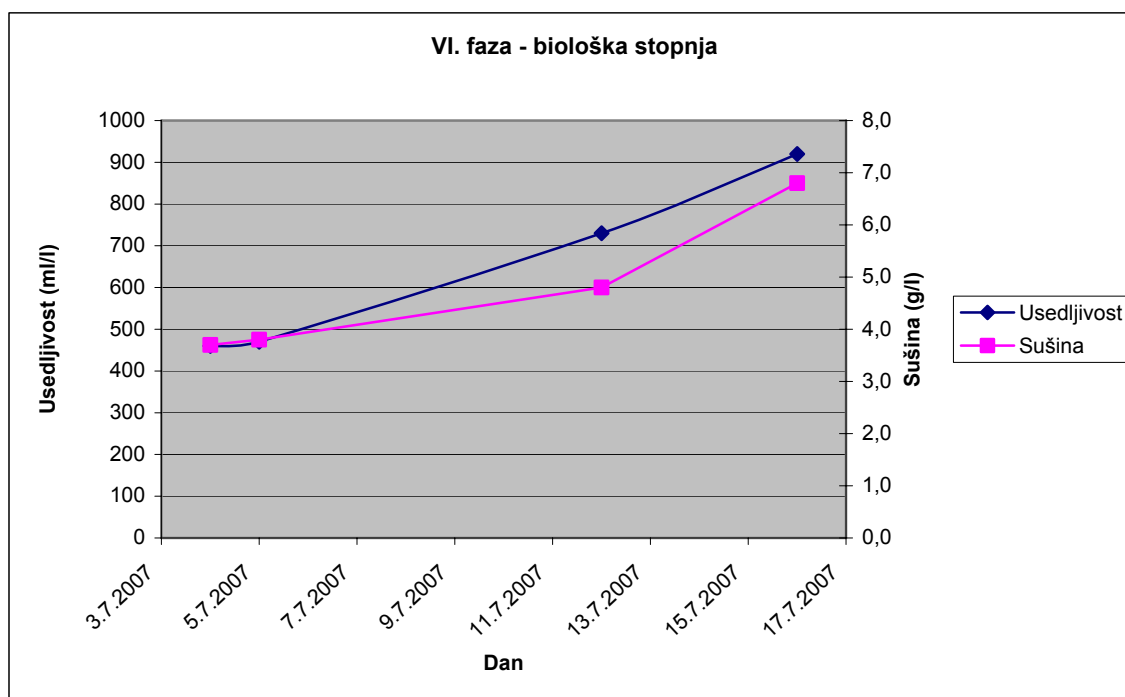
Ker je bila sonda za merjenje sušine še vedno na popravilu smo z dnem 4. 7. 2007 pričeli z merjenjem sušine po postopku s sušenjem v laboratoriju (točka 4.2.4). Ti rezultati so tudi dokazilo, da sonda za merjenje sušine v V. fazi ni bila umerjena.

Preglednica 19 prikazuje meritve v biološki stopnji za VI. fazo testiranja ČN iz katere je razvidno, da so se vrednosti sušine zmanjšale in se gibljejo od 3,7 g/l do 6,8 g/l, povprečna koncentracija pa je 4,8 g/l. Sušina se je na začetku zmanjšala zaradi ponovnega dotoka odpadne vode na ČN, nato pa skozi celotno obdobje VI. faze raste in doseže vrednost 6,8 g/l.

Preglednica 19: Meritve v biološki stopnji za VI. fazo

Parameter	Enota	Povprečna vrednost	Standardni odklon	Max. vrednost	Min. vrednost	Št. meritev
Usedljivost	ml/l	645	180	920	460	4
Sušina	g/l	4,8	1,0	6,8	3,7	4
VIB	ml/g	134	10	152	124	4

Slika 43 prikazuje potek sušine in usedljivosti aktivnega blata.



Slika 43: Prikaz poteka usedljivosti in sušine v biološki stopnji za VI. fazo

7.7.1 Primerjava rezultatov raziskav VI. faze glede na ciljne vrednosti

Glede na zadane mejne vrednosti v VI. fazi ni bilo prekoračenih vrednosti za KPK.

7.8 Rezultati raziskav VII. faze

Faza VII: povečan dotok (traja 48 ur na začetku testiranja te faze)

Dnevni pretok: do 150 % normalnega dotoka

Sedma faza je potekala v obdobju od 17. 7. 2007 do 31. 7. 2007.

V fazi VII smo preizkušali delovanje MČN SBR ob povečanem dotoku, do 150 %, ki je trajal 48 ur na začetku faze v dneh med 17. in 19. 7. 2007, potem pa se je dotok ustalil na 100% normalnega dotoka in trajal do konca faze. Iz rezultatov dotoka in iztoka vidimo uspešnost čiščenja (Preglednica 20 in Preglednica 21).

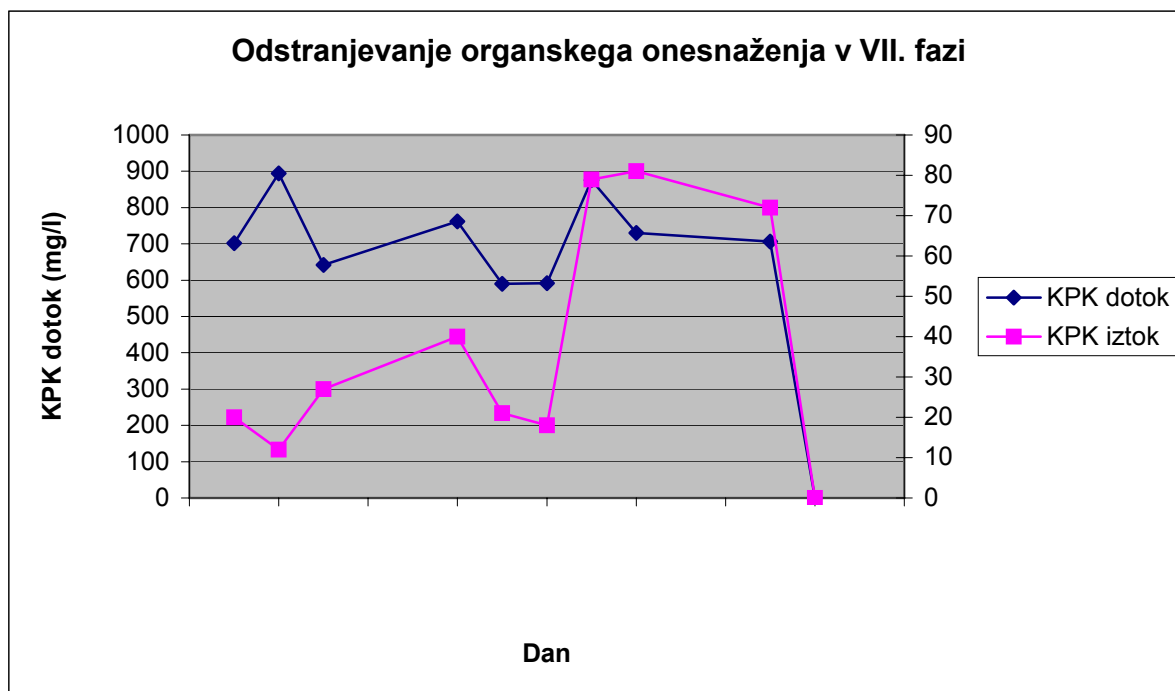
Preglednica 20: Rezultati analiz dotoka VII. faze

Parameter	Enota	Povprečna vrednost	Standardni odklon	Max. vrednost	Min. vrednost	Št. meritev
Temperatura	°C	21,0	1,4	23,1	15,3	10
pH		7,3	0,1	7,6	7,1	10
Prevodnost	μS/cm	1160	76	1260	1024	10
KPK	mgO ₂ /l	722	84	894	590	9

Preglednica 21: Rezultati analiz iztoka VII. faze

Parameter	Enota	MDK	Povprečna vrednost	Standardni odklon	Max. vrednost	Min. vrednost	Št. meritev
Temperatura	°C	/	21,8	2,5	24,6	11,1	10
pH		/	7,9	0,1	8,2	7,5	10
Prevodnost	μS/cm	/	883	68	1049	697	10
KPK	mgO ₂ /l	150	41	24	81	12	9

Slika 44 prikazuje odstranjevanje organskega onesnaženja VII. faze za parameter KPK, kjer so vse vrednosti pod zakonsko zahtevanimi mejnimi vrednostmi na iztoku. Vendar je opaziti poslabšanje kvalitete iztoka v dneh med 26. in 31. 7. 2007 na račun izplavljenega aktivnega blata ob povečanem dotoku in ponovne prilagoditve mikroorganizmov, saj je vsak neregularen dogodek v ČN šok za mikroorganizme.



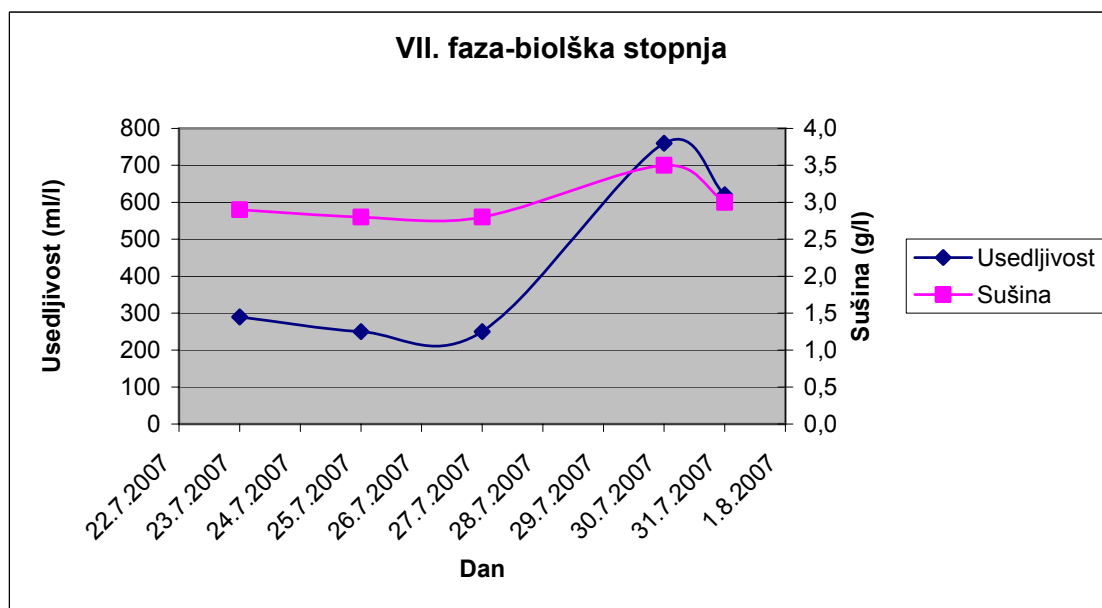
Slika 44: Prikaz odstranjevanja organskega onesnaženja VII. faze

Preglednica 22 prikazuje meritve v biološki stopnji za VII. fazo delovanja ČN, iz katere je razvidno, da je povečan dotok povzročil veliko izplavitev aktivnega blata na iztok. Tako se je sušina zmanjšala na vrednost 3 g/l. Na žalost nimamo rezultatov med dnemi 16. in 23. 7. 2007, ki bi nam natančno ponazorili dogajanje v sami posodi, vendar so bili rezultati iztoka pod zakonsko zahtevanimi mejnimi vrednostmi in smo s testiranjem nadaljevali.

Slika 45, potek sušine in usedljivosti aktivnega blata.

Preglednica 22: Meritve v biološki stopnji za VII. fazo

Parameter	Enota	Povprečna vrednost	Standardni odklon	Max. vrednost	Min. vrednost	Št. meritev
Usedljivost	ml/l	434	205	760	250	5
Sušina	g/l	3,0	0,2	3,5	2,8	5
VIB	ml/g	140	57	217	89	5



Slika 45: Prikaz poteka usedljivosti in sušine v biološki stopnji za VII. Fazo

7.8.1 Primerjava rezultatov raziskav VII. faze glede na ciljne vrednosti

Glede na mejne vrednosti v VII. fazi ni bilo prekoračenih vrednosti za parameter KPK. Na začetku te faze je bil dvodnevni dotok (za dne 18. in 19. 7. 2007) povečan na 150 %. Pričakovali smo prekoračene zahtevane mejne vrednosti na iztoku v prvih dneh, vendar je ČN povečano obremenitev ustrezno očistila.

7.9 Rezultati raziskav VIII. Faze

Faza VIII: normalno delovanje z izpadom elektrike

Dnevni pretok: normalni dotok

Osma faza je potekala v obdobju od 31. 7. 2007 do 7. 8. 2007.

