

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA BIOLOGIJO

Kristina PROSEN

**STRUKTURA ZDRUŽBE V AKTIVNEM BLATU
ČISTILNE NAPRAVE AJDOVŠČINA**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2008

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA BIOLOGIJO

Kristina PROSEN (FERJANČIČ)

**STRUKTURA ZDRUŽBE V AKTIVNEM BLATU ČISTILNE
NAPRAVE AJDOVŠČINA**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**STRUCTURE OF BIOCEANOSIS IN ACTIVATED SLUDGE ON
BIOLOGICAL TREATMENT PLANT IN AJDOVŠČINA**

GRADUATION THESIS
University studies

Ljubljana, 2008

Diplomsko delo je zaključek Univerzitetnega študija biologije. Opravljeno je bilo na Centralni čistilni napravi Ajdovščina in na Katedri za ekologijo in varstvo okolja Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Študijska komisija Oddelka za biologijo je za mentorja diplomskega dela imenovala prof. dr. Mihaela J. Tomana.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednica: prof. dr. Alenka GABERŠČIK
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Član: prof. dr. Mihael J. TOMAN
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Član: prof. dr. Ivan KOS
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Datum zagovora:

Delo je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Podpisana se strinjam z objavo svoje naloge v polnem tekstu na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je naloga, ki sem jo oddala v elektronski obliki, identična tiskani verziji.

Kristina Prosen

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dn
DK	504.06:628.336:593.1(043.2)=163.6
KG	aktivno blato/čistilna naprava/SBI/protozoji/metazoji
KK	
AV	PROSEN (FERJANČIČ), Kristina
SA	TOMAN, Mihael J. (mentor)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Večna pot 111
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo
LI	2008
IN	STRUKTURA ZDRUŽBE V AKTIVNEM BLATU ČISTILNE NAPRAVE AJDOVŠČINA
TD	Diplomsko delo (Univerzitetni študij)
OP	XVII, 89 str., 9 pregl., 53 sl., 3 pril., 44 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	V dvomesečnem obdobju smo proučevali učinkovitost delovanja čistilne naprave Ajdovščina glede na kemijske, fizikalne in biološke parametre. V aktivnem blatu smo spremljali temperaturo, pH, prevodnost, usedljivost, celotno trdno snov, volumski indeks blata (VIB), koncentracijo raztopljenega kisika in združbo porabnikov, ki smo jo uporabili za določitev gostote združbe, izračun biotskega indeksa blata (SBI) in Shannon–Wienerjevega diverzitetnega indeksa. V dotoku in iztoku iz čistilne naprave smo spremljali KPK, BPK₅, skupni, amonijev, organski, nitratni dušik in skupni fosfor. Učinkovitost čiščenja je bila glede na KPK 95 %, glede na BPK₅ pa 98 %, koncentracije vseh oblik dušika in fosforja v iztoku niso presegle mejnih vrednosti določenih z Uredbo o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz komunalnih čistilnih naprav (2007), kar smatramo kot zadovoljivo delovanje ČN. V aktivnem blatu se je koncentracija kisika gibala med 1,0 in 4,5 mg/L, nikoli ni padla pod kritično mejo 1,0 mg/L, pH se je spreminjal znotraj mejnih vrednosti, temperatura in prevodnost blata sta bili konstantni, koncentracija trdnih snovi se je spreminjala glede na količino in vir odpadne vode, usedljivost aktivnega blata je bila slaba, VIB pa visok. V aktivnem blatu smo našli 32 različnih taksonov protozojev in metazojev. Število organizmov je bilo nad 10⁶ org./L, kar nakazuje učinkovito delovanje čistilne naprave. Gostota organizmov je naraščala z večanjem koncentracije kisika in padala z večanjem VIB, vendar je bila kljub visokim VIB vseeno številčna. Vrednosti SBI so se gibale med 10 in 2, večinoma pa nad 8. Aktivno blato smo uvrščali v I. do IV. kakovostni razred. Pozitivne in negativne ključne skupine so si delile polovično zastopanost v združbi. Njihov delež se je med posameznimi vzorčenji malo spreminjal. Med plezajočimi ciliati je prevladoval rod <i>Aspidisca</i> sp., med prosto plavajočimi <i>Colpoda</i> sp., med pritrjenimi ciliati <i>Vorticella microstoma</i> ter rodova <i>Arcella</i> sp. in <i>Euglypha</i> sp. med amebami s hišico. Metazoji so bili v nizkih gostotah prisotni celoten čas vzorčenja in kažejo na dobro delovanje ČN. Vrstna pestrost je bila glede na vrednosti Shannon–Wienerjevega indeksa (2,6–3,6) visoka in je posledica vzdrževanja zadostnih koncentracij kisika v suspenziji aktivnega blata.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dn
DC 504.06:628.336:593.1(043.2)=163.6
CX activated sludge/biological treatment plant/SBI/protozoa/metazoa
CC
AU PROSEN (FERJANČIČ), Kristina
AA TOMAN, Mihael J. (supervisor)
PP SI-1000 Ljubljana, Večna pot 111
PB University of Ljubljana, Biotechnical faculty, Department of Biology
PY 2008
TI STRUCTURE OF BIOCECENOSIS IN ACTIVATED SLUDGE IN
BIOLOGICAL TREATMENT PLANT IN AJDOVŠČINA
DT Graduation Thesis (University studies)
NO XVII, 89 p., 9 tab., 53 fig., 3 ann., 44 ref.
LA sl
AL sl/en
AB The influence of chemical, physical and biological parameters on the performance of biological treatment process was investigated at the biological treatment plant in Ajdovščina. The chemical analysis included temperature, pH, conductivity, settle ability, total solids, sludge volume index and oxygen concentration in activated sludge. Biological analysis included the determination of the structure of the community of microfauna and density, the calculation of sludge biotic index and Shannon-Wiener diversity index in activated sludge. COD, BOD₅, total-N, NH₄-N, NO₃-N, organic-N and total-P chemical analysis was conducted in the influent and effluent. The treatment efficiency in terms of COD was 95 % and 98 % in terms of BOD₅. Nitrogen and phosphor concentrations in the effluent did not exceed the limited values. Oxygen concentration in activated sludge ranged from 1,0 to 4,5 mg/L, pH was within the limits, the temperature and conductivity were constant, the volume and source of wastewater influenced the total solids concentration, the settle ability was bad and SVI high. The number of the taxa of the protozoa and metazoa was 32 and the number of organisms was always higher than 10⁶ org./L, which is necessary for optimum treatment. The organisms density was higher when oxygen concentration was high and lower when SVI was high. The calculated SBI ranged from 10 to 2. Quality class 10 reflects good, while quality class 2 reflects bad operating conditions. The portion of positive (crawling ciliates, testate amoebae, attached ciliates) and negative groups (free swimming ciliates, *Vorticella microstoma*, *Opercularia* spp.) of organisms did not change much over the research. The metazoa were present constantly in low densities. The constant presence of the metazoa and the testate amoebae showed good treatment efficiency. The values of Shannon-Wiener index ranged between 2,6 and 3,6 and showed high organisms diversity. Such diversity is the result of sufficient oxygen supply in the mixed liquor.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	VIII
KAZALO SLIK	IX
KAZALO PRILOG	XII
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	XIII
SLOVARČEK	XIV
1 UVOD	1
1.1 OPREDELITEV PROBLEMA	1
1.2 NAMEN IN HIPOTEZE	2
2 TEORETIČNE OSNOVE IN PREGLED OBJAV	3
2.1 ČISTILNA NAPRAVA	3
2.1.1 Pojmi	3
2.1.2 Delovanje bioloških čistilnih naprav in Centralna čistilna naprava Ajdovščina	4
2.1.2.1 Osnovni podatki o Centralni čistilni napravi Ajdovščina	5
2.1.2.2 Predčiščenje	7
2.1.2.3 Primarna stopnja čiščenja	9
2.1.2.4 Sekundarna stopnja čiščenja	10
2.1.2.5 Terciarna stopnja čiščenja	15
2.1.2.6 Obdelava blata	16
2.1.2.7 Plinohran	17
2.1.2.8 Kondicioniranje in dehidracija blata	18
2.1.2.9 Kakovost iztoka	18
2.1.2.10 Kanalizacijski sistem	20
2.2 PREGLED OBJAV	21
2.2.1 Aktivno blato	21
2.2.2 Vloga protozojev	22
2.2.2.1 Protozoi kot bioindikatorji delovanja čistilne naprave	23
2.2.3 Vloga metazojev	25
2.2.3.1 Metazoi kot bioindikatorji delovanja čistilne naprave	25
2.2.4 Razmere, ki vplivajo na prisotnost in gostoto spremljajoče združbe	26

2.2.4.1	Vpliv pomanjkanja kisika na organizme spremljajoče združbe	26
2.2.4.2	Vpliv srednjega zadrževalnega časa na populacije protozojev	27
2.2.4.3	Vpliv neraztopljenih in raztopljenih snovi na spremljajočo združbo	28
2.2.4.4	Zmanjševanje produkcije aktivnega blata v bioloških čistilnih napravah	29
2.3	BIOTSKI INDEKS BLATA	31
2.3.1	Mikrofavna v aktivnem blatu	32
2.3.2	Ključne skupine	34
2.3.2.1	Gostota in diverziteta	34
2.3.2.2	Plezajoči in pritrjeni ciliati	34
2.3.2.3	Amebe s hišico	35
2.3.2.4	Pritrjeni ciliati	35
2.3.2.5	<i>Opecularia</i> spp.	36
2.3.2.6	<i>Vorticella microstoma</i>	36
2.3.2.7	Prosto plavajoči ciliati	36
2.3.2.8	Flagelati	37
3	MATERIALI IN METODE	38
3.1	VZORČENJE	38
3.2	FIZIKALNE IN KEMIJSKE ANALIZE	39
3.2.1	BPK ₅ – biokemijska poraba kisika	39
3.2.2	KPK – kemijska poraba kisika	39
3.2.3	pH	40
3.2.4	Prevodnost	40
3.2.5	Celotna trdna snov (ostanek po sušenju, sušina)	40
3.2.6	Usedljivost	40
3.2.7	Volumski indeks blata	41
3.2.8	Temperatura	41
3.2.9	Koncentracija raztopljenega kisika	41
3.2.10	Dušikovi parametri	41
3.2.11	Fosfor	42
3.3	SPREMLJANJE SPREMLJAJOČE ZDRUŽBE V AKTIVNEM BLATU	43
3.3.1	Identifikacija in določanje številčnosti spremljajoče združbe v aktivnem blatu	43
3.3.2	Biotiski indeks blata	44
3.3.3	Shannon-Wienerjev diverzitetni indeks	46

4	REZULTATI IN RAZPRAVA	48
4.1	FIZIKALNI IN KEMIJSKI PRAMETRI	48
4.1.1	KPK	48
4.1.2	BPK ₅	49
4.1.3	Prevodnost in temperatura	51
4.1.4	pH	53
4.1.5	Usedljivost blata in volumnski indeks blata	54
4.1.6	Koncentracija raztopljenega kisika	55
4.1.7	Celotna trdna snov	57
4.1.8	Dušikovi parametri	58
4.1.8.1	Skupni dušik	58
4.1.8.2	Amonijev dušik	59
4.1.8.3	Organski dušik	61
4.1.8.4	Nitratni dušik	61
4.1.9	Fosforjevi parametri	62
4.2	SPREMLJAJOČA ZDRUŽBA V AKTIVNEM BLATU	64
4.2.1	Število organizmov spremljajoče združbe	64
4.2.2	Biotski indeks blata	69
4.2.3	Shannon-Wienerjev diverzitetni indeks	80
5	SKLEPI	83
6	VIRI	86
6.1	DRUGI VIRI	89

ZAHVALA

PRILOGE

KAZALO PREGLEDNIC

Pregl. 1: Ocena kemijskega stanja, ocena biološke kakovosti in ocena kakovostnega razreda za reko Hubelj na merilnih mestih izvir in Ajdovščina v obdobju od 2000 do 2006.	19
Pregl. 2: Vrednosti parametrov na dotoku in iztoku iz CČN ter učinek čiščenja (Poročilo o obratovanju ČN ..., 2006: 5).	20
Pregl. 3: Seznam pogostih ciliatov v aktivnem blatu in njihove prehranjevalne navade (Madoni, 1994: 68).	32
Pregl. 4: Sistem določanja pogostosti bičkarjev (Škaper, 1996: 17).	44
Pregl. 5: Preglednica za določanje vrednosti biološkega indeksa blata (SBI) na podlagi ključnih skupin, njihove pogostosti, števila taksonomskih enot in ocene malih bičkarjev (Madoni, 1994: 72).	45
Pregl. 6: Uvrščanje vrednosti SBI v kakovostne razrede in obrazložitev.	46
Pregl. 7: Skupine organizmov prisotnih v aktivnem blatu, njihova številčnost (št. org./L) in deleži v celotni združbi v obeh prezračevalnih bazenih skupaj v času vzorčenja (2007) na CČN Ajdovščina.	64
Pregl. 8: Uvrščanje vrednosti SBI v kakovostne razrede in obrazložitev le-teh (Madoni, 1994: 72).	70
Pregl. 9: Vrednosti Shannon-Wienerjevega diverzitetnega indeksa.	80

KAZALO SLIK

Sl. 1: Zračni posnetek Centralne čistilne naprave Ajdovščina.	6
Sl. 2: Prikaz deležev tehnoloških, komunalnih in tujih odpadnih vod, ki so se čistile na CCN Ajdovščina v letu 2006.	6
Sl. 3: Vhodno črpališče s polžastimi črpalkami. Na sliki deluje zadnja.	8
Sl. 4: Deževni bazen.	8
Sl. 5: Peskolov in lovilec maščob.	9
Sl. 6: Ločevanje peska in vode.	9
Sl. 7: Primarni usedalnik.	10
Sl. 8: Iztok iz primarnih usedalnikov.	10
Sl. 9: Shematični prikaz samočiščenja v naravi in aerobnega biološkega čiščenja (Roš, 2005: 2).	12
Sl. 10: Shema aerobne čistilne naprave z aktivnim blatom.	13
Sl. 11: Nitrifikacijska bazena.	14
Sl. 12: Merilnika koncentracije kisika in suhe snovi v tretji skupini prezračevalnih bazenov.	14
Sl. 13: Sekundarni usedalnik in vodna leča v ospredju.	15
Sl. 14: Iztok iz čistilne naprave.	15
Sl. 15: Dvostopenjsko gnilišče.	17
Sl. 16: Shematski prikaz kosma aktivnega blata.	21
Sl. 17: Transformacije ogljikovega atoma v prehranjevalni verigi (Liang in sod., 2006: 857).	30
Sl. 18: Trofična mreža v aktivnem blatu.	32
Sl. 19: Ameba s hišico (<i>Euglypha</i> sp.).	35
Sl. 20: Pritrjeni ciliati (<i>Epistylis</i> sp.).	35
Sl. 21: Shema vzorčnih mest vzorcev v levem in desnem prezračevalnem bazenu.	38
Sl. 22: Mešanje vzorca na magnetnem mešalu.	44
Sl. 23: Svetlobni mikroskop Nikon – Eclipse E400.	44

Sl. 24: Vrednosti KPK na dotoku in iztoku iz CČN Ajdovščina v času trajanja vzorčenja (2007) ter mejna vrednost KPK za izpust odpadnih vod iz komunalnih čistilnih naprav (110 mg/L).	48
Sl. 25: Vrednosti BPK ₅ na dotoku in iztoku iz CČN Ajdovščina v času trajanja vzorčenja (2007) ter mejna vrednost BPK ₅ za izpust odpadnih vod iz komunalnih čistilnih naprav (20 mg/L).	50
Sl. 26: Učinek čiščenja glede na BPK ₅ in KPK v času trajanja vzorčenja (2007).	51
Sl. 27: Spreminjanje prevodnost ($\mu\text{S}/\text{cm}$) aktivnega blata v levem in desnem prezračevalnem bazenu CČN Ajdovščina v času trajanja vzorčenja (2007).	52
Sl. 28: Spreminjanje temperature ($^{\circ}\text{C}$) v levem in desnem prezračevalnem bazenu CČN Ajdovščina v času trajanja vzorčenja (2007).	52
Sl. 29: Vrednosti pH v levem in desnem prezračevalnem bazenu CČN Ajdovščina v času trajanja vzorčenja (2007) ter zgornja in spodnja mejna vrednost za iztok v vode.	53
Sl. 30: Spreminjanje usedljivost aktivnega blata (mL/L) v levem in desnem prezračevalnem bazenu CČN Ajdovščina v času trajanja vzorčenja (2007).	54
Sl. 31: Spreminjanje volumskega indeksa blata v levem in desnem prezračevalnem bazenu CČN Ajdovščina v času trajanja vzorčenja (2007).	55
Sl. 32: Spreminjanje koncentracije raztopljenega kisika v levem in desnem prezračevalnem bazenu CČN Ajdovščina v času trajanja vzorčenja (2007).	56
Sl. 33: Spreminjanje nasičenosti s kisikom v levem in desnem prezračevalnem bazenu CČN Ajdovščina v času trajanja vzorčenja (2007).	57
Sl. 34: Spreminjanje količine celotne trdne snovi (g/L) v levem in desnem prezračevalnem bazenu CČN Ajdovščina v času trajanja vzorčenja (2007).	58
Sl. 35: Spreminjanje koncentracija skupnega dušika (mg/L) na dotoku in iztoku iz CČN Ajdovščina v času vzorčenja (2007) ter mejna vrednost skupnega dušika za izpust odpadnih vod iz komunalnih čistilnih naprav (25 mg/L).	59
Sl. 36: Spreminjanje koncentracija amonijevega dušika (mg/L) na dotoku in iztoku iz CČN Ajdovščina v času vzorčenja (2007) ter mejna vrednost amonijevega dušika za izpust odpadnih vod iz komunalnih čistilnih naprav (10 mg/L).	60
Sl. 37: Spreminjanje koncentracija organskega dušika (mg/L) na dotoku in iztoku iz CČN Ajdovščina v času vzorčenja (2007).	61
Sl. 38: Spreminjanje koncentracija nitratnega dušika (mg/L) na dotoku in iztoku iz CČN Ajdovščina v času vzorčenja (2007).	62
Sl. 39: Spreminjanje koncentracija celotnega fosforja (mg/L) na dotoku in iztoku iz CČN Ajdovščina v času vzorčenja (2007) ter mejna vrednost celotnega fosforja za izpust odpadnih vod iz komunalnih čistilnih naprav (2 mg/L).	63

Sl. 40: Spreminjanje števila organizmov v prezračevalnih bazenih CČN Ajdovščina in standardne napake v času vzorčenja (2007).	66
Sl. 41: Spreminjanje števila organizmov (št. org./g TS) in koncentracije celotne trdne snovi (g/L) v prezračevalnih bazenih CČN Ajdovščina v času vzorčenja (2007).	67
Sl. 42: Spreminjanje števila organizmov (št. org./L) v aktivnem blatu v prezračevalnih bazenih CČN Ajdovščina ter trend spreminjanja v odvisnosti od koncentracije kisika (mg/L).	68
Sl. 43: Spreminjanje števila organizmov (št. org./L) in koncentracije kisika (mg/L) v prezračevalnih bazenih CČN Ajdovščina v času vzorčenja (2007).	69
Sl. 44: Spreminjanje števila organizmov na g celotne trdne snovi v aktivnem blatu v prezračevalnih bazenih CČN Ajdovščina ter trend spreminjanja v odvisnosti od VIB (mL/g).	69
Sl. 45: Spreminjanje biotskega indeksa blata (SBI) v levem in desnem prezračevalnem bazenu v času trajanja vzorčenja (2007).	71
Sl. 46: Spreminjanje biotskega indeksa blata (SBI) v levem prezračevalnem bazenu na različnih vzorčnih mestih v času trajanja vzorčenja (2007).	72
Sl. 47: Spreminjanje biotskega indeksa blata (SBI) v desnem prezračevalnem bazenu na različnih vzorčnih mestih v času trajanja vzorčenja (2007).	73
Sl. 48: Biotski indeks blata in trend spreminjanja tega v odvisnosti od koncentracije kisika v prezračevalnih bazenih (mg/L).	73
Sl. 49: Delež posameznih ključnih skupin v prezračevalnih bazenih CČN Ajdovščina v času vzorčenja (2007).	74
Sl. 50: Število ključnih skupin združbe aktivnega blata (št. org./L) in trend spreminjanja le-teh v odvisnosti od koncentracije kisika (mg/L) v prezračevalnih bazenih.	77
Sl. 51: Spreminjanje števila ciliatov (org./L) in koncentracije kisika (mg/L) v prezračevalnih bazenih CČN Ajdovščina v času vzorčenja (2007).	78
Sl. 52: Spreminjanje števila metazojev (org./L) in koncentracije kisika (mg/L) v prezračevalnih bazenih CČN Ajdovščina v času vzorčenja (2007).	79
Sl. 53: Spreminjanje Shannon–Wienerjevega diverzitetnega indeksa v CČN Ajdovščina v času vzorčenja (2007).	81

KAZALO PRILOG

- Pril. A: Mejne vrednosti parametrov vode, ki se odvajajo iz komunalne čistilne naprave
- Pril. B: Fizikalni in kemijski parametri v aktivnem blatu ter na dotoku in iztoku iz čistilne naprave
- Pril. C: Podatki potrebni za določitev SBI v levem in desnem prezračevalnem bazenu

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

BPK ₅	biokemijska poraba kisika v 5 dneh
CČN	centralna čistilna naprava
ČN	čistilna naprava
KPK	kemijska poraba kisika
MLSS	koncentracija aktivnega blata
PE	populacijski ekvivalent
SBI	biotski indeks blata
SS	suspendirane snovi
TS	celotna trdna snov
VIB	volumski indeks blata

SLOVARČEK

AEROBNO ČIŠČENJE ODPADNE VODE – biokemijska razgradnja organskih snovi s pomočjo aerobnih mikroorganizmov ob prisotnosti kisika

AKTIVNO BLATO – združba bakterij, gliv, protozojev in metazojev v bioloških čistilnih napravah z razpršeno biomaso

ANAEROBNO ČIŠČENJE ODPADNE VODE – biokemijska razgradnja organskih snovi s pomočjo anaerobnih mikroorganizmov v odsotnosti kisika

ANOKSIČEN – razmere, pri katerih ni prostega kisika; anoksičen del na čistilni napravi se uporablja za denitrifikacijo

BPK_t – biokemijska potreba po kisiku; mera za ugotavljanje količine biokemijsko razgradljivih organskih in anorganskih snovi v vodi, izražena kot masna koncentracija raztopljenega kisika, ki se pri določenih pogojih (npr. v t dneh pri 20 °C) porabi (z inhibicijo nitrifikacije ali ne) za biološko oksidacijo organskih in/ali anorganskih snovi

BIOPLIN – mešanica plinov, ki nastanejo pri anaerobnem gnitju, v večini CH₄ in CO₂

BIORAZGRADNJA – biokemijska razgradnja; molekularna razgradnja organskih snovi s pomočjo mikroorganizmov v naravnih vodnih telesih ali ČN

BREME BPK – množina BPK izražena v kilogramih na časovno enoto, za odpadno vodo, ki preide skozi čistilno napravo ali vodno telo

CELOTNA TRDNA SNOV, TS – ostanek po sušenju, sušina; masna koncentracija vsote raztopljenih, suspendiranih in plavajočih snovi v odpadni vodi

CELOTNI DUŠIK, N_{cel} – vsota masnih koncentracij dušika po Kjeldahlu, nitritnega in nitratnega dušika

CILIATI – migetalkarji

ČAS USEDANJA – čas, ki je potreben za odstranjevanje suspendiranih ali koloidnih snovi z gravitacijo, združevanjem ali obarjanjem

DEHIDRACIJA – osuševanje; fizikalni postopek zmanjševanja vsebnosti vode v mokrem blatu, običajno z dodatkom flokulacijskega sredstva

DENIRIFIKACIJA – bakterijska redukcija nitratov ali nitritov v plinasti dušik

DIFUZOR – naprava različnih izvedb, ki prenaša kisik iz zraka v tekočino

DIVERZITETA – raznolikost

EFLUENT – iztok

EGALIZACIJA – zmanjševanje koncentracije snovi, temperature na dotoku ali iztoku iz čistilne naprave v egalizacijskem bazenu

FIZIKALNO ČIŠČENJE – katerikoli proces čiščenja, ki obsega katerikoli fizikalno ločitev trdnega od tekočega, npr. grablje, sita, usedalniki, drobilci; kemijske in biološke reakcije pri čiščenju ne igrajo pomembne vloge

FLAGELATI – bičkarji

FLOKUL – kosem; manjši delci združeni v večje, lažje usedljive delce, ki nastanejo pri kemijskem, fizikalnem in biološkem čiščenju; tvorijo jih predvsem bakterijske populacije

FLOKULACIJA – kosmičenje; tvorba kosmov z združevanjem manjših delcev; postopek se ponavadi pospešuje na mehaničen, fizikalen, kemijski ali biološki način

GNILIŠČE – reaktor za shranjevanje in anaeroben ali aerobni razkroj organskih snovi, ki so prisotne v blatu

GRABLJE – naprava za odstranjevanje grobih delcev in predmetov iz toka odpadne vode z zadrževanjem na rešetkah, tekočih trakovih, vrtečih diskah ali bobnih

HLAPNE TRDNE SNOVI – snov, večinoma organska, ki se izžge iz vzorca s segrevanjem, navadno pri 550 °C, nehlapne anorganske trdne snovi (pepel) ostanejo

IZTOK – odpadna voda, ki se odvaja iz zadnje stopnje čistilne naprave

JAVNA KANALIZACIJA – kanalizacija, ki nosi s seboj tekočino in plavajoče odpadke iz bivališč, trgovskih zgradb, industrijskih obratov in institucij, skupaj z manjšo množino zemlje, padavinske in površinske vode

KAKOVOST IZTOKA – fizikalne, kemijske in biološke lastnosti odpadne vode in druge tekočine, ki izteka iz bazena, rezervoarja, cevi ali čistilne naprave

KEMIJSKA POTREBA PO KISIKU, KPK – masna koncentracija ekvivalenta kisika za količino porabljenega kemijskega oksidanta ($K_2Cr_2O_7$) pri določenih razmerah

KOMUNALNA ODPADNA VODA – voda, ki nastaja v gospodinjstvu zaradi rabe vode v sanitarnih prostorih, pri kuhanju, pranju in drugih gospodinskih opravilih, ali odpadna voda, ki je po nastanku in sestavi podobna vodi po uporabi v gospodinjstvih

KONCENTRACIJA KISIKA – masa kisika, raztopljenega na volumsko enoto vode

KONDICIONIRANJE BLATA – fizikalna, kemijska, termična ali drugačna obdelava blata za boljše odstranjevanje vode iz blata

KONVENCIONALNO ČIŠČENJE – proces dobro znanega ali dobro uvedenega čistilnega procesa odpadne vode, ki je običajno sestavljen iz primarnega in sekundarnega čiščenja

LOČENI SISTEM – kanalizacijski sistem, ponavadi iz dveh kanalskih sistemov za ločeno odvajanje odpadne in padavinske vode

MEŠANI SISTEM – kanalizacijski sistem, pri katerem se hkrati po istih kanalih odvajata padavinska in odpadna voda

METANOGENE BAKTERIJE – bakterije, ki pri razgradnji organskih snovi tvorijo metan

METAZOJI – več celični organizmi

NASIČENJE S KISIKOM – koncentracija raztopljenega kisika v vodi pri ravnotežju med raztopljenim kisikom in kisikom v zraku ali čistim kisikom; odvisna je od temperature, parcialnega tlaka kisika in slanosti

NITRIFIKACIJA – oksidacija amonijevih soli do nitrita (NO_2^- ; delno oksidirana oblika dušika) in nato do nitrata (NO_3^- ; popolnoma oksidirana oblika dušika) s pomočjo bakterij

OBDELAVA BLATA – obdelava blata za reciklažo ali odlaganje z zgoščanjem, stabilizacijo, kondicioniranjem, odcejanjem, sušenjem, dezinfekcijo ali sežigom

OBREMENITEV BLATA (B_V , F/M) – breme polutantov, ki vstopajo v biološko čiščenje, na enoto mase koncentracije aktivnega blata ali hlapnih suspendiranih snovi

ODPADNA VODA – voda, ki se po uporabi ali kot posledica padavin onesnažena odvaja v javno kanalizacijo ali v vode; komunalna, industrijska in padavinska odpadna voda

ODVEČNO BLATO – blato, ki se odstrani pri procesu čiščenja z aktivnim blatom, da se prepreči čezmerna količina blata v sistemu

ONESNAŽENJE VODE – specifično poslabšanje kakovosti vode s kmetijskimi, gospodinskimi ali tehnološkimi odpadnimi vodami (vključno s termalnimi in atomskimi odpadki) do stopnje, ki ima škodljiv učinek na katerokoli koristno uporabo vode

ORGANSKI DUŠIK – dušik, ki je kemijsko vezan v organske molekule (proteini, aminokisline)

PADAVINSKA VODA – voda, ki kot posledica meteorskih padavin odteka onesnažena iz utrjenih, tlakovanih ali z drugim materialom prekritih površin v vode ali se odvaja v javno kanalizacijo

PESKOLOV – objekt za izločanje peska in podobnih trdnih mineralnih snovi iz odpadne vode; sočasno lahko odstranjuje tudi plavajoče snovi; obstajajo različne izvedbe (prezračeni peskolov, kombiniran z lovilec maščob itd.)

POPULACIJSKI EKVIVALENT; PE – enota za obremenjevanje vode, ki ustreza onesnaženju, ki ga povzroči en prebivalec na dan, in je izražena v BPK₅; 1 PE je enak 60 g BPK₅/dan

POSTOPEK Z AKTIVNIM BLATOM – postopek čiščenja odpadne vode, pri katerem se odpadna voda meša z aktivnim blatom in prezračuje; aktivno blato se pri sekundarnem čiščenju izloči iz očiščene odpadne vode in odvede kot povratno blato nazaj v prezračevalni bazen; del aktivnega blata se odstrani kot odvečno blato

POVRATNO AKTIVNO BLATO – aktivno blato, ki se izloči iz mešanice blata in vode v sekundarnem usedalniku ter se vrača v prezračevalni bazen za vzdrževanje zadostne koncentracije aktivnega blata

PREDČIŠČENJE – stopnja čiščenja z odstranjevanjem večjih delcev, peska, proda ali plavajočih snovi iz odpadne vode

PREIZKUS USEDANJA – določitev usedljivosti trdnih snovi v suspenziji z merjenjem volumna usedenih trdnih snovi glede na preostali merjen volumen vzorca v določenem času (30 min, 1 h); usedanje izražamo v mL/L

PREZRAČEVALNI (AERACIJSKI) BAZEN – bazen, v katerem se meša odpadna voda z aktivnim blatom in se prezračuje; tu poteka biološko čiščenje odpadne vode

PRIMARNI USEDALNIK – bazen, v katerem se večji del usedljivih snovi izloči iz surove odpadne vode ali že predčiščene odpadne vode

PRIMARNO BLATO – blato, izločeno iz primarnega usedalnika, ni mešano z drugimi tipi blata

PRIMARNO ČIŠČENJE – stopnja čiščenja za odstranjevanje suspendiranih snovi iz surove odpadne vode ali po predčiščenju

RAZBREMENILNIK ZA PDAVINSKO VODO – deževni bazen; bazen na čistilni napravi, namenjen hidravličnemu razbremenjevanju naprave ob velikih nalivih

RAZKROJENO BLATO – pregnito, mineralizirano blato; blato, razkrojeno v aerobnih ali anaerobnih razmerah, dokler se hlapne komponente ne odstranijo do točke, pri kateri trdne snovi relativno niso več podvržene gnitju in so neškodljive

RAZTOPLJENE TRDNE SNOVI – masna koncentracija snovi, ki ostanejo po filtraciji in izparevanju do suhega ostanka filtrata pri določenih pogojih; trdne snovi, ki se ne morejo odstraniti s filtracijo, temveč se odstranjujejo z izhlapevanjem

RAZTOPLJEN KISIK – kisik, raztopljen v tekočini, izražen v mg/L ali v odstotku nasičenosti

SEKUNDARNO (BIOLOŠKO) BLATO – blato, izločeno po sekundarni stopnji čiščenja

SEKUNDARNO ČIŠČENJE – druga stopnja čiščenja odpadnih voda, ki obsega biološko čiščenje npr. z aktivnim blatom, biološko filtracijo itd.

SEKUNDARNI USEDALNIK – bazen, v katerem se očiščena voda ločuje od aktivnega blata ali blata iz reaktorja s pritrjeno biomaso na iztoku iz prezračevalnika ali biol. filtra

SREDNJI ZADRŽEVALNI ČAS BLATA, MCRT – izračunani čas potreben za odstranitev celotne mase blata iz čistilne naprave z aktivnim blatom ob enakomernem odstranjevanju blata

STABILIZACIJA – postopek, pri katerem se organske snovi pretvorijo v snovi, ki so zelo počasi razgradljive

STAROST BLATA – izračunan čas, ki je potreben za odstranitev celotne mase blata iz prezračevalnih bazenov z enakomernim odstranjevanjem blata, upoštevajoč količino v iztoku

STRGALO – naprava za odstranjevanje usedlega ali plavajoče blata

SUROVA ODPADNA VODA – neobdelana odpadna voda

SUSPENDIRANE SNOVI, SS – neraztopljene snovi; masna koncentracija trdnih snovi v tekočini, navadno izločenih s filtracijo ali centrifugiranjem in nato določenih s sušenjem pod določenimi pogoji

SUSPENZIJA AKTIVNEGA BLATA – mešanica odpadne vode in aktivnega blata v čistilni napravi z aktivnim blatom

TEHNOLOŠKA ODPADNA VODA – odpadna voda, ki nastaja pri industrijski in obrtni dejavnosti

TERCIARNO ČIŠČENJE – je čiščenje komunalne odpadne vode po postopku, s katerim se dosega odstranjevanje dušikovih in fosforjevih snovi tako, da se dosegajo zahteve mejnih vrednosti parametrov

UČINKOVITOST – je razmerje celotnega vnosa proti celotnemu iznosu, izražena v odstotkih

USEDLJIVE SNOVI – masna koncentracija suspendiranih snovi, ki se usedajo pod določenimi pogoji

VOLUMSKI INDEKS BLATA, VIB – volumen v mililitrih, ki ga zavzame 1 g aktivnega blata po usedanju pod določenimi pogoji in po določenem času (30 min, 1 h)

ZADRŽEVALNI ČAS – čas, v katerem se zadržuje tekočina v določenem sistemu, izračunan kot količnik med prostornino in pretokom na dotoku, brez povratnih tokov

ZDRUŽBA – biocenoza; skupina organizmov, ki živijo v danem prostoru zaradi podobnih zahtev glede neživih dejavnikov in so se njihove populacije funkcionalno povezale v sistem medsebojnih razmerij

ZGOŠČEVALNIK – objekt ali naprava za zgoščanje blata in izločanje vode iz blata pod vplivom težnosti

1 UVOD

1.1 OPREDELITEV PROBLEMA

Zemljo imenujem tudi »Vodni planet«, saj voda prekriva tri četrtine njenega površja. Je ena redkih snovi, ki je na Zemlji prisotna v vseh treh agregatnih stanjih (Bat in sod., 2003). Od velikih količin vode na planetu je površinske vode – to je vode jezer, rek, mokrišč, vode v tleh in ozračju – le 0,26 odstotkov (Bat in sod., 2003). Razpoložljivost (pitne) vode je vedno vplivala na življenje ljudi, njihovo blaginjo, življenjske vzorce in navade ter na človekov odnos do voda in vodnega prostora. Da je bil pomen vode v zavesti srednjeveških Kranjcev prisoten, priča Valvasor (1689), ki pravi, da se dežela, v kateri »... se pretakata mleko in med ..., mora ponašati tudi z mnogimi rekami, potoki in studenci.« Človek z uporabo naravnih virov in svojim delovanjem že od pradavnine posega v okolje in naravne procese in jih tako spreminja. Spremembe so velikokrat, žal, negativne. Predvsem vodni viri so zaradi človekove rabe predmet količinskih sprememb, zaradi naravnih dejavnikov in raznovrstnega človekovega delovanja pa tudi kakovostnih. V Sloveniji so ogrožene vse oblike vodnih virov, tekoče vode, podzemne vode, jezera in morja (Bat in sod., 2004).