V VIII. fazi smo preizkušali normalno delovanje z namernim izpadom elektrike (izpad elektrike traja 24 ur). Dne 31. 7. 2007 smo ob 11 uri v stikalno uro vnesli krmilni program izpada elektrike, po katerem je bil dotok na ČN nemoten in je znašal 250 litrov na cikel, puhalo in črpalke so bili za 24 ur izključeni. Po aneksu B standarda SIST EN 12566-3:2005 se izpad elektrike izvede po dvotedenskem normalnem delovanju, mi smo zaradi časovne stiske skrajšali normalno delovanje ČN na en teden in tudi tega smo upoštevali iz VII. faze testiranja.

Preglednica 23 prikazuje rezultate dotoka VIII. faze. Preglednica 24 prikazuje rezultate analiz iztoka VIII. faze.

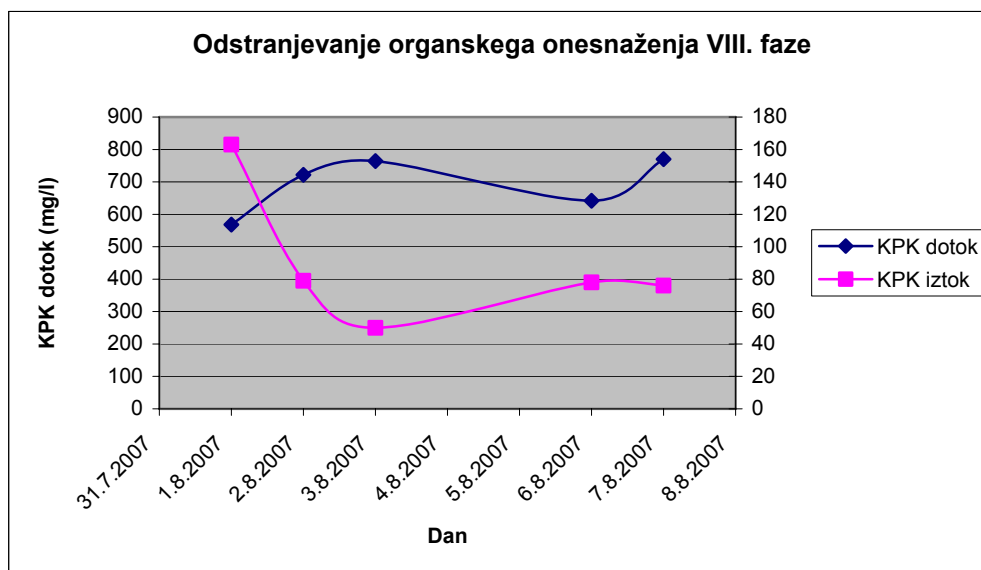
Preglednica 23: Rezultati analiz dotoka VIII. faze

Parameter	Enota	Povprečna vrednost	Standardni odklon	Max. vrednost	Min. vrednost	Št. meritev
Temperatura	°C	20,9	0,2	21,5	20,5	5
pH		7,5	0,1	7,6	7,3	5
Prevodnost	μS/cm	1189	56	1290	1123	5
KPK	mgO ₂ /l	693	71	770	568	5
BPK ₅	mgO ₂ /l	90	0	90	90	1

Preglednica 24: Rezultati analiz iztoka VIII. faze

Parameter	Enota	MDK	Povprečna vrednost	Standardni odklon	Max. vrednost	Min. vrednost	Št. meritev
Temperatura	°C	/	21,6	0,4	22,3	21,1	5
pH		/	7,7	0,2	7,9	7,4	5
Prevodnost	μS/cm	/	857	76	1047	776	5
KPK	mgO ₂ /l	150	89	30	163	50	5
BPK ₅	mgO ₂ /l	30	8	0	8	8	1

Odstranjevanje organskega onesnaženja VIII. faze za parameter KPK je potekalo po pričakovanjih. Visoko vrednost na iztoku za parameter KPK, dne 1. 8. 2007, lahko upravičimo zaradi načrtovanega izpada elektrike, ker je iztok iz ČN enak mehansko očiščeni odpadni vodi (Slika 46).

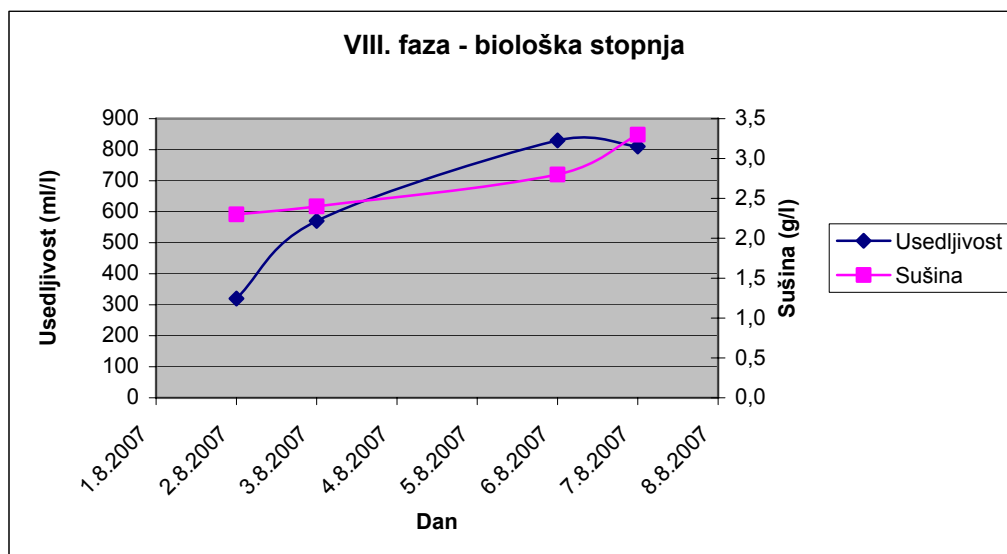


Slika 46: Prikaz odstranjevanja organskega onesnaženja VIII. faze

Meritve v biološki stopnji za VIII. fazo delovanja ČN kažejo na gibanje sušine od 2,3 do 3,3 g/l, njena povprečna vrednost pa se giblje okoli 2,7 g/l (Preglednica 25 in Slika 47).

Preglednica 25: Meritve v biološki stopnji za VIII. fazo

Parameter	Enota	Povprečna vrednost	Standardni odklon	Max. vrednost	Min. vrednost	Št. meritev
Usedljivost	ml/l	633	188	830	320	4
Sušina	g/l	2,7	0,4	3,3	2,3	4
VIB	ml/g	230	45	296	139	4



Slika 47: Prikaz poteka usedljivosti in sušine v biološki stopnji za VIII. fazo

7.9.1 Primerjava rezultatov raziskav VIII. faze glede na ciljne vrednosti

Glede na zadane mejne vrednosti je ČN v VIII. fazi delovala po pričakovanjih. Rezultati VIII. faze so primerljivi z rezultati IV. faze, saj je bila tu prav tako presežena vrednost za parameter KPK na dan izpada elektrike (1. 8. 2007), vrednost pa je znašala 163 mg O₂/l. Vrednost za parameter KPK na iztoku se je naslednji dan, 2. 8. 2007, že zmanjšala na 79 mgO₂/l. Do konca te faze je MČN SBR 5 delovala v skladu z zahtevami, kar pomeni, da ni bilo prekoračenih mejnih vrednosti na iztoku.

7.10 Rezultati raziskav IX. faze

Faza IX: manjši pritok

Dnevni pretok: 50 % normalnega dotoka

Deveta faza je potekala v obdobju od 7. 8. 2007 do 21. 8. 2007.

V deveti fazi smo preizkušali delovanje MČN SBR 5 z zmanjšanim dotokom (50 % normalnega dotoka), ki traja celo fazo testiranja (dva tedna). V IX. fazi so prav tako potekali trije cikli dnevno, vendar je bil dotok vode na ČN polovičen, kar predstavlja 125 litrov vode na cikel. To smo zagotovili z zmanjšanim časom delovanja črpalke za dotok.

Preglednica 26 prikazuje rezultate dotoka IX. faze. Preglednica 27 pa prikazuje rezultate analiz iztoka IX. faze.

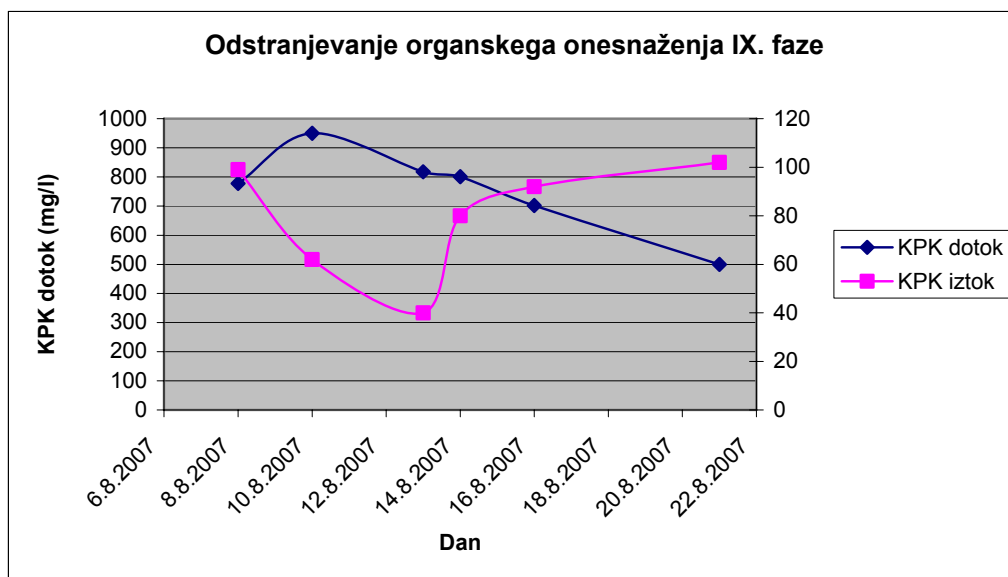
Preglednica 26: Rezultati analiz dotoka IX. faze

Parameter	Enota	Povprečna vrednost	Standardni odklon	Max. vrednost	Min. vrednost	Št. meritev
Temperatura	°C	22,5	1,2	25,4	19,7	6
pH		7,2	0,1	7,3	7,0	6
Prevodnost	μS/cm	1321	190	1523	941	4
KPK	mgO ₂ /l	758	105	950	500	6

Preglednica 27: Rezultati analiz iztoka IX. faze

Parameter	Enota	MDK	Povprečna vrednost	Standardni odklon	Max. vrednost	Min. vrednost	Št. meritev
Temperatura	°C	/	22,3	2,3	27,7	18,5	6
pH		/	7,8	0,1	7,9	7,7	6
Prevodnost	μS/cm	/	899	39	983	842	5
KPK	mgO ₂ /l	150	79	19	102	40	6

Pri odstranjevanju organskega onesnaženja, za parameter KPK, opazimo večjo očiščenost vode, kar je posledica zmanjšanja dotoka (Slika 48).



Slika 48: Prikaz odstranjevanja organskega onesnaženja IX. faze

Meritve v biološki stopnji za IX. fazo delovanja ČN nam prikazujejo dvig sušine. V biološkem delu ČN SBR 5, sta dve tretjini prostornine stalni (namenjeni aktivnemu blatu in

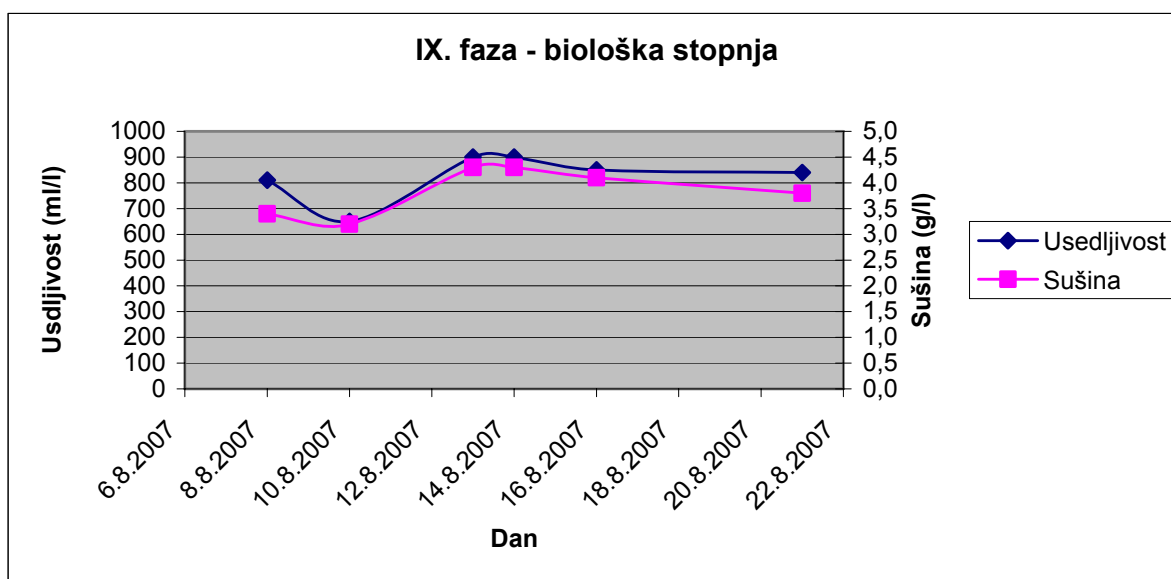
vodi), preostala tretjina pa odgovarja količini vode na cikel, ki se menja. Zato visoke vrednosti sušine pripisujemo danim razmeram, ki so bile v ČN v času 14 dnevnega zmanjšane dotoka, saj je merjenje sušine potekalo ob manjšem volumnu, v primerjavi z merjenjem v drugih fazah, ko smo sušino merili ob polnem volumnu biološke stopnje.