Rek pravi, da se voda očisti, če steče čez sedem kamnov. Naravna samočistilna sposobnost voda že nekaj časa ni več kos vedno večjim količinam in vedno bolj onesnaženim odpadnim vodam. Zato postajajo v želji po ohranjanju naravnega ravnotežja postopki čiščenja odpadnih voda nujni. Čistilne naprave predstavljajo najpomembnejše ukrepe za izboljševanje in ohranjanje kakovosti vodnega okolja (Urbanič in Toman, 2003). Skrb za naravo in ohranjanje kvalitete vodnega okolja se začne že pri posamezniku, ki s svojim vedenjem lahko veliko pripomore k manjšemu obremenjevanju okolja. Vendar odnos ljudi do voda in vodnega prostora kaže, da se ne zavedamo vseh posledic svojega ravnanja. Osnovni namen čistilnih naprav je zmanjševanje motenj v okolju, kamor se iztekajo odpadne vode. Učinek čiščenja čistilne naprave, kakovost sprejemnika in zdravje ljudi so odvisni od samega vodenja čistilne naprave ter od fizikalnih, kemijskih in bioloških lastnosti dotoka, ki se neprestano spreminjajo (Roš, 2001).

Biološka čistilna naprava je umetni ekosistem, v katerem skušamo samočiščenje naravnih vodotokov posnemati z namenom zmanjšanja organske obremenitve odpadne vode pred izpustom v sprejemnik (Toman, 2002). Nosilec dekompozicije je kompleksna združba, imenovana aktivno blato, ki je sestavljena iz različnih vrst bakterij, gliv in spremljajoče združbe protozojev in metazojev. Slednji odražata biotske in abiotske razmere v suspenziji aktivnega blata in ju lahko uporabimo kot indikatorski (Toman in Rejc, 1988).

Kljub temu da dogajanje temelji na bioloških procesih, se za oceno delovanja ČN še vedno večinoma uporablja kemijske in fizikalne meritve, ki podajajo le trenutno stanje, ne odražajo pa celostne podobe dogajanja v ekosistemu. Ta spoznanja so vodila k razvijanju metod, ki bi pri vrednotenju stanja ekosistemov upoštevali organizme, njihove populacije in združbe. Leta 1973 je Sladeček razvil saprobni indeks (SI), ki ga je 1980 Woodwiss razširil v EBI (Extended Biotic Index) za vrednotenje stopnje onesnaženja celinskih vodnih ekosistemih. Temu so sledile raziskave za razvoj indeksa za oceno učinkovitost delovanja ČN. Na podlagi ključnih skupin protozojev in njihove diverzitete je Madoni leta 1993 razvil indeks, imenovan biotski indeks blata (Sludge Biotic Index), s katerim ocenjujemo kakovost aktivnega blata in učinkovitost delovanja čistilne naprave.

1.2 NAMEN IN HIPOTEZE

Namen naloge je bil spoznati delovanje biološke čistilne naprave, izmeriti fizikalne in kemijske parametre ter določiti biotski indeks blata in diverzitetni indeks. Poleg tega smo želeli določiti strukturo združbe v aktivnem blatu v daljšem časovnem obdobju, določiti učinkovitost delovanja Centralne čistilne naprave Ajdovščina in predlagati merljive biološke parametre za redno spremljanje delovanja ČN.

Naše hipoteze so bile, da je delovanje Centralne čistilne naprave Ajdovščina glede na fizikalne in kemijske parametre dobro, da pa spremljanje združbe organizmov, daje boljšo predstav o dogajanju v aktivnem blatu. Pri čiščenju odpadne vode imajo protozoji in metazoji pomembno vlogo in so uporabni kot bioindikatorji učinkovitosti čiščenja odpadne vode. Predpostavljamo, da je biotski indeks blata primerna metoda za spremljanje združbe blata in delovanja ČN ter da je primerna za redno spremljanje delovanja ČN.

2 TEORETIČNE OSNOVE IN PREGLED OBJAV

2.1 ČISTILNA NAPRAVA

2.1.1 Pojmi

Po Uredbi o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih vod v vode in javno kanalizacijo (2005) je čistilna naprava naprava za obdelavo odpadne vode, ki zmanjšuje ali odpravlja njeno onesnaženost. Čistilne naprave predstavljajo najpomembnejše ukrepe za izboljševanje in ohranjanje kakovosti vodnega okolja. Njihov namen je zmanjševanje motenj v okolju z zagotavljanjem procesov razgradnje snovi, odstranjevanja suspendiranih snovi, patogenov in toksičnih snovi (Urbanič in Toman, 2003).

Odpadna voda je voda, ki se po uporabi ali kot posledica padavin onesnažena odvaja v javno kanalizacijo ali v vode. Ločimo različne tipe odpadne vode.

Komunalna odpadna voda je voda, ki nastaja v bivalnem okolju gospodinjstev zaradi rabe vode v sanitarnih prostorih, pri kuhanju, pranju in drugih gospodinskih opravilih. Komunalna odpadna voda je tudi voda, ki nastaja v stavbah v javni rabi, tista voda, ki nastaja kot tehnološka odpadna voda v proizvodnji ali storitveni dejavnosti ali pri kakršnikoli dejavnosti, če je po nastanku in sestavi podobna vodi po uporabi v gospodinjstvu. Komunalne odpadne vode so tudi mešanice tehnoloških in padavinskih vod s komunalno odpadno vodo, ki ustrezajo določilom 13.1 točke 2. člena Uredbe o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih vod v vode in javno kanalizacijo (2005).

Tehnološka odpadna voda je voda, ki nastaja predvsem pri uporabi v industriji, obrtni ali obrti podobni ter drugi gospodarski dejavnosti in po nastanku ni podobna komunalni odpadni vodi. Tehnološka odpadna voda je tudi voda, ki nastaja pri uporabi v kmetijski dejavnosti, ter zmes tehnološke odpadne vode s komunalno ali padavinsko odpadno vodo ali z obema, če se pomešane vode po skupnem iztoku odvajajo v javno kanalizacijo ali v vode (Uredba o emisiji snovi in toplote ..., 2005).

Padavinska odpadna voda je voda, ki kot posledica meteorskih padavin odteka onesnažena iz utrjenih, tlakovanih ali z drugim materialom prekritih površin v vode ali se odvaja v javno kanalizacijo (Uredba o emisiji snovi in toplote ..., 2005).

Glede na vrsto odpadne vode, ki doteka na čistilno napravo ločimo komunalne, industrijske in skupne čistilne naprave. Komunalna čistilna naprava je čistilna naprava za komunalno odpadno vodo ali za mešanico komunalne in padavinske odpadne vode. Mala komunalna čistilna naprava je naprava za obdelavo komunalne odpadne vode z zmogljivostjo čiščenja manjšo od 2.000 PE. Industrijska čistilna naprava je čistilna naprava za tehnološko odpadno vodo ene ali več industrij, v katerih poteka isti ali več različnih tehnoloških procesov. Če se tehnološka odpadna voda odvaja v javno kanalizacijo, je industrijska čistilna naprava namenjena predčiščenju tehnološke odpadne vode. Skupna čistilna naprava je čistilna naprava za mešanico komunalne ali padavinske odpadne vode ali obeh z tehnološko odpadno vodo, pri kateri delež obremenitve čistilne naprave, ki jo povzroča tehnološka odpadna voda ene ali več industrij, presega 50 %, merjeno s KPK. Poznamo tudi čistilne naprave padavinske odpadne vode (Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih vod v vode in javno kanalizacijo, 2005; Uredba o spremembah in dopolnitvah Uredbe o emisiji snovi in toplote ..., 2007).

2.1.2 Delovanje bioloških čistilnih naprav in Centralna čistilna naprava Ajdovščina

Čiščenje odpadnih vod poteka na osnovi fizikalnih, kemijskih in biotskih procesov, ki jih uporabljamo posamič ali skupaj, odvisno od vrste in količine odpadne vode in njihove obremenitve. Za čiščenje biotsko razgradljivih ali delno biotsko razgradljivih odpadnih vod so biološke čistilne naprave najboljša ekološka rešitev, saj je biološko čiščenje podobno kroženju snovi in pretoku energije v vodnem okolju. V osnovi delimo biološko čiščenje v tri stopnje: primarno, sekundarno in terciarno, vendar obstajajo danes mnoge različice in tehnološke izvedbe osnovnih metod (Urbanič in Toman, 2003).

2.1.2.1 Osnovni podatki o Centralni čistilni napravi Ajdovščina

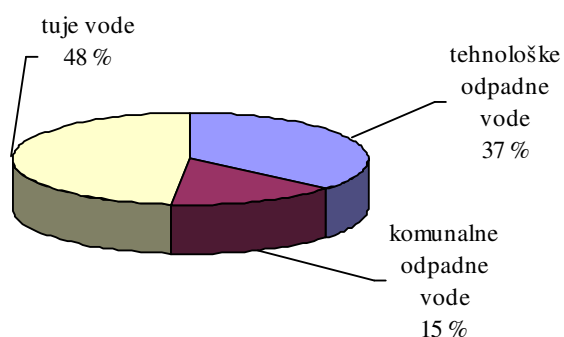
Centralna čistilna naprava Ajdovščina (v nadaljevanju CČN Ajdovščina) je mehanska in biološka čistilna naprava. Po Uredbi o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih vod v vode in javno kanalizacijo (2005) je komunalna čistilna naprava. Predčiščenju sledi primarna, tej pa sekundarna stopnja čiščenja odpadne vode. Terciarna stopnja čiščenja se na CČN Ajdovščina ne izvaja.

Z obratovanjem je CČN Ajdovščina pričela leta 1981. Zaradi nedoseganja zakonskih normativov za iztok iz čistilne naprave je upravljavec CČN Ajdovščina – Komunalno stanovanjska družba Ajdovščina – leta 1997 pristopil k sanaciji. V letu 1998 so izdelali tehnično dokumentacijo in pridobili gradbeno dovoljenje. Rekonstrukcijo naprave so pričeli v letu 1999 in je trajala do leta 2004. Zajemala je rekonstrukcijo črpališča dotoka na CČN, peskolova, lovilca maščob, kompresorske postaje, primarnih bazenov, prezračevalnih bazenov, črpališča primarnega blata in gnilišč. Na novo so zgradili deževni bazen, objekt za dehidracijo blata, sekundarni usedalnik, postajo za sprejem gošč, plinohran, plinsko baklo, garažo ter merilno mesto za merjenje količine iztoka iz ČN. V juniju 2005 so pričeli izvajati poskusno obratovanje in junija 2006 je Centralna čistilna naprava Ajdovščina pridobila uporabno dovoljenje (Poročilo o obratovanju čistilnih naprav in kanalizacije v letu 2006, 2006).

CČN Ajdovščina je zgrajena za obremenitev 42.000 PE. V letu 2006 se je obremenitev čistilne naprave gibala od 5.292 in 55.460 PE, povprečno pa 16.599 PE, kar pomeni, da je bila CČN Ajdovščina v povprečju obremenjena 40 %. V letu 2006 so očistili 1.805.896 m³ odpadnih vod, od tega 37 % (656.860 m³) tehnoloških in 15 % (274.302 m³) komunalnih odpadnih vod iz gospodinjstev, preostalih 48 % (874.053 m³) predstavljajo meteorne in tuje vode, ki so na napravo pritekale stalno ali ob večjih nalivih (Slika 2). Povprečni hidravlični zadrževalni čas na napravi je bil v letu 2006 38 ur (Poročilo o obratovanju ČN ..., 2006). Največji delež tehnoloških odpadnih vod sta prispevala Fructal (28 %) in Tekstina (23 %), preostalo pa še Mlinotest, Lipa, Primorje, Incom in druga industrija.



Slika 1: Zračni posnetek Centralne čistilne naprave Ajdovščina.



Slika 2: Prikaz deležev tehnoloških, komunalnih in tujih odpadnih vod, ki so se čistile na CČN Ajdovščina v letu 2006.

Odpadne vode Tekstine so močno obarvane in občasno povzročajo obarvanost iztoka iz ČN nad dovoljenimi normativi. Tekstino veže Uredba o emisiji snovi in toplote ... (2005), da odpadne vode razbarva do vrednosti, ki so določene z normativom obarvanosti. V primerjavi z letom 2005 se je količina tehnoloških vod v letu 2006 zmanjšala za 15 %, kar je vidno tudi v nižji obremenitvi naprave v PE. Fructal in Tekstina imata urejeno prečiščenje lastnih odpadnih vod, in sicer Fructal egalizacijo in nevtralizacijo, Tekstina pa nevtralizacijo (Poročilo o obratovanju CČN ..., 2006).

Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz komunalnih čistilnih naprav (2007) določa, da mora biti pri obratovanju komunalne ali skupne čistilne naprave z zmogljivostjo čiščenja, enako ali večjo od 10.000 PE, zagotovljen neoviran sprejem odpadnih snovi iz greznic in blata iz komunalnih ali malih komunalnih čistilnih naprav. Na CČN Ajdovščina se v nadaljnjo predelavo sprejema fekalije iz greznic. V letu 2006 je bilo sprejetih 2.730 m³ fekalij (Poročilo o obratovanju CČN ..., 2006).

2.1.2.2 Predčiščenje

Je prva stopnja čiščenja surove odpadne vode z grabljami, peskolovom in lovilec maščob in je namenjena odstranjevanju v odpadni vodi prisotnih vej, kamenja, steklenic, koščkov kovine, stekla, plastike, krp in drugih odpadkov. Ti ovirajo zbiralni sistem, poškodujejo črpalke, mašijo cevi in zmanjšujejo volumen odpadne vode, ki teče v čistilno enoto. To se kaže kot zmanjševanje učinka čiščenja odpadne vode (Roš, 2001). Na stopnji predčiščenja je čiščenje odpadne vode predvsem mehansko.

Dovodni kanal

Ves kanalizacijski sistem v občini se konča v zbirnem kanalu, ki vodo dovaja na ČN.

Lovilec kamenja

Lovilec kamenja je nameščen v dovodnem kanalu. Je bazen, kjer se hitrost odpadne vode zmanjša, zato se večji kamni usedejo. Vsebino bazena občasno praznijo, pogostost pa je odvisna od števila deževnih dni (Poslovnik ..., 2007).

Deževni bazen

Deževni bazen je namenjen zajemu prvega vala močno onesnažene odpadne vode ob močnih nalivih in preprečuje hidravlično preobremenitev ČN. Volumen deževnega bazena je 500 m³. Ko se napolni, se voda prek iztočnega prelivnega roba preliva v reko Hubelj. Po končanem naliwu se voda črpa v vhodno črpališče ČN (Poslovnik ..., 2007).

Grablje

Iz dovodnega kanala se odpadna voda preliva prek elektromagnetnih grabelj, ki so nameščene v zaprtem objektu. Iz vode se izločajo odpadki, ki padajo v kompaktor, kjer se stisnejo in transportirajo v zabojnik, nato pa na Odlagališče nenevarnih odpadkov Dolga Poljana (Poslovnik ..., 2007).



Slika 3: Vhodno črpališče s polžastimi črpalkami. Na sliki deluje zadnja.



Slika 4: Deževni bazen.

Vhodno črpališče

V vhodnem črpališču so vgrajene tri polžaste črpalke, ki vodo dvigujejo na višji nivo do peskolova. Stalno obratuje ena črpalka z zmogljivostjo 80 L/h. Pri večjem pretoku se nivo vode v vhodnem črpališču dvigne in vklopita se še ostali dve črpalki z zmogljivostjo 80 L/h in 60 L/h (Poslovnik ..., 2007).

Peskolov in lovilec maščob

Peskolov je namenjen odstranjevanju anorganskih in organskih snovi v odpadni vodi, ki se ne naberejo na grabljah, se ne razgrajujejo ter ne razpadejo (pesek, jajčne lupine, cigaretni filtri, razne sadne koščice, semena itd.). Te snovi lahko poškodujejo strojno opremo v ČN (mašenje cevi, abrazija opreme), se usedajo v prezračevalnikih in zmanjšujejo njihovo kapaciteto. Težje snovi od vode se usedajo, ko se hitrosti toka vode zmanjša z več kot 0,6 m/s v kanalizacijskem sistemu, kjer so snovi v suspenziji, na približno 0,3 m/s v peskolovu

(Roš, 2001). Iz odpadne vode je potrebno odstraniti tudi plavajoče snovi, kot so maščobe, olja, masti in podobno, saj te otežujejo nadaljnje čiščenje. Del plavajočih snovi se usede z blatom, preostanek pa splava na površino, kjer jih odstranjujejo površinska posnemala (Roš, 2001).

V uporabi sta gravitacijski in prezračeni tipa peskolovov. Slednji se uporablja na CČN Ajdovščina in deluje tudi kot lovilec maščob. V prezračenem peskolovu stisnjen zrak, ki ga prek difuzorjev uvajajo v odpadno vodo, le-to vrtinči skozi napravo. Težji delci se usedajo, medtem ko ostajajo snovi lažje od vode v suspenziji (Roš, 2001). Volumen peskolova na CČN Ajdovščina je 110 m^3 , z zadrževalnim časom približno 30 min. Na dnu peskolova je vgrajena potopna centrifugalna črpalka, ki črpa mešanico peska in vode v napravo za ločevanje peska od vode. Pesek se skladišči in redno odvažna na Odlagališče nenevarnih odpadkov Dolga Poljana (Poslovnik ..., 2007).



Slika 5: Peskolov in lovilec maščob.



Slika 6: Ločevanje peska in vode.

2.1.2.3 Primarna stopnja čiščenja

Po Uredbi o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz komunalnih čistilnih naprav (2007) je primarno čiščenje čiščenje komunalne odpadne vode s fizikalnim ali kemičnim postopkom, ki vključuje usedanje trdnih delcev, ali drug postopek čiščenja, pri katerem se biološka potreba po kisiku v surovi odpadni vodi, izražena kot BPK_5 , pred izpustom

zmanjša za najmanj 20 % in količina neraztopljenih snovi za najmanj 50 %. S primarnim čiščenjem odstranjujemo iz odpadne vode lahko usedljive in plavajoče snovi v bazenih, skozi katere se zmanjšuje hitrost toka odpadne vode (Roš, 2001).

Primarni usedalnik

Hitrost toka vode se v primarnih usedalnikih zmanjša pod 0,3 m/s. Večina organskih in anorganskih snovi, ki imajo specifično težo večjo od vode, se v takih razmerah usede. Usedanje v primarnem usedalniku je odvisno od oblike usedalnika, hidravličnih razmer (površinska obremenitev, zadrževalni čas), lastnosti odpadne vode, lastnosti delcev (velikost, oblika, gostota delcev), temperature in tehnoloških odpadnih vod (količina, organska obremenitev). Čas zadrževanja odpadne vode mora biti pravšnji, saj pri predolgem zadrževalnem času nastanejo anoksične razmere in plini, ki dvigajo usedene delce. Usedanje je hitrejše pri višji temperaturi, saj je viskoznost vode manjša (Roš, 2001).



Slika 7: Primarni usedalnik.



Slika 8: Iztok iz primarnih usedalnikov.

Na CCN Ajdovščina sta v uporabi dva pravokotna primarna usedalnika (Slika 7) s skupno prostornino 562 m³ in zadrževalnim časom vode 3 h (Poslovnik ..., 2007). Talna strgala vodijo usedeno blato (primarno blato) v dva poglobljena lijaka v vsakem bazenu, površinska posnemala pa odstranjujejo preostale plavajoče snovi in pene. Primarno blato se iz poglobljenih lijakov usedalnika črpa v zgoščevalec blata, nato pa v primarno gnilišče (Poslovnik ..., 2007). V primarni stopnji čiščenja se iz odpadne vode odstrani 90–95 % usedljivih snovi, 50–65 % suspendiranih snovi in 20–35 % BPK₅ (Roš, 2001).

2.1.2.4 Sekundarna stopnja čiščenja

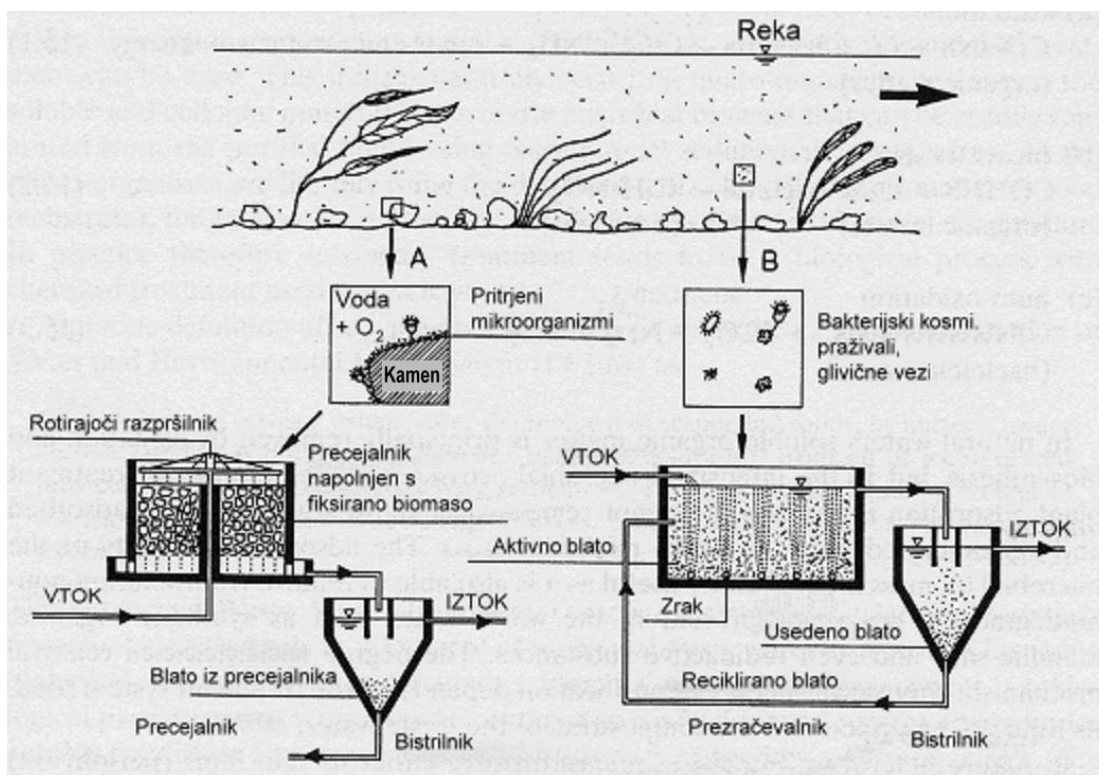
Po Uredbi o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz komunalnih čistilnih naprav (2007) je sekundarno čiščenje čiščenje komunalne odpadne vode po postopku, ki vključuje biološko čiščenje s sekundarnim usedanjem, ali drug postopek, v katerem se dosegajo zahteve mejnih vrednosti parametrov (Priloga A).

Sekundarna stopnja čiščenja vključuje predvsem biokemijske procese razgradnje. Biološko čiščenje vode lahko poteka v oksidnih ali anoksičnih razmerah. V oksidnih razmerah se organske snovi razgrajujejo aerobno, v anoksičnih razmerah pa anaerobno (Roš, 2005). Cilj postopkov je zmanjšati količino vseh organskih snovi (Urbanič in Toman, 2003) in deloma tudi hranil (dušikovih in fosforjevih spojin) prisotnih v odpadni vodi. Organske snovi in hranila v odpadni vodi služijo heterotrofnim organizmom kot vir energije in/ali kot gradniki za sintezo lastnih snovi (Roš, 2005). Proces biokemijske razgradnje in asimilacije organskih snovi potekata vzporedno, zato v čistilni napravi nastaja biomasa, ki predstavlja odvečno blato (Roš in Toman, 1992).

Aerobno biološko čiščenje posnema samočistilno sposobnost vodnih ekosistemov, vendar je tehnično izpopolnjeno in intenzivirano (Roš, 2005). Na Sliki 9 je prikazan princip samočiščenja v reki in primerjava z aerobnim biološkim čiščenjem. Samočiščenje v rekah poteka na pritrjeni podlagi, npr. na kamnih, rastlinju – perifiton (Slika 9: primer A), čistilna naprava, ki deluje na tem principu, je precejalnik (razni biofiltri ali rotirajoči biološki kontaktorji) ali v prosti vodi, kjer so mikroorganizmi razpršeni (Slika 9: primer B), čistilna naprava, ki deluje na tem principu, je naprava z aktivnim blatom (Roš, 2005).

V naravi je samočiščenje popolno, saj sodelujejo vse glavne skupine organizmov: primarni producenti, porabniki in razkrojevalci. Ker na sekundarni stopnji v bioloških čistilnih napravah skoraj ni primarnih producentov, je čiščenje nepopolno. Razgrajajo se organske snovi, poveča pa se vsebnost hranil. Izpust s hranili bogate vode bi povzročil evtrofikacijo

stoječih voda in sekundarno onesnaženje, zato se uporabljajo postopki za zmanjševanje količine hranil v očiščeni vodi (Urbanič in Toman, 2003).

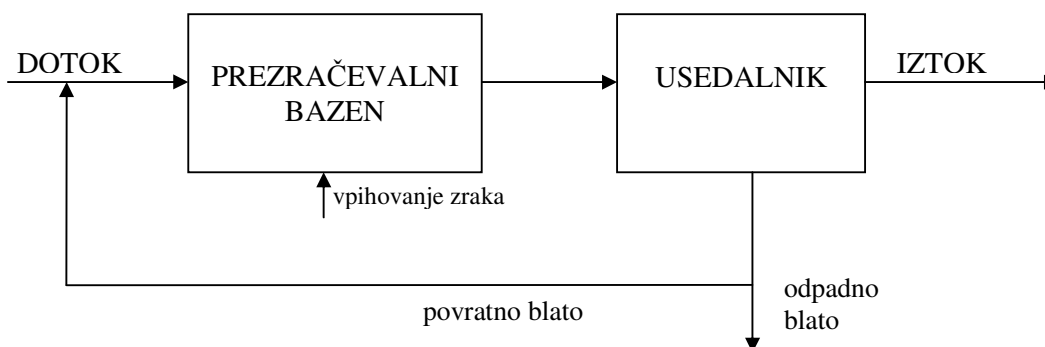


Slika 9: Shematični prikaz samočiščenja v naravi in aerobnega biološkega čiščenja (Roš, 2005: 2).

Na CČN Ajdovščina je sekundarna stopnja čiščenja aerobna. Glede na biomaso je čistilna naprava z razpršeno biomaso, ki jo imenujemo aktivno blato (angl. activated sludge). Aerobna razgradnja organskih snovi poteka v prezračevalnih (aeracijskih) bazenih, ločevanje očiščene vode in aktivnega blata pa v sekundarnih usedalnikih.

Učinkovitost ČN z aktivnim blatom je odvisna od različnih dejavnikov, in sicer od starosti blata, organske obremenitve odpadne vode, števila, vrste in uspešnosti mikroorganizmov v aktivnem blatu, hidravličnega zadrževalnega časa, alkalitete, pH, temperature, koncentracije raztopljenega kisika, hranil, prisotnosti toksičnih snovi, ustrezne tehnike

mešanja povratnega blata in črpanja aktivnega blata ter kapacitete prezračevanja in primerne vzdrževanja opreme čistilne naprave (Roš, 2001).



Slika 10: Shema aerobne čistilne naprave z aktivnim blatom.

Prezračevalni bazen

Prezračevalni bazeni obsegajo tri skupine bazenov, od katerih ima vsaka skupina po dva bazena. Prva skupina bazenov je namenjena denitrifikaciji s skupnim volumnom 466 m^3 . V vsakem bazenu je vgrajeno eno počasi vrteče se mešalo, ki meša vsebino bazenov, ter potopna črpalka, ki vrača nitratni dušik iz iztoka prezračevalnih bazenov. Druga skupina bazenov je namenjena nitrifikaciji. Na dnu bazenov je vgrajen sistem membranskih prezračevalnikov za vpihovanje zraka. V tretji skupini bazenov poteka biološki proces razgradnje z aktivnim blatom. Na dnu bazenov je vgrajen sistem membranskih prezračevalnikov. Na začetku bazenov sta nameščena dva merilnika koncentracije kisika, ki ločeno uravnavata dovod zraka v oba dela prezračevalnih bazenov. Mejna koncentracija raztopljenega kisika je med $1,2 \text{ mg/L}$ in $3,0 \text{ mg/L}$. Koncentracija kisika nad to vrednostjo učinka čiščenja bistveno ne izboljša, povečajo pa se stroški prezračevanja (Roš, 2001). Na istem mestu sta vgrajena tudi dva merilnika vsebnosti suhe snovi, ki krmilita obratovanje črpalk odvečnega blata. Mejna vrednost za vklop črpalk je približno $4,5 \text{ kg SS/m}^3$, za izklop pa $3,8 \text{ kg SS/m}^3$. Skupni volumen obeh bazenov druge in tretje skupine je 3.335 m^3 (Poslovnik ..., 2007). Z vpihovanjem zraka dovajamo organizmom kisik, potreben za aerobni metabolizem, poleg tega pa je vodna suspenzija v stalnem gibanju, kar preprečuje usedanje aktivnega blata.



Slika 11: Nitrifikacijska bazena.



Slika 12: Merilnika koncentracije kisika in suhe snovi v tretji skupini prezračevalnih bazenov.

Sekundarni usedalnik

Očiščena voda in aktivno blato iz prezračevalnih bazenov odtekata v sekundarni usedalnik. Tu se aktivno blato useda, očiščena voda pa izteka v iztočni kanal. Usedeno blato se odstranjuje iz sekundarnih usedalnikov. Del se ga vrača v prezračevalni bazen kot povratno blato za vzdrževanje zadostne koncentracije mikroorganizmov, preostalo pa se odvaja iz sistema kot presežno blato (Roš, 2001). Na CČN Ajdovščina sta zgrajena dva sekundarna usedalnika skupnega volumna 3.480 m^3 , z zadrževalnim časom vode 17 ur (Poslovnik ... 2007). Talni strgali posnemata usedeno aktivno blato proti lijakom na dnu usedalnikov. Od tu se blato preliva v črpališči povratnega in presežnega blata. Povratno blato se neprekinjeno črpa v denitrifikacijski del prezračevalnega sistema, presežno blato pa v primarni zgoščevalec blata, nato pa v primarno gnilišče. V delu sekundarnih usedalnikov je bila nenamerno nasajena vodna leča (*Lemna* sp.), ki se bujno razrašča, ker so v vodi prisotna hranila.

Očiščena voda odteka skozi objekt za UV dezinfekcijo očiščene vode proti sprejemniku – reki Hubelj. UV dezinfekcija se trenutno ne izvaja, se pa bo v primeru spremembe zakonodaje (Poslovnik ..., 2007).



Slika 13: Sekundarni usedalnik in vodna leča v ospredju.



Slika 14: Iztok iz čistilne naprave.

2.1.2.5 Terciarna stopnja čiščenja

Terciarno čiščenje je čiščenje komunalne odpadne vode po postopku, s katerim se dosega odstranjevanje dušikovih in fosforjevih snovi tako, da se dosegajo zahteve mejnih vrednosti parametrov (priloga A) (Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadne ..., 2007). Prisotnost terciarne stopnje čiščenja je večinoma odvisna od učinkovitosti čiščenja predhodnih stopenj in je nujna, ko je potrebno zmanjšati količino določenih snovi v iztoku pred izpustom v okolje. To so previsoke vrednosti BPK₅, amonija, nitratov, fosfatov ali suspendiranih snovi. V uporabi so različni biološki filtri, modificirani procesi čiščenja z aktivnim blatom za odstranjevanje nitratov in fosfatov, ionski izmenjevalci za anorganske ione in druge metode, odvisno od lastnosti delno očiščene odpadne vode. Pogosto so v terciarno stopnjo čiščenja vključene tudi rastlinske čistilne naprave z namenom odstranjevanja hranilnih snovi iz očiščene vode. Lahko predstavljajo samostojne čistilne sisteme za čiščenje komunalnih odplak, tehnoloških vod, izcednih vod iz deponij odpadkov itd. (Urbanič in Toman, 2003).

Na CCN Ajdovščina očiščena voda dosega zadovoljive parametre, zato terciarna stopnja čiščenja ni potrebna. S trsom je zasajena manjša rastlinska čistilna naprava, ki služi kot pilotna terciarna stopnja čiščenja v raziskavah.

2.1.2.6 Obdelava blata

Odvečno blato je v ČN blato iz primarnih usedalnikov in presežno aktivno blato iz sekundarnih usedalnikov (Poslovnik ..., 2007). Postopki obdelave blata so zelo različni. V splošnem so v uporabi naslednje stopnje: zgoščevanje, stabilizacija, kondicioniranje, dehidracija, ponovna uporaba ali odlaganje blata (Roš, 2001).

Primarni zgoščevalec blata

Je namenjen odstranjevanju vode iz presežnega aktivnega blata in zmanjšanju količine le-tega. Manjša kot je količina blata v gnilišču, manjši so stroški ogrevanja, prostor v gnilišču je bolj ekonomično porabljen, manj je supernatanta, ki ga je potrebno ponovno čistiti in izboljša se delovanje gnilišča (Roš, 2001). Na CČN Ajdovščina se presežno aktivno blato črpa v zgoščevalec s prostornino 170 m³. Blato se zgošča, supernatant pa vodi v interno kanalizacijo in vrača v proces čiščenja. Blato se zgosti na približno 25 kg SS/m³ in črpa v napravo za strojno predzgoščanje blata, nato pa v primarno gnilišče (Poslovnik ..., 2007).

Gnilišča

Naslednja stopnja pri obdelavi blata je stabilizacija in zmanjševanje organskih snovi v blatu. Organske snovi se pretvorijo v počasi razgradljive snovi, ki se jih nato odlaga ali ponovno uporabi. Poznamo več procesov stabilizacije blata: anaerobna, aerobna presnova in nizkotlačna oksidacija (Roš, 2001).

V CČN Ajdovščina je v uporabi anaerobna presnova, ki poteka v anaerobnih gniliščih (digestorjih). Procesi potekajo v odsotnosti kisika, konstantni temperaturi (32–37°C), pH in obremenitvi z blatom. Anaerobno presnovo opravljata dve skupini bakterij. Prvo stopnjo v procesu opravijo kislinske bakterije, ki razgrajujejo organske snovi v nižje organske kisline. V drugi stopnji pa metanogene bakterije porabljajo nastale organske kisline in proizvajajo bioplin. Slednje so zelo občutljive, zato je za pravilno delovanje anaerobnega gnilišča bistvenega pomena vzdrževanje optimalnih razmer za njihovo rast in razmerja med metanogenimi in kislinskimi bakterijami, sicer se sistem lahko poruši (Roš, 2001). Bioplin je produkt presnove metanogenih bakterij. Sestavljen je iz CH₄ (65 %), CO₂ (30 %), H₂, H₂S, NH₃ ... (Roš, 2001).

V gnilišču je oprema za mešanje, ki homogenizira suspenzijo blata, razbija peno, ki se nabira na površini, enakomerno razporeja toploto po gnilišču, prepreči tvorbo mrtvih kotov in meša mikroorganizme ter blato. Ko se mešanje ustavi, se suspendirane snovi usedejo, nad njimi se nabere supernatant, ki se vrača v proces čiščenja (Roš, 2001). V uporabi so dvostopenjska in enostopenjska gnilišča. Na CČN Ajdovščina je dvostopenjsko gnilišče sestavljeno iz dveh reaktorjev s kapaciteto 1.600 m^3 in zadrževalnim časom blata 23 dni (Poslovnik ..., 2007). V prvem reaktorju ali primarnem gnilišču poteka anaerobna presnova, segrevanje in mešanje. Tu se razgradi večina blata in nastane približno 90 % bioplina. Drugi reaktor ali sekundarno gnilišče se uporablja kot usedalnik, kjer se usedljive snovi ločijo od supernatanta, nadaljujeta se tako razgradnja kot stabilizacija blata.



Slika 15: Dvostopenjsko gnilišče.

2.1.2.7 Plinohran

Bioplin, ki nastaja v gnilišču, se vodi v plinohran. Uporablja se ga kot gorivo za ogrevanje gnilišč ali upravnih prostorov, višek plina pa se zažge v plinskih gorilnikih (baklah). Odvajanje plina mora biti redno in zadostno, sicer v gnilišču naraste tlak in pride do uhajanja CH_4 , ki je v 5 do 15-odstotni koncentraciji eksploziven (Roš, 2001). Na CČN Ajdovščina se bioplin odvaja prek peščenega in finega filtra v nizkotlačni membranski plinohran z zaščitnim ohišjem iz emajlirane pločevine s kapaciteto 250 m^3 . Bioplin se

uporablja za ogrevanje gnilišč, višek se zažge na plinski bakli. Proizvodnja bioplina je majhna in je v primeru minimalne obremenitve ČN na spodnji meji rentabilnosti (Poslovnik ..., 2007).

2.1.2.8 Kondicioniranje in dehidracija blata

S kondicioniranjem blata se izboljšuje kakovost blata (koagulacija blata, sproščanje vezane vode). Kondicioniranje blata je lahko mehansko, termično ali kemično. Pristop je odvisen od lastnosti blata in predhodnih postopkov čiščenja.

Na CČN Ajdovščina je v uporabi kemično kondicioniranje, pri katerem se uporabljajo železov sulfat (FeSO_4) in apneno blato. Blato se iz gnilišč črpa v sekundarni zgoščevalec blata z volumnom 170 m^3 . Zgoščeno blato, apneno blato (20 do 26-odstotna raztopina) in FeSO_4 se črpajo v reakcijsko posodo, kjer se premešajo, nato pa v komorno filterno stiskalnico, kjer se blato zgošča na približno 40 % suhe snovi (Poslovnik ..., 2007). V stiskalnici se vzpostavi visok tlak (1.380–1.730 kPa), ki iz suspenzije iztisne vodo. Ciklus delovanja stiskalnice je od 1,5 do 4 ur (Roš, 2001). Stisnjeno blato v obliki pogač izpada na transportno vozilo in se transportira na Odlagališče nenevarnih odpadkov Dolga Poljana, filtrat pa se vodi v interno kanalizacijo in vrača v postopek čiščenja (Poslovnik ..., 2007). V letu 2006 je bilo iz procesa čiščenja izločenih 1.617 t blata, s povprečno 35,2 % suhe snovi (Poročilo o obratovanju ČN ..., 2006).

2.1.2.9 Kakovost iztoka

Iztok iz ČN vpliva na kakovost vodnega telesa, v katerega se izteka. Potrebno je spremljati stanje sprejemnika. Vrednotenje kakovosti voda predstavlja celoten proces vrednotenja fizikalnih, kemijskih in biotskih značilnosti vode glede na človeške vplive in predvideno rabo (Urbanič in Toman, 2003). Slovenska zakonodaja je glede kakovosti površinskih vodotokov do leta 2002 predpisovala razvrščanje rek v štiri kakovostne razrede. To je bil tako imenovani kombinirani način ocenjevanja, saj je bila skupna ocena kakovosti izdelana na podlagi osnovnih fizikalnih, kemijskih analiz, analiz težkih kovin, organskih polutantov, mikrobioloških in saprobno-bioloških analiz. Na osnovi rezultatov naštetih analiz so

določili skupno oceno kakovosti površinskega vodotoka za vsako posamezno merilno mesto za določeno leto, ob upoštevanju hidrometeoroloških razmer ob vzorčenjih (Kakovost površinskih vodotokov, 2008).

V letu 2002 je vlada izdala Uredbo o kemijskem stanju površinskih voda, s katero se površinske vode, v skladu z zahtevami Okvirne vodne direktive glede na vsebnost nevarnih snovi, nitratov in sulfatov, uvršča v dobro oziroma slabo kemijsko stanje. Vrednotenje ekološkega stanja predstavlja merjenje različnosti strukture in funkcije opazovanega ekosistema od naravnega referenčnega stanja. Elementi, na podlagi katerih se določa ekološko stanje rek, so biološki elementi kakovosti (BEK): fitobentos, makrofiti, bentoški nevretenčarji in ribe ter podporni fizikalni, kemijski in hidromorfološki elementi. Za BEK je potrebno pripraviti sistem vrednotenja, ki bo omogočal razlikovanje petih razredov ekološkega stanja: od zelo dobrega, dobrega, zmernega, slabega do zelo slabega stanja (Program spremljanja ekološkega in kemijskega stanja rek, 2008). Skupna ocena kakovosti površinskih voda bo namreč v skladu z Okvirno vodno direktivo na osnovi hidromorfološkega, kemijskega in ekološkega stanja razvrščena v pet kakovostnih razredov.

Iztok CCN Ajdovščina teče v reko Hubelj. Ocena kemijskega stanja, ocena biološke kakovosti in skupna ocena kakovostnega razreda (star način razvrščanja) za reko Hubelj na merilnih mestih izvir in Ajdovščina v obdobju od leta 2000 do 2006 je predstavljena v Preglednici 1. Merilno mesto Ajdovščina je za iztokom iz CCN Ajdovščina.

Preglednica 1: Ocena kemijskega stanja, ocena biološke kakovosti in ocena kakovostnega razreda za reko Hubelj na merilnih mestih izvir in Ajdovščina v obdobju od 2000 do 2006 (ARSO).

leto	2000		2001		2002			2003			2004		2005		2006	
	SI	kr	SI	kr	ks	SI	kr	ks	SI	kr	ks	SI	ks	SI	ks	SI
izvir	1	2	1	1	D	1	1-2	–	–	–	D	1	D	1	D	–
Ajdovščina	2-3	3	3	3	D	3	3	D	3	3	D	2-3	D	2	D	2

LEGENDA:

SI – saprobni indeks stanja (biološka ocena)

kr – skupna ocena za kakovostni razred po starem načinu razvrščanja v štiri kakovostne razrede

ks – ocena kemijskega stanja na posameznem merilnem mestu

D – dobro kemijsko stanje

/ – ni podatka

Rezultati analiz vzorcev iztoka kažejo, da naprava dobro obratuje in da so vrednosti parametrov pod normativi. Podatki za leto 2006 so prikazani v Preglednici 2.

Preglednica 2: Vrednosti parametrov na dotoku in iztoku iz ČČN ter učinek čiščenja (Poročilo o obratovanju ČČN ..., 2006: 5).

parameter	dotok	iztok	normativ za iztok	učinek čiščenja (%)
pH	7,6	7,6	6,5–9,0	–
KPK (mg/L)	403	33	110	91
BPK ₅ (mg/L)	211	7,4	20	96
nerazt. snovi (mg/L)	202	18	35	90

2.1.2.10 Kanalizacijski sistem

Kanalizacija je omrežje kanalskih vodov, kanalov in jarkov ter z njimi povezanih naprav, ki se povezujejo v kanalizacijsko omrežje in s pomočjo katerega se zagotavlja odvajanje odpadne vode iz stavb ali ločeno od njih oziroma skupaj z njimi tudi padavinske vode s streh in utrjenih, tlakovanih ali z drugim materialom prekritih površin (Uredba o emisiji snovi ..., 2005). Kanalizacijski sistem in ČČN sta enoten sistem. Zato se nepravilnosti v prvem odražajo v delovanju drugega. Prevelike količine tujih vod (meteornih) predstavljajo za ČČN hidravlično obremenitev, saj redčijo odpadno vodo. V ta namen je na ČČN Ajdovščina zgrajen deževni bazen, ki ob nalivih zadrži prvi val onesnažene vode.

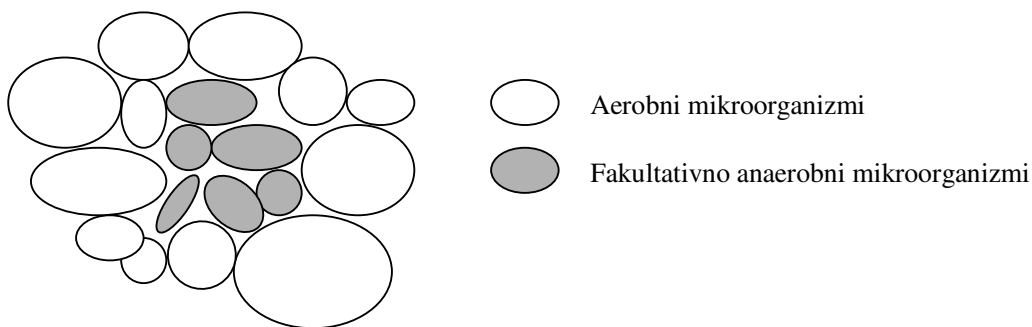
KSD upravlja s kanalizacijskim omrežjem v občini Ajdovščina, na katerega je priključenih približno 95 % prebivalcev. Kanalizacijski sistemi v drugih naseljih v občini so v upravljanju krajevnih skupnosti. Kanalizacijski sistem v mestu Ajdovščina je v večini mešanega tipa. V večjem delu je dotrajan in nevodotesen, kar se vidi iz količine tujih vod, ki dotekajo na ČČN (Slika 2). Občina Ajdovščina je šele v zadnjem obdobju pristopila k

izgradnji ločenih sistemov, kjer je za meteorne vode zgrajeno posebno omrežje, in se tako ne mešajo s komunalno vodo (Poročilo o obratovanju ČN ..., 2006).

2.2 PREGLED OBJAV

2.2.1 Aktivno blato

Aktivno blato je biološka masa, ki se proizvede med čiščenjem odpadne vode z rastjo mikroorganizmov v oksidnih ali anoksičnih razmerah (SIST EN 1085:2001). Osnovni del združbe aktivnega blata je kosem ali flokul. Površino kosma poseljujejo aerobni mikroorganizmi, njegovo notranjost pa zaradi lokalnih anoksičnih razmere fakultativno anaerobni mikroorganizmi (Slika 16). Najpogosteje se na kosmih pojavlja izkosmičena bakterija *Zoogloea ramigera*, ki tvori zametke kosmov. Tekočino, ki obdaja kosme, imenujemo intersticijska tekočina in jo naseljujejo dispergirane bakterije ter organizmi spremljajoče združbe (Urbanič in Toman, 2003).



Slika 16: Shematski prikaz kosma aktivnega blata.

Življenjsko združbo suspenzije aktivnega blata lahko ekološko razdelimo na razgrajevalce in porabnike (Urbanič in Toman, 2003). Zaradi pomanjkanja svetlobe so v suspenziji primarni producenti zelo redki (Roš, 2001). Razgrajevalci so bakterije in glive, ki razgrajujejo v vodi prisotne organske snovi. Bakterije so razpršene (dispergirane), nitaste (filamentozne) in že omenjene izkosmičene (flokulirane). Celice razpršenih in nitastih

(*Sphaerotilus* sp.) bakterij se zaradi majhne specifične teže v sekundarnih usedalnikih težje usedajo in lahko iztekajo z očiščeno vodo iz ČN ali povzročajo napihovanje blata in zmanjšujejo učinkovitost čiščenja ČN (Urbanič in Toman, 2003).

Porabniki so organizmi spremljajoče združbe, ki se v čiščenje vključujejo posredno. Njihova primarna vloga je kontrola populacij dispergiranih bakterij, s katerimi se prehranjujejo (Curds in sod., 1968), poleg tega se hranijo z organskimi snovmi v odpadni vodi in do 30 % sodelujejo pri njihovem primarnem odstranjevanju (Curds, 1973). Spremljajoča združba je zelo raznolika. Sestavljajo jo različne skupine praživali (Protozoa) (bičkarji, migetalkarji, korenonožci), kotačniki (Rotatoria), maloščetinci (Oligochaeta) in gliste (Nematoda) (Urbanič in Toman, 2003). Prevladujejo tiste vrste, ki lahko živijo v močno organsko obremenjenem okolju (Roš in Toman, 1992).

Vrstna pestrost in gostota organizmov spremljajoče združbe sta odvisni od razmer v suspenziji aktivnega blata. V aerobnih bioloških ČN je zaradi intenzivne razgradnje in odsotnosti primarnih producentov poraba kisika velika in lahko pride do anoksičnih razmer. Uvajanje kisika v sistem je nujno za ohranjanje aerobnega metabolizma organskih snovi (Roš in Toman, 1992). Na pomanjkanje raztopljenega kisika so občutljivi organizmi spremljajoče združbe, predvsem ciliati in rotatoriji (Roš in Toman, 1992). Nekateri organizmi spremljajoče združbe (Nematoda, Oligochaeta) in nitrifikacijske bakterije potrebujejo za svoj razvoj starejše blato, zadostne koncentracije dušika in ogljika v odpadni vodi ter se zato pojavljajo v nižjih gostotah (Roš, 2001).

2.2.2 Vloga protozojev

Organizmi spremljajoče združbe favorizirajo različne razmere v aktivnem blatu. Pomembni so kot indikatorji stanja v ČN in iz njihove prisotnosti, pogostosti in sprememb v združbi lahko sklepamo na okoljske, tehnološke, fizikalne in kemijske parametre ter spremljamo delovanje biološke čistilne naprave.

2.2.2.1 Protozoi kot bioindikatorji delovanja čistilne naprave

Indikatorski organizem je tisti, ki ga zaradi občutljivosti ali tolerance na različne vire onesnaženja ali posledice onesnaženja izberemo za vrednotenje stanja nekega okolja (Urbanič in Toman, 2003). Prisotnost organizma odraža toleranco na dane ekološke razmere (Urbanič in Toman, 2003). Najboljši indikatorji so tisti organizmi, ki imajo ozko ekološko toleranco, saj njihova prisotnost najbolj odraža razmere v okolju.

Na vsako vrsto delujejo različni biotski in abiotski dejavniki, ki vplivajo na njeno uspešnost v okolju. Vrsta najbolj uspeva v optimalnem območju svoje tolerančne krivulje, ki pa ni nujno enaka za vse dejavnike (Salvado, 1994). Povečanje gostote vrste kaže, da je nek parameter v optimalnem območju njene tolerančne krivulje. V raziskavi so Salvado in sod. (1995) opazili povezavo med visoko gostoto ciliatov in določenimi vrednostmi BPK₅ in raztopljenih snovi v iztoku. Vendar je pri interpretaciji rezultatov potrebno poznati in upoštevati biološke lastnosti vrste (Salvado, 1994). Ne moremo vedno povezati spremembe gostote ciliatov z določenim parametrom, saj je lahko posledica vpliva drugih abiotskih ali biotskih dejavnikov (Salvado in sod., 1995).

Protozoi kot indikatorji kvalitete iztoka glede na BPK₅

Dobri indikatorji kvalitete iztoka so stenosaprobne vrste, ki se pojavljajo le v ozkem saprobnem območju (Sartory, 1976). Madoni (1994) in Salvado s sod. (1995) predlagajo kot bioindikatorje slabe kvalitete iztoka vrste *Vorticella microstoma*, *Uronema nigricans* in *Opercularia* sp., saj so bile v aktivnem blatu dominantne ob visokih vrednostih BPK₅ v iztoku. Ginoris in sod. (2007) navajajo še rodove *Opercularia* sp., *Trachelophyllum* sp. in *Vorticella microstoma*. Bioindikatorja dobre kvalitete iztoka sta vrsti *Vorticella campanula* in *Chilodonella uncinata*, saj njuno število v aktivnem blatu upade, če je BPK₅ iztoka visok (Lee in sod., 2004). Ginoris in sod. (2007) navajajo kot indikatorje dobre kvalitete iztoka še rodove *Arcella* sp., *Carchesium* sp., *Epistylis* sp., *Euglypha* sp., *Euplotes* sp., *Peranema* sp., *Trithigmostoma* sp., *Trochilia* sp., *Vorticella aquadulcis* in *Zoothamnium* sp. Zhou in sod. (2006) v raziskavi odkrivajo visoko korelacijo med populacijami *Vorticella convallaria* in *Arcella hemisphaerica* ter dobrim delovanjem ČN. Salvado in

sod. (1995) kot dobre indikatorje navajajo še *Acineta tuberosa*, *Euplotes* sp. in *Zoothamnium* sp.

Kljub navedbam, je indikatorska vrednost protozojev omejena s številnimi dejavniki. Združba je odvisna od organskih snovi v iztoku, količine raztopljenega kisika, srednjega zadrževalnega časa, odnosov z ostalimi vrstami združbe, poleg tega je sposobna tolerirati različne okoljske razmere (Salvado in sod., 1995). Salvado in sod. (1995) navajajo, da so ciliati dobri indikatorji kvalitete iztoka med 4 in 18 mg/L BPK₅ iztoka. Zunaj teh vrednosti točne napovedi niso možne. Ko je vrednost BPK₅ iztoka nad 30 mg/L, so ciliati redki (< 1.000 org./mL) ali odsotni (Curds in Cockburn, 1970).

Protozoji kot indikatorji vsebnosti raztopljenega kisika

Že Brick (1972) navaja vrste, ki lahko preživijo določen čas pri koncentraciji kisika pod 1,0 mg/L, in sicer *Aspidisca costata*, *Colpidium colpoda*, *Cyclidium citrullus*, *Vorticella microstoma* in *Glaucoma scintillans*. Madoni in sod. (1993) ugotavljajo, da je vrsta *Vorticella microstoma* tolerantna na nizke vsebnosti raztopljenega kisika, Lee in sod. (2004) pa navajajo še rodova *Carchesium* sp. in *Opercularia microdiscus*. Rodova *Opercularia* sp. in *Vorticella microstoma* preživita pri koncentracijah kisika 0,5–0,2 mg/L (Ginoris in sod., 2007). Za obstoj spremljajoče združbe so najbolj omejujoči toksični produkti anaerobne razgradnje, posebej vodikov sulfid in amonij. Večina ciliatov odmre že pri koncentraciji H₂S med 8,0 in 16,0 mg/L (Toman in sod., 1988). Ginoris in sod. (2007) kot indikatorje dobre prezračenosti blata (nad 1,0–2,0 mg/L) navajajo rodove *Carchesium* sp., *Arcella* sp., *Euglypha* sp., *Trochilia* sp., *Vorticella aquadulcis* in *Zoothamnium* sp., Lee in sod. (2004) pa tudi *Euplotes* sp. Toman (2002) navaja, da so pri koncentraciji kisika pod 3,0 mg/L dominantni *Vorticella microstoma* in majhni flagelati, ko je koncentracija kisika nad 3,0 mg/L pa *Vorticella convalaria* in ostali pritrjeni ciliati.

Protozoji kot indikatorji volumnskega indeksa blata

Karnivori (*Litonous lamella* in *Amphileptus* sp.) in prosto plavajoči ciliati kažejo na slabo, rod *Vorticella* sp. pa na dobro usedljivost aktivnega blata (Lee in sod., 2004). Vrednosti VIB nad 200 mL/g so značilne za napihujoče blato, nizko gostoto spremljajoče združbe in odsotnost ameb s hišico (rod *Arcella*) (Toman, 2002).

Protozoji kot indikatorji nitrifikacije

Na nitrifikacijo v aktivnem blatu lahko sklepamo iz prisotnosti rodov *Carchesium* sp., *Arcella* sp., *Coleps* sp., *Epistylis* sp., *Euplotes* sp. in *Trochilia* sp. (Ginoris in sod., 2007).

Protozoji kot indikatorji starosti blata

Indikatorji starega blata so vrste *Aspidisca cicada*, *Chilodonella* sp. in *Vorticella striata* (Lee in sod., 2004). V blatu, ki je starejše od 20 dni, se pojavljata rodova *Arcella* sp. in *Euglypha* sp. (Ginoris in sod., 2007). Prisotnost taksonov *Peranema* sp. in *Vorticella microstoma* kaže na sveže aktivno blato, staro le nekaj dni (Ginoris in sod., 2007).

Protozoji kot indikatorji obremenitve blata

Visoko obremenitev blata nakazujejo številčni flagelati, amebe s hišico in prosto plavajoči ciliati. Dominantnost pritrjenih ciliatov in metazojev pa kaže na nizko obremenitev blata (Ginoris in sod., 2007). Lee in sod. (2004) v raziskavi ugotavljajo, da so plezajoči ciliati (*Aspidisca cicada*, *Chilodonella* sp.) indikatorji nizke obremenitve blata.

2.2.3 Vloga metazojev

Izraz metazoji združuje različne taksone večceličnih organizmov: Rotatoria (Digononta in Monogononta), Nematoda, Oligochaeta (družine: *Aeolosomatidae*, *Naididae* in *Tubificidae*), Gastrotricha, Tarigrada. Prisotne so večinoma vrste z življenjskim ciklom, ki je krajši od zadrževalnega časa blata. Metazoji vplivajo na kvaliteto iztoka iz ČN in so pomemben člen čistilnega procesa, saj se prehranjujejo z bakterijami in/ali protozoji, tako zmanjšujejo produkcijo odvečnega blata in nižajo stroške delovanja ČN (Liang in sod., 1984). Za optimalno delovanje ČN je nujo pravilno ravnotežje med plezajočimi in pritrjenimi ciliati ter metazoji (Ginoris in sod., 2007).

2.2.3.1 Metazoji kot bioindikatorji delovanja čistilne naprave

Metazoji kot indikatorji kvalitete (BPK₅) iztoka

Ginoris in sod. (2007) navajajo kot indikatorje dobre kvalitete iztoka rod *Aelosoma* sp. in red Monogononta.

Metazoji kot indikatorji vsebnosti raztopljenega kisika

Razred Nematoda kaže na slabo prezračенost aktivnega blata (pod 0,2–0,5 mg/L), medtem ko sta rod *Aelosoma* sp. in red Monogononta indikatorja zadostne prezračенosti (nad 1,0–2,0 mg/L) (Ginoris in sod., 2007). Roš in Toman (1992) sta v raziskavi ugotovila, da se rotatoriji težje prilagajajo spremembam (pomanjkanje kisika, spreminjanje sestave substrata), ker so med njihovim poskusom izginili iz združbe.

Metazoji kot indikatorji starosti blata (zadrževalnega časa)

Številčnejše populacije rotatorijev nakazujejo starejše blato (Sket, 2003). Ginoris in sod. (2007) navajajo, da so indikatorji starejšega blata (nad 20 dni) tudi rod *Aelosoma* sp. in redova Digononta in Monogononta.

Metazoji kot indikatorji nitrifikacije

Na nitrifikacijo v aktivnem blatu lahko sklepamo iz prisotnosti *Aelosoma* sp. in reda Monogononta (Ginoris in sod., 2007). Puigagut in sod. (2007) navajajo, da je koncentracija NH_4^+ in NO_3^- dušika v iztoku narasla, ko se je številčnost metazojev povečala nad 400 org./mL. Metazoji se prehranjujejo tudi s kosmi oz. strgajo z njih bakterije in jih tako drobijo. V manjših kosmih je manj anoksičnih razmer, potrebnih za denitrifikacijo, ki se zmanjša, posledica pa je večja količina nitratnega dušika v iztoku (Puigagut in sod., 2007).

2.2.4 Razmere, ki vplivajo na prisotnost in gostoto spremljajoče združbe

2.2.4.1 Vpliv pomanjkanja kisika na organizme spremljajoče združbe

Za učinkovito aerobno razgradnjo organskih snovi sta nujno potrebni zadostna koncentracija raztopljenega kisika in adaptirana biomasa (Roš in Toman, 1992). Aerobni organizmi porabljajo raztopljeni kisik za lastno respiracijo (endogeni privzem) ter za razgradnjo organskih snovi (eksogeni privzem). V prezračevalnih bazenih bioloških ČN lahko pride do začasnih pomanjkanj kisika zaradi pokvarjene opreme ali izpadov elektrike. Pomanjkanja kisika in pojav toksičnih produktov (H_2S) povzročijo spremembe v združbi aktivnega blata in vplivajo na učinek čiščenja (Roš in Toman, 1992).

Roš, Toman in Dular (1988) so raziskovali vplive periodičnega pomanjkanja kisika (prekinjeno prezračevanje za 24 ur) na biološko čiščenje odpadne vode in spremljajočo združbo. Rezultati so pokazali, da periodična pomanjkanja kisika ne povzročijo zmanjšanja učinka čiščenja niti upada številčnosti spremljajoče združbe in bakterijskih populacij v aktivnem blatu. Roš in Toman (1992) sta skušala določiti spremembe v združbi spremljajočih organizmov (predvsem ciliatov in rotatorijev) ob pomanjkanju kisika ter če se je združba sposobna obnoviti, ko je koncentracija kisika zopet optimalna. Rezultati so pokazali, da se učinek čiščenja ni zmanjšal kljub zelo nizkim (0 mg/L) koncentracijam kisika ob prekinitvah. Spremembe so bile v strukturi združbe spremljajočih organizmov. Velikost populacij peritrihih in spirotrih ciliatov se je med poskusom spreminjala kot posledica občasnih anoksičnih razmer. Večja zmanjšanja so bila opazna v populacijah rodu *Opercularia* sp. in vrste *Vorticella convalaria*. Število organizmov spremljajoče združbe se je zmanjšalo največ za 50 %, po ponovnem prezračevanju pa je kmalu doseglo prvotno številčnost. Kljub vsemu iz rezultatov ni mogoče opaziti jasnega zmanjševanja populacij zaradi občasnih anoksičnih razmer v aktivnem blatu.

2.2.4.2 Vpliv srednjega zadrževalnega časa na populacije protozojev

Srednji zadrževalni čas blata (MCRT) je izračunani čas potreben za odstranitev celotne mase blata iz ČN z aktivnim blatom ob enakomernem odstranjevanju blata (SIST EN 1085:2001). Intenzivnost odstranjevanja blata vpliva na odstranjevanje organizmov iz sistema in tako na samo čiščenje. Rezultati kažejo, da flagelati, gimnoamebe in prosto plavajoči ciliati prevladujejo, ko je MCRT kratek (pod 6 dni) (Salvado, 1994). Veliki bičkarji, gimnoamebe (nad 20 µm) in pritrjeni ciliati pa so pogostejši z večanjem MCRT, kar pomeni starejše blato (Salvado, 1994). S staranjem blata se povečuje tudi število nitastih organizmov. Rodova *Euglypha* sp. in *Aleosoma* sp. se v blatu pojavita šele, ko je MCRT med 15 in 30 dnevom. Z večanjem MCRT ciliati kolonizirajo aktivno blato v naslednjem vrstnem redu: prosto plavajoče vrste dosežejo največje koncentracije med 4 in 6 dnevom, sledijo plezajoče vrste med 4 in 10 dnevom, med 10 in 15 dnevom pa dosežejo maksimalne koncentracije pritrjeni ciliati (Salvado, 1994). Izkaže se, da hitre spremembe MCRT ne sprožijo takojšnjih sprememb v združbi protozojev. Prej prisotne vrste

preprečujejo kolonizirajočim nenaden razmah. Vrste, katerim sprememba koristi, počasi prevladajo že prisotne (nižji MCRT plezajoči prevladajo nad pritrjenimi) (Salvado, 1994).

V ČN so prisotne različne vrste pritrjenih ciliatov z različnimi potrebami in se pojavljajo pri zelo različnih MCRT (Curds, 1982a). Vrsta *Vorticella microstoma* doseže maksimum med 4 in 6 dnem, medtem ko gostota *Epistylis plicatilis* narašča z MCRT od 0 do 30 dni. Plezajoči in prosto plavajoči ciliati so večinoma prisotni le z po eno vrsto (npr. *Aspidisca cicada* in *Uronema marinum*) in se zato pojavljajo le ob določenih MCRT. Sukcesija vrst je omejena tudi z nekaterimi kemijskimi parametri (koncentracija raztopljenega kisika, obremenjenost odpadne vode), kar je potrebno upoštevati pri vrednotenju vplivov MCRT na spremljajočo združbo (Salvado, 1994).

2.2.4.3 Vpliv neraztopljenih in raztopljenih snovi na spremljajočo združbo

Velikost in sestava delcev sta v odpadni vodi zelo variabilni in heterogeni. Kot raztopljene smatramo tiste delce, ki so manjši od 10^7 Da. Tako predstavljajo neraztopljeni delci 75 % organske obremenitve v odpadni vodi (Levine in sod., 1985). Neraztopljene delce je potrebno odstraniti med primarnim čiščenjem, sicer je količina sekundarnega blata velika in povečajo se stroški obratovanja ČN. Uspešnost usedanja v usedalnikih je odvisna od gostote kosmov, njihove velikosti in kemijske sestave (Jin in sod., 2003). Omenjene lastnosti kosmov pa so odvisne od zadrževalnega časa delcev, koncentracije kisika, plenilcev in koncentracije nitastih bakterij.

Puigagut in sod. (2007) so raziskovali vpliv neraztopljenih in raztopljenih organskih snovi na organizme v aktivnem blatu in na učinkovitost delovanja konvencionalnih ČN. Uporabili so komunalno odpadno vodo, ki so ji s flokulantom odstranili večino delcev, nato pa dodali modelna substrata za simulacijo neraztopljenih (škrob) in raztopljenih (glukoza) organskih snovi. Gostota organizmov je bila večja v sistemu z glukozo, najštevilčnejši so bili pritrjeni ciliati. Diverziteta ciliatov je bila večja v sistemu s škrobom. Kosmi so bili tu večji in kompaktnejši, kar je omogočalo denitrifikacijo. Gostota metazojev (Rotatoria iz družine *Lecanidae*) je bila večja v sistemu s škrobom, v drugi polovici poskusa je presegla 400 org./mL (Puigagut in sod., 2007). VIB se med poskusom ni

spreminjal, na kar so verjetno vplivali metazoji z izločanjem mukoznih substanc, ki spodbujajo kosmičenje. Ker številčnost metazojev ni presegla 1.500 org./mL, zmanjšana produkcija odvečnega blata ni bila opazna (Puigagut in sod., 2007). Koncentracija NH_4^+ in NO_3^- dušika v iztoku je naraščala z večanjem številčnosti metazojev (> 400 org./mL). Metazoji se prehranjujejo s kosmi oz. strgajo iz njih bakterije in jih drobijo, kar zmanjša anoksične razmere potrebne za denitrifikacijo (Puigagut in sod., 2007).

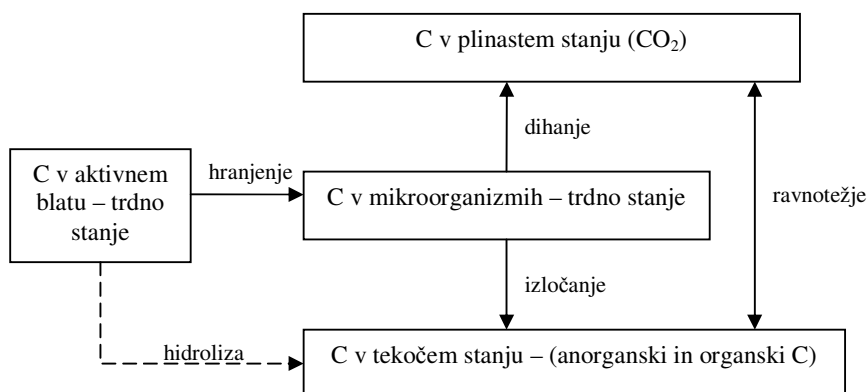
2.2.4.4 Zmanjševanje produkcije aktivnega blata v bioloških čistilnih napravah

Na bioloških ČN v procesu čiščenja nastajajo velike količine blata, ki ga je potrebno odstraniti iz očiščene vode in primerno predelati (Liang, 2006). Obstajajo različne metode in postopki, ki so lahko dragi in zvišujejo stroške obratovanja ČN. Cenovno ugodnejša rešitev je povečevanje števila plenilcev v sistemu (protozojev ali metazojev).

Wei in sod. (2003b) so pokazali, da sta količina proizvedenega blata in gostota združbe negativno povezani. Največji doprinos k redukciji blata imajo metazoji. Ker na količino proizvedenega blata vplivajo okoljski (temperatura, vrste bakterij) in tehnološki (zadrževalni čas blata, obremenitev blata) parametri, so Liang in sod. (2006) razvili metodo za določanje mere zmanjšanja produkcije blata, ki temelji na spremljanju transformaciji ogljika v aktivnem blatu zaradi plenjenja. Snov in energija se s potovanjem po prehranski verigi izgubljata, torej plenjenje organizmov vodi v redukcijo nastajanja blata. Ker se snovi pretvarjajo iz trdnega v tekoče ali plinasto stanje (Slika 17), z merjenjem povečevanja slednjih dveh merimo zmanjševanje nastalega blata. Ker je ogljik prisoten v več kot 50 % snovi v odpadni vodi, je smiselno spremljati spreminjanje ogljikovega atoma.