Povprečna vrednost sušine v IX. fazi testiranja je 3,9 g/l, njena maksimalna vrednost pa je 4,3 g/l (Preglednica 28 in Slika 49).

Preglednica 28: Meritve v biološki stopnji za IX. fazo

Parameter	Enota	Povprečna vrednost	Standardni odklon	Max. vrednost	Min. vrednost	Št. meritev
Usedljivost	ml/l	825	63	900	650	6
Sušina	g/l	3,9	0,4	4,3	3,2	6
VIB	ml/g	215	10	238	203	6

Slika 49: Prikaz poteka usedljivosti in sušine v biološki stopnji za IX. fazo



7.10.1 Primerjava rezultatov raziskav IX. faze glede na ciljne vrednosti

Glede na zadane mejne vrednosti v IX. fazi ni bilo prekoračenih vrednosti za KPK.

10.8.2007 je prišlo do oviranega dotoka, ker je bila cev za dotok prepognjena. ČN je vse naslednje dni obratovala nemoteno in brez posebnosti.

7.11 Rezultati raziskav X. faze

Faza X: normalno delovanje

Dnevni pretok: normalni dotok

Deseta faza je potekala v obdobju od 21. 8. 2007 do 31. 8. 2007. V fazi X smo preizkušali normalno delovanje ČN SBR, kar predstavljajo 3 cikli dnevno po 250 l odpadne vode.

Preglednica 29 prikazuje rezultate dotoka X. faze. Preglednica 30 pa prikazuje rezultate analiz iztoka X. faze.

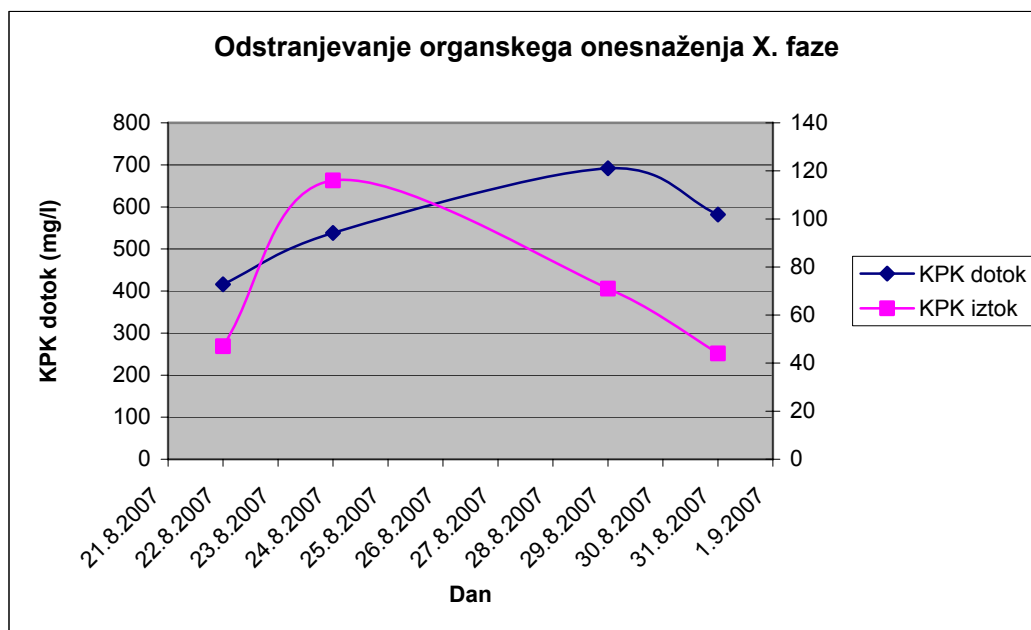
Preglednica 29: Rezultati analiz dotoka X. faze

Parameter	Enota	Povprečna vrednost	Standardni odklon	Max. vrednost	Min. vrednost	Št. meritev
Temperatura	°C	21,0	0,8	22,5	20,1	4
pH		7,2	0,2	7,6	7,1	4
Prevodnost	μS/cm	990	249	1429	630	4
KPK	mgO ₂ /l	557	80	692	416	4

Preglednica 30: Rezultati analiz iztoka X. faze

Parameter	Enota	MDK	Povprečna vrednost	Standardni odklon	Max. vrednost	Min. vrednost	Št. meritev
Temperatura	°C	/	20,8	1,0	22,8	19,6	4
pH		/	7,8	0,1	7,9	7,6	4
Prevodnost	μS/cm	/	896	205	1188	617	4
KPK	mgO ₂ /l	150	70	24	116	44	4

Slika 50 prikazuje odstranjevanje organskega onesnaženja X. faze za parameter KPK.

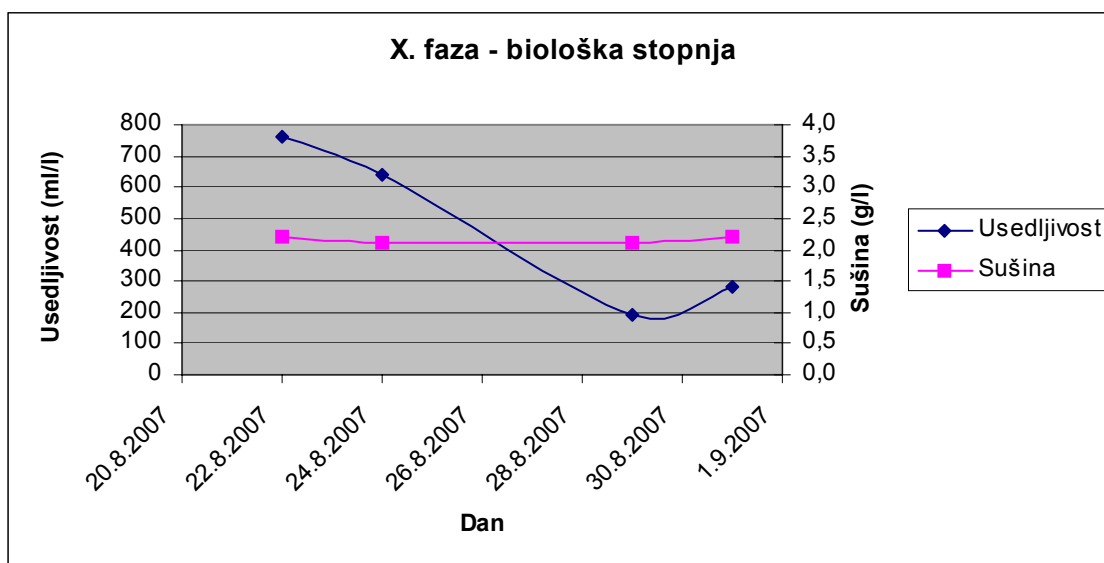


Slika 50: Prikaz odstranjevanja organskega onesnaženja X. faze

Meritve v biološki stopnji za X. fazo delovanja ČN kažejo na gibanje sušine okoli vrednosti 2,2 g/l in veliko nihanje usedljivosti aktivnega blata, kar je posledica prisotnosti nitastih bakterij (Preglednica 31 in Slika 51).

Preglednica 31: Meritve v biološki stopnji za X. fazo

Parameter	Enota	Povprečna vrednost	Standardni odklon	Max. vrednost	Min. vrednost	Št. meritev
Usedljivost	ml/l	468	233	760	190	4
Sušina	g/l	2,2	0,1	2,2	2,1	4
VIB	ml/g	217	108	345	90	4



Slika 51: Prikaz poteka usedljivosti in sušine v biološki stopnji za X. fazo

7.11.1 Primerjava rezultatov raziskav X. faze glede na ciljne vrednosti

Glede na zadane mejne vrednosti v X. fazi ni bilo prekoračenih vrednosti za parameter KPK. Dne 31. 8. 2007 smo zaključili X. fazo testiranja, ki je tudi zadnja.

7.12 Rezultati raziskav biološke stopnje

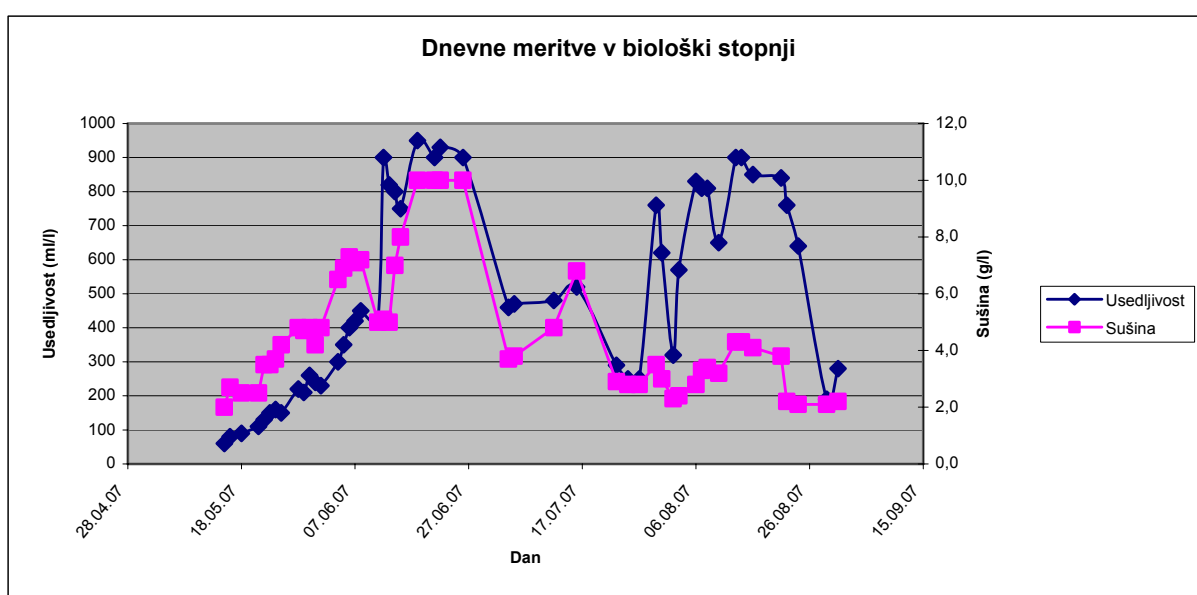
V biološki stopnji smo med raziskavami dnevno merili koncentracijo aktivnega blata (sušino), usedljivost in volumski indeks blata, občasno pa tudi prevodnost in koncentracijo raztopljenega kisika (Priloga D).

7.12.1 Lastnosti aktivnega blata

Povprečna koncentracija aktivnega blata (sušine) je bila v času raziskav 4,7 mg/l, če odštejemo fazo adaptacije in fazo brez dotoka, znaša povprečna vrednost 4 mg/l. Povprečna vrednost za usedljivosti je 497 ml/l, za volumski indeks blata pa 120 (Preglednica 32).

Preglednica 32: Meritve parametrov v biološki stopnji

Parameter	Enota	Povprečna vrednost	Standardni odklon	Max. vrednost	Min. vrednost	Št. meritev
Usedljivost	ml/l	497	259	950	60	50
Sušina	g/l	4,7	1,9	10,0	2,0	53
VIB	ml/g	120	68	345	30	50



Slika 52: Prikaz poteka usedljivosti in sušine v biološki stopnji

Slika 52 prikazuje potek usedljivosti in sušine v biološki stopnji skozi celotno obdobje testiranja. Razvidno je spreminjanje sušine in usedljivosti aktivnega blata in njuna (ne)usklajenost. Če se poveča sušina, se ponavadi na njen račun poveča tudi usedljivost. Sušina se je v času raziskav večinoma gibala med 2 in 6 g/l. Opaziti je dvig sušine v V. fazi, tj. fazi brez dotoka, tu je vrednost sušine zelo narasla, saj se je dvignila celo na 10 mg/l in v III. ter IX. fazi, to sta fazi z zmanjšanim dotokom. Vzrok tega je merjenje sušine ob manjšem volumnu, v primerjavi z merjenjem v drugih fazah, ko smo sušino merili ob polnem volumnu biološke stopnje.

Velik padec sušine 4. 7. 2007, ko je ČN začela delovati v VI. fazi – normalno delovanje, pa potrjuje tudi neumerjenost sonde za merjenje sušine.