Na zmanjševanje količine nastalega odvečnega blata imajo največji vpliv večji metazoji, ki se prehranjujejo z delci blata. V raziskavi so Liang in sod. (2006) preučevali vplive vrst *Aeolosoma hemprichi*, *Daphnia magna*, *Tubifex tubifex* in *Physa acuta*, prisotnih v aktivnem blatu, na stopnjo zmanjšanja odvečnega blata. Stopnja zmanjšanja količine blata pri vrstah *Aeolosoma hemprichi*, *Daphnia magna*, *Tubifex tubifex* in *Physa acuta* je bila 0.8, 0.18, 0.54 in 0.1 mg blata / (mg org x d). Redukcija blata je bila najvišja v podrazredu

Oligochaeta in najmanjša v razredu Gastropoda. Stopnja zmanjšanja blata je odvisna od velikosti osebkov. Manjši kot je osebek, hitrejši je njegov metabolizem, večja je redukcija blata na enoto mase. Zelo pomembna je tudi gostota osebkov v aktivnem blatu (Liang in sod., 2006).



Slika 17: Transformacije ogljikovega atoma v prehranjevalni verigi (Liang in sod., 2006: 857).

Liang in sod. (1984) so raziskovali vpliv plenilcev v aktivnem blatu na količino odvečnega blata ter dejavnike, ki vplivajo na gostoto metazojev (vrsta *Aeolosoma hemprichi*). Na gostoto *Aeolosoma hemprichi* ne vplivata zadrževalni čas blata niti koncentracija aktivnega blata, vpliva pa obremenitev blata, saj se nad 0,7 mg KPK/(mgVSSdN) gostota živali očitno zmanjša. Gostota vrste *Aeolosoma hemprichi* je večja v sistemih z manjšimi (< 50 µm) kosmi blata, saj se prehranjuje s temi delci, ker je velikost njihovega farinksa le okrog 50 µm. Količina nastalega blata se zmanjša pri gostoti > 50 org./mg VSS. Relativno zmanjšanje blata pri različnih zadrževalnih časih in obremenjenosti blata je med 39 % in 65 %. Prisotnost vrste *Aeolosoma hemprichi* vpliva na boljšo usedljivost aktivnega blata (nižji VIB) in učinkovitost odstranjevanja fosforja, ne pa na učinkovitost odstranjevanja KPK in NH_4^+ dušika (Liang in sod., 1984).

Huang in sod. (2007) so preučevali vpliv vrste *Tubifex tubifex* na stopnjo redukcije blata in na učinkovitost delovanja ČN. Stopnja redukcije blata vrste *Tubifex tubifex* je bila med 0,18 in 0,81 mg VSS/mg *Tubifex* x d. Sposobnost redukcije blata se spreminja z gostoto osebkov (optimalna je 2.500 mg org./L). Prisotnost vrste *Tubifex tubifex* ni vplivala na odstranjevanje KPK, NH_4^+ , rahlo se je zmanjšalo odstranjevanje skupnega fosforja. Ko se

je gostota osebkov zvišala nad 3.300 mg org./L, se je VIB opazno zvišal, saj *Tubificidae* povečujejo količino suspendiranih snovi v iztoku (Weemaes, 1998; Rensink, 1997).

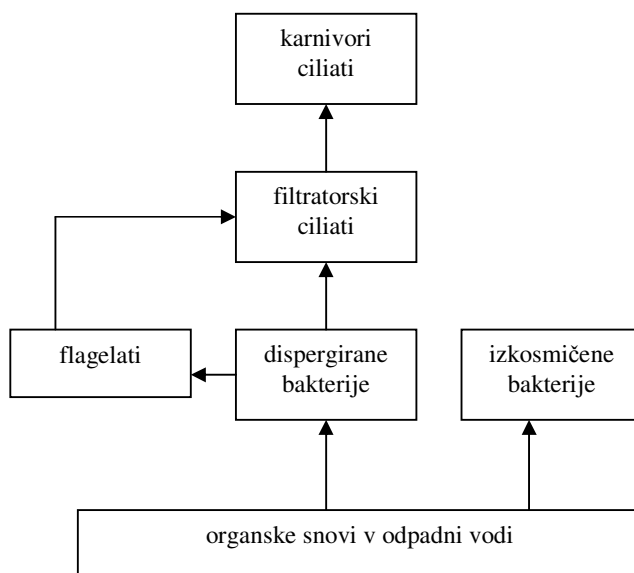
Iz iztoka potrebno odstraniti čim več suspendiranih snovi. Obstajajo različne metode, s katerimi zmanjšujemo količino suspendiranih snovi v iztoku, npr. kemijski flokulanti, razni peščeni filtri. Lapinski in Tunnacliffe (2003) sta raziskovala vpliv rotatorijev (*Philodina roseola*) na odstranjevanje suspendiranih delcev iz odpadne vode. Določila sta % zbistritve vode kot padec optične gostote od začetne proti končni. V poskusu z rotatoriji (50.000 org./L) je bil % zbistritve 96 %. Bistrenje čiščene vode je odvisno od števila rotatorijev, saj je učinek največji v reaktorju z največ živimi osebki na liter. Rotatoriji se hranijo večinoma z delci velikosti med 0,2 in 3 μm , kar ustreza velikosti več kot 95 % suspendiranim delcem v odpadni vodi (Lapinski in Tunnacliffe, 2003). Vadstein in sod. (1993) so pokazali, da se monogonontni rotatorij *Brachionus plicatilis* prehranjuje z delci med 0,3–3 μm , podobno tudi Miquelis in sod. (1998) za vrsto *Brachionus calyciflorus*. Rotatoriji porabijo za hrano približno 10 % mase suspendiranih snovi (Lapinski in Tunnacliffe, 2003). Iz pedalnih žlez na nogi izločajo mukuzne in lepljive substance, s katerimi se pritrjajo na podlago (Prevorčnik, 2003). Delujejo kot bioflokulanti, ker se suspendirani delci povezujejo v večje kosme, ki se lažje usedajo. S poskusi sta Lapinski in Tunnacliffe (2003) ugotovila, da se na tak način odstranijo med 10 % in 25 % mase suspendiranih snovi. Povečanje gostote rotatorijev v odpadni vodi vodi v zmanjšanje suspendiranih delcev v iztoku in izboljšanje kvalitete iztoka ter ne poveča stroškov delovanja ČN (Lapinski in Tunnacliffe, 2003).

2.3 BIOTSKI INDEKS BLATA

Biotski indeks blata (v nadaljevanju SBI) je nastal na ideji razširjenega biotskega indeksa (Extended Biotic Index) (Woodwiss, 1980). Madoni (1994) je razvil indeks, ki je objektivni in uporaben za vse tipe čistilnih naprav z aktivnim blatom. Z njim ocenjujemo biološko kvaliteto aktivnega blata v prezračevalnih bazenih čistilnih naprav.

2.3.1 Združba v aktivnem blatu

Združbo aktivnega blata sestavljajo razgrajevalci (bakterije in glive) in porabniki (heterotrofni flagelati, ciliati, korenonožci in metazoji). Najpogostejša skupina porabnikov so ciliati. Prisotni so v vseh aerobnih čistilnih procesih v gostotah okrog 10.000 org./mL suspenzije aktivnega blata in predstavljajo približno 5 % suhe mase suspendiranih snovi (Madoni, 1994).



Slika 18: Trofična mreža v aktivnem blatu.

V različnih aerobnih čistilnih sistemih so našli okrog 230 vrst protozojev (Curds in Cockburn, 1970b; Madoni in Ghetti, 1981). Vrste ciliatov, ki se pogosto pojavljajo v aktivnem blatu, so prikazane v Preglednici 3. Glede na način prehranjevanja in premikanja skupino bakterivornih ciliatov razdelimo v tri podskupine: prosto plavajoči, plezajoči in pritrjeni ciliati. Med organizmi se vzpostavi trofična mreža (Slika 18), saj so ti v stalnem tekmovanju za hrano. Organizmi v aktivnem blatu so v dinamičnem ravnotežju. Razmere v prezračevalnih bazenih v veliki meri vplivajo na strukturo združbe aktivnega blata (Curds, 1966, 1971; Madoni in Poli, 1981; Madoni, 1982; Madoni in Antonitti, 1984), ki je pomemben indikator učinkovitosti delovanja ČN.

Aktivno blato dobro delujoče čistilne naprave ima naslednje karakteristike:

- veliko število organizmov v aktivnem blatu ($> 10^6$ org./L);
- med ciliati prevladujejo plezajoči in pritrjeni, flegelatov je zelo malo;
- diverziteta ciliatov je velika, nobena od skupin ne prevladuje nad drugimi za faktor večji od 10 (Madoni, 1994).

Preglednica 3: Seznam pogostih ciliatov v aktivnem blatu in njihove prehranjevalne navade (Madoni, 1994: 68).

karnivori ciliati	bakterivorni ciliati		
	prosto plavajoči ciliati	plezajoči ciliati	pritrjeni ciliati
Holotriha	<i>Colpoda</i> sp.	<i>Aspidisca cicada</i>	<i>Carchesium</i> spp.
<i>Acineta incurvata</i>	<i>Colpidium colpoda</i>	<i>Aspidisca lynceus</i>	<i>Epistylis</i> spp.
<i>Amphileptus</i> sp.	<i>Colpidium campylum</i>	<i>Chilodonella uncinata</i>	<i>Opercularia coarctata</i>
<i>Coleps hirtus</i> *	<i>Cinetochilum</i>	<i>Trithigmotoma</i>	<i>Opercularia</i>
	<i>margaritaceum</i>	<i>cucullulus</i>	<i>microdiscus</i>
<i>Litonotus</i> spp.	<i>Cyelidium glaucoma</i>	<i>Euplotes moebiusi</i>	<i>Opercularia minima</i>
<i>Spathidium</i> spp.	<i>Dexiotricha</i> sp.	<i>Euplotes patella</i>	<i>Stentor</i> spp.
Suctoria	<i>Glaucoma scintillans</i>	<i>Euplotes affinis</i>	<i>Vaginicola crystallina</i>
<i>Acineta</i> spp.	<i>Loxocephalus</i> sp.	<i>Stylonychia</i> spp.	<i>Vorticella convallaria</i>
<i>Metacineta</i> sp.	<i>Paramecium</i> spp.	<i>Trochilia minuta</i>	<i>Vorticella microstoma</i>
<i>Podophrya</i> spp.	<i>Pseudocohnilembus</i>		<i>Vorticella octava</i>
	<i>pusillus</i>		
<i>Tokophrya</i> spp.	<i>Sathrophilus</i> sp.		<i>Zoothamnium</i> spp.
	<i>Spirostomum teres</i>		
	<i>Tetrahymena</i>		
	<i>pyriformis</i> kompleks		
	<i>Uronema nigricans</i>		

* omnivori

2.3.2 Ključne skupine

Na vplive okolja so organizmi različno prilagojeni in tolerantni (Madoni, 1994). Glede na stopnjo učinkovitosti čiščenja ČN delimo ključne skupine ciliatov na pozitivne in negativne. V pozitivno skupino spadajo plezajoči in pritrjeni ciliati ter amebe s hišico, v negativno pa mali flagelati, prosto plavajoči bakterivorni ciliati ter pritrjena ciliata *Vorticella microstoma* in *Opecularia* spp. (Madoni, 1994).

2.3.2.1 Gostota in diverziteta

Gostota in diverziteta organizmov sta močno povezani z delovanjem ČN. Študije so pokazale, da je v dobro delujoči ČN število ciliatov okrog 10^6 org./L. Gostota pod 10^4 org./L kaže na nezadostno čiščenje (Madoni, 1981). Namnožijo se dispergirane bakterije in poveča se BPK₅ iztoka. Gostota nad 10^7 org./L kaže na zelo dobro čiščenje (Madoni, 1994). Diverziteta organizmov je v optimalno delujoči napravi vedno velika. Niti skupine niti vrste organizmov številčno ne dominirajo nad ostalimi, čeprav so razmerja med njimi lahko zelo različna. V primeru, da ena ali več skupin dominira nad ostalimi, je to pokazatelj trofičnega neravnovesja in obstoja limitirajočega faktorja, ki ovira razvoj občutljivih vrst, favorizira pa razvoj tolerantnih. Limitirajoči faktor je lahko prisotnost toksičnih snovi, preobremenitev ČN, nezadostno prezračevanje itd. (Madoni, 1994).

2.3.2.2 Plezajoči in pritrjeni ciliati

Ti skupini ciliatov navadno kodominirata v združbi aktivnega blata zaradi različnih prehranjevalnih navad. Plezajoči ciliati se prehranjujejo z bakterijami, ki so rahlo pritrjene na površino delcev blata, pritrjeni pa z dispergiranimi bakterijami (Madoni, 1994). Razmerje med njimi se spreminja z obremenitvijo blata. Ko ta preseže 0.6 kg BPK/kg MLSS x d, se število plezajočih ciliatov zmanjša, poveča pa se število pritrjenih (Curds in Cockburn, 1970b; Klimowicz, 1970). Na gostoto plezajočih ciliatov vpliva VIB. Če je pod 200, je gostota plezajočih ciliatov visoka ($> 2.000 \text{ mL}^{-1}$), pri VIB nad 400 pa se njihovo število zmanjša (Pagnotta in Tommasi, 1979).

2.3.2.3 Amebe s hišico

V aktivnem blatu se pojavljajo rodovi *Diffugia* sp., *Arcella* sp. in *Euglypha* sp. Pogostejši so, ko je obremenitev blata nižja, zadrževalni čas daljši, koncentracija raztopljenega kisika visoka (možna je popolno nitrifikacija), nizka koncentracija NH_4^+ in nizek VIB (Drakides, 1978; Chieric in Madoni, 1991). Amebe s hišico rastejo počasi, zato so številčnejše v starejšem aktivnem blatu. Pogosto se pojavljajo sezonsko, in sicer več poleti, ko so temperature višje in rast hitrejša (Madoni, 1994). Ko se obremenitev blata poveča nad 1 kg BPK/kg MLSS x d, jih nadomesti *Opecularia* spp. in prosto plavajoči ciliati (Sasahara in Ogawa, 1983).



Slika 19: Ameba s hišico (*Euglypha* sp.).



Slika 20: Pritrjeni ciliati (*Epistylis* sp.).

2.3.2.4 Pritrjeni ciliati

Običajno so pritrjeni ciliati kodominantni s plezajočimi. V prehodnih situacijah (povečanje obremenjenosti blata, zmanjšanje obremenjenosti dotoka na ČN) se njihova številčnost močno poveča (> 80 % celotne združbe) in zniža se učinkovitost delovanja ČN (Drakides, 1978; Madoni, 1981). Curds in Cockburn (1970b) sta ugotovila, da so pritrjeni ciliati tolerantni na različne obremenitve blata. Bedogni in sod. (1991) pa navajajo, da so med vrednostmi 0,3 in 0,6 kg BPK/kg MLSS x d dominantni pritrjeni ciliati, med vrednostmi 0,6 in 0,9 kg BPK/kg MLSS x d pa so kodominantni s flagelati. Ko je razmerje med plezajočimi in pritrjenimi ciliati nad 0,5, je delovanje ČN dobro. Vrsta *Vorticella microstoma* in rod *Opecularia* spp. preživita tudi bolj ekstremne razmere (pomanjkanje

kisika, toksičnost) in ju je, ko se pojavljata v večjem številu, potrebno obravnavati kot ločeni ključni skupini (Madoni, 1994).

2.3.2.5 *Opecularia* spp.

V aktivnem blatu se pojavljajo *O. coarctata*, *O. microdiscus* in *O. minima*. Bioindikatorska vrednost *Opecularia* spp. je visoka, saj se v večjem številu pojavlja, ko je aktivno blato slabše kvalitete (Esteban in sod., 1991). Curds in Cockburn (1970b) navajata, da je *Opecularia* spp. povezana z visokim BPK₅ v iztoku, Klimowicz (1970) pa, da je številčna ob visokih obremenitvah blata. Nekateri avtorji (Antonietti in sod., 1982; Becares, 1991; Cardinaletti in Zitelli, 1991) navajajo, da se *Opecularia* spp. pojavlja v aktivnem blatu ČN, ki sprejemajo tehnološke odpadne vode s toksičnimi snovmi in lahko takrat predstavlja edino vrsto v združbi. *Opecularia* spp. je povezana tudi z visokim BPK₅ in visoko koncentracijo NH₄⁺ v iztoku (Poole, 1984; Madoni in sod., 1993).

2.3.2.6 *Vorticella microstoma*

Z *Opecularia* spp. je pogosto povezana *Vorticella microstoma*. Dominantna je v prvi fazi kolonizacije aktivnega blata ČN in jo med stabilno fazo nadomestijo druge vrste (*V. convallaria*). Če pride do drastičnih zmanjšanj raztopljenega kisika v suspenziji aktivnega blata, se zopet pojavi *Vorticella microstoma*, ki je tolerantna na pomanjkanje kisika (Madoni in Antonietti, 1984). Številne osebkke so našli tudi pri nizkih koncentracijah aktivnega blata, visokih obremenitvah blata in visokih VIB (Madoni, 1994).

2.3.2.7 Prosto plavajoči ciliati

Prosto plavajoči bakterivorni ciliati so v kompeticiji za dispergirane bakterije s pritrjenimi ciliati. Pogosti so v zgodnjih fazah nastajanja aktivnega blata, ko so kosmi in pritrjeni ciliati še redki. V ČN s svežim blatom so pogosto dominantni majhni prosto plavajoči ciliati (rodovi *Colpidium* sp., *Cyclidium* sp., *Tetrahymena* sp., *Uronema* sp.), ki potrebujejo visoke koncentracije dispergiranih bakterij, preživijo pa ob pomanjkanju kisika in toksičnih snoveh. Vedno so prisotni skupaj z heterotrofnimi flagelati in včasih sta skupini

kodominantni (Madoni, 1994). Ob visoki obremenitvi blata (0,6–0,9 kg BPK/kg MLSS x d) in pomanjkanju kisika dominirajo prosto plavajoči ciliati (Curds in Cockburn 1970b). V ključno skupino uvrščamo le bakterivorne ciliste in ne prosto plavajočih karnivornih ciliatov (rodovi *Amphileptus* sp., *Litonotus* sp. ...) (Madoni, 1994).

2.3.2.8 Flagelati

Mali heterotrofni flagelati iz rodov *Bodo* sp., *Polytoma* sp. in *Tetramitus* sp. so najštevilčnejši v začetku delovanja ČN, ko so izkosmičene bakterije še redke. Hranijo se z dispergiranimi bakterijami, vendar niso konkurenčni prosto plavajočim ciliatom, ki jih kasneje v razvoju blata nadomestijo (Madoni, 1994). Plenijo jih plenilski protozoji. Množična prisotnost flagelatov v zrelem aktivnem blatu kaže na slabo učinkovitost delovanja ČN. Vzroki so lahko slaba prezračevnost blata, visoka obremenjenost itd. Pri obremenjenosti nad 0,9 kg BPK/kg MLSS x d ostanejo flagelati edini protozoji v aktivnem blatu (Curds in Cockburn 1970b). Veliki flagelati, kot sta rodova *Euglena* sp. in *Peranema* sp., so redko množično prisotni. Pogostejši so le, če je koncentracija organskih snovi v aktivnem blatu izredno nizka (Madoni, 1994).

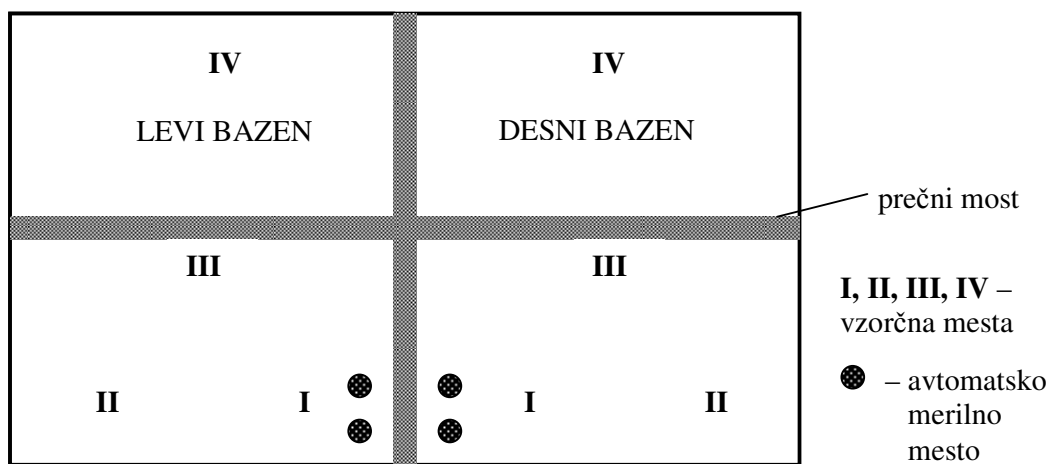
3 MATERIALI IN METODE

3.1 VZORČENJE

Vzorčili smo enkrat tedensko od junija do avgusta 2007 (7. 6., 15. 6., 21. 6., 29. 6., 6. 7., 13. 7., 20. 7., 27. 7., 17. 8.). V vsakem prezračevalnem bazenu smo vzorčili ločeno in na vnaprej določenih vzorčnih mestih, kot kaže Slika 21. Vedno smo na posameznem vzorčnem mestu s prenosnimi aparaturami izmerili vsebnost raztopljenega kisika in temperaturo, od 29. 6. naprej pa tudi pH in prevodnost aktivnega blata. Iz vsakega vzorčnega mesta smo odvzeli 1,5 L aktivnega blata. V laboratoriju smo na magnetnem mešalu vzorec aktivnega blata homogeno premešali, nato pa razdelili:

- 200 mL blata za določanje biološkega indeksa blata in ga shranili v hladilniku,
- 1L za 30-minutni preizkus usedljivosti aktivnega blata,
- 10 mL za določanje celotne trdne snovi v aktivnem blatu,
- iz enega ali dveh vzorčnih mest v bazenu pa še 50 mL za določanje žarine

Ostalo aktivno blato smo zavrgli.



Slika 21: Shema vzorčnih mest vzorcev v levem in desnem prezračevalnem bazenu.

3.2 FIZIKALNE IN KEMIJSKE ANALIZE

Vse meritve smo izvajali v laboratoriju Centralne čistilne naprave Ajdovščina. Uporabljene metode so usklajene z ISO standardi. Pri meritvah z aparaturami smo upoštevali navodila proizvajalcev.

3.2.1 BPK₅ – biokemijska poraba kisika

BPK₅ je mera za količino biokemijsko razgradljivih organskih snovi prisotnih v vodnem vzorcu, in je enaka količini raztopljenega kisika, ki se v petih dneh porabi za aerobno razgradnjo organskih snovi v stabilne anorganske snovi (Urbanič in Toman, 2003). Heterotrofni mikroorganizmi porabljajo v vodi raztopljen kisik za razgradnjo organskih snovi (Urbanič in Toman, 2003). Z metodo BPK₅ določamo tudi kisik potreben za oksidacijo anorganskih snovi (sulfidi, železovi ioni), ter kisik, potreben za oksidacijo reduciranih oblik dušika. Vzorec vode po potrebi redčimo, dodajamo potrebna hranila, mikroorganizme kot cepivo ali inhibitorje nitrifikacije. Inkubacija poteka v temi, pri konstantni temperaturi, pet dni v polni steklenici. Merilna metoda za določanje BPK₅ sledi navodilom v SIST ISO 5815. Uporabili smo termostatsko omaro in merilni aparat OXI Top. Rezultate smo podali v mg/L.

3.2.2 KPK – kemijska poraba kisika

KPK nam pove teoretično porabo kisika, ki se porabi ob popolni kemijski oksidaciji organskih snovi, prisotnih v vodi, in sicer biološko razgradljivih in biološko nerazgradljivih v anorganske produkte. Primerljivost rezultatov testa s teoretičnimi vrednostmi je odvisna od popolnosti oksidacije. Oksidacija se izvaja z močnim kemijskim oksidantom (npr. K₂Cr₂O₇). Merilna metoda za določanje KPK sledi navodilom v SIST ISO 6060. Uporabili smo razklopno enoto GERHARD, titrator Mettler in K₂Cr₂O₇ kot kemijski oksidant. Rezultate smo podali v mg/L. Razmerje med BPK₅ in KPK se spreminja v smeri dotok–iztok ČN. Za surovo odpadno vodo je razmerje BPK₅ : KPK = 0,5 : 1 in se zmanjša na 0,1 : 1 pri dobrem delovanju ČN (Roš, 2001).

3.2.3 pH

Je merilo kislosti ali alkalnosti raztopine. Vpliva na biološke in kemijske procese v vodi. Pri biološkem čiščenju je zelo pomemben, saj ostanejo mikroorganizmi dovolj aktivni v območju pH med 6,5 in 9,0. Zunaj tega območja se biološka aktivnost zmanjšuje, celo ustavi. Nizke vrednosti pH so povezane z neprijetnim vonjem po sulfidu (Roš, 2001). Merili smo s pH-metrom WTW Multi line P4 (pH kombinirana elektroda z integriranim temperaturnim senzorjem SenTi 41) po merilni metodi SIST ISO 10523 in navodilih proizvajalca.

3.2.4 Prevodnost

Prevodnost je sposobnost vode, da prevaja električni tok. Odvisna je od temperature, koncentracije ionov v raztopini in njihovih značilnosti (stopnje disociiranosti snovi na ione, električnega naboja in mobilnosti ionov) (Urbanič in Toman, 2003). Povečana prevodnost kaže na povečano prisotnost raztopljenih snovi v vodi. Odpadna voda ima zaradi množice snovi večjo prevodnost kot vode vodotokov. Velika in skokovita povečanja prevodnosti na dotoku so navadno posledica večjih, nekontroliranih izpustov odpadne vode (Roš, 2001). Prevodnost suspenzije aktivnega blata smo merili na vsakem vzorčnem mestu ob vzorčenju s konduktometrom WTW Multi line P4 po merilni metodi SIST ISO 7888 in navodilih proizvajalca. Rezultate smo podali v $\mu\text{S/cm}$.

3.2.5 Celotna trdna snov (ostanek po sušenju, sušina)

Celotna trdna snov je masna koncentracija vsote raztopljenih, suspendiranih in plavajočih snovi. Merili smo jo s halogenskim sušilcem Mettler HR 73, ki podaja primerljive rezultate rezultatom, merjenim po metodi v Standard methods (1998). Rezultat so podani v g/L.

3.2.6 Usedljivost

V odpadni vodi ločimo neusedljivih snovi (raztopljene, koloidne in plavajoče snovi) in usedljive snovi, ki se ob mirovanju vode usedejo. Usedljivost merimo z enournim ali 30-

minutnim preizkusom usedanja (Roš, 2001). Običajne vrednosti usedljivosti aktivnega blata so med 100 in 300 mL/L (Roš, 2001). Za določitev lastnosti usedanja kosmov aktivnega blata smo izvajali 30-minutni preizkus v litrskem merilnem valju po merilni metodi DIN 38409-H9.

3.2.7 Volumski indeks blata

Volumski indeks blata je definiran kot količnik med usedljivostjo (mL/L) in skupnimi neraztopljenimi snovmi (mg/L) aktivnega blata v prezračevalnih bazenih (Roš, 2001). Običajne vrednosti VIB so med 50 in 150 mL/g. Rezultate smo podali v mL/g.

3.2.8 Temperatura

Temperatura odpadne vode vpliva na fizikalne, kemijske in biološke procese v vodi in tako na vrednosti mnogih parametrov (Roš, 2001). Temperaturo smo merili s pH-metrom WTW Multi line P4 z vgrajenim senzorjem za merjenje temperature, po metodi DIN 38 404-C4.

3.2.9 Koncentracija raztopljenega kisika

Koncentracija raztopljenega kisika v vodi je odvisna od fizikalnih, kemijskih in biotskih procesov, ki potekajo v njej. Koncentracija kisika, ki se vpahuje v prezračevalni bazen, mora biti zadostna za vzdrževanje aktivnih mikroorganizmov v prezračevalniku, sekundarnem usedalniku in povratnem blatu. Vsebnost kisika in nasičenost s kisikom v prezračevalnih bazenih smo merili z oksimetrom WTW Multi line P4 po navodilih proizvajalca.

3.2.10 Dušikovi parametri

V odpadni vodi se pojavlja dušik v štirih različnih oblikah: kot organski dušik, amonij (NH_3 , NH_4^+), nitrit (NO_2^-) in nitrat (NO_3^-), ki se pretvarjajo iz ene oblike v drugo in tvorijo cikel kroženja dušika. Oblike dušika, prisotne v odpadni vodi, kažejo na nivo

mineralizacije (amonifikacija) organskih snovi (Roš, 2001). Surova odpadna voda ima običajno večjo koncentracijo organskega dušika in amonija. Ko se organski dušik metabolizira, se spremeni najprej v amonij. Če so razmere aerobne, poteče nitrifikacija amonija v NO_2^- , ki se nato oksidira v NO_3^- . Del dušika se porabi za tvorbo nove biomase (Roš, 2001). V anoksičnih razmerah se NO_2^- in NO_3^- reducirata do N_2O ali N_2 .

V sklopu rednega monitoringa se na CČN Ajdovščina izvaja mesečna kontrola dušika. Za spremljanje različnih oblik dušika uporabljajo naslednje standarde:

- amonijev dušik: SIST ISO 57664
- nitritni dušik: EN 26777:1993
- nitratni dušik: spektrofotometrična metoda z Na salicilatom
- dušik po Kjeldahlu: SIST EN 25663

Spektrofotometrične meritve za NO_2^- in NO_3^- dušik izvajajo na spektrofotometru Agilent 8453UV-VIS. Za meritve amonijevega dušika in dušika po Kjeldhlu uporabljajo destilator Buchi in bireto.

3.2.11 Fosfor

Fosfor je esencialen element za žive organizme in omejujoč dejavnik rasti višjih rastlin, alg in cianobakterij. V vodah je prisoten vezan v ortofosfatu ($(\text{PO}_4)^{3-}$) in polifosfatu ter v organskih spojinah. Povišane koncentracije fosfata v površinskih vodah pospešujejo produktivnost alg in evtrofikacijske procese (Urbanič in Toman, 2003). Zato so z Uredbo o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz komunalnih čistilnih naprav (2007) predpisane mejne vrednosti fosforja v iztoku. Fosfor se določa kot celotni fosfor, ki zajema ortofosfat, polifosfat in organsko vezani fosfat. V sklopu rednega monitoringa se na CČN Ajdovščina izvaja mesečna kontrola celotnega fosforja. Za spremljanje se uporablja merilna metoda SIST ISO 6878-1 in spktrofotometer Agilent 8453UV-VIS.

3.3 SPREMLJANJE SPREMLJAJOČE ZDRUŽBE V AKTIVNEM BLATU

3.3.1 Identifikacija in določanje številčnosti spremljajoče združbe v aktivnem blatu

Vzorci za določanje mikroorganizmov smo po vzorčenju hranili v hladilniku največ do pet ur, kot predlaga Madoni (1994), saj morajo organizmi v aktivnem blatu ostati živi celoten čas določanja. Pred določanjem smo vzorec homogeno premešali na magnetnem mešalu. Med mešanjem smo iz vsakega vzorca s kapalko odvzeli kapljico aktivnega blata, jo kanili na objektno stekelce in pokrili s krovnim stekelcem velikosti 20 x 20 mm. Madoni (1994) predlaga krovna stekelca velikosti 18 x 18 mm, kar bi bila tudi v našem primeru boljša izbira, saj se je preparat po približno 30 minutah določanja začel izsuševati. Iz vsakega vzorca smo pripravili in pregledali dve kapljici (podvzorca). Velikost podvzorcev in število ponovitev morata biti zadostna, da zavzameta vse vrste, prisotne v vzorcu. Iz raziskave, ki jo je izvedel Madoni (1984), je razvidno, da dva 100 μL podvzorca zavzameta vse vrste, prisotne v vzorcu. Število ponovitev mora biti večje, če se volumen podvzorcev zmanjšuje (3 za 50 μL , 4 za 25 μL in 7 za 10 μL podvzorec) (Madoni, 1984). Kapljica vzorca predstavlja volumen približno 125 μL (Urbanič, 2007), kar je dovolj, da smo z dvema podvzorcema zavzeli vse vrste prisotne v vzorcu.

Določanje številčnosti in gostote spremljajoče združbe se navadno izvaja ročno – z mikroskopskim opazovanjem in preštevanjem, kar je zamudna in lahko precej subjektivna metoda. Postopno se uvajajo avtomatski analizatorji slik, ki preštevajo in določajo protozoje in metazoje avtomatsko. Metoda je zaradi enostavnosti in večje objektivnosti uporabna za dnevno spremljanje dogajanj v aktivnem blatu ČN (Ginoris in sod., 2007).

Pri delu smo uporabljali metodo določanja in preštevanja pod svetlobnim mikroskopom Nikon – Eclipse E400 (Slika 23). Večino dela smo opravili pod 200-kratna povečavo. Poleg protozojev in metazojev smo določili tudi gostoto malih bičkarjev po sistemu, ki smo ga povzeli po Škaper (1996) (Preglednica 4). Kolonijske vrste smo upoštevali kot en osebek, prešteli pa smo vse zoide posamezne kolonije in jih zabeležili. Pri določanju smo uporabljali določevalni ključ Streble in Krauter (2006) in slikovno gradivo internetne strani

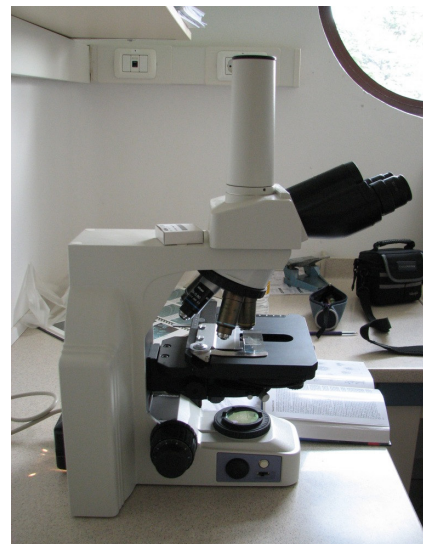
<http://protist.i.hosei.ac.jp/>. Skupine organizmov, ki so težje določljive do nivoja vrste, smo določali do najnižje možne taksonomske enote.

Preglednica 4: Sistem določanja pogostosti bičkarjev (Škaper, 1996: 17).

pogostost bičkarjev	oznaka
posamično pojavljanje	I
redko	II
srednje	III
pogosto	III



Slika 22: Mešanje vzorca na magnetnem mešalu.



Slika 23: Svetlobni mikroskop Nikon – Eclipse E400.

3.3.2 Biotski indeks blata

Metoda temelji na različni občutljivosti ključnih skupin združbe aktivnega blata na fizikalne, kemijske in operacijske prametere ter na številčnosti in diverziteti združbe. Omogoča nam kvantitativno določitev biološke kvalitete blata.

Za SBI velja, da se vrstna raznolikost spreminja z obremenitvijo blata. Največja je med 0.2 in 0.3 kg BPK/kg MLSS $\times$ d (Curds in Cockburn, 1970b) in pada z večanjem obremenjenosti blata (Madoni, 1994). Za določitev SBI upoštevamo flagelate, ciliate in amebe s hišico, ne pa golih ameb, nematodov, rotatorijev in organizmov, ki so prisotni po naključju. Med ključne skupine ciliatov sodijo le vrste, ki se prehranjujejo z bakterijami in ne plenilske vrste (rodovi *Litonotus* sp., *Amphileptus* sp., *Spathidium* sp.) in suktoriji (rodovi *Podophrya* sp., *Tokophrya* sp., *Acineta* sp.).