Visoke vrednosti usedljivosti blata med VIII., IX. in X. fazo, katerega usedljivost smo odčitali po 30 min, po preteku 60 min se je posedlo na povprečno vrednost 300 – 450 ml/l, so posledica prisotnosti nitastih bakterij. Razrast nitastih bakterij povzroči večjo porabo kisika in po literaturi (Roš, 2005) mora biti v prezračevalnem bazenu za aerobne mikroorganizme prisotno vsaj 0,5 mg/l raztopljenega kisika, da je še zagotovljeno dobro čiščenje. Nizka koncentracija raztopljenega kisika je dodatno pripomogla k napihovanju aktivnega blata. Tako je prišlo do prekomerne rasti nitastih bakterij, ki so povzročile napihovanje aktivnega blata in blato je bilo zato slabše usedljivo.

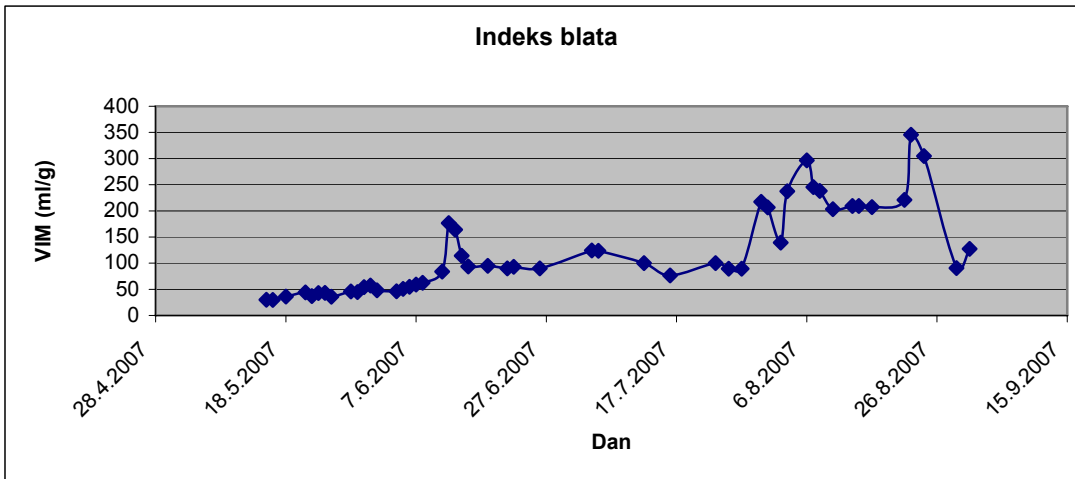
Da pride do rasti mikroorganizmov, mora po literaturi (Panjan, 1994) odpadna voda imeti ustrezno temperaturo, tako smo prišli do ugotovitve, da so se lahko nitaste bakterije namnožile zaradi temperaturnih nihanj in predvsem zaradi visokih temperatur odpadne vode, saj MČN SBR 5 ni bila vkopana v zemljo ali toplotno izolirana, kar bi preprečilo visoke vrednosti temperatur in njena nihanja.

S povečanjem temperature po literaturi (Pedersen in Petersen, 1996) se zmanjšuje koncentracija kisika v odpadni vodi, saj se topnost kisika s povečanjem temperature zmanjša. Zaradi povečanja temperature se povečuje tudi biokemijska razgradnja organskih snovi, zaradi česar se koncentracija kisika zmanjša še dodatno. Vsak organizem ima določeno temperaturno območje aktivnosti, ki je odvisno od samega organizma.

Enake težave so v tem času imeli tudi na CČN v Kranju, kjer so tako stanje zagovarjali na račun visokih temperatur (narasla je prek 12 °C). S tem so se povečale mikrobiološke aktivnosti, poraba kisika v prezračevalnem bazenu in posledično je nizka koncentracija raztopljenega kisika povzročila prekomerno rast nitastih bakterij in s tem napihovanje aktivnega blata.

Slika 53 prikazuje volumski indeks blata, katerega priporočena vrednost je 100 ml/g, ki nam ponavadi zagotavlja dobro delovanje ČN z aktivnim blatom (Henze *et al.*, 2001). Visok indeks blata je bil v V. fazi, kar lahko opravičimo na račun sušine, ki je bila, kot že povedano,

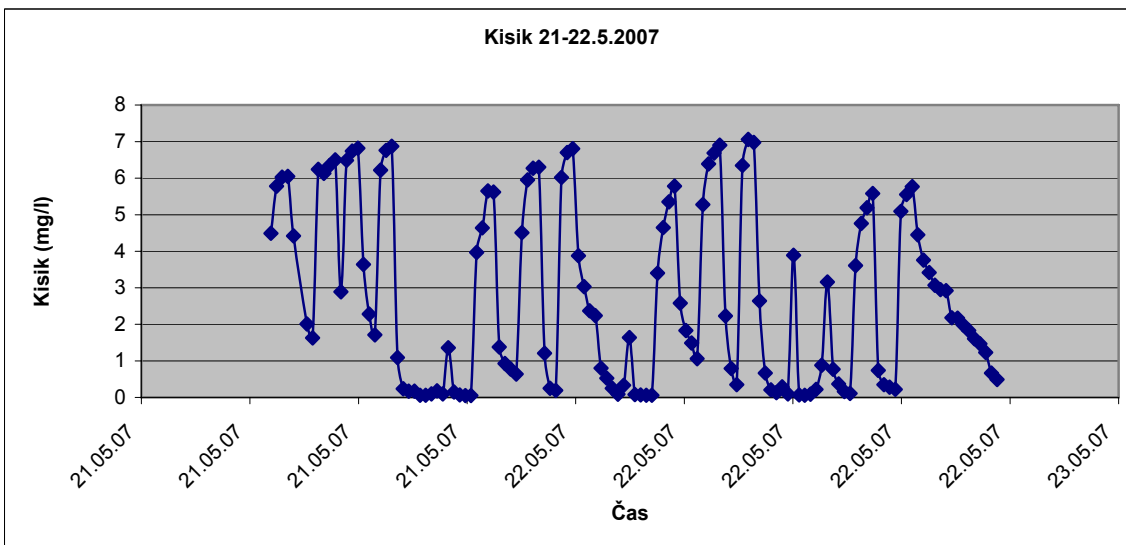
merjena ob manjši količini vode. Visoke vrednosti so bile tudi v VIII., IX. in X. fazi, vzrok za to pa je napihnjeno blato.



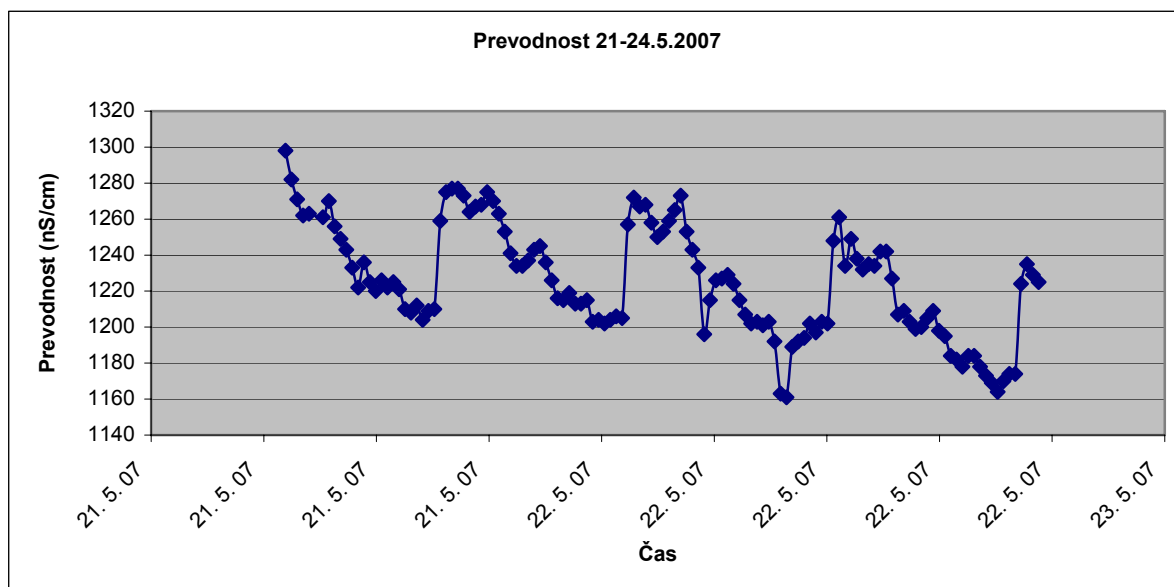
Slika 53: Prikaz indeksa blata v biološki stopnji

7.12.2 Koncentracija raztopljenega kisika in prevodnost

V II. fazi testiranja (normalno delovanje) smo v dneh od 21. in 22. 5. 2007 s Hach on-line merilnikom v časovnih intervalih 15 min merili koncentracijo raztopljenega kisika in prevodnost (Slika 54 in Slika 55) ter opazovali spreminjanje teh parametrov čez dan (sprememba pri dotoku, iztoku, aeraciji, mirovanju ...).



Slika 54: Spreminjanje koncentracije kisika v mg/l



Slika 55: Spreminjanje prevodnosti

Iz rezultatov je razvidno spreminjanje koncentracije raztopljenega kisika in prevodnosti v določenem časovnem obdobju.

Pri kisiku so poleg zmanjšanja koncentracij ob dotoku lepo vidne faze prezračevanja, ki jih prikazujejo cikcak krivulje. To pomeni, da vrednost kisika raste, ko se začne prezračevanje, ob enournem premoru po končanem prezračevanju pa vrednosti kisika padajo. V enem dnevu so trije večji in daljši padci koncentracije kisika, takrat so premori za usedanje aktivnega blata, kasnejši iztok očiščene vode in dotok sveže odpadne vode.

Z dotokom odpadne vode se vrednosti za prevodnost zvišajo, nato pa se skozi fazo čiščenja (prezračevanja) zmanjšujejo. Trije skoki vrednosti za prevodnost predstavljajo dotok odpadne vode.

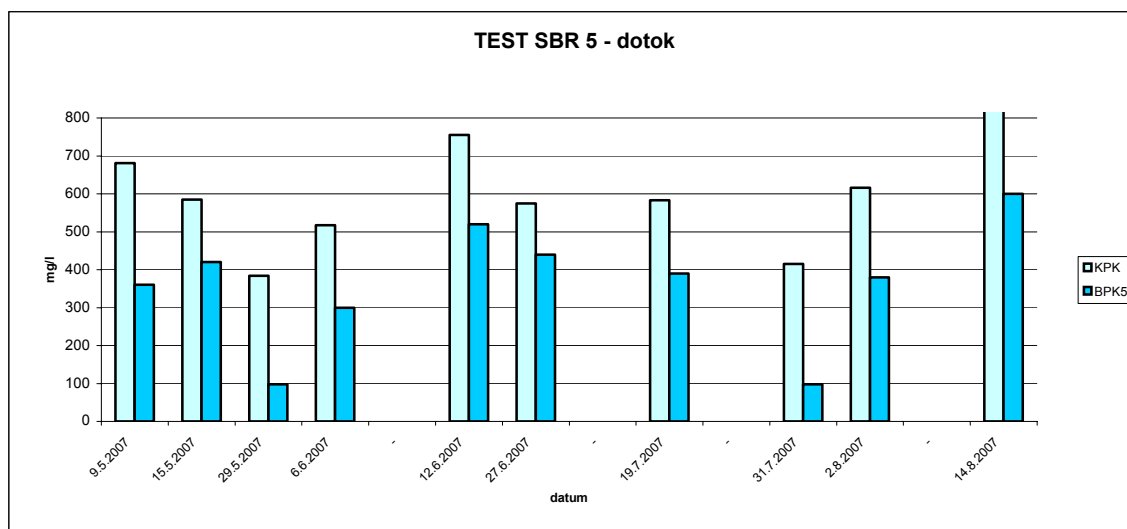
7.13 Rezultati ZZV Kranj

Za pridobitev certifikata o skladnosti ČN, s standardom SIST EN 12566-3:2005, mora meritve izvesti urad, pristojen za izvajanje obratovalnega monitoringa odpadnih vod. Za podjetje Regeneracija, d.o.o. je obratovalni monitoring odpadnih vod izvedel Zavod za zdravstveno varstvo Kranj.

Preglednica 33 prikazuje rezultate meritev dotoka odpadne vode na MČN SBR 5 v celotnem obdobju testiranja s strani ZZV Kranj. Slika 56 grafično prikazuje izmerjene rezultate za parametra KPK in BPK₅ na dotoku na MČ SBR 5, merjene s strani ZZV Kranj.

Preglednica 33: Rezultati dotoka (ZZV Kranj)

Mesto odvzema	Dotok na MČN SBR 5									
	9.5. 2007	15.5. 2007	29.5. 2007	6.6. 2007	12.6. 2007	27.6. 2007	19.7. 2007	31.7. 2007	2.8. 2007	14.8. 2007
Datum										
Čas	13:00	7:00	8:30	8:00	8:20	7:50	9:10	8:30	8:15	8:15
Prot. št. vzorca OV	501	530	623	683	721	785	916	966	985	1016
T °C	16,1	16,8	16	19,2	19,3	-	21,2	19,1	20	21,6
pH	8,1	7,5	7,3	8,2	7,7	-	7,6	7,1	7,2	7
SS (mg/l)	122	89	51	95	119	172	89	53	83	216
KPK (mg/l O₂)	681	585	384	517	755	575	583	415	616	820
BPK₅ (mg/l O₂)	360	420	98	300	520	440	390	98	380	600
Amonijev dušik (mg/l N)	88,3	62,8	43,3	47,8	37,5	-	-	46,4	56,1	-
Celotni fosfor (mg/l P)	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Celotni dušik (mg/l N)	105	-	-	-	-	-	-	-	-	-



Slika 56: Prikaz organskega onesnaženja dotoka (ZZV Kranj)

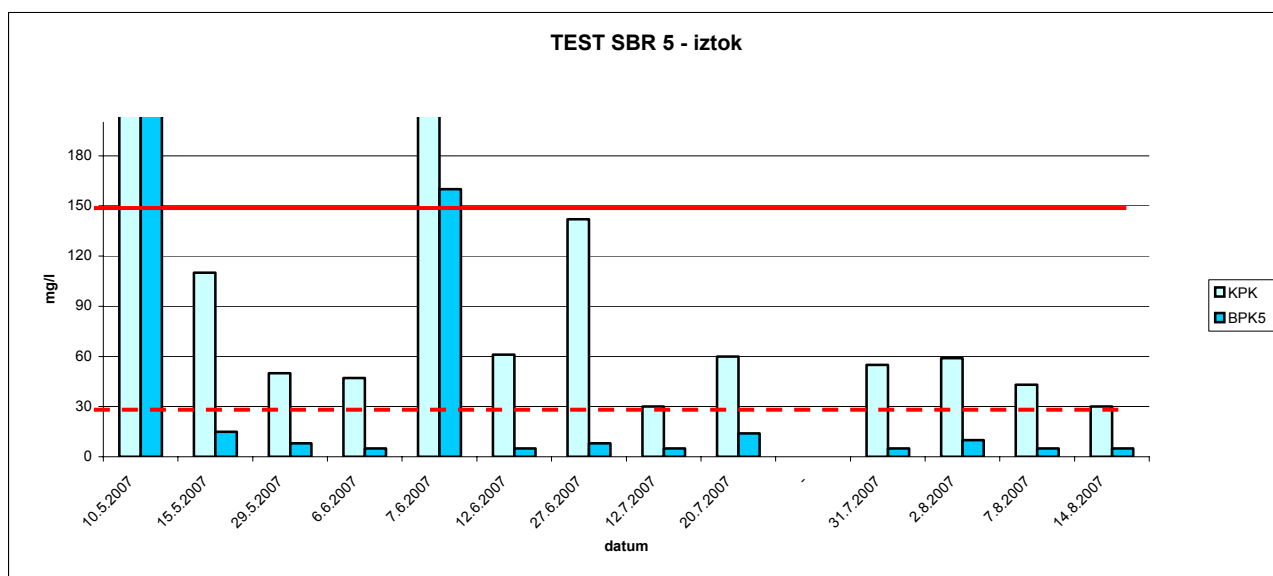
Preglednica 34 prikazuje rezultate meritev iztoka za zahtevane parametre, merjene s stani ZZV Kranj. Slika 57 grafično prikazuje izmerjene rezultate iztoka vode iz MČN SBR 5. Za parameter KPK morajo biti vrednosti manjše ali enake 150 mg O₂/l, za parameter BPK₅ pa manjše ali enake 30 mg O₂/l. V prvi fazi sta parametra prekoračena, vzrok za to je prisotnost aktivnega blata v vodi, kar pripisujejo napačnemu vzorčenju.

Prav tako sta prekoračeni vrednosti v IV. fazi, tj. fazi izpada električne energije, kar pomeni, da so parametri iztoka enaki parametrom mehansko očiščene odpadne vode. Vrednosti na iztoku sta se pri naslednji meritvi že zmanjšali pod mejni vrednosti. Pri vseh drugih fazah je čiščenje gospodinjskih odpadnih voda z MČN SBR 5 izpod mejnih vrednosti na iztoku potekalo uspešno in brez problemov.

Preglednica 34: Rezultati iztoka (ZZV Kranj)

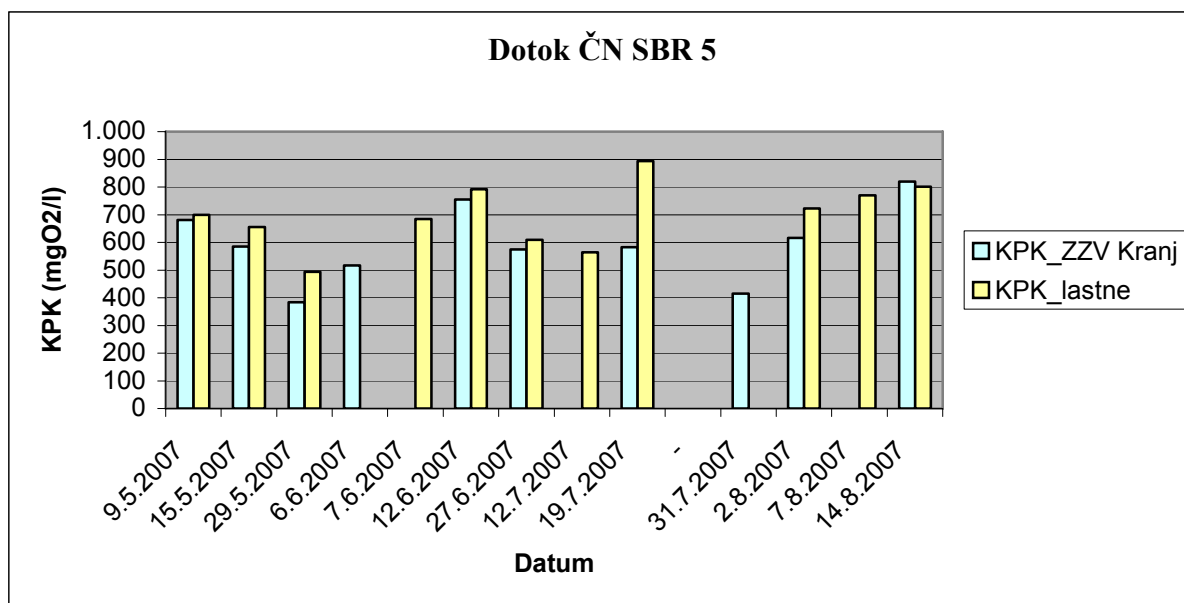
Mesto odvzema	Iztok iz MČN SBR 5												
	10.5. 2007	15.5. 2007	29.5. 2007	6.6. 2007	7.6. 2007	12.6. 2007	27.6. 2007	12.7. 2007	20.7. 2007	31.7. 2007	2.8. 2007	7.8. 2007	14.8. 2007
Datum													
Čas	8:00	16:00	8:00	8:30	9:10	8:30	8:10	8:10	8:10	8:00	8:00	8:00	8:00
Prot. št. vzorca OV	503	532	625	684	692	722	786	865	921	967	983	999	1017
T °C	17,1	19,1	16,5	18,4	17,8	21,6	-	17,7	25,3	18,8	20,2	21,7	21,4
pH	7,7	8,0	8,1	7,8	7,6	8,4	-	8,3	8,1	7,6	7,6	7,7	7,8
SS (mg/l)	29	19	15	9,3	74	21	32	5	8,7	11	11	6	11
KPK (mg/l O ₂)	4.042	110	50	47	375	61	142	30	60	55	59	43	30
BPK ₅ (mg/l O ₂)	600	15	8	5	160	5	8	5	14	5	10	5	5
NH ₄ (mg/l N)	20,2	50	0,5	0,5	40,6	0,5	40,6	-	-	0,5	0,5	0,5	-
TP (mg/l P)	1,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TN (mg/l N)	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Podčrtana vrednost ... pod mejo določljivosti

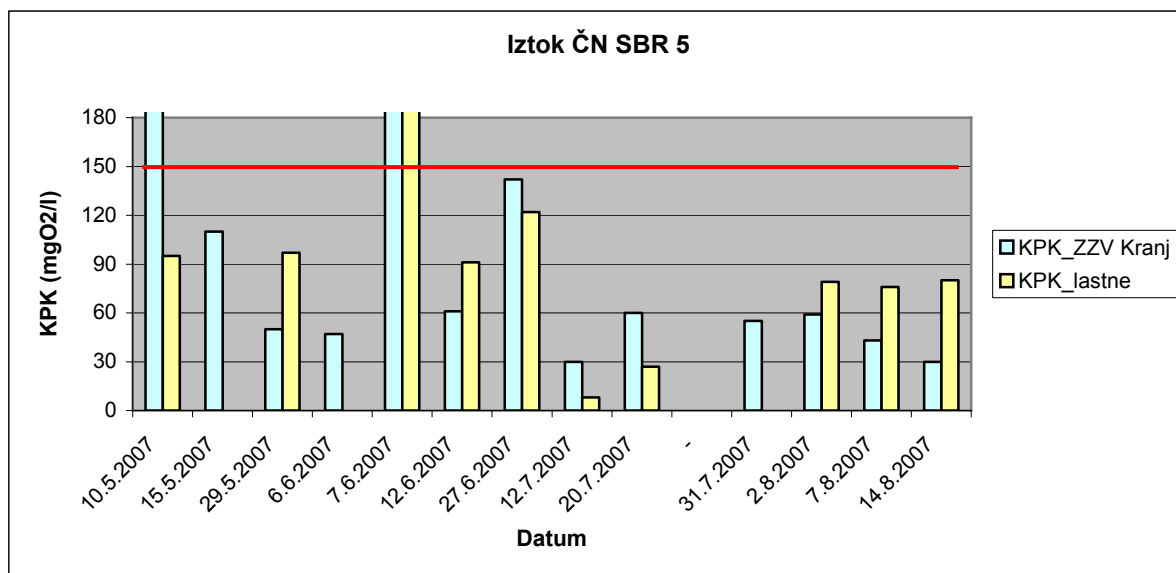


Slika 57: Prikaz organskega onesnaženja iztoka (ZZV Kranj)

Pri primerjavi rezultatov naših meritev in meritev, izvedenih s strani ZZV Kranj, lahko sklepamo na pravilno izvajanje naših lastnih meritev, saj so rezultati primerljivi (Slika 58 in Slika 59).



Slika 58: Primerjava meritev organskega onesnaženja dotoka ZZV Kranj in lastnih meritev



Slika 59: Primerjava meritev organskega onesnaženja iztoka ZZV Kranj in lastnih meritev

7.14 Stroški električne energije

ČN mora biti priključena na omrežno napetost 230 V. Za regulacijo elektro krmiljenja za MČN SBR 5 se uporablja stikalna ura, ki ne potrebuje omrežne električne energije, saj deluje z vgrajeno litijevo baterijo. Količina porabljene električne energije je konstantna in se dnevno ne spreminja. Vso porabo električne energije pripisujemo puhalu, ki zadošča potrebam prezračevanja in prečrpavanja vode (delovanja »mamut« črpalk).

V nadaljevanju podajamo izračun porabe električne energije pri normalnem delovanju MČN SBR 5:

STROŠKI ELEKTRIČNE ENERGIJE

Moč puhala:	0,0088	kW
Dnevna poraba električne energije:	1,144	kWh/dan
Letni odjem iz distribucije:	417,6	kWh/leto
Delovna energija:	0,10098	€/kWh
Stroški električne energije:	42,17	€/leto

Opomba: Cena za delovno energijo po podatkih elektrodistribucije za november 2007.

Letni stroški porabe električne energije za MČN SBR 5 (za stanovanjsko hišo s 5 prebivalci) znašajo 42,17 EUR na leto, oz. 8,43 EUR na osebo, oz. 0,154 EUR/m³ očiščene vode.

8 RAZPRAVA O REZULTATIH RAZISKAV

8.1 Učinkovitost čiščenja pri ČN SBR 5

Rezultati testiranja delovanja ČN z izračunanimi učinki čiščenja po točki 6.3 standarda SISIT EN 12566-3:2005:

$$I. \quad R = (P_i - P_o)/P_i \quad (8)$$

R ... učinek čiščenja (KPK, BBK₅, SS ...)

P_o ... koncentracija parametra na iztoku na ČN

P_i ... koncentracija parametra na dotoku iz ČN

Preglednica 35: Učinek čiščenja KPK po posameznih fazah testiranja

Faze delovanja	Učinek čiščenja KPK				
	Povprečna vrednost	Standardni odklon	Max vrednost	Min vrednost	Št. meritev
I. faza	/	/	/	/	/
II. faza	89	5	98	81	6
III. faza	86	3	90	80	4
IV. faza	86	10	98	45	8
V. faza	62	26	94	28	4
V. faza – pon.	95	2	97	92	3
VI. faza	95	2	99	89	9
VII. faza	94	3	99	89	9
VIII. faza	86	6	93	71	5
IX. faza	89	4	95	80	6
X. faza	87	4	92	78	4

Preglednica 35 prikazuje, da je pri vseh fazah dosežen 80 % učinek čiščenja, razen v V. fazi, ko je dosežena povprečna vrednost učinka čiščenja le 64 %, zato smo V. fazo kasneje ponovili in dosegli 95 % učinek.