Preglednica 5: Preglednica za določanje vrednosti biološkega indeksa blata (SBI) na podlagi ključnih skupin, njihove pogostosti, števila taksonomskih enot in ocene malih bičkarjev (Madoni, 1994: 72).

		skupno število taksonomskih enot							
		> 10		8–10		5–7		< 5	
		ocena pogostosti malih flagelatov							
KLJUČNE SKUPINE	gostota (os./L)	I	> I	I	> I	I	> I	I	> I
plezajoči in pritrjeni ciliati in/ali amebe s hišic	≥ 10 ⁶	10	8	9	7	8	6	7	5
	< 10 ⁶	9	7	8	6	7	5	6	4
pritrjeni ciliati* (> 80 %)	≥ 10 ⁶	9	7	8	6	7	5	6	4
	< 10 ⁶	8	6	7	5	6	4	5	3
<i>Opercularia</i> sp.	≥ 10 ⁶	7	5	6	4	5	3	4	2
	< 10 ⁶	6	4	6	3	4	2	3	1
<i>Vorticella microstoma</i>	≥ 10 ⁶	6	4	5	3	4	2	3	1
	< 10 ⁶	5	3	4	2	3	1	2	0
prosto plavajoči bakterivorni ciliati	≥ 10 ⁶	5	3	4	2	3	1	2	0
	< 10 ⁶	4	2	3	1	2	0	1	0
mali flagelati F: IIII	≥ 10 ⁶	3		3		2		1	
	< 10 ⁶	4		2		1		0	

* *Opercularia* sp. in *Vorticella microstoma* nista prisotni

Ključne skupine v Preglednici 5 si sledijo po vrstnem redu, ki kaže padajočo kvaliteto blata. V stolpcih so najprej podane ključne skupine ciliatov in nato njihova gostota, v vrsticah pa število taksonomskih enot in ocena pogostosti bičkarjev v vzorcu. Na

presečišču vrstice in stolpca odčitamo SBI, ki ima lahko vrednosti od 0–10. Vrednost nato uvrstimo v odgovarjajoči kakovostni razred v Preglednici 6.

Preglednica 6: Uvrščanje vrednosti SBI v kakovostne razrede in obrazložitev.

vrednost SBI	kakovostni razred	ocena aktivnega blata in delovanja čistilne naprave
8–10	I	Zelo dobro preraščeno in stabilno aktivno blato, odlična biološka aktivnost, zelo dobro delovanje čistilne naprave.
6–7	II	Dobro preraščeno in stabilno aktivno blato, biološka aktivnost v upadanju, dobro delovanje čistilne naprave.
4–5	III	Nezadostna biološka razgradnja v prezračevalnem bazenu, srednje delovanje čistilne naprave.
0–3	IV	Slaba biološka razgradnja v prezračevalnem bazenu, slabo delovanje čistilne naprave.

3.3.3 Shannon–Wienerjev diverzitetni indeks

Diverziteto ekosistema definiramo kot vrstno diverziteto, genetsko diverziteto, diverziteto habitatov, diverziteto procesov itd. (Odum, 2005). Pomembna je za stabilnost ekosistemov, saj so ekosistemi z večjo diverziteto odpornejši na motnje (McNaughton, 1977). V ekosistemu je navadno prisoten majhen delež dominantnih vrst in velik delež manj pogostih vrst. Diverziteto opišemo z dvema komponentama: bogastvo vrst (richness), ki predstavlja število vrst prisotnih v združbi in pogostost vrst (porazdelitvena komponenta), ki kaže, s kakšnimi deleži osebkov so vrste zastopane v združbi (Odum, 2005). Skupno število vrst na enoto površine, volumna, mase je izračun za vrstno bogastvo, ki je najpreprostejša mera diverzitete. Za izračun pogostosti vrst se uporablja različne diverzitetne indekse, najpogostejše Shannonov indeks (Shannon in Weaner, 1949). Ti indeksi so popolnejša mera za diverziteto združbe in odražajo njeno heterogenost, saj upoštevajo tako vrstno sestavo kot delež vrst v združbi.

Za oceno diverzitete združbe v aktivnem blatu smo uporabili Shannon–Wienerjev diverzitetni indeks (Washington, 1984)

$$H' = - \sum (p_i \times \log_2 p_i)$$

$$p_i = n_i/N,$$

p_i = delež vrste (taksona) i v vzorcu

n_i = število osebkov vrste i v vzorcu (število taksonov)

N = število osebkov vseh vrst v vzorcu

Posebnost Shannonovega indeksa je, da nam dovoljuje hkratno karakterizacijo števila vrst in sprememb deleža vrst v ekosistemu (Polyakov, 2008). Indeks ni odvisen od vzorčne enote, je brezdimenzijski, odvisen pa je od sezone in določenega taksonomskega nivoja organizmov (Urbanič in Toman, 2003). Večja je vrednost H' , večja je diverziteta (Urbanič in Toman, 2003). Vrednost indeksa narašča z naraščanjem števila vrst in doseže maksimalno vrednost, ko so deleži posameznih vrst porazdeljeni enakomerno (Polyakov, 2008). Vrednost indeksa blizu H_{maks} nakazuje sorazmerno enak prispevek vsake vrste k indeksu (McBratney in Minasny, 2007). Minimalna vrednost indeksa je takrat, ko en organizem dominira nad ostalimi, oziroma ko je $p = 1$, takrat je $H_{\text{min}} = 0$ (McBratney in Minasny, 2007).

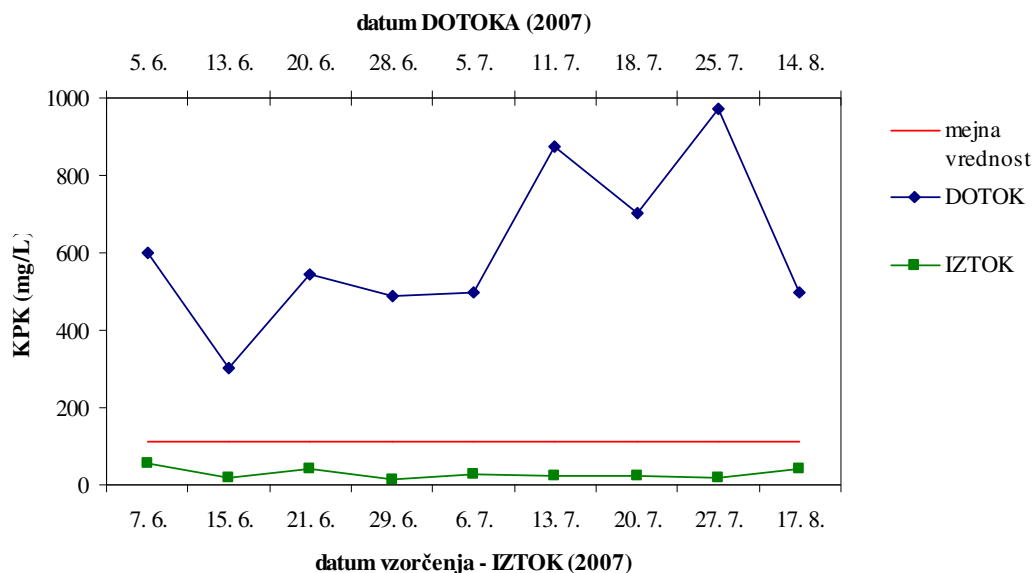
Osnovna domneva, da diverziteta upada z naraščajočo obremenjenostjo okolja, ne drži povsem. Pri interpretaciji indeksa je potrebno upoštevati vse dejavnike, ki lahko vplivajo na diverziteto ekosistema (Urbanič in Toman, 2003). To so poleg obremenjujočih dejavnikov še diverziteta mikrohabitatov, vrstna sestava, količina hrane in drugi abiotski dejavniki. V Č na diverziteto združbe v aktivnem blatu v veliki meri vpliva vpihovanje in vzdrževanje zadostne koncentracije raztopljenega kisika v suspenziji aktivnega blata.

4 REZULTATI IN RAZPRAVA

4.1 FIZIKALNI IN KEMIJSKI PRAMETRI

4.1.1 KPK

Vrednosti KPK in BPK_5 so povzete iz rednega monitoringa na CČN Ajdovščina in predstavljajo 24-urni vzorec. Vrednosti KPK in BPK_5 iztoka so izmerjene na dan vzorčenja. Da so vrednosti iztoka primerljive vrednostim dotoka, smo vsem vrednostim iztoka določili vrednosti za dotoke, tako da smo upoštevali zadrževalni čas vode v ČN. Na Sliki 24 so prikazane izmerjene vrednosti KPK iztoka na posamezni dan vzorčenja in za dotok na dan dotoka odpadne vode na ČN. Upoštevan je zadrževalni čas vode (1–2 dni). Na sliki je prikazana tudi mejna vrednost parametra KPK za izpust vode. Po Uredbi o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz komunalnih čistilnih naprav (2007) je mejna vrednost za KPK za ČN z zmogljivostjo med 10.000 in 100.000 PE 110 mg/L.



Slika 24: Vrednosti KPK na dotoku in iztoku iz CČN Ajdovščina v času trajanja vzorčenja (2007) ter mejna vrednost KPK za izpust odpadnih vod iz komunalnih čistilnih naprav (110 mg/L).

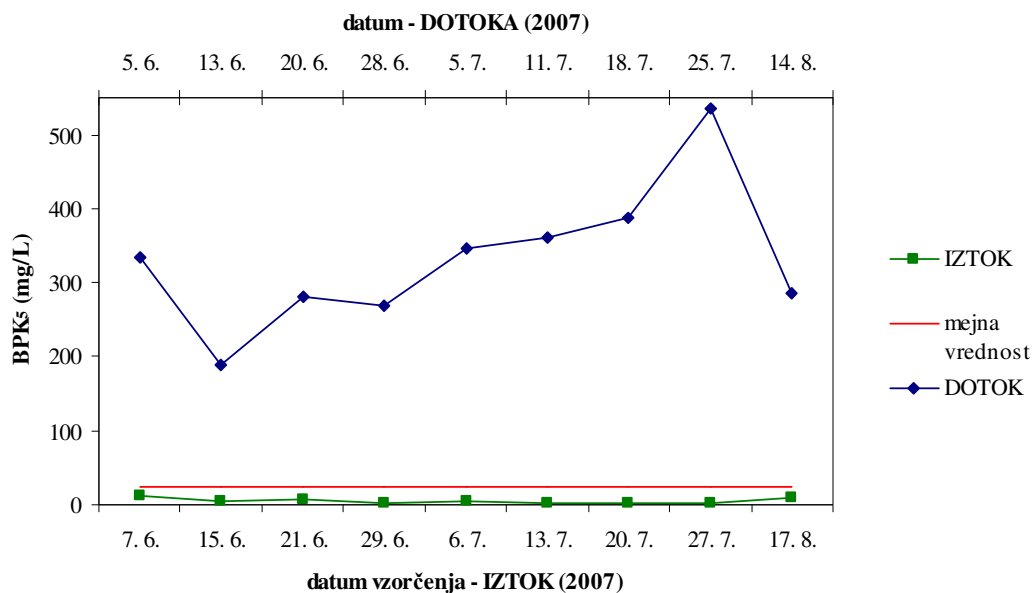
Iz Slike 24 je razvidno, da je dotok na CČN Ajdovščina različno obremenjen, saj so se vrednosti za KPK gibale med 300 in 1.000 mg/L. Obremenjenost dotoka na ČN se spreminja glede na letni čas, dan, vremenske razmere, vir odpadne vode in delež posameznega vira odpadne vode. Izstopajo dotoki 13. 6., ko je bila vrednost KPK le okrog 250, 25. 7., ko je bila vrednost KPK skoraj 1.000 mg/L, in dotok 14. 8., ko se je vrednost KPK precej znižala glede na prejšnje vzorčenje (25. 7.). Takrat v odpadni vodi ni bilo prisotnih odpadnih vod Tekstine zaradi kolektivnega dopusta. Vrednosti KPK na iztoku iz ČN ne kažejo posebnega nihanja (15–60 mg/L) in v času vzorčenja niso presegle mejne vrednosti 110 mg/L. Nihanja v obremenjenosti dotoka niso bistveno vplivala na čiščenja v smislu KPK.

4.1.2 BPK₅

Z biokemijsko porabo po kisiku (BPK₅) merimo količino porabljenega kisika, ki je potreben za biokemijsko razgradnjo biološko razgradljivih organskih snovi. Parametra KPK in BPK₅ sta si sorodna, zato je spreminjanje obeh parametrov podobno, opazne pa so majhne razlike. Na Sliki 25 so prikazane izmerjene vrednosti BPK₅ za iztok na dan vzorčenja in za dotok na dan dotoka odpadne vode na ČN. Upoštevan je zadrževalni čas vode (1–2 dni). Na isti sliki je prikazana tudi mejna vrednost parametra BPK₅ za izpust vode. Po Uredbi o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz komunalnih čistilnih naprav (2007) je mejna vrednost za BPK₅ za ČN z zmogljivostjo med 10.000 in 100.000 PE 20 mg/L, kamor z zmogljivostjo 42.000 PE sodi tudi CČN Ajdovščina.

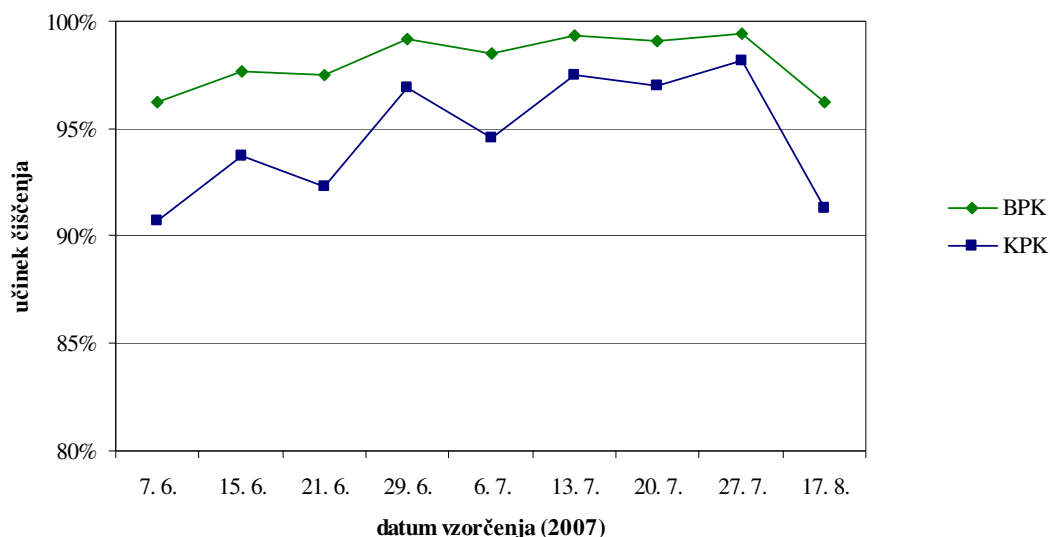
Iz Slike 25 je razvidno, da je dotok na CČN Ajdovščina različno obremenjen, saj so se vrednosti za BPK₅ spreminjale med 150 in 550 mg/L. Spreminjanje vrednosti BPK₅ na dotoku je v grobem podobno spreminjanju vrednosti KPK. Izstopa vzorčenje 13. 7., kjer je kljub velikemu porastu KPK v dotoku (11. 7.), BPK₅ skoraj nespremenjen glede na prejšnje vzorčenje (6. 7.). Verjetno je tako stanje posledica izpusta večje količine težje oz. nerazgradljivih snovi v odpadno vodo ene od priključenih industrij. 25. 7. je bilo v dotoku na ČN zaznati porast tako BPK₅ kot KPK, kar si tudi razlagamo s povečanjem količine organskih snovi v odpadni vodi. Tudi tu je opaziti znižanje vrednosti BPK₅ v dotoku 14. 8. kot posledica odsotnosti odpadnih vod Tekstine. Vrednosti BPK₅ iztoka ostajajo ves čas

vzorčenja praktično nespremenjene (med 2 in 12 mg/L) in v času vzorčenja niso presegle mejne vrednosti 20 mg/L. Nihanja v obremenjenosti dotoka niso bistveno vplivala na čiščenja v smislu BPK₅.



Slika 25: Vrednosti BPK₅ na dotoku in iztoku iz CCN Ajdovščina v času trajanja vzorčenja (2007) ter mejna vrednost BPK₅ za izpust odpadnih vod iz komunalnih čistilnih naprav (20 mg/L).

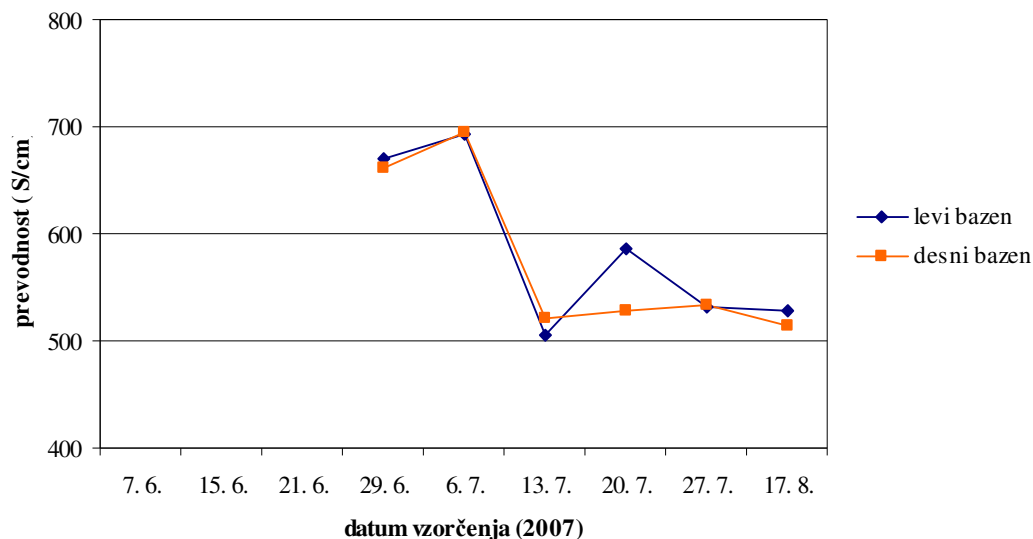
Slika 26 prikazuje učinek čiščenja glede na KPK in BPK₅ v odvisnosti od časa vzorčenja. Glede na Uredbo o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih vod v vode in javno kanalizacijo (2005) je učinek čiščenja ČN razmerje med količino snovi, izločene pri obdelavi odpadne vode, in količino te snovi v odpadni vodi pred čiščenjem na ČN ter se izraža v odstotkih. Učinek čiščenja glede na KPK in BPK₅ je bil med celotnim časom vzorčenja zelo visok. Za KPK je v povprečju znašal 94 %, medtem ko je bil za BPK₅ 98 %. Učinek čiščenja za KPK in BPK₅ je 17. 8 nižji. Kot je bilo omenjeno, v 14-dnevnem obdobju pred vzorčenjem v odpadni vodi ni bilo prisotnih vod Tekstine. Menimo, da se združba ni zmogla prilagoditi zmanjšanju tako biokemijsko razgradljivih kot biokemijsko nerazgradljivih snovi v odpadni vodi in je bilo delovanje manj učinkovito.



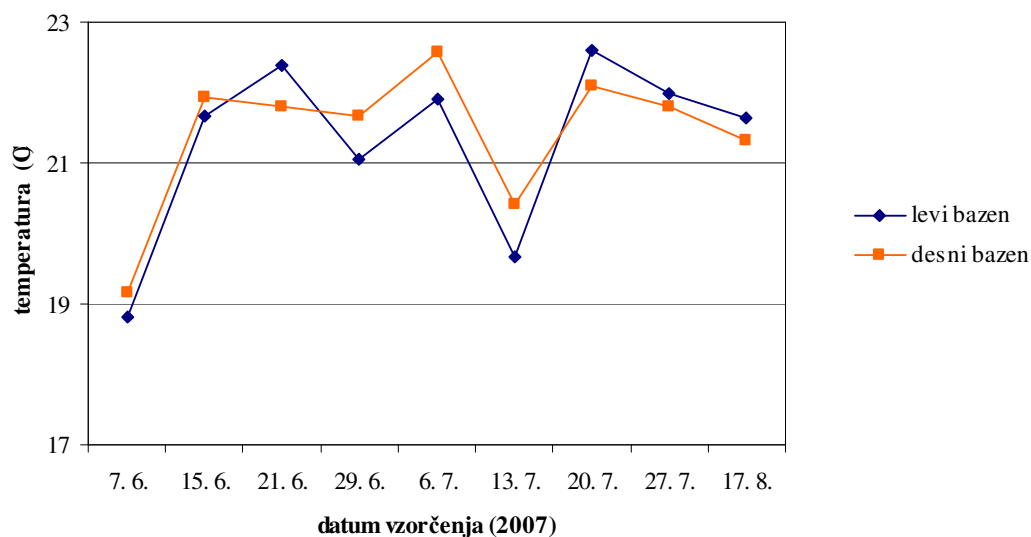
Slika 26: Učinek čiščenja glede na BPK₅ in KPK v času trajanja vzorčenja (2007).

4.1.3 Prevodnost in temperatura

Slika 27 prikazuje spreminjanje prevodnosti ($\mu\text{S}/\text{cm}$) aktivnega blata v levem in desnem prezračevalnem bazenu CCN Ajdovščina v času trajanja vzorčenja. Pri prvih treh vzorčenjih manjkajo podatki, ker prevodnosti nismo merili. Koncentracija raztopljenih snovi je v odpadni vodi visoka, kar je razvidno tudi iz vrednosti za prevodnost odpadne vode. V drugi polovici vzorčenja se je gibala med 500 in 700 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Opazimo lahko spremembo prevodnosti med vzorčenjem 6. 7. (700 $\mu\text{S}/\text{cm}$) in 13. 7. (500 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Prevodnost vode se zmanjša pri nižji temperaturi in 13. 7. je bila temperatura v prezračevalnih bazenih nižja za 2 °C (Slika 28) kot pri vzorčenju 6. 7. 13. 7. se je vrednost KPK na dotoku zvišala (800 mg/L), vrednost za BPK₅, pa je ostala nespremenjena (300 mg/L). Izpust težje razgradljivih snovi torej ni vplival na povečanje prevodnosti v prezračevalnih bazenih, saj se je ta znižala.



Slika 27: Spreminjanje prevodnost ($\mu\text{S}/\text{cm}$) aktivnega blata v levem in desnem prezračevalnem bazenu ČČN Ajdovščina v času trajanja vzorčenja (2007).



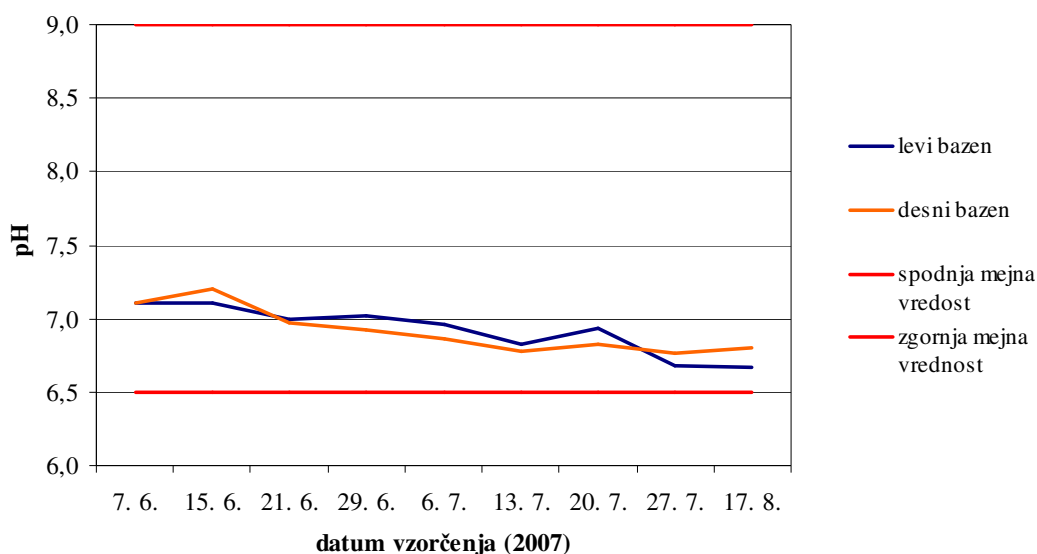
Slika 28: Spreminjanje temperature ($^{\circ}\text{C}$) v levem in desnem prezračevalnem bazenu ČČN Ajdovščina v času trajanja vzorčenja (2007).

Slika 28 prikazuje spreminjanje temperature ($^{\circ}\text{C}$) v levem in desnem prezračevalnem bazenu ČČN Ajdovščina v času trajanja vzorčenja. Razvidno je, da so bile temperaturne razmere v prezračevalnih bazenih v času trajanja vzorčenja kar stabilne ($19\text{--}23\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Povprečna temperatura v obeh bazenih je bila 21 °C. Nenavadno je le znižanje temperature 13. 7. za 2 °C. Ker temperatura vpliva na fizikalne, kemijske in biološke procese v vodi in tako na vrednosti mnogih spremenljivk (Roš, 2001), je aktivnost organizmov v odpadni vodi poleti višja kot pozimi. V času vzorčenja kljub visokim temperaturam ozračja temperatura odpadne vode ni očitno naraščala.

4.1.4 pH

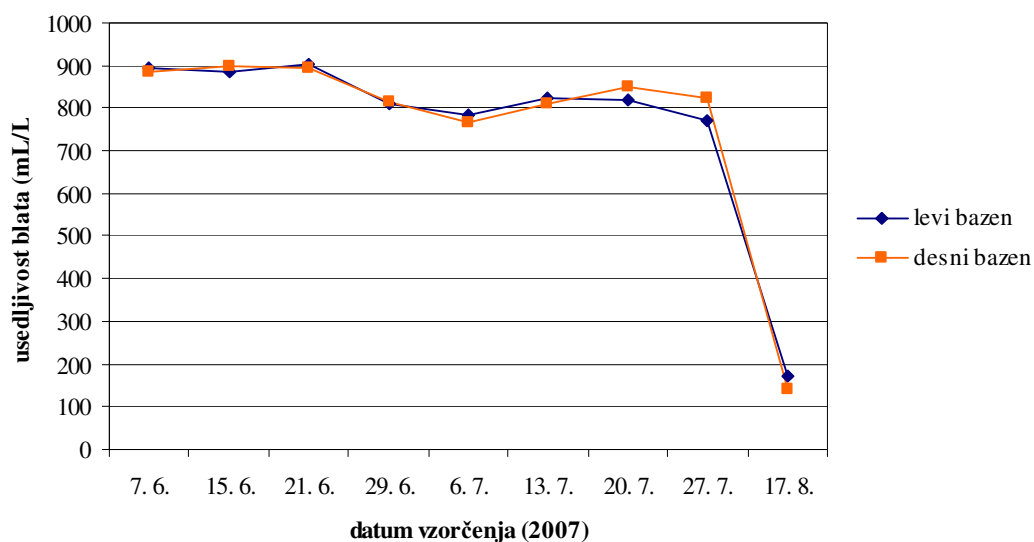
Slika 29 prikazuje izmerjene vrednosti za pH v levem in desnem prezračevalnem bazenu CČN Ajdovščina v času trajanja vzorčenja. Na sliki sta prikazani tudi spodnja (6,5) in zgornja (9,0) mejna vrednost pH za iztok v vode, ki ju določa Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih vod v vode in javno kanalizacijo (2005). Združba v aktivnem blatu je občutljiva na spreminjanje vrednosti pH, zato morajo biti te čim bolj stalne. S Slike 29 je razvidno, da se vrednosti pH v času trajanja vzorčenja niso bistveno spreminjale, kar kaže na dobro pufersko sposobnost sistema, ki jo omogočajo karbonatne vode. Opazen je trend nižanja pH pod 7,0 oz. proti spodnji meni vrednosti, vendar le-te ni prestopil.



Slika 29: Vrednosti pH v levem in desnem prezračevalnem bazenu CČN Ajdovščina v času trajanja vzorčenja (2007) ter zgornja in spodnja mejna vrednost za iztok v vode.

4.1.5 Usedljivost blata in volumski indeks blata

Sliki 30 in 31 prikazujeta spreminjanje usedljivosti aktivnega blata in spreminjanje VIB v levem in desnem prezračevalnem bazenu CČN Ajdovščina v času trajanja vzorčenja. Za določitev lastnosti usedanja kosmov aktivnega blata smo izvajali 30-minutni poskus. Običajne vrednosti usedljivosti aktivnega blata so med 100 in 300 mL/L (Roš, 2001). Slaba usedljivost aktivnega blata je lahko posledica visoke koncentracije suspendiranih snovi ali prisotnosti nitastih organizmov, ki se množično pojavljajo, ko je koncentracija raztopljenega kisika dolgo pod 1,0 mg/L (Roš, 2001). Jin in sod. (2003) navajajo, da je usedanje aktivnega blata odvisno tudi od gostote kosmov, njihove velikosti in kemijske sestave, na kar vplivajo zadrževalni čas, koncentracija kisika, spremljajoča združba in nitasti organizmi (Puigagut in sod., 2007).

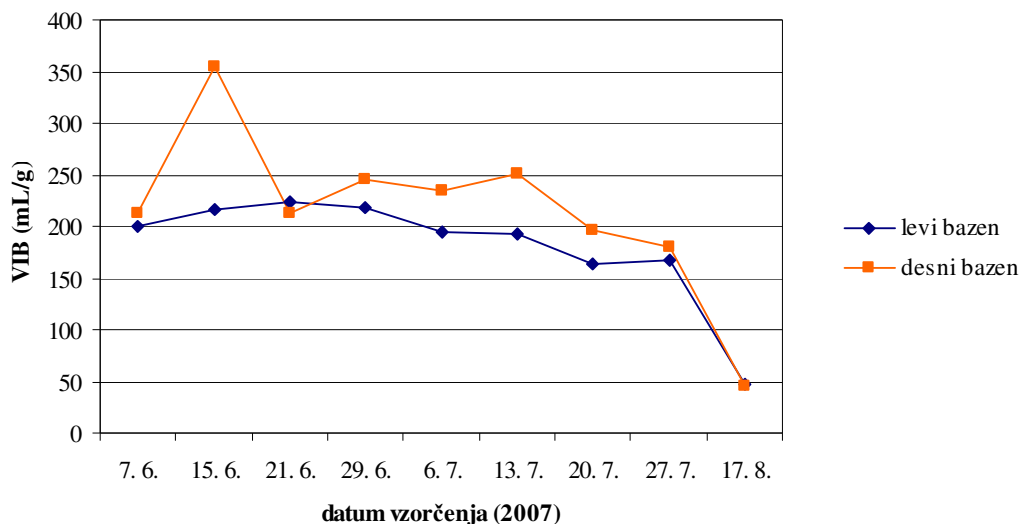


Slika 30: Spreminjanje usedljivost aktivnega blata (mL/L) v levem in desnem prezračevalnem bazenu CČN Ajdovščina v času trajanja vzorčenja (2007).

S Slike 30 opazimo, da je na CČN Ajdovščina usedljivost aktivnega blata slaba. Večji del vzorčenja se je gibala med 800 in 900 mL/L in se v levem in desnem prezračevalnem bazenu ni bistveno razlikovala. Slednjih opažanj ne moremo povezati z nitastimi organizmi in pomanjkanjem raztopljenega kisika, saj so bile vrednosti kisika vedno nad 1,0 mg/L, nitasti organizmi (alga rodu *Sphaerotilus* sp.) pa so bili prisotni le posamično. Ob zadnjem

vzorčenju 17. 8. (odsnost odpadnih vod Tekstine) se je usedljivost opazno izboljšala. Znašala je 150 mL/L v obeh prezračevalnih bazenih, kar spada med običajne vrednosti. Boljša usedljivost je posledica manjše količine celotne trdne snovi v odpadni vodi ter tudi spremenjenih lastnosti blata. V zadnjem delu poizkusa smo opazili povečanje števila rotatorijev (120.000 org./L), ki z izločanjem mukoznih substanc lahko izboljšajo usedljivost aktivnega blata (Lapinski in Tunnacliffe, 2003).

S slike 31 opazimo, da so vrednosti VIB visoke. VIB je odvisen od usedljivosti in količine celotnih trdnih snovi v aktivnem blatu, ki so bile visoke. Vrednosti VIB so se gibale med 50 in 350 mL/g. Vrednosti v levem in desnem prezračevalnem bazenu so se razlikovale le ob vzorčenju 15. 6., ko je bil VIB v desnem bazenu nad 350 mL/g. Običajno območje vrednosti VIB je med 50 in 150 mL/g, kamor lahko uvrstimo le vrednosti 17. 8.

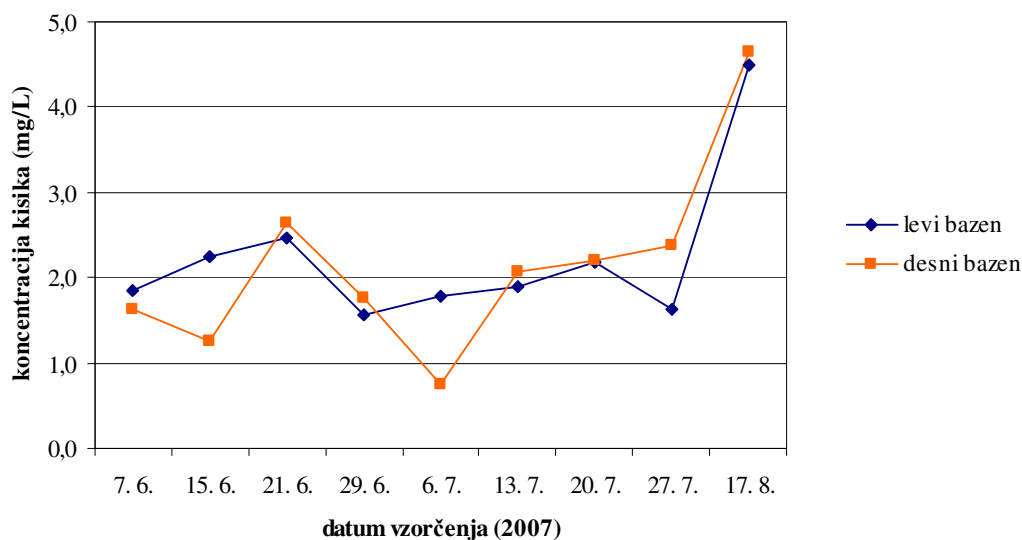


Slika 31: Spreminjanje volumskega indeksa blata v levem in desnem prezračevalnem bazenu CČN Ajdovščina v času trajanja vzorčenja (2007).

4.1.6 Koncentracija raztopljenega kisika

Koncentracija raztopljenega kisika v vodi je odvisna od fizikalnih (temperatura), kemijskih (organska obremenjenost dotoka) in biotskih procesov v vodi ter operacijskih parametrov

(jakost vpihovanja kisika). Koncentracija raztopljenega kisika mora biti zadostna (2,0 do 3,0 mg/L), da ostanejo mikroorganizmi aktivni v prezračevalnem bazenu, sekundarnem usedalniku in povratnem blatu (Roš, 2001).