Občasno so bile mejne vrednosti iztoka prekoračene, predvsem zaradi zahtevanih pogojev v posamezni fazi testiranja, kot je poveča dotok, namerni izpad elektrike, le redko je prišlo do motenj v dotoku odpadne vode na MČN SBR 5 zaradi zamašitve črpalke v dotočnem kanalu in ostalih malenkosti, ki so navedene v obratovalnem dnevniku (Priloga E).

8.2 Učinki čiščenja v času testiranja za SS, KPK, BPK₅ – rezultati ZZV Kranj

ZZV Kranj z izvedenim testiranjem učinkovitosti čiščenja po SIST EN 12566-3:2005 za malo biološko čistilno naprav SBR 5, proizvajalca Regeneracija, d.o.o., ugotavlja, da le-ta dosega učinke čiščenja po prikazanih parametrih SS, KPK, BPK₅ (Preglednica 36).

Preglednica 36: Učinki čiščenja za MČN SBR 5

Parameter	Učinek čiščenja - R za SBR 5 PE								
	15.5. 2007	29.5. 2007	6.6. 2007	12.6. 2007	27.6. 2007	20.7. 2007	31.7. 2007	2.8. 2007	14.8. 2007
SS	78,7%	70,6%	90,2%	82,4%	81,4%	90,2%	79,2%	86,7%	94,9%
KPK	81,2%	87,0%	90,9%	91,9%	75,3%	89,7%	86,7%	90,4%	96,3%
BPK ₅	96,4%	91,8%	98,3%	99,0%	98,2%	96,4%	94,9%	97,4%	99,2%

Parameter	Učinek čiščenja - R za SBR_REG 05 PE		
	MIN	MAX	POVPR.
SS	70,6%	94,9%	83,8%
KPK	75,3%	96,3%	87,7%
BPK ₅	91,8%	99,2%	96,9%

Zaključki testiranja, ki ga podaja ZZV Kranj (vir: Poročilo,ZZV Kranj):

Testiranje SBR ČN nazivne zmogljivosti 5 PE je pokazalo sposobnost vzpostavljanja ustreznega čiščenja tudi po izpadu elektrike in pri višji obremenitvi od nazivne. Na začetku testiranja je bil prisoten vpliv dodanega aktivnega blata s slabšim volumskim usedanjem, zato so bili rezultati na iztoku iz ČN malo višji. V drugi polovici testiranja je ČN kljub dokaj visoki obremenitvi realne komunalne odpadne vode iz naselij Orehek – Drulovka delovala stabilno (ZZV Kranj, 2008).

9 ZAKLJUČEK

V diplomski nalogi je opisan postopek testiranja MČN tipa SBR podjetja Regeneracija, d.o.o. po Aneksu B standarda SIST EN 12566-3:2005, ki izkazuje učinkovitost delovanja naprave glede kvalitete vode na iztoku. Testiranje je potekalo v desetih zaporednih fazah v časovnem obdobju od 19. 4. 2007 do 31. 8. 2007 in od 3. 9. do 18. 9. 2007. Izkazalo se je, da je čiščenje gospodinjskih odpadnih voda z MČN tipa zaporednega saržnega reaktorja (Sequenced Batch Reactor, SBR) potekalo uspešno, skladno z Uredbo o emisiji snovi pri odvajanju odpadnih vod iz malih komunalnih čistilnih naprav (UR. L. RS, št. 98/2007).

Za pravilno delovanje SBR sistemov je potreben zadosten vnos kisika v biološko stopnjo, zato smo na začetku glede na vgrajeno opremo izvedli meritve vnosa kisika za membranski krožnik, posplošili izračunani vnos kisika in izvedli meritev zmožnosti puhalca, kar nam je pomagalo določiti potrebni čas prezračevanja za učinkovito delovanje ČN SBR 5. Kasneje smo na podlagi teh podatkov in vnesenega krmilnega programa izračunali tudi porabo električne energije, če bi bila ČN vgrajena pri stanovanjski hiši s 5 prebivalci, in prišli do rezultata, da bi na osebo letno morali odšteti 8,43 EUR/PE za elektriko.

Testne procedure o učinkovitosti delovanja so sledile po predpisanih fazah testiranja glede na dotok (normalni dotok, manjši in povečan dotok, brez dotoka) in izpad elektrike. V vsaki fazi testiranja se je izkazala učinkovitost delovanja glede biološkega odstranjevanja. Tudi rezultati meritev ZZV Kranj nam podajajo enake ugotovitve.

Testirana ČN SBR 5 je s stališča učinkovitosti delovanja primerna za čiščenje gospodinjske odpadne vode, kot narekuje slovenska Uredba (Ur. L. RS 98/07).

Za certificiranje mora proizvajalec ČN SBR 5 poleg izvedenih testnih procedur glede na izkazovanje učinkovitosti delovanja pridobiti tudi izjavo o ustreznosti materialov in vgrajenih delov, izvesti test vodotesnosti in kemijske obstojnosti ter izračun konstrukcijskih lastnosti (napetostne in deformacijske analize).

Tako moramo biti pri nakupu tipskih ČN pozorni na CE označevanje, ki pomeni, da je naprava izdelana v skladu s standardom, ki nam zagotavlja vse zgoraj navedene lastnosti.

VIRI

Atanasova N. 1998. Matematični model nitrifikacije in denitrifikacije efluenta v čistilni napravi. Diplomski naloga. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. Ljubljana. 84 str.

Dular, M., Roš, M., Trontelj, A., Kompare, B. in Tišler, T. 1997. Izrazje s področja voda. Ljubljana, Slovensko društvo za zaščito voda: 107 str.

Kolar, J. 1983. Odvod odpadne vode iz naselij in zaščita voda. Ljubljana: Državna založba Slovenije: 523 str.

Maleiner, F. SBR (Sequencing Batch Reactor) postopek čiščenja odpadnih vod. Seminar. Ljubljana, CYKLAR d.o.o.: 25 str.

Navodila za vaje - Kanalizacija in čiščenje odpadne vode. 2007. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 32 str.

Panjan, J. 2001. Čiščenje odpadnih voda. Študijsko gradivo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 169 str.

Regeneracija d.o.o. 2007. Navodila za vgradnjo, montažo, vzdrževanje in nadzor delovanja biološke ČN SBR od 3 – 60 PE, Lesce: regeneracija d.o.o.: 28 str.

Roš M. 1994. Sodobni postopki za odstranjevanje dušikovih spojin iz odpadnih voda. Strokovni seminar Vodni dnevi 1994. Zbornik referatov s strokovnega srečanj. Problematika dušikovih spojin v vodah. Roš M (ur.), izdal Kemijski inštitut, Ljubljana, 1994.

Roš, M. 2001. Biološko čiščenje odpadne vode. Ljubljana: GV založba, d.o.o.: 243 str.

Roš, M. 2004, Strokovni seminar Vodni dnevi 2004, Zbornik referatov, Velenje.

Rismal, M. 2004. Šaržne (SBR) ali kontinuirne čistilne naprave za čiščenje komunalnih odpadnih vod? Ljubljana: Slovensko društvo za zaščito voda: str. 14-29.

Rismal, M. 2004. Sekvenčni reaktor: 14 str.

Urbanič, G. in Toman, M.J. 2003. Varstvo celinskih voda. Ljubljana, Študentska založba: 94 str.

Zavod za zdravstveno varstvo Kranj. Številka spisa: 545-87/2008-1. Poročilo o testiranju učinkovitosti čiščenja po SIST EN 12566-3:2005: 12 str

Zavod za zdravstveno varstvo Kranj. Številka spisa: 545-87/2008-1. Izjava o skladnosti: 2 str

Ostali viri:

Govoreanu, R., Saveyn, H., Van der Meeren, P. in Vanrolleghem, P.A. 2004. Simultaneous determination of activated sludge floc size distribution by different techniques. *Water Science & Technology*, 50 (12): 39-46.

Henze, M., Harremoës, P., Jansen, J. C. in Arvin, E. 1995. *Wastewater Treatment - Biological and Chemical Processes*, First edition. Berlin, Springer: 383 str.

Pedersen, F. in Petersen, G.I. 1996. *Variability of species sensitivity to complex mixtures*. *Water Science & Technology* 33 (6): 109–119.

Spletne strani:

Hakko Air Pumps

<http://www.hakkoairpumps.com> (23.08.2007)

Kompare, B., Atanasova, N., Uršič, M., Vahtar, M. 2007. Male čistilne naprave na območju razpršene poselitve. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.

<http://www.fgg.uni-lj.si> (10.07.2007)

Regeneracija d.o.o. 2007. Navodila za vgradnjo, montažo, vzdrževanje in nadzor delovanja biološke ČN SBR od 3 – 60 PE. Lesce.

<http://www.regeneracija.si> (03.07.2007)

Richard, M. 2003. Activated Sludge Microbiology Problems and their Control: 21 str

http://www.dec.ny.gov/docs/water_pdf/DrRichard.pdf (7. 7. 2007)

Roš M. 2005. Sistemi čiščenja s problematiko odpadnega blata. Vodni dnevi 2005: 9str.

http://www.sdzv-drustvo.si/si/VD-05_Referati/Ros.pdf (10.6.2007)

Zakoni, uredbe in standardi:

ATV-DVWK-REGELWERK; Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 131. 2000. Bemessung von einstufigen Belebungsanlagen, GFA- Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e.V.: 40 str.

ATV Regelwerk Abwasser – Abfall, Arbeitsblatt – A 122. 1991. Grundsätze für Bemessung, Bau und Betrieb von kleinen Kläranlagen mit aerober biologischer Reinigungsstufe für Anschlusswertw zwischen 50 und 8500 Einwohnerwertwn, Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e.V. (GFA): 8 str.

Pravilnik o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu odpadnih vod ter o pogojih za njegovo izvajanje. Uradni list RS št. 74/07, stran 3983.

SIST EN 12566-3:2005 - Male čistilne naprave do 50 PE – 3. del. Predizdelane in/ali na mestu postavitve sestavljene čistilne naprave za gospodinjske odplake.

SIST EN 12255-15:2004 Čistilne naprave za odpadno vodo – 15.del: Merjenje vnosa kisika v čisto vodo v aeracijskih bazenih naprav z aktivnim blatom.

Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih vod v vode in javno kanalizacijo. Uradni list RS, št. 35/96, 47/05, 45/07, stran 2451.

Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadnih vod iz malih komunalnih čistilnih naprav. Uradni list RS, št. 98/2007, stran 4857.

PRILOGE

Priloga A: Izračun za potrebe prezračevanja

POTREBNA KOLIČINA ZRAKA ZA PREZRAČEVANJE

Vnos kisika v biološko stopnjo:

Teoretično je poraba kisika na ČN odvisna od substratnega in endogenega dihanja. Specifično porabo kisika O₂ za oksidacijo dušikovih spojin izračunamo iz enačbe (Panjan: Čiščenje odpadnih vod):

$$OV_N = \frac{(4,6 * NO_3 - Ne + 1,7 * NO_3 - Nd)}{BPK_5} = 4,6 * \frac{NO_3 - Ne}{BPK_5} + 1,7 * \frac{NO_3 - Nd}{BPK_5} \text{ (kgO}_2\text{/kgBPK}_5\text{.d)}$$

in oksidacijo ogljikovih spojin iz enačbe:

$$OV_C = \frac{0,144 * t_{TS} * F}{1 + t_{TS} * 0,08 * F} + 0,5 \quad \text{(kgO}_2\text{/kgBPK}_5\text{.d)}$$

Pri tem upoštevamo:

$$\frac{NO_3 - Ne}{BPK_5} = 0,26 * \frac{OV_C}{V_D/V_{BB}} \quad \text{(kgO}_2\text{/kgBPK}_5\text{.d)}$$

$t_{TS} = 4,9 * 1,103^{(15-T)}$ doba zračenja (teoretični čas zadrževanja v reaktorju)
 $F = 1,072^{(T-15)}$ faktor temperature
 $T = 10 \text{ }^\circ\text{C}$ dejanska temperatura

Potrebno specifično dovajanje kisika OC_p izračunamo z upoštevanjem ciljne vsebnosti kisika C_x in koncentracije kisika pri nasičenju v prezračevalni coni, kot sledi iz enačbe:

$$OC_p = \frac{C_s}{C_s - C_x} * (OV_C * f_c + OV_N * f_N) \quad \text{(kgO}_2\text{/kgBPK}_5\text{.d)}$$

IZRAČUN:

$T = 12 \text{ }^\circ\text{C}$
 $t_{TS} = 4,9 * 1,103^{(15-12)} = 6,6$
 $F = 1,072^{(10-15)} = 0,81$

$$OV_C = \left(\frac{0,144 * 6,6 * 0,81}{1 + 6,6 * 0,08 * 0,81} \right) + 0,5 = 1,04 \text{ kgO}_2\text{/kgBPK}_5$$

Privzeto iz tabele (Panjan: Čiščenje odpadnih vod. Tabela 6.54):

$$\frac{\text{NO}_3\text{-N}_e}{\text{BPK}_5} = 0,26 * \frac{1,04}{0,4} = 0,68 \text{ kgO}_2/\text{kgBPK}_5\text{.d}$$

Privzeto iz tabele (Panjan: Čiščenje odpadnih vod tabele st. 86):

$$V_D/V_{BB} = 0,4 \rightarrow \frac{\text{NO}_3\text{-N}_D}{\text{BPK}_5} = 0,11 \text{ kgO}_2/\text{kgBPK}_5\text{.d}$$

$$OV_N = 4,6 * 0,68 + 1,7 * 0,11 = 3,32 \text{ kgO}_2/\text{kgBPK}_5$$

$C_x = 3 \text{ mg/l}$ vsebnost kisika v prezračevalnem bazenu
 $C_s = 11 \text{ mg/l}$ nasičenje s kisikom v prezračevalnem bazenu

f_c in f_N faktorja za izravnavo (upoštevanje starosti blata 6 dni)
 $f_c = 1,25$
 $f_N = 0$

$$\text{Dovod kisika: } OCp = \frac{11}{11-3} (1,04 * 1,25 + 3,32 * 0) = 1,79 \text{ kg O}_2/\text{kgBPK}_5$$

Izračun je dokaj točen, vendar se lahko močno razlikuje glede na starost blata.