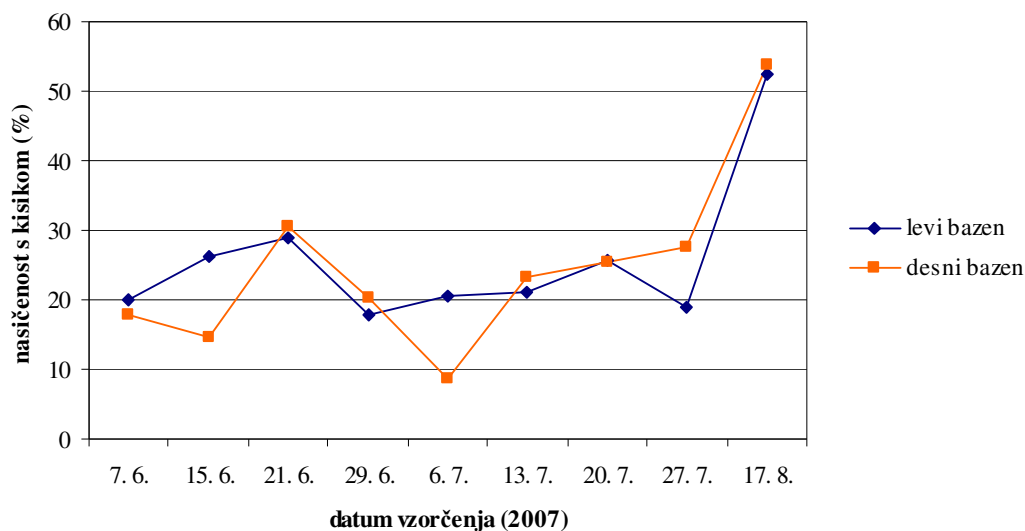


Slika 32: Spreminjanje koncentracije raztopljenega kisika v levem in desnem prezračevalnem bazenu ČČN Ajdovščina v času trajanja vzorčenja (2007).

S Slike 32 je razvidno, da se je koncentracija raztopljenega kisika v prezračevalnih bazenih precej spreminjala (med 0,7 in 4,7 mg/L). Večje spremembe so opazne v desnem bazenu. Odstopata predvsem vzorčenji 15. 6 in 6. 7. Spremembe so lahko posledica različnejakosti vpihovanja ali organske obremenitve dotoka in spreminjanj porabe kisika. V obeh bazenih pa je presenetljiva visoka koncentracija raztopljenega kisika 17. 8. Zaradi odsotnosti odpadnih vod Tekstine je bil dotok na ČN manj obremenjen (Sliki 24 in 25; Priloga B). Biokemijska razgradnja je bila manj intenzivna, poraba kisika manjša, izmerjena koncentracija kisika pa višja (4,6 mg/L). Izmerjene vrednosti raztopljenega kisika so bile tudi pod 2,0 mg/L, vendar niso padle pod kritično mejo 1,0 mg/L za dalj časa. Krajša pomanjkanja kisika v aktivnem blatu ne povzročijo zmanjšanja učinka čiščenja niti upada številčnosti bakterijske in spremljajoče združbe (Dular in sod., 1988).

Slika 33 prikazuje spreminjanje nasičenosti aktivnega blata s kisikom. Na raztapljanje kisika v vodi vplivajo zračni tlak, ioni in temperatura, ki je bila v našem primeru bolj ali

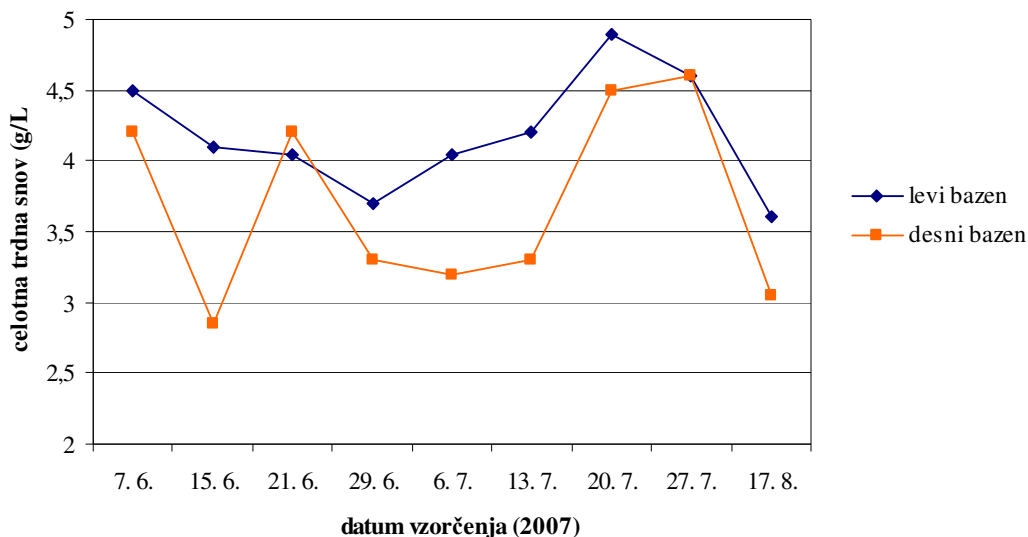
manj konstantna, in ni bistveno vplivala na spreminjanje nasičenosti. Večji vpliv je imela jakosti vpihovanja, ki se spreminja avtomatsko glede na izmerjeno koncentracijo kisika in količino suhe snovi. Nasičenost s kisikom se je gibala med 8 % in 53 %, povprečno pa je znašala 25 %, kar so nizke vrednosti. Najvišja nasičenost je bila 17. 8., in sicer 53 %.



Slika 33: Spreminjanje nasičenosti s kisikom v levem in desnem prezračevalnem bazenu CČN Ajdovščina v času trajanja vzorčenja (2007).

4.1.7 Celotna trdna snov

Slika 34 prikazuje spreminjanje količine celotne trdne snovi (g/L) v levem in desnem prezračevalnem bazenu CČN Ajdovščina v času trajanja vzorčenja. Vrednosti TS so se gibale med 2,9 in 4,9 g/L. Izstopata vzorčenji 15. 6. in 17. 8., ko je bila skupna trdna snov najnižja (2,9 g/L), ter vzorčenje 20. 7., ko je bila najvišja (4,9 g/L). Količina skupne trdne snovi je odvisna od vira odpadne vode in tudi od predhodnih stopenj v procesu čiščenja. Opazne so razlike med levim in desnim bazenom, iz česar sklepamo na neenakomerno razporejanje trdnih snovi med bazenoma.



Slika 34: Spreminjanje količine celotne trdne snovi (g/L) v levem in desnem prezračevalnem bazenu ČČN Ajdovščina v času trajanja vzorčenja (2007).

4.1.8 Dušikovi parametri

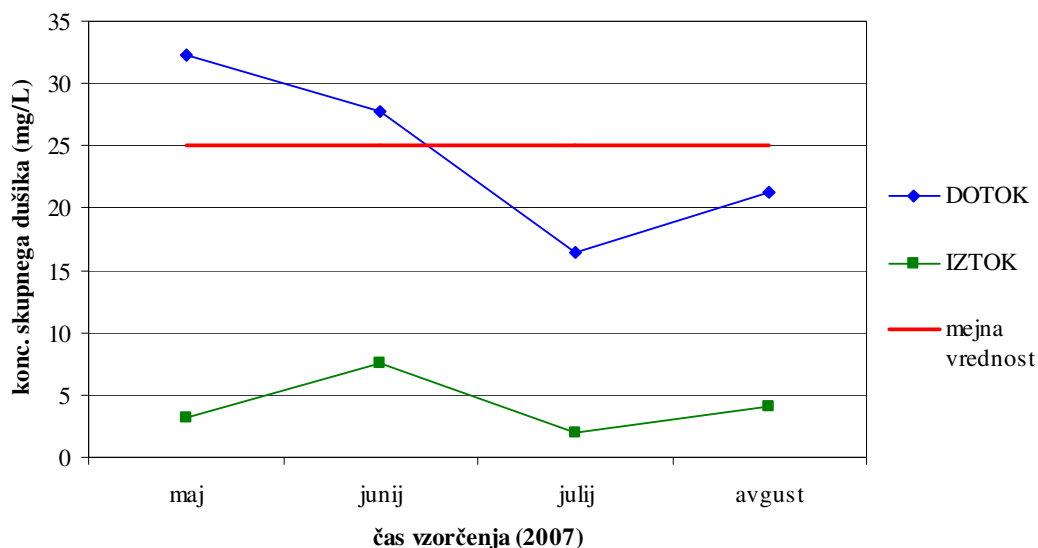
Dušik se v odpadni vodi pojavlja kot organsko vezan dušik in anorganski dušik (amonij, nitrit in nitrat) (Roš, 2001). S spremljanjem sprememb in porazdelitev oblik dušika v posameznih delih ČN lahko sklepamo na potek čiščenja. Naraščanje koncentracije amonijevega iona med primarnim usedanjem pogosto napoveduje razvoj anoksičnih razmer, kjer je ta stabilen (Nekrep, 2006), medtem ko naraščanje nitrata in nitrata v iztoku iz sekundarnega usedalnika označuje nitrifikacijo (Roš, 2001). Vrednosti dušikovih in fosforjevih parametrov so povzete iz rednega mesečnega monitoringa na ČČN Ajdovščina in predstavljajo 24-urni vzorec.

4.1.8.1 Skupni dušik

Skupni dušik je vsota dušika po Kjeldalhu (N-organski in NH_4^+), nitritnega dušika (NO_2^-) in nitratnega dušika (NO_3^-). V surovi odpadni vodi so koncentracije skupnega dušika navadno med 20 in 85 mg/L (Roš, 2001). Po Uredbi o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz komunalnih čistilnih naprav (2007) je mejna vrednost za skupni dušik za ČN z

zmogljivostjo med 10.000 in 100.000 PE, kamor sodi CČN Ajdovščina, 25 mg/L, učinek čiščenja celotnega dušika pa mora biti 70 % (Priloga A).

Na Sliki 35 je prikazano mesečno spreminjanje koncentracije skupnega dušika na dotoku in iztoku iz CČN Ajdovščina v času vzorčenja ter mejna vrednost skupnega dušika za izpust odpadnih vod iz komunalnih ČN. Vrednosti skupnega dušika na dotoku so nizke in na iztoku ne presegajo dovoljene mejne vrednosti 25 mg/L. Koncentracija skupnega dušika se v procesu čiščenja zmanjša.



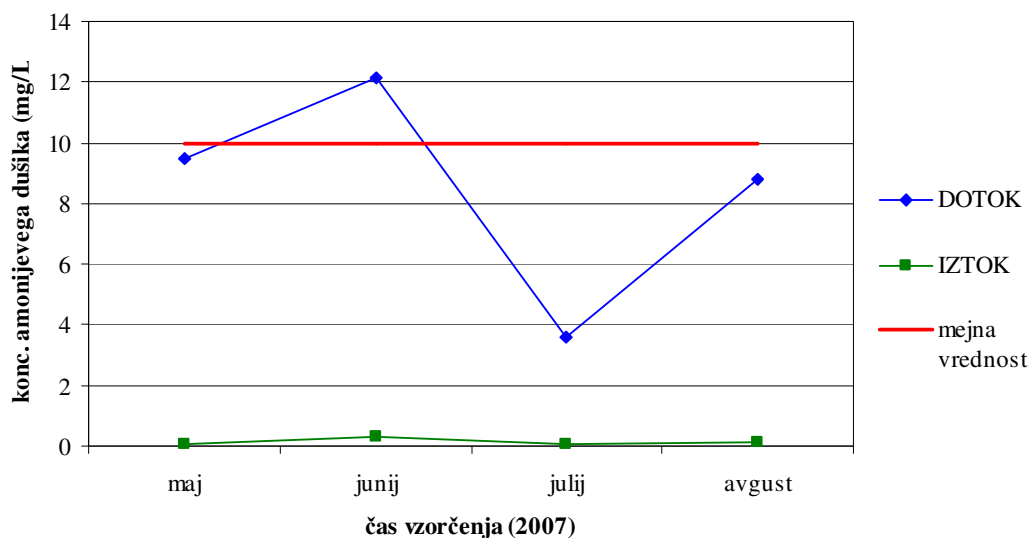
Slika 35: Spreminjanje koncentracija skupnega dušika (mg/L) na dotoku in iztoku iz CČN Ajdovščina v času vzorčenja (2007) ter mejna vrednost skupnega dušika za izpust odpadnih vod iz komunalnih čistilnih naprav (25 mg/L).

4.1.8.2 Amonijev dušik

Na Sliki 36 je prikazano mesečno spreminjanje koncentracije amonijevega dušika na dotoku in iztoku iz CČN Ajdovščina v času vzorčenja. Prikazana je tudi mejna vrednost za izpust vode iz komunalnih ČN z zmogljivostjo med 10.000 in 100.000 PE, ki jo določa Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz komunalnih čistilnih naprav (2007),

in sicer 10 mg/L (Priloga A). V surovi odpadni vodi so koncentracije amonijevega dušika navadno med 12 in 50 mg/L (Roš, 2001).

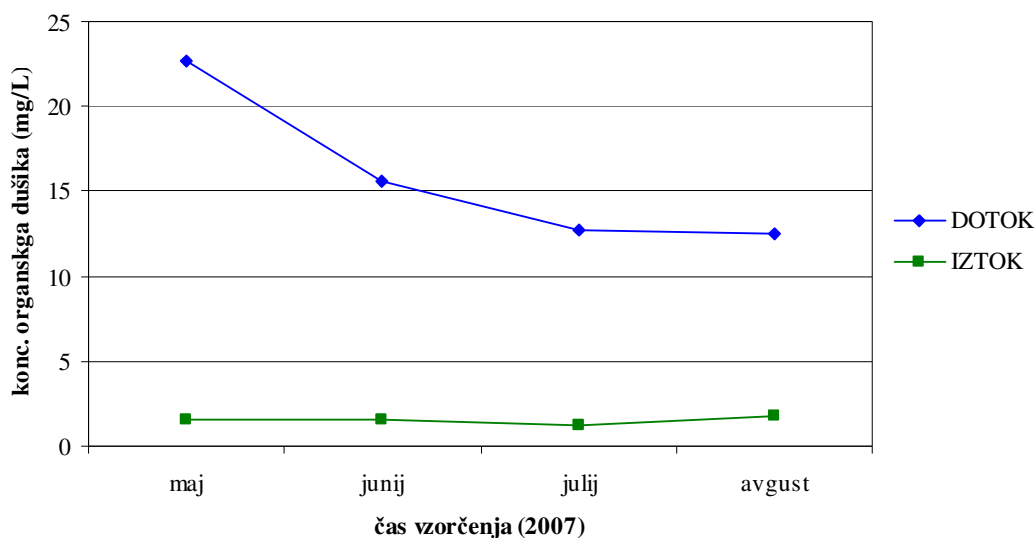
S Slike 36 je razvidno, da so bile koncentracije amonijevega dušika v dotoku na CČN Ajdovščina nizke, v iztoku pa amonijev dušik skoraj ni bil prisoten (0,2–0,6 mg/L), kar je posledica nitrifikacije v procesu čiščenja. Za nitrifikacijo je potrebna zadostna koncentracija kisika, in Roš (2001) navaja, da so primerne koncentracije med 2,0 in 3,0 mg/L. V našem primeru so bile koncentracije kisika tudi pod 2,0 mg/L, vendar zaradi nizkih koncentracij amonijevega dušika niso bistveno vplivale na proces nitrifikacije. Nitrifikacija poteka v širokem temperaturnem območju, hitrost pa se upočasni ob zniževanju temperature (Roš, 2001). Pogoj za nitrifikacijo je zadostno število nitrifikatorjev, ki se razvijejo šele v starejšem blatu (Roš, 2001). Istenič (2005) navaja, da povišanje koncentracije NaCl bistveno ne vpliva na potek nitrifikacije.



Slika 36: Spreminjanje koncentracija amonijevega dušika (mg/L) na dotoku in iztoku iz CČN Ajdovščina v času vzorčenja (2007) ter mejna vrednost amonijevega dušika za izpust odpadnih vod iz komunalnih čistilnih naprav (10 mg/L).

4.1.8.3 Organski dušik

Je dušik, ki je vgrajen v organskih molekulah v odpadni vodi ali v biomasi organizmov. V procesu amonifikacije (mineralizacije) se razgradi do anorganskih oblik. Mineralizacija poteka v oksičnih razmerah, nekoliko manj pa tudi v anoksičnih (Nekrep, 2002). V surovi odpadni vodi so koncentracije organskega dušika med 8 in 35 mg/L (Roš, 2001). Na Sliki 37 je prikazano mesečno spreminjanje koncentracije organskega dušika na dotoku in iztoku iz CČN Ajdovščina v času vzorčenja. Koncentracije organskega dušika v dotoku so bile nižje od pričakovanih, vedno pod 25 mg/L, še nižje pa na iztoku, pod 2 mg/L. V dobro delujoči ČN naj bi organski dušik v iztoku bil prisoten le v biomasi organizmov.

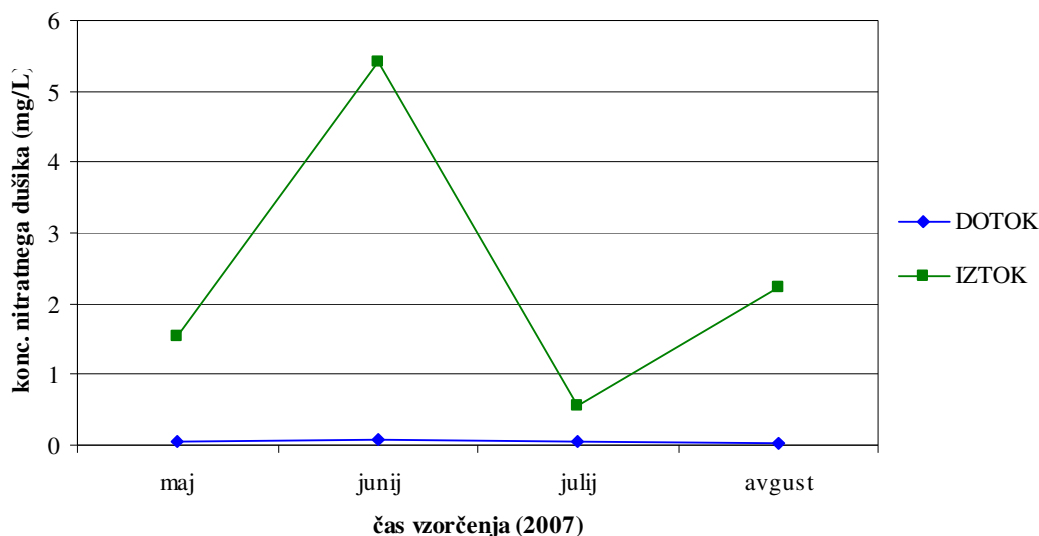


Slika 37: Spreminjanje koncentracija organskega dušika (mg/L) na dotoku in iztoku iz CČN Ajdovščina v času vzorčenja (2007).

4.1.8.4 Nitratni dušik

Nitratni ion (NO_3^-) je končni produkt aerobne razgradnje organskih dušikovih spojin (mineralizacije). Je oblika dušika, ki jo fotoavtotrofni organizmi lahko asimilirajo in vgrajujejo v lastne celične strukture (Urbanič in Toman, 2003). Koncentracije nitratov in

drugih hranil v iztoku iz ČN ne smejo biti previsoke, saj lahko povzročijo sekundarno onesnaženje v sprejemnih vodotokih.



Slika 38: Spreminjanje koncentracija nitratnega dušika (mg/L) na dotoku in iztoku iz ČČN Ajdovščina v času vzorčenja (2007).

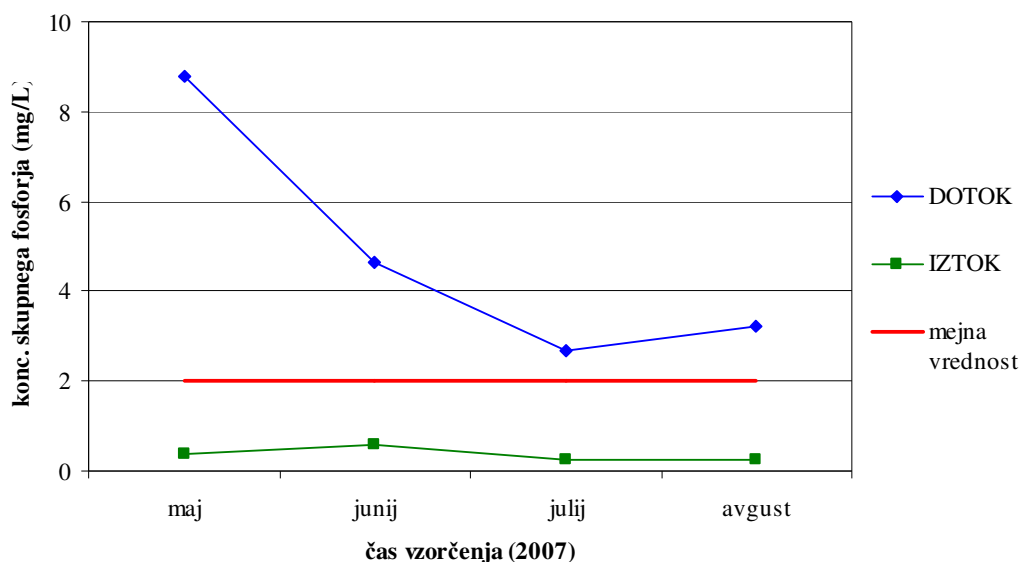
Na Sliki 38 je prikazano spreminjanje koncentracije nitratnega dušika na dotoku in iztoku iz ČČN Ajdovščina v času vzorčenja. Opaziti je, da je koncentracija nitratnega dušika na dotoku zelo nizka, na iztoku pa se poveča ter se zelo spreminja. Povečana koncentracija na iztoku nakazuje nitrifikacijo v procesu čiščenja. So pa te vrednosti nizke, le 3 mg/L. Mejna vrednost nitratov za uvrščanje vodotokov v prvi kakovostni razred je 5 mg/L. Iztok iz ČN glede na nitrate ne predstavlja nevarnosti sekundarnega onesnaženja reke Hubelj.

4.1.9 Fosforjevi parametri

Na Sliki 39 je prikazano mesečno spreminjanje koncentracije celotnega fosforja na dotoku in iztoku iz ČČN Ajdovščina v času vzorčenja. Prikazana je tudi mejna vrednost fosforja za izpust vode iz komunalnih ČN z zmogljivostjo med 10.000 in 100.000 PE, ki jo določa Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz komunalnih čistilnih naprav (2007), in sicer 2 mg/L. Uredba določa tudi učinek čiščenja celotnega fosforja, ki naj bo vsaj 80 %

(Priloga A). V surovi odpadni vodi so koncentracije celotnega fosforja navadno med 2 in 20 mg/L (Roš, 2001).

S Slike 39 je razvidno, da so vrednosti skupnega fosforja v dotoku v okviru pričakovanih (2,7–8,8 mg/L). V procesu čiščenja se koncentracija fosforja zniža (0,2–0,6 mg/L) pod mejno vrednost in ne predstavlja nevarnosti sekundarnega onesnaženja reke Hubelj. Na Sliki 39 lahko opazimo tudi, da se je koncentracija skupnega fosforja v dotoku zmanjševala od maja proti avgustu. V sekundarnih usedalnikih je zasajena vodna leča, ki se bujno razrašča, saj so v odpadni vodi prisotna hranila, ki jih odstranjuje iz očiščene vode.



Slika 39: Spreminjanje koncentracija celotnega fosforja (mg/L) na dotoku in iztoku iz CČN Ajdovščina v času vzorčenja (2007) ter mejna vrednost celotnega fosforja za izpust odpadnih vod iz komunalnih čistilnih naprav (2 mg/L).

4.2 SPREMLJAJOČA ZDRUŽBA V AKTIVNEM BLATU

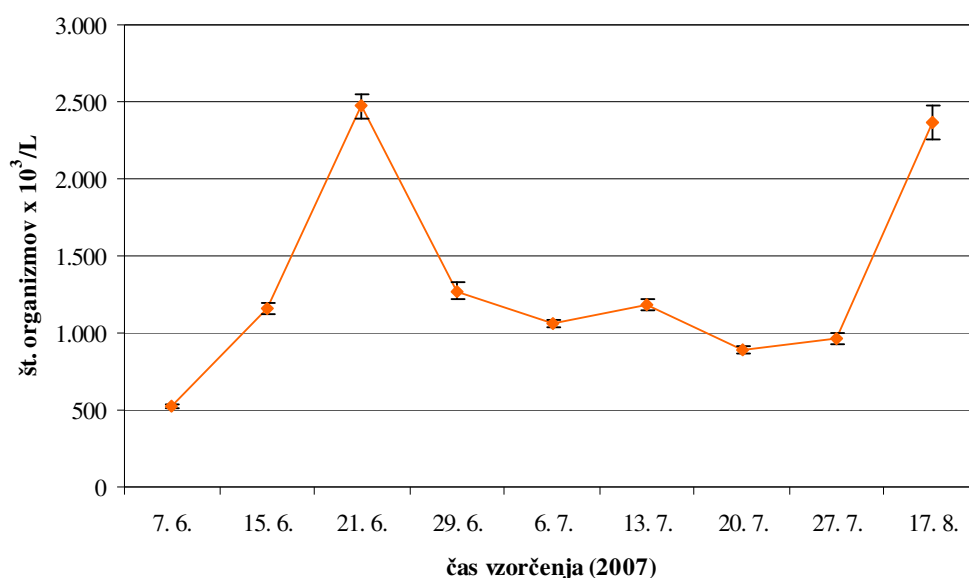
4.2.1 Število organizmov spremljajoče združbe

Preglednica 7: Skupine organizmov prisotnih v aktivnem blatu, njihova številčnost (št. org./L) in deleži v celotni združbi v obeh prezračevalnih bazenih skupaj v času vzorčenja (2007) na CCN Ajdovščina.

datum vzorčenja (2007)/ skupine organizmov	7. 6.	15. 6.	21. 6.	29. 6.	6. 7.	13. 7.	20. 7.	27. 7.	17. 8.	skupaj št. org./L
gole amebe	300	0	300	500	1.500	0	1.500	2.000	494.500	55.622
%	0	0	0	0	0,1	0	0,2	0,2	28	4
amebe s hišico										
<i>Arcella</i> sp.	33.300	111.500	251.000	175.700	154.000	125.500	130.500	105.500	170.500	139.722
<i>Euglypha</i> sp.	84.300	110.300	118.300	85.300	61.000	69.000	102.500	92.500	161.500	98.300
skupaj amebe s hišico	117.600	221.800	369.300	261.000	215.000	194.500	233.000	198.000	332.000	238.022
%	23	19	15	21	20	16	26	21	19	19
prosto plavajoči ciliati										
<i>Bursellopsis</i> sp.	15.300	45.700	47.200	42.500	32.000	31.500	48.000	54.500	27.500	38.244
<i>Colpoda</i> sp.	138.700	188.500	263.500	524.000	181.000	1.500	0	1.000	23.500	146.856
<i>Trachelophyllum</i> sp.	16.700	46.300	8.800	3.200	5.000	17.500	9.500	44.000	0	16.778
<i>Coleps</i> sp.	26.700	9.300	8.200	5.800	3.000	1.000	0	0	0	6.000
<i>Paramecium</i> sp.	51.700	91.000	55.800	49.800	91.500	141.000	102.000	62.500	35.000	75.589
skupaj prosto plavajoči ciliati	249.100	380.800	383.500	625.300	312.500	192.500	159.500	162.000	86.000	283.467
%	48	33	16	49	29	16	18	17	5	23
pritrjeni ciliati										
<i>Epistilis</i> sp.	16.000	0	0	0	1.000	0	0	500	43.000	6.722
<i>Opercularia</i> sp.	5.300	1.200	3.000	4.500	43.000	40.000	87.000	98.000	57.500	37.722
<i>Vorticella convallaria</i>	300	0	0	0	2.500	0	0	0	4.000	756
<i>Vorticella microstoma</i>	700	43.000	930.200	59.700	136.500	111.500	129.000	145.000	15.500	174.567
<i>Vaginicola subcrystallina</i>	0	800	2.800	6.300	25.500	24.000	35.000	62.500	19.500	19.600
<i>Stentor</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	1.000	111
<i>Thuricola</i> sp.	0	0	0	500	2.000	9.000	17.000	19.500	5.000	5.889

datum vzorčenja (2007)/ skupine organizmov	7. 6.	15. 6.	21. 6.	29. 6.	6. 7.	13. 7.	20. 7.	27. 7.	17. 8.	skupaj št. org./L
skupaj pritrjeni ciliati	22.300	45.000	936.000	71.000	210.500	184.500	268.000	325.500	145.500	245.367
%	4	4	38	6	20	16	30	34	8	20
plezajoči ciliati										
<i>Blepharisma</i> sp.	0	300	0	300	500	0	0	0	0	122
<i>Chilodonell</i> sp.	14.300	300	14.800	5.700	0	0	0	0	34.500	7.733
<i>Euplotes</i> sp.	3.000	35.000	194.500	500	0	0	0	0	12.000	27.222
<i>Aspidisca</i> sp.	69.300	450.000	550.000	236.200	246.500	485.500	21.000	32.500	524.500	290.611
skupaj plezajoči ciliati	86.600	485.600	759.300	242.700	247.000	485.500	21.000	32.500	571.000	325.689
%	17	42	31	20	23	41	2	3	32	26
plenilski ciliati										
<i>Litonotus</i> sp.	0	0	0	500	500	0	0	0	0	111
<i>Acineta</i> sp.	0	0	0	26.500	9.000	3.500	0	0	1.500	4.500
<i>Podophrya fixa</i>	0	0	0	0	500	1.500	500	5.500	17.000	2.778
<i>Tokophrya infusionum</i>	1.000	0	0	0	5.500	3.000	2.000	2.500	1.000	1.667
skupaj plenilski ciliati	1.000	0	0	27.000	15.500	8.000	2.500	8.000	19.500	9.056
%	0,2	0	0	2	1	0,7	0,3	0,8	1	1
Rotatoria										
<i>Philodina</i> sp.	6.000	1.000	700	6.500	5.500	20.500	34.000	47.000	0	13.467
<i>nedoločljivi Rotatoria</i>	0	0	0	1.800	500	2.000	3.500	6.000	3.000	1.867
<i>Lecane</i> sp.	4.000	6.500	9.800	20.800	46.000	76.500	107.000	88.500	118.000	53.011
<i>Encentrum</i> sp.	1.000	0	0	0	500	0	0	1.000	0	278
skupaj Rotatoria	11.000	7.500	10.500	29.100	52.500	99.000	144.500	142.500	121.000	68.622
%	2	1	1	2	5	8	16	15	7	5
Tardigrada	21.700	12.700	3.200	8.000	4.000	0	1.500	2.000	0	5.900
Gastrotricha										
<i>Chaetonotus</i> sp.	1.300	1.000	2.000	3.000	4.000	22.500	54.000	89.000	0	19.644
Nematoda	300	800	5.000	1.500	500	500	0	500	1.500	1.178
Oligochaeta										
<i>Nais</i> sp.	1.700	1.000	1.300	500	1.000	500	2.000	1.500	1.000	1.167
<i>Aelosoma variegatum</i>	5.300	1.000	0	0	0	0	0	0	2.500	978
skupaj metazoa	41.300	24.000	22.000	42.100	62.000	122.500	202.000	235.500	126.000	97.489
%	0,08	2	1	3	6	10	23	24	7	8
SKUPAJ (št. org./L)	518.200	1.157.200	2.470.400	1.269.600	1.064.000	1.187.500	887.500	963.500	1.774.500	1.254.711

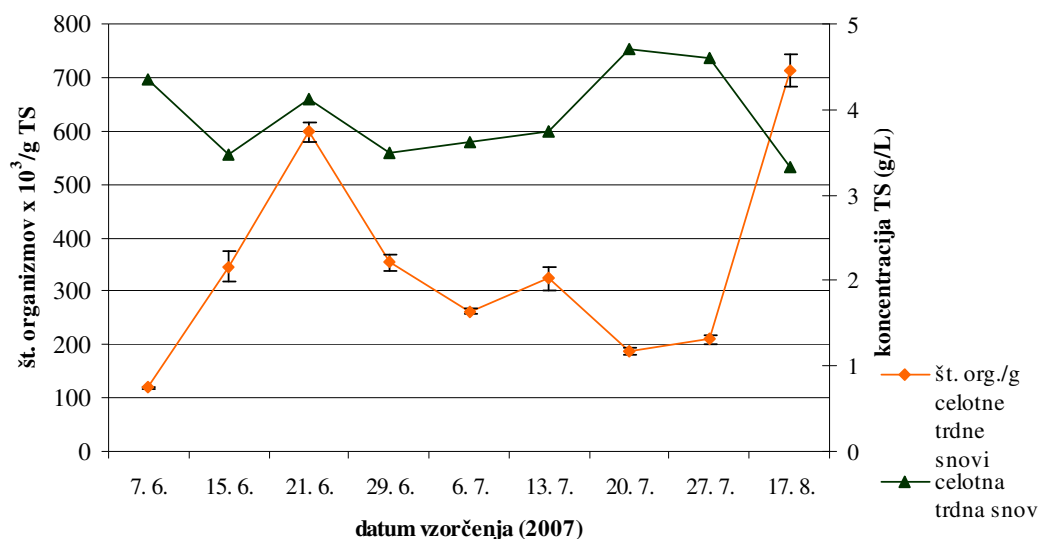
V Preglednici 7 je prikazana številčnost posameznih organizmov po datumih vzorčenja, povprečna številčnost organizmov v celotnem vzorčenju in število organizmov v posameznem vzorčenju na CČN Ajdovščina. Organizmi so razdeljeni v skupine: gole amebe, amebe s hišico, prosto plavajoči ciliati, pritrjeni, plezajoči, plenilski ciliati in metazoa. Izračunana je številčnost posamezne skupine in njen delež v celotni združbi. Našli smo 32 različnih taksonov protozojev in metazojev. Določili smo jih do nivoja rodu in vrste, razen taksonov golih ameb, Tardigrada, Nematoda in nekaterih Rotatoria.



Slika 40: Spreminjanje števila organizmov v prezračevalnih bazenih CČN Ajdovščina in standardne napake v času vzorčenja (2007).