Prezračevanje

Koliko g O_2 je v 1 m^3 zraka?

$$\begin{array}{l} 1000 \text{ l} \quad \dots\dots \quad 100 \% \\ x \quad \dots\dots \quad 21 \% \end{array} \quad x = \frac{1000 * 21}{100} = 210 \text{ l}$$

1.) $\rho_{\text{O}_2} = 1,43 \text{ g/l}$ - strojniški priročnik st.69
 $V = 210 \text{ l}$
 $m = 1,43 * 210 = 300 \text{ g}$

2.) $p = 101,3 \text{ kPa}$
 $V = 210 \text{ l}$
 $R = 8314 \text{ J/kmolK}$
 $T = 10 \text{ }^\circ\text{C} = 283 \text{ K}$
 $M = 32 \text{ g/mol}$

$$p * V = n * R * T$$

$$n = \frac{p * V}{R * T} = \frac{101,3 * 210}{8314 * 283} = 0,00904 \text{ kmol} = 9,04 \text{ mol} \quad \frac{\text{kN} * \text{l} * \text{kmolK}}{\text{m}^2 * \text{Nm} * \text{K}} = \text{kmol}$$

$$m = n * M = 9,04 * 32 = 289,3 \text{ g}$$

Pri izračunih vzamem podatek, da je v 1 m³ zraka 285 g O₂!

Izračun vnosa kisika zaradi prostorske obremenitve z BPK₅:

Teoretična poraba je 1,79 kgO₂ / kgBPK₅. → se zvišuje z zadrževalno dobo

V 1 m³ zraka je 0,285 kg O₂.

V 3,5 m³ zraka je 1 kg O₂.

Potrebna količina zraka glede na obremenitev z BPK₅, izgube in višino vpihovanja se izračuna s pomočjo spodnje formule,:

$$\text{Potrebna količina zraka: } \frac{OC}{(16 * 0,72 * h)} * 1000 \quad (\text{m}^3 \text{ zraka/dan})$$

h ... višina vpihavanja zraka

Pri izračunu se upošteva obremenitev BPK₅ na prebivalca, ki zanaša 60 g/dan, vendar je treba upoštevati znižanje koncentracije BPK₅ po mehanskem čiščenju (z upoštevanjem smernic ATV). V biološko stopnjo pride od 40 do 45 g BPK₅/PE.dan.

$$V_{BPK_5} = \frac{45 * PE}{1000} (\text{kgBPK}_5 / \text{dan})$$

Določeno: za 1 kg BPK₅ se potrebuje od 1,8 kg kisika.

$$OC = V_{BPK_5} * 1,8 (\text{kgO}_2 / \text{kgBPK}_5 \text{ dan}) \quad (\text{kgO}_2 / \text{dan})$$

Priloga B: Meritve dotoka

Preglednica 1: Izmerjeni parametri dotoka

Datum	KPK	BPK ₅	pH	Temperatura	Amonij	Prevodnost	TN
	mgO ₂ /l	mgO ₂ /l		°C	mg/l	mS/cm	mgN/l
7. 5. 2007	464	/	/	/	> 50	/	/
8. 5. 2007	572	/	/	/	> 50	/	/
10. 5. 2007	700	340	8,2	16,1	> 100	1458	/
14. 5. 2007	804	/	7,96	19,3	/	1430	/
15. 5. 2007	656	/	7,6	20,6	/	1196	/
16. 5. 2007	791	390	/	/	> 55	/	/
22. 5. 2007	746	/	7,19	21,3	/	1162	/
24. 5. 2007	746	/	7,02	21,6	/	1239	/
25. 5. 2007	680	/	7,28	22,8	68	1290	/
28. 5. 2007	476	/	7,28	19,5	/	994	/
29. 5. 2007	494	/	7,55	18,9	/	704	/
31. 5. 2007	570	/	7,54	18,7	/	1040	/
1. 6. 2007	686	/	7,42	17,2	80	1205	/
4. 6. 2007	674	/	7,49	18,9	90	1301	/
5. 6. 2007	572	/	7,4	18,4	/	1080	/
7. 6. 2007	684	/	7,35	20,7	36	1065	/
8. 6. 2007	1090	/	8,63	20,1	/	1136	/
11. 6. 2007	2000	/	8,54	19,4	/	1714	/
12. 6. 2007	792	/	7,51	19,9	/	1358	/
13. 6. 2007	544	/	7,87	20,5	/	1159	/
14. 6. 2007	704	/	7,41	21,6	/	1136	/
27. 6. 2007	609	/	7,44	21,6	/	1225	/
28. 6. 2007	358	/	7,31	19,6	/	1210	/
29. 6. 2007	452	/	7,5	19,9	/	1103	/
2. 7. 2007	864	/	7,54	22,2	/	1195	/
4. 7. 2007	748	/	7,46	20,4	/	1093	/
5. 7. 2007	376	/	7,76	17	/	783	/
6. 7. 2007	604	/	7,76	18,8	/	865	/
10. 7. 2007	572	/	7,43	19,3	/	785	/
11. 7. 2007	546	/	7,6	17,6	/	823	/
12. 7. 2007	564	/	7,58	18,3	/	934	/
13. 7. 2007	570	/	/	/	/	/	/
16. 7. 2007	702	/	7,52	22,1	/	1167	/
17. 7. 2007	428	/	7,26	21,4	/	1220	/
18. 7. 2007	702	/	7,23	22	/	1254	/
19. 7. 2007	894	/	7,1	21,7	/	1171	/
20. 7. 2007	642	/	7,29	22	/	1106	/
23. 7. 2007	762	/	7,15	22,7	/	1260	/
24. 7. 2007	590	/	7,23	15,3	/	1048	/
25. 7. 2007	592	/	7,16	20,3	/	1024	/

Preglednica 1: (nadaljevanje)

26. 7. 2007	876	/	7,37	20,4	/	1255	/
27. 7. 2007	730	/	7,55	21,5	/	1175	/
30. 7. 2007	706	/	7,28	23,1	/	1224	/
31. 7. 2007	/	/	7,62	21,2	/	1081	/
1. 8. 2007	568	/	7,53	21,5	/	1226	/
2. 8. 2007	722	/	7,63	20,8	/	1147	/
3. 8. 2007	764	90	7,39	20,9	/	1290	/
6. 8. 2007	642	/	7,41	20,5	70	1123	/
7. 8. 2007	770	/	7,32	21	/	1157	/
8. 8. 2007	778	/	7,19	22,8	/	/	/
10. 8. 2007	950	/	7,03	22	/	1523	/
13. 8. 2007	818	/	7,06	22,1	/	1418	/
14. 8. 2007	801	/	7,23	23	/	/	/
16. 8. 2007	702	/	7,32	25,4	/	1402	/
21. 8. 2007	500	/	7,27	19,7	/	941	/
22. 8. 2007	416	/	7,11	20,5	/	630	39
24. 8. 2007	538	/	7,08	20,7	/	852	/
29. 8. 2007	692	/	7,09	22,5	/	1429	/
31. 8. 2007	582	/	7,59	20,1	/	1049	/
3.9.2007	787	500	6,9	21	/	1381	/
17.9.2007	850	150	5,99	21,4	/	1655	/
18.9.2007	1000	660	6,64	21,4	/	1451	/
povp. vred.	692	355	7,40	20,5	69	1167	39
stand.odkl.	139	162	0,26	1,4	13	160	0
max	2000	660	8,63	25,4	90	1714	39
min	358	90	5,99	15,3	36	630	39

Priloga C: Meritve iztoka

Preglednica 1: Izmerjeni parametri iztoka

Datum	KPK	BPK5	pH	T	Amonij	Prevodnost	TN	Učinek
	mgO ₂ /l	mgO ₂ /l		°C	mg N/l	mS/cm	mgN/l	%
7. 5. 2007	42	/	/	/	> 50	/	/	91
8. 5. 2007	110	/	/	/	22	/	/	81
10. 5. 2007	95	41	7,8	17,7	/	1027	/	86
14. 5. 2007	118	/	7,92	20,1	/	1250	/	85
15. 5. 2007	/	/	/	/	/	/	/	/
16. 5. 2007	12	14	/	/	54,7	/	/	98
22. 5. 2007	54	/	8,02	22,8	/	1161	/	93
24. 5. 2007	104	/	8,13	22,2	/	1094	/	86
25. 5. 2007	88	/	8,01	23,3	32	1045	/	87
28. 5. 2007	48	/	8,14	19,8	/	744	/	90
29. 5. 2007	97	/	8,16	18,8	/	705	/	80
31. 5. 2007	75	/	7,7	18,6	/	653	/	87
1. 6. 2007	70	/	7,75	17	6	816	/	90
4. 6. 2007	48	/	7,99	19,9	1	845	/	93
5. 6. 2007	61	/	8,09	18,9	/	743	/	89
7. 6. 2007	378	/	7,35	20,4	56	1100	/	45
8. 6. 2007	60	/	8,04	19,8	/	724	/	94
11. 6. 2007	40	/	7,51	21,5	/	828	/	98
12. 6. 2007	91	/	8,06	21,6	1	785	/	89
13. 6. 2007	88	/	8,25	21,5	/	836	/	84
14. 6. 2007	328	/	7,95	22,6	/	823	/	53
27. 6. 2007	122	/	7,45	23,3	/	1041	/	80
28. 6. 2007	256	/	7,47	20,3	/	1046	/	28
29. 6. 2007	252	/	7,47	20,2	/	1010	/	44
2. 7. 2007	53	/	8,07	23,6	/	816	/	94
4. 7. 2007	22	/	8,02	20,6	/	782	/	97
5. 7. 2007	40	/	8	16,1	/	690	/	89
6. 7. 2007	20	/	7,88	17,9	/	677	/	97
10. 7. 2007	30	/	7,92	19,9	/	695	/	95
11. 7. 2007	20	/	7,8	18	/	695	/	96
12. 7. 2007	8	/	7,81	17,6	/	730	/	99
13. 7. 2007	31	/	7,95	19,2	/	691	/	95
16. 7. 2007	48	/	7,95	22,8	/	920	/	93
17. 7. 2007	29	/	7,87	23,9	/	874	/	93
18. 7. 2007	20	/	7,85	23,8	/	871	/	97
19. 7. 2007	12	/	7,54	24,1	/	985	/	99
20. 7. 2007	27	/	7,88	24,6	/	1049	/	96
23. 7. 2007	40	/	7,9	24,4	/	954	/	95
24. 7. 2007	21	/	7,84	11,1	/	697	/	96
25. 7. 2007	18	/	7,76	21	/	854	/	97
26. 7. 2007	79	/	8,03	22,3	/	872	/	91
27. 7. 2007	81	/	8,17	22	/	837	/	89

Preglednica 1: (nadaljevanje)