Slika 40 prikazuje spreminjanje števila organizmov v prezračevalnih bazenih CČN Ajdovščina v času vzorčenja. Madoni (1994) navaja, da številčnost nad 10^6 org./L v aktivnem blatu nakazuje učinkovito delovanje ČN. V času vzorčenja je bilo število organizmov vedno nad 10^6 org./L, razen pri vzorčenjih 7. 6. in 20. 7. (Slika 40). 7. 6. so bile razmere v prezračevalnih bazenih slabše, kar je razvidno tudi iz fizikalnih in kemijskih parametrov (Priloga B). 20. 7. je bilo zaslediti znižanje številčnosti pod 10^6 org./L, ki verjetno ni vplivala na učinkovitost delovanja ČN. Na Sliki 41 se vidi, da je bila koncentracija celotne trdne snovi (TS) na ta dan vzorčenja najvišja (4,7 g /L). Izstopata tudi vzorčenji 21. 6. in 17. 8., ko je bilo v aktivnem blatu prisotnih več kot 2×10^6 org./L

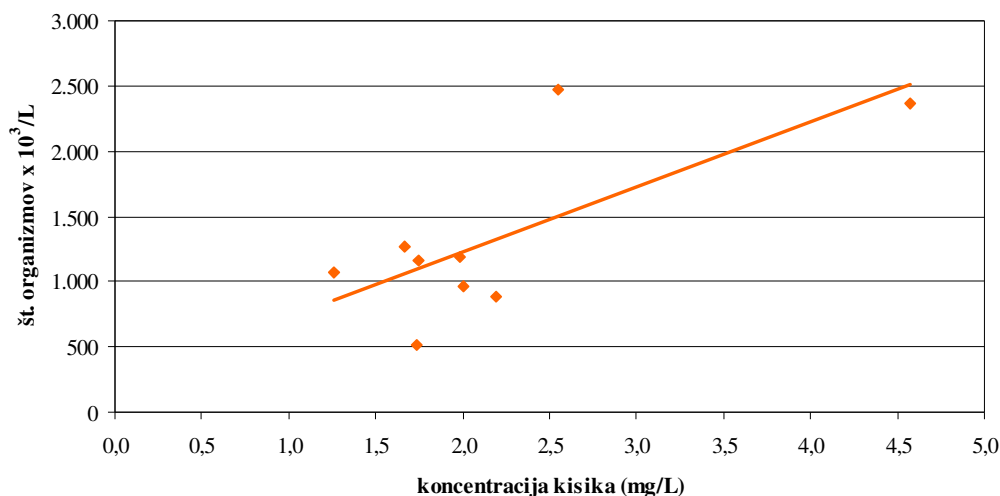
(Slika 40). Visoka številčnost 21. 6. je posledica visoke koncentracije organskih snovi v odpadni vodi (Slika 43: 4,13 g/L in Priloga B) zaradi večjega dotoka odpadne vode na ČN (Priloga C) in zadostnih koncentracij kisika (Slika 43). Vrednost VIB je bila visoka (218 mL/g), kar pa ne razlaga visoke številčnosti. Ob naslednjih vzorčenjih se je število organizmov zmanjšalo, kljub visokim dotokom in vrednostim KPK in BPK₅, bilo pa je vedno nad 10⁶ org./L (Slika 40). Vzorčenje 17. 8. je sledilo 14-dnevni odsotnosti odpadnih vod Tekstine. Poleg velikega povečanja števila organizmov je zaslediti zmanjšanje TS (Slika 41), visoko koncentracijo kisika (Slika 43: 4,57 mg/L), boljšo usedljivost blata (Slika 30) in nižji VIB (46 mL/g). Po navedbah Roš (2001) je to spodnja vrednost VIB, v dobro delujoči ČN (50 in 150 mL/g). Razmere so bile za organizme ugodne in številčnost se je podvojila. Med levim in desnim bazenom ni bilo večjih razlik v številu organizmov niti niso bile opazne znotraj posameznega bazena med različnimi vzorčnimi mesti. Zato na Slikah 40–43 predstavljamo povprečne vrednosti s standardnimi napakami številčnosti v levem in desnem prezračevalnem bazenu.



Slika 41: Spreminjanje števila organizmov (št. org./g TS) in koncentracije celotne trdne snovi (g/L) v prezračevalnih bazenih ČČN Ajdovščina v času vzorčenja (2007).

Slika 42 prikazuje spreminjanje števila organizmov ter trend spreminjanja v odvisnosti od koncentracije kisika. Iz slike je razvidno, da se število organizmov aktivnega blata spreminja v odvisnosti od kisika. Trendna črta kaže, da se z večanjem koncentracije kisika

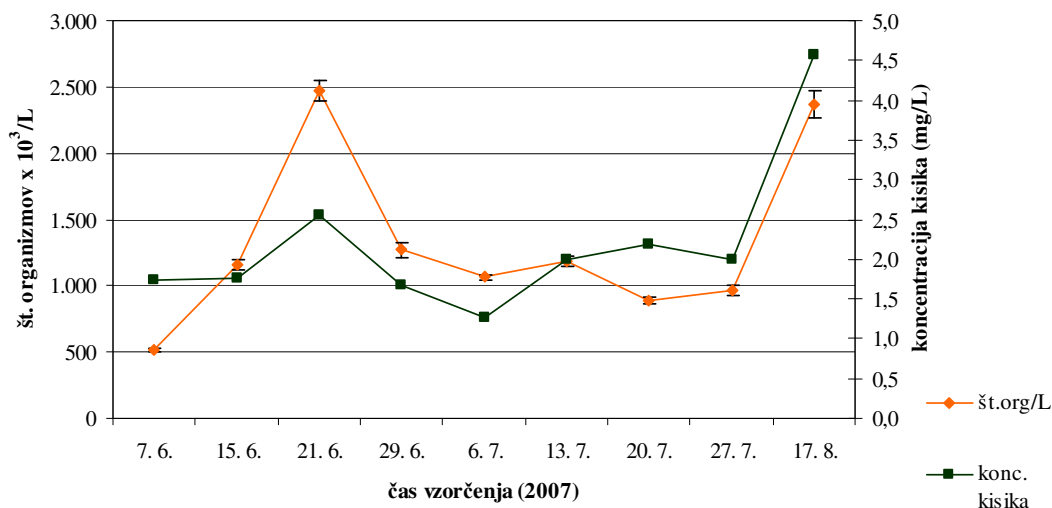
veča tudi število org./L. Roš in Toman (1992) navajata, da se število organizmov spremljajoče združbe ob začasnih pomanjkanjih kisika lahko zmanjša tudi do 50 %, da pa si ob ponovnem prezračevanju populacija opomore in kmalu doseže prvotno vrednost. Slednje je opazno tudi s Slike 43, ko se po obdobju nižjih koncentracij kisika število organizmov poveča, ko se koncentracija kisika zveča.



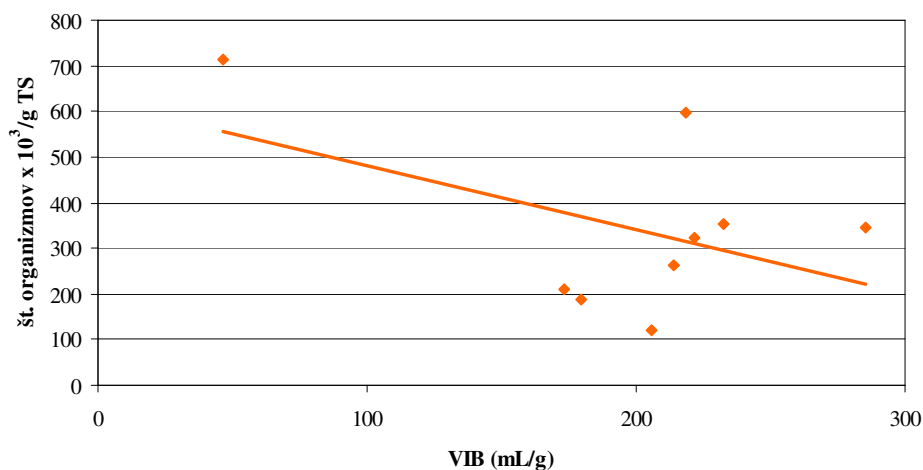
Slika 42: Spreminjanje števila organizmov (št. org./L) v aktivnem blatu v prezračevalnih bazenih CČN Ajdovščina ter trend spreminjanja v odvisnosti od koncentracije kisika (mg/L).

Na Sliki 43 je prikazano spreminjanje števila organizmov in koncentracije kisika v prezračevalnih bazenih CČN Ajdovščina v času vzorčenja. Koncentracije kisika v aktivnem blatu so se gibale med 1,0 in 2,5 mg/L, kar Ginoris in sod. (2007) navajajo kot dobro prezračeno blato, Toman (2002) pa poroča, da so pri koncentracijah kisika, manjših od 3,0 mg/L, prisotne vrste značilne za slabše prezračeno blato, česar mi nismo opazili. Roš (2001) navaja, da je za ustrezno aktivnost združbe aktivnega blata potrebno vzdrževati koncentracije raztopljenega kisika med 2,0 in 3,0 mg/L.

Visoka številčnost spremljajoče združbe 21. 6. je posledica tudi zadostne koncentracije kisika za aerobno razgradnjo organskih snovi v odpadni vodi. Tudi 17. 8. je bila koncentracija kisika zadostna za aerobno razgradnjo organskih snovi. Koncentracija le-teh je bila nižja (Priloga B), zato je bila razgradnja manj intenzivna, poraba kisika manjša, izmerjene koncentracije kisika pa višje.



Slika 43: Spreminjanje števila organizmov (št. org./L) in koncentracije kisika (mg/L) v prezračevalnih bazenih CCN Ajdovščina v času vzorčenja (2007).



Slika 44: Spreminjanje števila organizmov na g celotne trdne snovi v aktivnem blatu v prezračevalnih bazenih CCN Ajdovščina ter trend spreminjanja v odvisnosti od VIB (mL/g).

Če predstavimo števila organizmov na g celotne trdne snovi v odvisnosti od VIB in dodamo trendno črto (Slika 44), opazimo, da se številčnost organizmov z večanjem VIB manjša. Vrednosti VIB so bile visoke, nad 200 mL/g, in kažejo na slabo usledljivost blata. V nasprotju z avtorji, ki navajajo, da so vrednosti VIB nad 200 mL/g značilne za

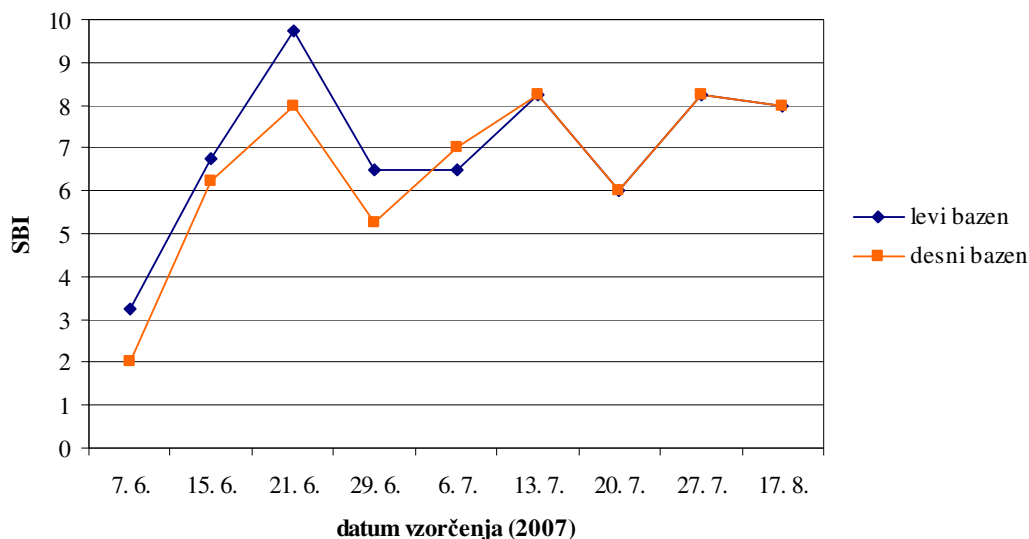
napihujoče blato, nizko gostoto spremljajoče združbe in odsotnost ameb s hišico (rod *Arcella* sp.) (Toman, 2002), mi nismo dobili takih rezultatov. Gostota spremljajoče združbe je bila visoka in amebe s hišico so bile prisotne celoten čas vzorčenja. Je pa bila ob nižjih vrednostih VIB gostota spremljajoče združbe večja. Lee in sod. (2004) navajajo, da prosto plavajoči ciliati kažejo na slabo usedljivost aktivnega blata. V naši raziskavi so bili prisotni ob vseh vzorčenjih.

4.2.2 Biotski indeks blata

Ker je aktivno blato življenjski prostor različnim organizmom, ti sooblikujejo in določajo kvaliteto iztoka iz ČN. Pri vrednotenju delovanja ČN jih je potrebno upoštevati. Biotski indeks blata je metoda, s katero številčno ovrednotimo biološko kakovost aktivnega blata. Slika 45 prikazuje spreminjanje vrednosti SBI v času trajanja vzorčenja, kar pomeni, da se je kakovost aktivnega blata spreminjala. Vrednosti indeksa kažejo na različne značilnosti, ki so prikazane v Preglednici 8. Podatki potrebni za določitev SBI so v Prilogi C.

Preglednica 8: Uvrščanje vrednosti SBI v kakovostne razrede in obrazložitev le-teh (Madoni, 1994: 72).

vrednost SBI	kakovostni razred	ocena aktivnega blata in delovanja čistilne naprave
8-10	I	Zelo dobro preraščeno in stabilno aktivno blato, odlična biološka aktivnost, zelo dobro delovanje čistilne naprave.
6-7	II	Dobro preraščeno in stabilno aktivno blato, biološka aktivnost v upadanju, dobro delovanje čistilne naprave.
4-5	III	Nezadostna biološka razgradnja v prezračevalnem bazenu, srednje delovanje čistilne naprave.
0-3	IV	Slaba biološka razgradnja v prezračevalnem bazenu, slabo delovanje čistilne naprave.



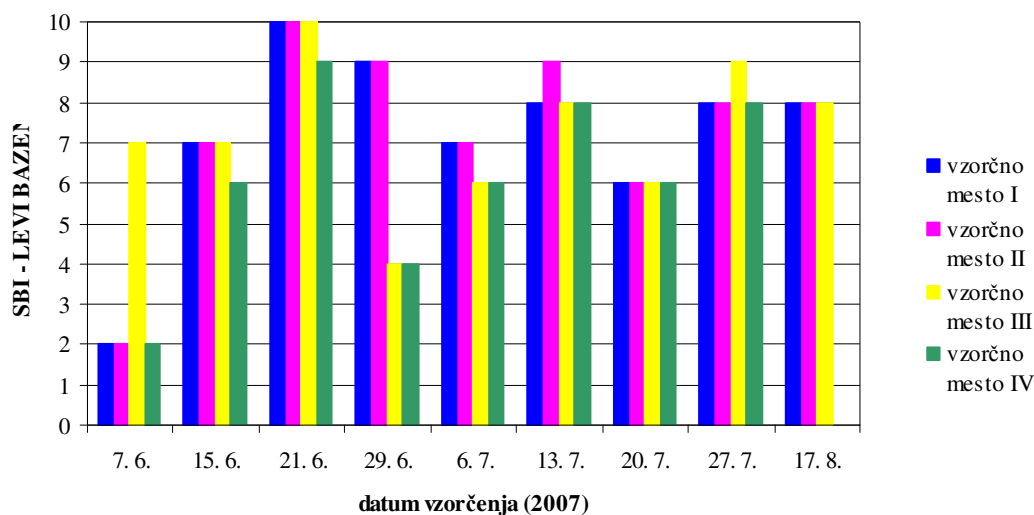
Slika 45: Spreminjanje biotskega indeksa blata (SBI) v levem in desnem prezračevalnem bazenu v času trajanja vzorčenja (2007).

Ob prvem vzorčenju 6. 7. je bil SBI v obeh prezračevalnih bazenih zelo nizek (2 in 3), kar kaže na slabo biološko razgradnjo in slabo delovanje ČN. Ob naslednjem vzorčenju 15. 6. sledi izboljšanje SBI na 6 in 7, kar predstavlja stabilno aktivno blato in dobro delovanje ČN kljub slabši biološki aktivnosti. 21. 6. SBI sodi v I. kakovostni razred s stabilnim in dobro koloniziranim aktivnim blatom, odlično biološko aktivnostjo in posledično z zelo dobrim delovanjem ČN. Kakovost aktivnega blata je 29. 6. padla v III. kakovostni razred, 6. 7. je prišlo do izboljšanja kakovosti (II. kakovostni razred), 13. 7. pa aktivno blato zopet sodi v I. kakovostni razred. 20. 7. je indeks padel na vrednost 6, v zadnjih dveh vzorčenjih pa obstal na vrednostih nad 8 (I. kakovostni razred). S Slike 45 je razvidno, da so na združbo v času vzorčenja vplivale različne motnje in jo tako spreminjale. Vidi se tudi, da se je združba v tednu dni uspela na določeno motnjo prilagoditi, saj je vsakemu znižanju SBI sledilo izboljšanje, oziroma se je združba zmogla obnoviti, če je bila motnja odstranjena. To kaže na ekosistemske značilnosti združbe aktivnega blata, med katerimi je stabilnost ekosistema, ki je v bistvu sposobnost ekosistema, da se po motnjah vrne v prvotno stanje, kar smo opazili tudi mi. Motnje so v našem primeru lahko bile velik dotok odpadne vode na CČN Ajdovščina (29. 6.), znižanje koncentracij kisika (6. 7.), povečanje

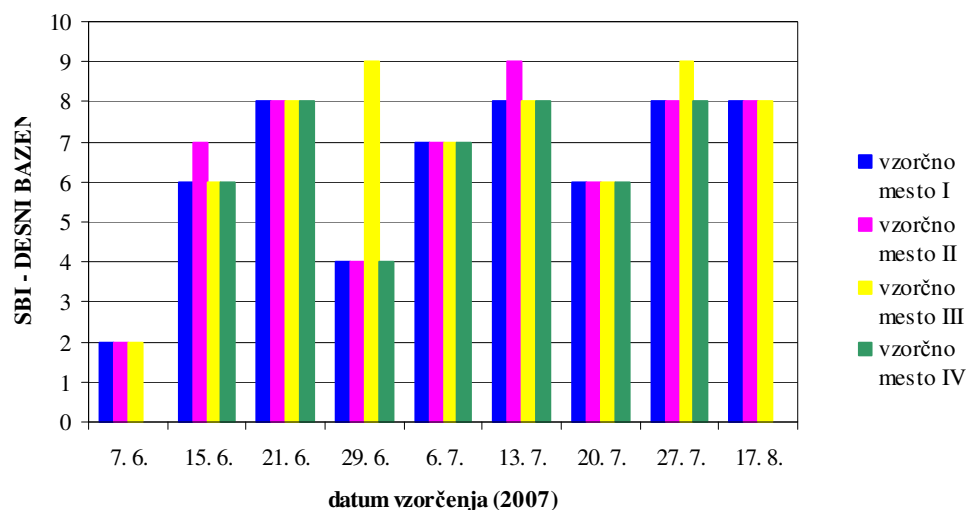
obremenjenosti blata (20. 7.), niso pa bile katastrofične, da bi presegle elastičnost združbe in porušile sistem.

Sliki 46 in 47 prikazujeta SBI na vseh vzorčnih mestih v levem in desnem prezračevalnem bazenu v času vzorčenja. Med vzorčnimi mesti istega bazena so opazne razlike v SBI, kar razumemo kot razlike v kakovosti blata. V bazenu so lahko razmere nehomogene, posledica pa je disperzna razporeditev organizmov v aktivnem blatu.

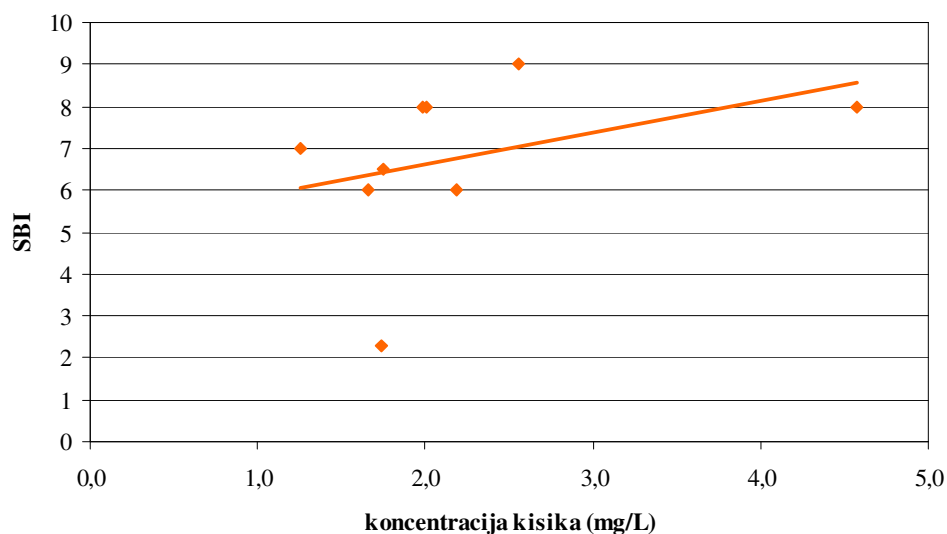
7. 6. je bil v levem prezračevalnem bazenu na vzorčnem mestu III (Slika 21) SBI 7, kar je II. kakovostni razred, medtem ko je bil na ostalih vzorčnih mestih le 2 in je spadal v IV. kakovostni razred. Podobno sta 29. 6. imeli vzorčni mesti I in II levega bazena SBI 9 (I. kakovostni razred), III in IV pa 4, v desnem bazenu pa je bil SBI III. vzorčnega mesta 9, ostalih pa 4. 20. 7. in 17. 8. je bil SBI v vseh vzorčnih mestih in v obeh bazenih enak. Pri ostalih vzorčenjih so bila odstopanja manjša, le za eno vrednost SBI. Štetje in določanje organizmov z opazovanjem pod mikroskopom je lahko subjektivna metoda, saj je rezultat odvisno od znanja in natančnosti določevalca. Zato ne izključujemo, da so nekatere razlike v SBI lahko posledica naše napake pri določanju in štetju organizmov.



Slika 46: Spreminjanje biotskega indeksa blata (SBI) v levem prezračevalnem bazenu na različnih vzorčnih mestih v času trajanja vzorčenja (2007).



Slika 47: Spreminjanje biotskega indeksa blata (SBI) v desnem prezračevalnem bazenu na različnih vzorčnih mestih v času trajanja vzorčenja (2007).



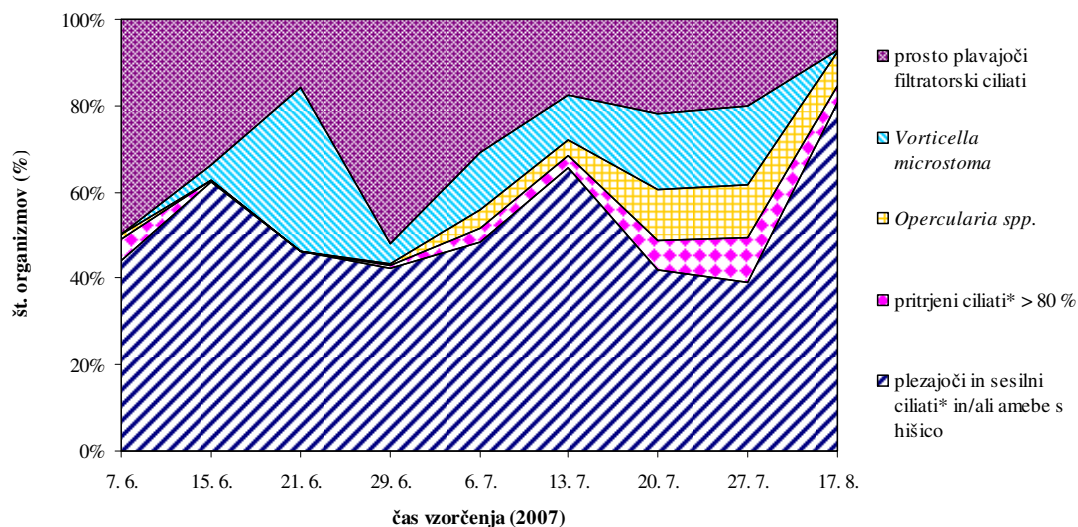
Slika 48: Biotski indeks blata in trend spreminjanja tega v odvisnosti od koncentracije kisika v prezračevalnih bazenih (mg/L).

Če predstavimo SBI v odvisnosti od koncentracije kisika in dodamo trendno črto (Slika 48), opazimo, da se vrednost SBI z večanjem koncentracije kisika večja. Večja

koncentracija kisika zagotavlja oksidne razmere, ki so osnova za aerobno razgradnjo organskih snovi v odpadni vodi ter omogoča preživetje večjemu številu organizmov.

Še bolj razumemo dogajanje v združbi aktivnega blata, če poznamo ključne skupine organizmov v aktivnem blatu in njihov pomen. SBI temelji na določitvi dominantnosti in gostote ene od ključnih skupin organizmov v aktivnem blatu ter na določitvi diverzitete vrst v aktivnem blatu (Madoni, 1994). Pozitivne ključne skupine nakazujejo dobro kakovost aktivnega blata, negativne pa so indikatorji slabega stanja blata (Madoni, 1994).

V aktivnem blatu dobro delujoče ČN prevladujejo plezajoči in pritrjeni ciliati, flagelati so redki, diverziteta skupin je visoka in nobena od skupin ne prevladuje nad ostalimi za faktor večji od 10 (Madoni, 1994). Slika 49 prikazuje deleže ključnih skupin organizmov v aktivnem blatu. Celoten čas vzorčenja so si pozitivne in negativne ključne skupine delile polovično zastopanost v združbi.



*Razen *Opercularia* spp. in *Vorticella microstoma*.

Slika 49: Delež posameznih ključnih skupin v prezračevalnih bazenih ČČN Ajdovščina v času vzorčenja (2007).

7. 6. so bili najštevilčnejši prosto plavajoči ciliati (*Colpoda* sp.) in so predstavljali 48 % združbe aktivnega blata, amebe s hišico 23 %, plezajoči ciliati pa 17 %. Prehodna

pomanjkanja kisika, povečanja obremenitve blata ali manjša starost blata so lahko vzrok številčnim prosto plavajočim ciliatom (Madoni, 1994). Vrednosti KPK in BPK₅ na dotoku sta bili višji kot sicer (Priloga B), obremenitev blata je bila nizka (Priloga B), koncentracija kisika običajna (1,7 mg/L), učinkovitost čiščenja po BPK₅ pa 96 %. Indikatorskih organizmov dobre kvalitete iztoka je bilo malo, kar kaže na slabše delovanje ČN.

15. 6. so pozitivne ključne skupine gradile 60 % združbe. Plezajoči ciliati so predstavljali 42 % združbe (najštevilčnejši rod *Aspidisca* sp.), prosto plavajoči pa 33 %. Plezajoči ciliati so dominantni pri nizkih obremenitvah blata (< 0.6 kg BPK/kg MLSS x d) (Curds in Cockburn, 1970b; Klimowicz, 1970), kar se je pokazalo tudi pri nas (0,14 g BPK/g org. snovi). Gostota plezajočih ciliatov je obratno sorazmerna z VIB in se drastično zmanjša pri VIB nad 400 mL/g (Pagnotta in Tommasi, 1979). Ob tem vzorčenju je bil VIB višji 286 mL/g, gostota plezajočih ciliatov pa nizka (485 org./mL). Madoni (1994) navaja, da so pri dobro delujoči ČN dominantni plezajoči in pritrjeni ciliati. Slednji so bili v naših vzorcih redki. Razmerje je bilo v prid plezajočim, zato sklepamo na dobro delovanje ČN, kljub prisotnim prosto plavajočim ciliatom.

21. 6. je bila številčnost združbe visoka 2×10^6 org./L. Najštevilčnejši sta bili skupini plezajočih (31 %) in pritrjenih ciliatov (38 %), med slednjimi predvsem vrsta *Vorticella microstoma* (99 %), 16 % so predstavljali prosto plavajoči ciliati. *Vorticella microstoma* preživi pri nizkih koncentracijah raztopljenega kisika, nizkih koncentracijah aktivnega blata, visokih obremenitvah blata in visokih VIB (Madoni, 1994). Navajajo jo kot indikatorsko vrsto nizkih koncentracij kisika (Madoni, 1993; Lee in sod., 2004), ki so bile v našem primeru normalne (2,6 mg/L), slabe kvalitete iztoka (Madoni, 1994), mladega blata (Ginoris in sod., 2007), do česar je ob tem vzorčenju lahko prišlo zaradi velikih dotokov na ČN in prekomernega odstranjevanja aktivnega blata. Rod *Vorticella* navajajo kot indikatorja dobre usedljivosti blata (Lee in sod., 2004), kar se v našem primeru ni pokazalo. Vrednosti VIB so bile visoke (218 mL/g), kar kaže na slabo usedljivo blato. Kljub temu pa velik delež plezajočih ciliatov in prisotnost ameb s hišico (15 %), ki se razvijajo v starejšem blatu, kažejo na solidne razmere v aktivnem blatu.

29. 6. se je številčnost organizmov zmanjšala na $1,2 \times 10^6$ org./L, najštevilčnejši so bili prosto plavajoči ciliati (49 %) (rod *Colpoda* sp.), amebe s hišico so predstavljale 21 %,

plezajoči ciliati pa le 19 % združbe aktivnega blata. Razmere za prosto plavajoče ciliate so bile ugodne, saj so v tednu dni pridobili 30 % v sestavi združbe. Dotok in obremenjenost blata z BPK₅ sta bila visoka, koncentracija kisika pa nižja (1,7 mg/L) in lahko je prihajalo do nezadostne razgradnje organskih snovi ter pojava toksičnih snovi, ki so negativno vplivale na plezajoče, favorizirale pa prosto plavajoče ciliate (Madoni, 1994). Zadrževalni čas vode je bil zaradi velikih dotokov krajši (25 ur). Ne glede na sestavo združbe je bil učinek čiščenja glede na BPK₅ optimalen (več kot 99 %).

6. 7. je bila gostota 10^6 org./L. Amebe s hišico so predstavljale 20 %, prosto plavajoči 29 %, pritrjeni 20 % in plezajoči ciliati 23 % združbe. BPK₅ na dotoku je bil višji kot pri predhodnem vzorčenju (Priloga B), koncentracija kisika pa nižja (1,2 mg/L) in zadrževalni čas kratek (24 ur). Manjša je bila gostota prosto plavajočih, večja pa pritrjenih ciliatov.

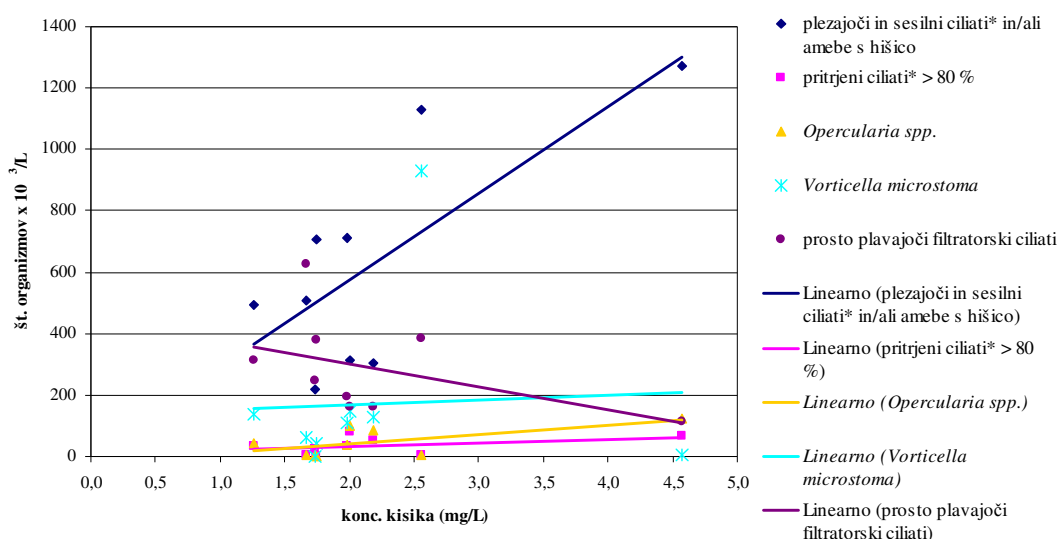
13. 7. so v združbi prevladovali plezajoči ciliati (41 %). Pozitivne ključne skupine so skupaj predstavljale 60 % združbe. Povečal se je delež metazojev na 10 % združbe aktivnega blata. Opazna je tudi prisotnost rodu *Opercularia* spp. (32 % pritrjenih ciliatov). Zadrževalni čas vode se je povečal (45 ur) zaradi nižjega dotoka odpadne vode, koncentracija kisika je bila zopet nad 2,0 mg/L, obremenitev blata višja (Priloga B).

20. 7. je bila številčnost pod 10^6 org./L, Madoni (1994) navaja, da se takrat učinkovitost ČN zmanjša. Najštevilčnejši so bili pritrjeni ciliati (32 %), med temi pa *Vorticella microstoma* (48 %) in *Opercularia* spp. (30 %). Povečala se je gostota metazojev (23 %), največ pa rotatoriji (71 %). *Opercularia* spp. se pojavlja ob slabši kvaliteti aktivnega blata (Esteban in sod., 1991). Bedogni in sod. (1991) navajajo, da so pri višji obremenjenosti blata (med 0,3 in 0,6 kg BPK/kg MLSS*d) dominantni pritrjeni ciliati, takšna je bila tudi v našem primeru (0,3 g BPK/g org. snovi). Ugodne razmere za *Opercularia* spp. predstavlja tudi višji BPK₅ na dotoku (388 mg/L). Prezračenost aktivnega blata je bila dobra (2,2 mg/L), povečala se je koncentracija skupnih trdnih snovi (4,7 g/L) in znižal VIB (180 mL/g). Kljub temu je bil učinek čiščenja po BPK₅ odličen.

27. 7. je bila gostota 10^6 org./L. Prevladovali so pritrjeni ciliati (34 %; *Vorticella microstoma* 44 %, *Opercularia* spp. 30 %), kljub zadostnim koncentracijam kisika (2,0 mg/L). Plezajoči ciliati so predstavljali le 3 % združbe, prosto plavajoči ciliati 17 % in

amebe s hišico 21 %. Številčni so bili tudi metazoji (24 %) (Rotatoria in Gastrotricha), kar kaže na stabilne razmere v aktivnem blatu, zadosten zadrževalni čas (40 ur), zadostno koncentracijo kisika in dobro kvaliteto iztoka (Ginoris in sod., 2007). Vrednostim KPK in BPK₅ na dotoku so bile visoke, kar so ugodne razmere za pritrjene ciliate. Učinek čiščenja po BPK₅ je bil zelo dober (99 %), diverziteta združbe pa najvišja (Slika 54).