30.7.2007	72	/	7,93	23,9	/	853	/	90
31.7.2007	/	/	8,09	20,7	/	856	/	/
1.8.2007	163	/	7,42	21,5	/	1047	/	71
2.8.2007	79	/	7,84	21,1	/	776	/	89
3.8.2007	50	8	7,63	21,7	/	859	/	93
6.8.2007	78	/	7,94	21,2	1	782	20	88
7.8.2007	76	/	7,84	22,3	/	823	/	90
8.8.2007	99	/	7,71	22,5	/	/	/	87
10.8.2007	62	/	7,76	18,5	/	885	/	93
13.8.2007	40	/	7,9	22,6	/	871	/	95
14.8.2007	80		7,92	23,1	/	912	/	90
16.8.2007	92		7,67	27,7	/	983	/	87
21.8.2007	102		7,75	19,3	/	842	/	80
22.8.2007	47		7,71	20,3	14	765	18	89
24.8.2007	116		7,63	20,3	1	617	11	78
29.8.2007	71		7,83	22,8	53	1188	55	90
31.8.2007	44		7,92	19,6	50	1012	51	92
3.9.2007	61,5	10	7,7	23	/	1040	/	92
17.9.2007	27	1	6,8	21,7	/	1038	/	98
18.9.2007	50	18	7,86	20,8	/	965	/	95
povp. vred.	77	15	7,83	21,0	24	879	31	87
stand.odkl.	44	9	0,18	1,9	21	120	18	8
max	378	41	8,25	27,7	56	1250	55	99
min	12	14	7,35	17,0	1	653	0	28
št. meritev	60	6	58	58	12	57	5	60

Priloga D: Meritve v biološki stopnji

Preglednica 1: Izmerjeni parametri v biološki stopnji

Datum	Usedljivost (ml/l)	Sušina (g/l)	VIB (ml/g)
8. 5. 2007	/	8,9	/
10. 5. 2007	/	10,0	/
14. 5. 2007	/	2,0	/
15. 5. 2007	60	2,0	30
16. 5. 2007	80	2,7	30
18. 5. 2007	90	2,5	36
21. 5. 2007	110	2,5	44
22. 5. 2007	130	3,5	37
23. 5. 2007	150	3,5	43
24. 5. 2007	160	3,7	43
25. 5. 2007	150	4,2	36
28. 5. 2007	220	4,8	46
29. 5. 2007	210	4,7	45
30. 5. 2007	260	4,8	54
31. 5. 2007	240	4,2	57
1. 6. 2007	230	4,8	48
4. 6. 2007	300	6,5	46
5. 6. 2007	350	6,9	51
6. 6. 2007	400	7,3	55
7. 6. 2007	420	7,1	59
8. 6. 2007	450	7,2	63
11. 6. 2007	420	5,0	84
12. 6. 2007	900	5,1	176
13. 6. 2007	820	5,0	164
14. 6. 2007	800	7,0	114
15. 6. 2007	750	8,0	94
18. 6. 2007	950	10,0	95
21. 6. 2007	900	10,0	90
22. 6. 2007	930	10,0	93
26. 6. 2007	900	10,0	90
4. 7. 2007	460	3,7	124
5. 7. 2007	470	3,8	124
12. 7. 2007	480	4,8	100
16. 7. 2007	520	6,8	76

Preglednica 1: (nadaljevanje)

23. 7. 2007	290	2,9	100
25. 7. 2007	250	2,8	89
27. 7. 2007	250	2,8	89
30. 7. 2007	760	3,5	217
31. 7. 2007	620	3,0	207
2. 8. 2007	320	2,3	139
3. 8. 2007	570	2,4	238
6. 8. 2007	830	2,8	296
7. 8. 2007	810	3,3	245
8. 8. 2007	810	3,4	238
10. 8. 2007	650	3,2	203
13. 8. 2007	900	4,3	209
14. 8. 2007	900	4,3	209
16. 8. 2007	850	4,1	207
21. 8. 2007	840	3,8	221
22. 8. 2007	760	2,2	345
24. 8. 2007	640	2,1	305
29. 8. 2007	190	2,1	90
31. 8. 2007	280	2,2	127
Povp. vred.	497	4,7	120
Stand. odkl.	259	1,9	68
Max.	950	10,0	345
Min.	60	2,0	30
Št. meritev	50	53,0	50

Priloga E: Obratovalni dnevnik

OBRATOVALNI DNEVNIK

I. faza - vzpostavljanje biomase od 19. 4. 2007 do 3. 5. 2007

V I. fazi je bilo treba pilotno napravo stabilizirati in vzpostaviti nemoten dotok odpadne vode na napravo. Potekal je zagon pilotne naprave in adaptacija aktivnega blata. MČN SBR 5 se je napolnila s surovo odpadno vodo, v biološko stopnjo pa smo dodali aktivno blato. 300 l aktivnega blata se je prečrpalo iz aeracijskega bazena CČN Kranj Zarica v MČN SBR 5. S tem se je bistveno skrajšal čas zagona in adaptacija aktivnega blata. Začetna sušina je bila 8,9 g/l.

Ko smo vzpostavili ustrezne pogoje na MČN SBR 5, smo pričeli z meritvami po Aneksu B standarda SIST EN 12566-3:2005

ČN SBR 5 je delovala na 3 cikle dnevno, tako je bil dotok približno 250 l na cikel, kar dnevno znaša 750 l in predstavlja obremenitev 5 oseb s porabo vode 150 l/dan.

II. faza - normalno delovanje od 3. 5. 2007 do 23. 5. 2007

Preglednica 1: Obratovalni dnevnik II. faze

Datum	Vreme	Temperatura okolice (°C)	Drugo
3. 5. 2007			Pri ČN ni bilo dotoka oz. ga je bilo premalo, ker je bil v stikalni urici nastavljen napačen krmilni program – sprememba krmilnega programa
4. 5. 2007	Deževno		Močno je padal dež.
7. 5. 2007	Sončno		Poplavljen je bil jašek na dotoku in iztoku. Pri ČN zopet vnesen napačen krmilni program.
8. 5. 2007	Oblačno		Zamašen sod na iztoku. Z vnosom aktivnega blata smo v ČN vnesli polno vatiranih palčk in drugih smeti, zato je bilo potrebno čiščenje.
15. 5. 2007	Oblačno		Ni dotoka.
16. 5. 2007	Oblačno, deževno		Ni dotoka.
18. 5. 2007	Sončno	23	Napaka v stikalni urici – ko se je vnašal krmilni program, sem pomotoma prestavila datum, tako da stikalna urica ni delovala.
23. 5. 2007	Sončno	25	Sprememba krmilnega programa na 50 % manjši dotok

III. faza - manjši prtok od 23. 5. 2007 do 30. 5. 2007

Preglednica 2: Obratovalni dnevnik III. faze

Datum	Vreme	Temperatura okolice (°C)	Drugo
23. 5. 2007	Sončno	25	Sprememba krmilnega programa na 50 % manjši dotok.
24. 5. 2007	Sončno	28	
28. 5. 2007	Deževno	20	Vse OK.
29. 5. 2007	Deževno	15	Vse OK.
30. 5. 2007			Ni bilo dotoka, plovno stikalo na črpalki v dotočnem kanalu je bilo spuščeno in ni bilo pogoja za delovanje črpalke. Spremenjen krmilni program na normalno delovanje z izpadom elektrike.

IV. faza – normalno delovanje z izpadom elektrike od 30. 5. 2007 do 13. 6. 2007

Preglednica 3: Obratovalni dnevnik IV. faze

Datum	Vreme	Temperatura okolice (°C)	Drugo
30. 5. 2007			Ni bilo dotoka, plovno stikalo na črpalki v dotočnem kanalu je bilo spuščeno in ni bilo pogoja za delovanje črpalke. Spremenjen krmilni program na normalno delovanje z izpadom elektrike.
6. 6. 2007			Vnesen program izpada elektrike za 24 h.
7. 6. 2007	Deževno	14	Meritev vzorcev po programu izpada elektrike, kar pomeni, da so parametri iztoka enaki parametrom mehansko očiščene odpadne vode. Spremenjen krmilni program nazaj na normalno delovanje.
8. 6. 2007	Deževno	15	Vse OK.
11.6. 2007	Sončno	20	
12. 6. 2007	Deževno	14	Iz ZZV Kranj prišel po vzorce.
13. 6. 2007	Sončno z nevihtami	14	
14. 6. 2007	Sončno z nevihtami	15, popoldan do 30	Spremenjen krmilni program na dva tedna brez dotoka.

V. faza – ni dotoka od 13. 6. 2007 do 2. 7. 2007

Preglednica 4: Obratovalni dnevnik V. faze

Datum	Vreme	Temperatura okolice (°C)	Drugo
14. 6. 2007	Sončno z nevihtami	15, popoldan do 30	Spremenjen krmilni program na dva tedna brez dotoka.
15. 6. 2007	Delno jasno z nevihtami	15, popoldan do 30	Meritve zajemajo le sušino in usedljivost aktivnega blata.
18. 6. 2007	Sončno	19, popoldan do 30	
21. 6. 2007	Sončno	30	
22. 6. 2007	Sončno	28	
26. 6. 2007	Sončno	20 – 25	Spremenjen krmilni program, tako da bo 27. 6. 2007 ob 00:00 prvi dotok in ob 7:50 prvi iztok.
27. 6. 2007	Sončno	20 – 25	Iz ZZV prišel po vzorce.
28. 6. 2007	Sončno	20 – 25	
29. 6. 2007	Sončno	20 – 25	
2. 7. 2007	Sončno	30	

VI. faza – normalno delovanje od 2. 7. 2007 do 17. 7. 2007

Preglednica 5: Obratovalni dnevnik VI. faze

Datum	Vreme	Temperatura okolice (°C)	Drugo
2. 7. 2007	Sončno	30	
4. 7. 2007	Deževno	15	Neumerjena sonda za sušino – sondo poslali na popravilo. Merjenje sušine s filtriranjem in sušenjem filtra.
5. 7. 2007	Oblačno	12	Merjenje sušine s filtriranjem in sušenjem filtra.
10. 7. 2007	Deževno	15	
11. 7. 2007	Oblačno	12	
12. 7. 2007	Oblačno	15	Merjenje sušine s filtriranjem in sušenjem filtra.
16. 7. 2007	Sončno	25	
17. 7. 2007	Sončno	30	Spremenjen krmilni program na 150 % dotoka.

VII. faza – povečan dotok (traja 48 ur na začetku testiranja te faze) od 17. 7. 2007 do 31. 7. 2007

Preglednica 6: Obratovalni dnevnik VII. faze

Datum	Vreme	Temperatura okolice (°C)	Drugo
17. 7. 2007	Sončno	30	Spremenjen krmilni program na 150 % dotoka.
20. 7. 2007	Sončno	30	Spremenjen krmilni program na normalno delovanje.
23. 7. 2007			Napihnjeno blato.
24. 7. 2007			Izpad elektrike na CCN Kranj.
25. 7. 2007			Napihnjeno blato.
26. 7. 2007	Sončno	25	*Ugotovitev: Prevodnost raste s temperaturo za cca. 2 %/°C.
27. 7. 2007	Sončno	25	
30. 7. 2007	Deževno	23	
31. 7. 2007	Oblačno	10, popoldan 20	Spremenjen krmilni program na normalno delovanje z izpadom elektrike.

VIII. faza – normalno delovanje z izpadom elektrike od 31. 7. 2007 do 7. 8. 2007

Preglednica 7: Obratovalni dnevnik VIII. faze

Datum	Vreme	Temperatura okolice (°C)	Drugo
31. 7. 2007	Oblačno	10, popoldan 20	Spremenjen krmilni program na normalno delovanje z izpadom elektrike.
1. 8. 2007	Sončno, hladno	Popoldan 25	Spremenjen krmilni program na normalno delovanje.
2. 8. 2007	Sončno, hladno	do 30	Napihnjeno blato.
3. 8. 2007	Deževno	15 – 20	
6. 8. 2007	Sončno	do 30	
7. 8. 2007	Sončno s padavinami	do 25	Spremenjen krmilni program na 50 % dotoka.

IX. faza – manjši pritok od 7. 8. 2007 do 21. 8. 2007

Preglednica 8: Obratovalni dnevnik IX. faze

Datum	Vreme	Temperatura okolice (°C)	Drugo
7. 8. 2007	Sončno s padavinami	do 25	Spremenjen krmilni program na 50 % dotoka.
8. 8. 2007	Oblačno	20	Ni bilo dotoka, ker je bila zamašena črpalka na dotoku.
10. 8. 2007	Oblačno	20	Cev za dotok je bila prepognjena.
13. 8. 2007	Oblačno, deževno	20	Napihnjeno blato. Po pol ure se je blato slabo posedlo, počakati je bilo treba eno uro.
14. 8. 2007	Sončno	25	Spremenjen krmilni program na normalno delovanje.
16. 8. 2007	Sončno	30	
21. 8. 2007	Oblačno, deževno	15 – 20	

X. faza – normalno delovanje od 21. 8. 2007 do 31. 8. 2007

Preglednica 9: Obratovalni dnevnik X. faze

Datum	Vreme	Temperatura okolice (°C)	Drugo
21. 8. 2007	Oblačno, deževno	15 – 20	Napihnjeno blato.
22. 8. 2007	Oblačno, deževno	20	
24. 8. 2007	Sončno	15, popoldan do 30	
29. 8. 2007	Oblačno	15 – 17	
31. 8. 2007	Oblačno	15	Iz ZZV prišel po vzorce.

Priloga F: Rezultati analiz iztoka

Odstranjevanje organskega onesnaženja za KPK