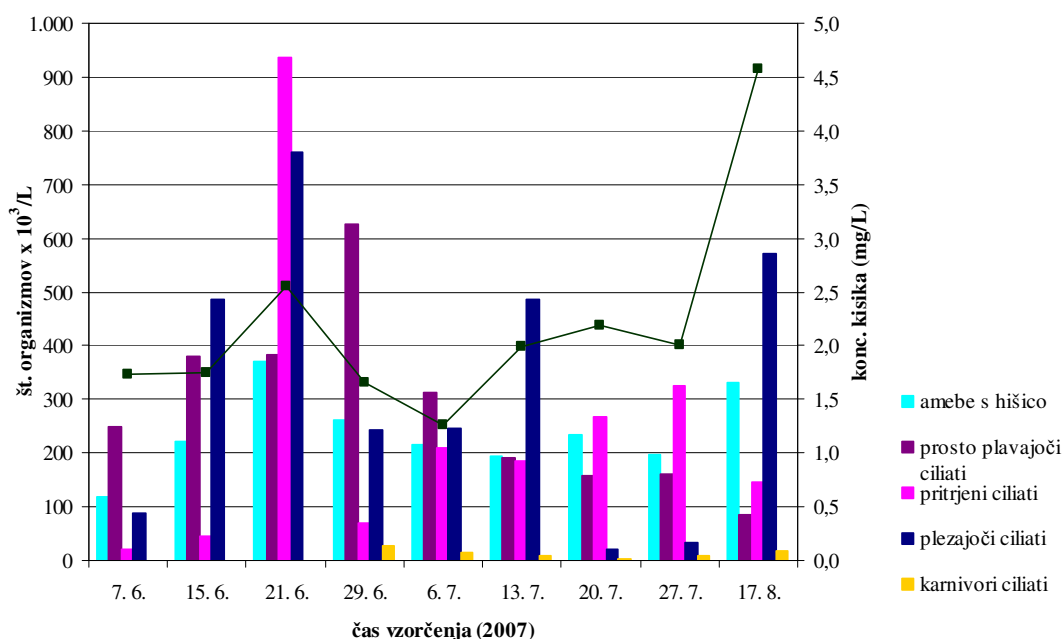
Ob vzorčenju 17. 8. na ČN 14 dni niso dotevale odpadne vode Tekstine. Gostota je bila nad 2×10^6 org./L. 28 % so predstavljale gole amebe, ki prej niso bile prisotne oz. so bile prisotne posamično. 19 % je bilo ameb s hišico, po 5 in 8 % pa prosto plavajočih in pritrjenih ciliatov. Najštevilčnejši so bili plezajoči ciliati (32 %). Metazojev je bilo zopet malo (7 %). Vsebnost kisika je bila visoka (4,75 mg/L), usedljivost blata dobra in zato VIB nizek (46 mL/g), koncentracija celotne trdne snovi nižja (3,33 g/L), organskih snovi pa je bilo manj (1,0 mg/L). Učinek čiščenja glede na BPK₅ je bil 96 %. SBI je bil 8, kar delovanje ČN uvršča v I. kakovostni razred, ni pa najboljše. Kljub boljšim razmeram v aktivnem blatu, zaradi odsotnosti odpadnih vod Tekstine (odsotnost težje razgradljivih snovi in barv v odpadni vodi Tekstine), je bilo delovanje ČN manj učinkovito. Združba aktivnega blata se v 14 dnevnem obdobju ni uspela prilagoditi na spremenjeno sestavo odpadne vode in razmer v njej.



*Razen *Opercularia* spp. in *Vorticella microstoma*.

Slika 50: Število ključnih skupin združbe aktivnega blata (št. org./L) in trend spreminjanja le-teh v odvisnosti od koncentracije kisika (mg/L) v prezračevalnih bazenih.

Slika 50 prikazuje spreminjanje številčnosti ključnih skupin spremljajoče združbe v odvisnosti od koncentracije kisika. Koncentracija kisika vpliva na število plezajočih ciliatov in ameb s hišico. Z višanjem koncentracije kisika je gostota plezajočih ciliatov in ameb s hišico naraščala. Nasprotno so prosto plavajoči ciliati številčnejši pri nižjih koncentracijah kisika (med 1,5 in 2,0 mg/L). Pritrjeni ciliati so bili v danih razmerah manj pogosti. Kazali so rahel trend povečevanja številčnosti z naraščanjem koncentracije kisika.

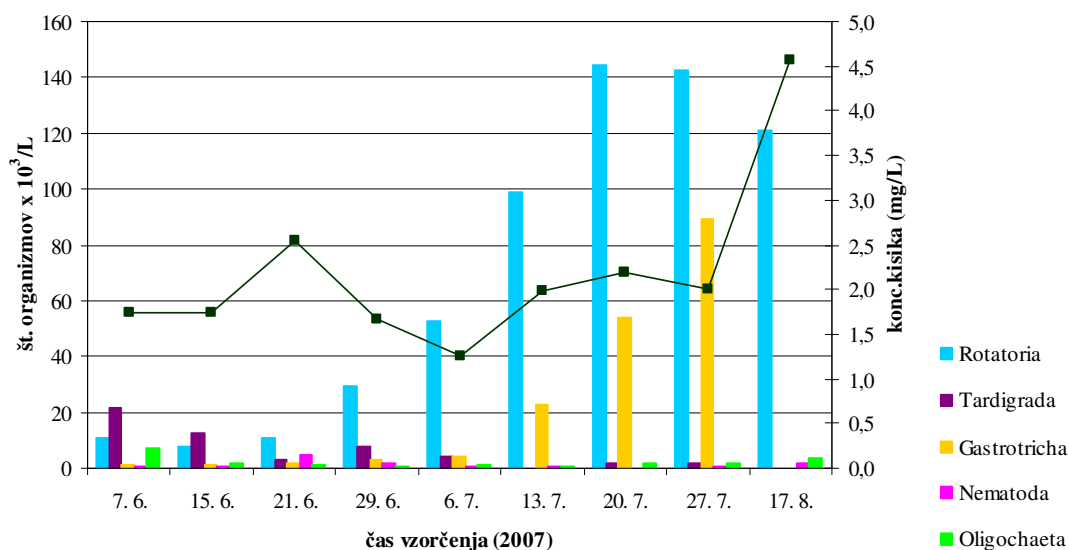


Slika 51: Spreminjanje števila ciliatov (org./L) in koncentracije kisika (mg/L) v prezračevalnih bazenih CČN Ajdovščina v času vzorčenja (2007).

Slika 51 prikazuje spreminjanje števila ciliatov po skupinah ter spreminjanje koncentracije raztopljenega kisika v aktivnem blatu CČN Ajdovščina. Opazimo lahko, da so bili ob koncentracijah kisika nad 2,0 mg/L pogosti plezajoči ciliati (15. 6., 13. 7., 21. 6. in 17. 8.). Ne moremo pa tega trditi za vsa vzorčenja. Na spremljajočo združbo vplivajo vsi dejavniki v aktivnem blatu.

V aktivnem blatu dobro delujočih ČN so prisotni tudi metazoji (Rotifera, Nematoda, Oligochaeta, Gastrotricha, Tarigrada). Metazoji so pomemben člen čistilnega procesa in

vplivajo na kvaliteto iztoka iz ČN, saj s prehranjevanjem z bakterijami in/ali protozoi ter delci blata zmanjšujejo produkcijo odvečnega blata in tako nižajo stroške delovanja ČN (Liang in sod., 1984).



Slika 52: Spreminjanje števila metazojev (org./L) in koncentracije kisika (mg/L) v prezračevalnih bazenih CCN Ajdovščina v času vzorčenja (2007).

Na Sliki 52 je prikazano spreminjanje števila skupin metazojev in koncentracije kisika v času vzorčenja. Vidi se, da so bile na CCN Ajdovščina prisotne vse skupine metazojev v nizkih koncentracijah (< 5.000 org./L). Sklepamo, da je bil zadrževalni čas blata, ki bistveno vpliva na pojavnost metazojev, zadosten. Med vzorčenjem se je povečevalo število taksonov Gastrotricha in Rotatoria, ki so dosegli najvišje gostote 20. 7. in 27. 7. (140.000 org./L). Višja gostota metazojev vpliva na dobro kvaliteto iztoka (Liang in sod., 2006). Lapinski in Tunnacliffe (2003) navajata, da je pri višji gostoti rotatorijev koncentracija skupnih trdnih snovi v iztoku manjša. Ti se z delci prehranjujejo, hkrati pa izboljšujejo flokulacijo z izločanjem mukoznih substanc, ki lepijo delce, ki se v usedalnikih lažje usedajo (Lapinski in Tunnacliffe, 2003). Iz navedenega sklepamo, da je bila kvaliteta iztoka od 6. 7. naprej v smislu skupnih trdnih snovi dobra, saj je bila gostota rotatorijev visoka. Razlog za tako povečanje števila rotatorijev je verjetno ponovno povečanje zadrževalnega časa vode v ČN, zaradi manjših dotokov na napravo in zadostna koncentracija kisika. Puigagut in sod. (2007) navajajo, da se koncentracija nitrata v iztoku

poveča, če število rotatorijev naraste nad 400 org./L. Koncentracijo nitrata v iztoku smo merili le enkrat mesečno, zato spreminjanja nismo opazili.

Menim, da s SBI dobro ocenimo stanje v združbi aktivnega blata. Osebkni so v ključne skupine razdeljeni glede na svoje ekološke potrebe in kot taka skupina dobro odraža razmere v blatu. Pomanjkljivost vidim v tem, da se pri določitvi učinkovitosti delovanja ČN ne upošteva metazojev. Menim, da so pomemben člen v procesu čiščenja, saj nadzorujejo gostoto praživali. Redno spremljanje združbe v aktivnem blatu je potrebno in smiselno, saj združba odseva razmere v katerih živi. Kljub vsemu pa je določanje organizmov pod mikroskopom zamudno in zahtevno delo. Dnevno zahteva celega človeka, kar je velik strošek za ČN. Velika prednost so analizatorji slik, ki avtomatsko določajo in preštevajo organizme v vzorcu.

4.2.3 Shannon–Wienerjev diverzitetni indeks

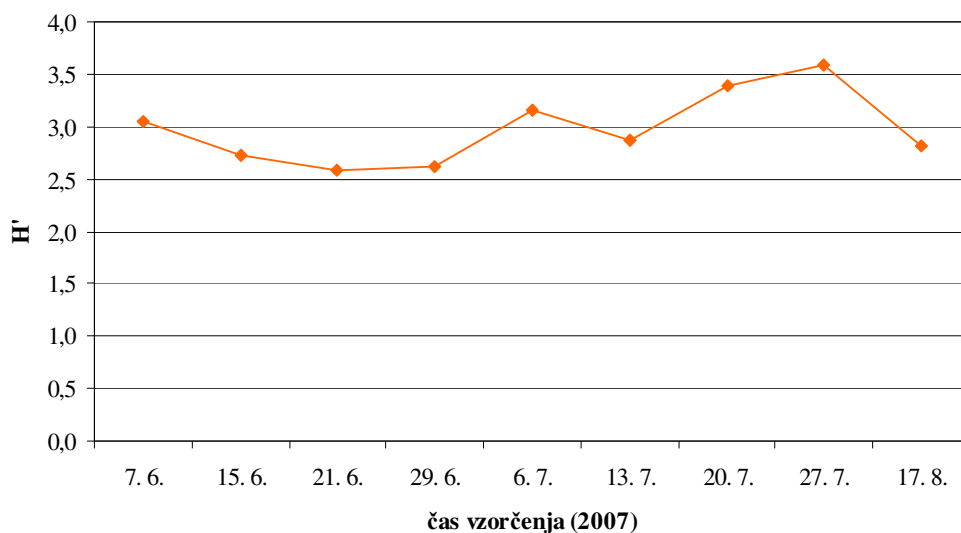
Shannon–Wienerjev diverzitetni indeks (H') se v ekologiji pogosto uporablja za oceno diverzitete ekosistema. Kot najnižjo taksonomsko enoto smo pri izračunu indeksa uporabili rod. Ker je indeks občutljiv na taksonomski nivo, smo iz seznama v aktivnem blatu prisotnih organizmov izpustili skupine golih ameb, Tardigrada, Nematoda in skupino nedoločenih Rotatoria, vrsti *Vorticella microstoma* in *Vorticella convallaria* pa smo združili v rod *Vorticella* sp.

Preglednica 9: Vrednosti Shannon–Wienerjevega diverzitetnega indeksa.

datum	7. 6.	15. 6.	21. 6.	29. 6.	6. 7.	13. 7.	20. 7.	27. 7.	17. 8.
levi bazen	3,0	2,8	2,5	2,6	3,2	2,9	3,4	3,6	2,9
desni bazen	3,1	2,7	2,6	2,7	3,2	2,8	3,4	3,6	2,7
skupaj	3,05	2,75	2,65	2,65	3,2	2,85	3,4	3,6	2,8

Izpuščene vrste niso bile pogoste (razen skupine golih ameb v vzorčenju 17. 8.) tako da se nismo veliko oddaljili od dejanske vrednosti diverzitete. Vrednosti H' za levi in desni bazen so prikazane v Preglednici 9.

Na Sliki 53 je prikazano spreminjanje H' v obeh bazenih v času vzorčenja. Vrednosti indeksa so se gibale med 2,6 in 3,6. Najnižji indeks je bil 21. 6., ko je bila gostota organizmov največja, najvišji pa 27. 7. 17. 8. smo pričakovali večjo diverzitetu organizmov zaradi odsotnosti odpadnih vod Tekstine. Združba se ni uspela prilagoditi spremenjenim razmeram. Indeks je nižji tudi zaradi neupoštevanja skupine golih ameb, ki so bile ob tem vzorčenju številčne. Vrednosti H' so bile visoke, kar pomeni, da je vrstna pestrost združbe aktivnega blata visoka (Urbanič in Toman, 2003).



Slika 53: Spreminjanje Shannon–Wienerjevega diverzitetnega indeksa v ČČN Ajdovščina v času vzorčenja (2007).

Na osnovi vrednosti Shannon–Wienerjevega diverzitetnega indeksa sta Wilhm in Dorris (Washington, 1984) predlagala interpretacijo kakovosti vodnega okolja, tako da sta glede na vrednost indeksa vodno okolje razdelila v štiri razrede obremenjenosti (neobremenjeno, malo, srednje, močno obremenjeno). Odpadne vode, ki pritečejo na ČČN, po obremenjenosti spadajo med močno obremenjene vode in njihov indeks v naravnem okolju bi bil manj kot 1,0. Zaradi obilice organskih snovi v vodi, je biokemijska razgradnja intenzivna in potreba po raztopljenem kisiku velika. Tega v naravnih močno onesnaženih vodotokih hitro zmanjka. Razmere postanejo anoksične in toksični produkti anaerobne razgradnje so usodni za večino vodnih organizmov. Preživi peščica tolerantnih in prilagojenih vrst.

Vzdrževanje zadostne koncentracije raztopljenega kisika v suspenziji aktivnega blata je bistveno za učinkovito delovanje ČN. V odpadni vodi prisotne organske snovi lahko razgrajevalci učinkovito odstranjujejo le v oksičnih razmerah, kjer se organske snovi pretvarjajo v stabilne anorganske. Zato v suspenzijo aktivnega blata na najrazličnejše načine uvajamo kisik in tako vzdržujemo oksične razmere, posledično pa tudi heterogeno združbo v aktivnem blatu. Vrstne diverzitete naravnih onesnaženih voda in suspenzije aktivnega blata ČN ne moremo primerjati, čeprav je kemijska sestava vode lahko podobna.

5 SKLEPI

Vrednosti BPK₅ in KPK dotoka na CČN Ajdovščina so se spreminjale v času vzorčenja. Spreminjanje obeh parametrov je bilo podobno, delež razgradljivih in nerazgradljivih snovi se ni bistveno spreminjal. Nihanja v obremenjenosti dotoka niso bistveno vplivala na učinek čiščenja v smislu BPK₅ in KPK (98 % in 95 %). V odsotnosti odpadnih vod Tekstine sta bila na dotoku oba parametra nižja, kar kaže na zmanjšanje razgradljivih in nerazgradljivih snovi v odpadni vodi. Učinek čiščenja se je znižal, kar si razlagamo kot neprilagojenost združbe na spremenjene razmere.

Koncentracije skupnega dušika in fosforja so bile na iztoku nižje od mejnih vrednosti, ki jih določa Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz komunalnih čistilnih naprav (2007). Koncentracije nitrata so se med procesom čiščenja povečale, kar kaže na nitrifikacijo v procesu čiščenja. Koncentracije nitrata in skupnega fosforja v iztoku ne predstavljajo nevarnosti sekundarnega onesnaženja reke Hubelj.

Temperatura aktivnega blata je bila bolj ali manj konstantna in ni bistveno vplivala na procese v prezračevalnih bazenih.

Vrednosti pH se niso bistveno spreminjale, kar kaže na dobro pufersko sposobnost sistema. Opazen je trend nižanja pH proti spodnji mejni vrednosti, ki je ni prestopil.

Usedljivost aktivnega blata je bila na CČN Ajdovščina slaba. Bistveno se je izboljšala po 14-dnevni odsotnosti odpadnih vod Tekstine. Ob tem vzorčenju je bila visoka gostota rotatorijev.

Slaba usedljivost blata je vplivala na visoke vrednosti VIB. Znižal se je, ko v odpadni vodi ni bilo odpadnih vod Tekstine.

Koncentracije kisika so se spreminjale v odvisnosti od intenzivnosti vpihovanja, obremenjenosti dotoka in od intenzivnosti biokemijske razgradnje. Nikoli niso za dalj časa padle pod vrednost 1,0 mg/L, kar bi lahko privedlo do nezadostnega čiščenja. Najvišja je bila 17. 8., ko je bila razgradnja manjša zaradi nižje koncentracije razgradljivih snovi.

Nasičenost s kisikom je v povprečju znašala 25 %, najbolj je nanjo vplivala jakost vpihovanja zraka.

V našem primeru je višja koncentracija kisika vplivala na večjo gostoto plezajočih ciliatov in ameb s hišico. Nasprotno so bili prosto plavajoči ciliati številčnejši pri nižjih koncentracijah kisika.

V aktivnem blatu CČN Ajdovščina smo našli 32 različnih taksonov protozojev in metazojev. Določali smo jih večinoma do nivoja rodu in vrste razen skupin golih ameb, Tardigrada, Nematoda in nekaterih Rotatoria. Gostota organizmov je bila večinoma nad 10^6 org./L, kar nakazuje dobro delovanje ČN. S primerjavo učinka čiščenja po KPK in BPK₅ smo to potrdili.

Med levim in desnim bazenom nismo opazili večjih razlik v gostoti organizmov niti znotraj posameznega bazena med različnimi vzorčnimi mesti.

V našem primeru je število organizmov v aktivnem blatu naraščalo s koncentracijo kisika. Pomanjkanja kisika niso bila dolga, tako da nismo zaznali padanja številčnosti združbe zaradi pomanjkanj kisika. Niti nismo opazili zmanjšanja učinkovitosti ČN. Število organizmov v aktivnem blatu se je z večanjem VIB manjšalo. Združba blata je bila vseeno številčna, pogosti so bili plezajoči in prosto plavajoči ciliati, vedno so bile prisotne tudi amebe s hišico.

Vrednosti SBI indeksa so se gibale med 2 in 10. Aktivno blato smo uvrščali od I. do IV. kakovostnega razreda. Kljub nihanjem SBI smo aktivno blato od 15. 6. naprej uvrstili v I. oz. II. kakovostni razred in ga ocenili kot dobro preraščenega in stabilnega. Delovanje ČN je bilo zelo dobro oz. dobro, kar kažejo tudi kemijski parametri. Združbo aktivnega blata v CČN Ajdovščina smo ocenili kot stabilno in elastično, saj se je obnovila, ko se je motnja odstranila.

Znotraj bazena smo med vzorčnimi mesti določili različne vrednosti SBI, kar razumemo kot razlike v kakovosti blata v bazenu. Razmere znotraj bazena so lahko nehomogene, posledica pa je disperzna razporeditev organizmov, kar ni zaželeno v procesu čiščenja.

V aktivnem blatu CCN Ajdovščina so si celoten čas vzorčenja pozitivne in negativne ključne skupine delile polovično zastopanost v združbi. Njihov delež se je med posameznimi vzorčenji malo spreminjal. Prevlada prosto plavajočih ciliatov (rod *Colpoda* sp.) kaže na slabše delovanje ČN zaradi nižje koncentracije kisika in krajšega zadrževalnega časa, ki je posledica večjih dotokov na ČN. Dobro delovanje ČN smo opazili, ko so prevladovali plezajoči ciliati (*Aspidisca* sp.). Dvakrat se je v večjem deležu pojavljala *Vorticella microstoma*, ki je tolerantna na nizke koncentracije kisika in kaže na nezadostno čiščenje, kar se v našem primeru ni pokazalo. Med amebami s hišico sta prevladovala rodova *Arcella* sp. in *Euglypha* sp.

Vedno so se v nizkih gostotah pojavljale vse skupine metazojev: Rotatoria, Nematoda, Oligochaeta, Gastrotricha, Tarigrada. V drugi polovici poskusa se je delež metazojev (predvsem rotatorija) povečal, kar je lahko imelo pozitivne posledice na kvaliteto iztoka. Stalna prisotnost metazojev kaže na zadosten zadrževalni čas vode in zadostne koncentracije kisika v ČN.

Vrstna pestrost je bila glede na vrednosti Shannon–Wienerjevega diverzitetnega indeksa (2,6–3,6) visoka. Diverziteta je bila 17. 8. nižja kljub višjim pričakovanjem. Sklepamo, da se združba aktivnega blata ni uspela prilagoditi na spremenjeno sestavo odpadne vode. Visoko diverzitetno združbe aktivnega blata vzdržujemo z vpihovanjem kisika v suspenzijo aktivnega blata. Diverzitetne naravnih onesnaženih voda in suspenzije aktivnega blata ČN ne moremo primerjati.

Z metodo SBI dobro ocenimo stanje v združbi aktivnega blata. Osebki so v ključne skupine razdeljeni glede na svoje ekološke potrebe in kot taka skupina dobro odraža razmere v blatu. Redno spremljanje združbe v aktivnem blatu je potrebno in smiselno, saj združba odseva razmere v katerih živi. Bolj objektivno bi bilo delo z uporabo analizatorjev slik, ki avtomatsko določajo in preštevajo organizme v vzorcu.

6 VIRI

APHA. 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 18th Ed. – American Public Health Association, Washington DC.

Ginoris Y. P., Amaral A. L., Ncolau A., Coelho M. A. Z., Ferreira E. C. 2007. Recognition of protozoa and metazoa using image analysis tools, discriminant analysis, neural networks and decision trees. *Analytica Chimica Acta*, 595: 160–169.

Huang X., Liang P. in Qian Y. 2007. Excess sludge reduction induced by *Tubifex tubifex* in a recycled sludge reactor. *Journal of Biotechnology*, 127: 443–451.

Istenič D. 2005. Vplivi zasoljenosti na učinkovitost čiščenja v biološki čistilni napravi. Diplomsko delo. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo: 77.

Kexin Zhou, Muqi Xu, Jiayin Dai in Hong Cao. 2006. The microfauna communities and operational monitoring of an activated sludge plant in China. *European Journal of Protistology*, 42: 291–295.

Lapinski J., Tunnacliffe A. 2003. Reduction of suspended biomass in municipal wastewater using bdelloid rotifers. *Water Research*, 37: 2027–2034.

Laybourn-Parry J., Boyall J., Rogers P. 1999. The role of flagellated and ciliated Protozoa in lagoon and grass filter sewage treatment systems. *Water Research*, 33: 2971–2977.

Lee S., Basu S., Tyler C. W. in Irvine W. 2004. Ciliate populations as bio-indicators at Deer Island Treatment Plant. *Advances in Environmental Research*, 8: 371–378.

Liang P., Huang X. in Qian Y. 1984. Excess sludge reduction in activated sludge process through predation of *Aeolosoma hemprichi*. *Water Research*, 18: 281–287.

Liang P., Huang X., Qian Y., Wei Y., in Ding G. 2006. Determination and comparison of sludge reduction rates caused by microfaunas' predation. *Bioresource Technology*, 97: 854–861.

Madoni P. 1984. Estimation of freshwater ciliate populations by sub-sampling technique. *Hydrobiologia*, 111: 201–206.

Madoni P. 1994. A sludge biotic index (SBI) for the evaluation of the biological performance of activated sludge plants based on the microfauna analysis. *Water Research*, 28: 67–75.

Madoni P., Davoli D. in Gibin G. 2000. Survey of filamentous microorganisms from bulking and foaming activated-sludge plants in Italy. *Water Research*, 34: 1767–1772.

Madoni P., Davoli D., Cavagnoli G., Cucchi A., Pedroni M. in Rossi F. 2000. Microfauna and filamentous microflora in biological filters for tap water production. *Water Research*, 34: 3561–3572.

Martín-González A., Díaz S., Borniquel S., Gallego A. in Gutiérrez J. C. 2006. Cytotoxicity and bioaccumulation of heavy metals by ciliated protozoa isolated from urban wastewater treatment plants. *Research in Microbiology*, 157: 108–118.

McBratney A. in Minasny B. 2007. On measuring pedodiversity. *Geoderma*, 141: 149–154.

Moussa M. S., Hooijmans C. M., Lubberding H. J., Gijzen H. J. in van Loosdrecht M. C. M. 2005. Modelling nitrification, heterotrophic growth and predation in activated sludge. *Water Research*, 39: 5080–5098.

Nekrep I. 2006. Poskus razbarvanja odpadnih industrijskih vod iz tekstilne tovarne Tekstina v Ajdovščini z rastlinsko čistilno napravo. Diplomsko delo. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo: 103.

Peternelj A. 2006. Poročilo o obratovanju čistilnih naprav in kanalizacije v letu 2006. Ajdovščina, Komunalno stanovanjska družba Ajdovščina: 7.

Polyakov M., Majumdar I. in Teeter L. 2008. Spatial and temporal analysis of the anthropogenic effects on local diversity of forest trees. *Forest Ecology and Management*, 255: 13370–1387.

Poslovník za obratovanje Centralne čistilne naprave Ajdovščina. 2007. Ajdovščina, Komunalno stanovanjska družba Ajdovščina: 12.

Puigagut J., Salvadó H., García D., Granés F. in García J. 2007. Comparison of microfauna communities in full scale subsurface flow constructed wetlands used as secondary and tertiary treatment. *Water Research*, 41: 1645–1652.

Puigagut J., Salvadó H., Tarrats X. in García J. 2007. Effects of particulate and soluble substrates on microfauna populations and treatment efficiency in activated sludge systems. *Water Research*, 41: 3168–3176.

Ratsak C. H., Maarsen K. A. in Kooijman S. L. M. 1996. Effects of protozoa on carbon mineralization in activated sludge. *Water Research*, 30: 1–12.

Roš M. 2001. Biološko čiščenje odpadne vode. Prvi natis. Ljubljana, GV založba: 243.

Roš M. Sistemi čiščenja s problematiko odpadnega blata. 2005. Slovensko društvo za zaščito voda. <http://www.sdzv-drustvo.si/si/Vodni%20dnevi%202005-referati.htm> (20. 2. 2008).

Roš M., Toman M. J. in Dular M. 1988. The effects of intermittent lack of oxygen on biological treatment of waste waters. *Z. Wasser-Abwasser-Forsch.*, 21: 11–15.

Salvado H. 1994. Effect of mean cellular retention time on ciliated protozoan populations in urban wastewater treatment plants based on proposed model. *Water Research*, 28: 1315–1321.

Salvado H., Gracia M. P. in Amigó J. M. 1995. Capability of ciliated protozoa as indicators of effluent quality in activated sludge plants. *Water Research*, 29: 1041–1050.

Streble H., Krauter D. 2006. Das Leben im Wassertropfen – Mikroflora und Mikrofauna des Süßwassers, Ein Bestimmungsbuch. 10. Auflage. Stuttgart, Kosmos: 429

Škaper I. 1996. Biološka ocena učinkovitosti delovanja čistilne naprave z aktivnim blatom. Diplomsko delo. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo: 70.

Toman, M. J. 2002. Biological assessment of wastewater treatment plant conditions using sludge botic index. – *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 28: 692–694.

Urbanič G. in Toman M. J. 2003. Varstvo celinskih voda. Ljubljana, Študentska založba: 95.

6.1 DRUGI VIRI

Arhiv digitalnih slik mikroorganizmov. 1995–2008. Protist Information Server. (26. 3. 2008). <http://protist.i.hosei.ac.jp/> (8. 5. 2007).

Bat M., Rejec Brancelj I., Kušar U., Veršič A., Frantar P., Hönigsfeld Adamič M. in Pečar M. 2004. Kazalci okolja 2003. Ljubljana, Ministrstvo za okolje, prostor in energijo, Agencija Republike Slovenije za okolje.

Bat, M., Beltram G., Cegnar T., Dobnikar - Tehovnik M. in sod. 2003. Vodno bogastvo Slovenije. Ljubljana, Ministrstvo za okolje, prostor in energijo, Agencija Republike Slovenije za okolje.

Kakovost površinskih vodotokov. 2008. Agencija Republike Slovenije za okolje. <http://www.arso.gov.si/vode/reke/> (27. 2. 2008).

Prevorčnik S. 2003. Navodila za vaje iz sistematske zoologije nevretenčarjev. Ljubljana, Študentska založba: 66.

Program spremljanja ekološkega in kemijskega stanja rek. 2008. Agencija Republike Slovenije za okolje. http://www.arso.gov.si/vode/reke/programi/program_reke2008.pdf (27. 2. 2008).

Urbanič G. in Toman M. J. 2007. Limnologija in ekosistemi – celinske vode. Navodila za terenske vaje.

Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih vod v vode in javno kanalizacijo. Ur. l. RS št. 47/05.

Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz komunalnih čistilnih naprav. Ur. l. RS št. 45/07.

Uredba o spremembah in dopolnitvah Uredbe o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih vod v vode in javno kanalizacijo. Ur. l. RS št. 45/07.

ZAHVALA

Ob zaključku prehojene poti bi se rada zahvalila ljudem, ki so mi jo pomagali graditi in napolniti.

Hvala mentorju prof. dr. Mihaelu J. Tomanu za navdušenje, ki smo se ga našli na predavanjih in terenskih vajah, predvsem pa za pomoč, napotke in potrpljenje pri izdelavi diplomske naloge. Hvala prof. dr. Alenki Gaberščik in prof. dr. Ivanu Kosu za mnenje in popravke ob pregledovanju naloge. Hvala Anki Peternej, da me je sprejela na CČN Ajdovščina in tako omogočila nastanek tega dela. Hvala Silvani in Mihi za pomoč v laboratoriju, da sem se med opremo znašla in za vse delo, ki sta ga naredila zame. Hvala fantom na čistilni napravi za kavice, spodbude in šale, ki so naporno delo naredile znosno.

Hvala domačim, ki ste tej poti dali temelje veliko prej preden se je začela. Naučili ste me naravo opazovati, občudovati in spoštovati. Hvala za vso podporo, spodbudo, pomoč in odobravanje. Hvala, ker ste bili vedno tam.

Hvala tebi, Jernej, ker si postal del te poti, mi jo pomagal zvijugati in zapeljati tja kamor sama ne bi zmogla. Hvala, ker si bil ob meni, me spodbujal in prenašal ter bil glavni kuhar v času intenzivnega nastajanja naloge.

In hvala vam, prijatelji, za vse trenutke, ki smo jih preživeli skupaj. Pot so napolnili s spomini, ki se jih vedno spominjali.

PRILOGA A

Mejne vrednosti parametrov vode, ki se odvaja iz komunalne čistilne naprave

Preglednica 1: Mejne vrednosti za koncentracijo neraztopljenih snovi, amonijevega in celotnega dušika, KPK ter BPK₅.

parameter	izražen kot	enota	zmogljivost čistilne naprave, izražena v PE		
			≥ 2.000 < 10.000	≥ 10.000 < 100.000	≥ 100.000
neraztopljene snovi	-	mg/L	60	35	35
amonijev dušik	N	mg/L	10**	10**	5**
celotni dušik*	N	mg/L	25**	25**	20**
KPK	O ₂	mg/L	125	110	110
BPK ₅	O ₂	mg/L	25	20	20

* Celotni dušik je vsota dušika po Kjeldalhu (N-organski + N-NH₄⁺), nitratnega dušika (N-NO₃⁻) in nitritnega dušika (N-NO₂⁻).

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

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

parameter	izražen kot	enota	zmogljivost čistilne naprave, izražena v PE		
			≥ 2.000 < 10.000	≥ 10.000 < 100.000	≥ 100.000
amonijev dušik	N	mg/L	10**	10**	5**
celotni dušik*	N	mg/L	15**	15**	10**
učinek čiščenja celotnega dušika		%	70	70	80
celotni fosfor	P	mg/L	2	2	1
učinek čiščenja celotnega fosforja		%	80	80	80

* Celotni dušik je vsota dušika po Kjeldalhu (N-organski + N-NH₄⁺), nitratnega dušika (N-NO₃⁻) in nitritnega dušika (N-NO₂⁻).

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

PRILOGA B

Fizikalni in kemijski parametri v aktivnem blatu ter na dotoku in iztoku iz čistilne naprave

Preglednica 1: Fizikalni in kemijski parametri aktivnega blata v času vzorčenja (2007).

DATUM (2007)	T (°C)	c (O ₂) (mg/L)	SAT O ₂ (%)	pH	prevod. (μS/cm)	U (mL/L)	VIB (mL/g)	TS (g/L)	žarina (g/L)	organska snov (g/L)
7. 6.	19,0	1,7	19	7,1	–	890	206	4,35	3,45	1,50
15. 6.	21,8	1,8	20	7,2	–	893	286	3,48	3,29	1,33
21. 6.	22,1	2,6	30	7,0	–	900	218	4,13	3,32	1,35
29. 6.	21,4	1,7	19	7,0	666	813	232	3,50	2,81	1,06
6. 7.	22,2	1,3	15	6,9	694	775	214	3,63	3,13	1,18
13. 7.	20,1	2,0	22	6,8	513	818	222	3,75	3,45	1,08
20. 7.	22,4	2,2	26	6,9	557	835	179	4,70	3,97	1,16
27. 7.	21,9	2,0	23	6,7	533	798	173	4,60	3,98	1,10
17. 8.	21,5	4,6	53	6,7	522	155	47	3,33	2,77	1,00

Preglednica 2: Obremenitev blata (g BPK₅ na g organske snovi v L odpadne vode na dan) na dotoku na CCN Ajdovščina v času vzorčenja (2007).

DATUM (2007) (24/urni vzorec)	BPK ₅ (mg/L)	organska snov (g/L)	OBREMENITEV BLATA (g BPK ₅ /g org. snovi L na dan)
7. 6.	335	1,50	0,22
15. 6.	189	1,33	0,14
21. 6.	280	1,35	0,21
29. 6.	270	1,06	0,25
6. 7.	346	1,18	0,29
13. 7.	361	1,08	0,33
20. 7.	388	1,16	0,33
27. 7.	535	1,10	0,49
17. 8.	287	1,00	0,29

Preglednica 3: Vrednosti KPK in BPK₅ na dotoku in iztoku iz ter količine odpadne vode, ki pritečejo na CČN Ajdovščina v času vzorčenja.

DOTOK				IZTOK			
DATUM (2007)	količina (m ³)	KPK (mg/L)	BPK ₅ (mg/L)	DATUM (2007)	KPK (mg/L)	BPK ₅ (mg/L)	zadrževalni čas (h)
5. 6.	4061	602	335	7. 6.	56	13	47
13. 6.	4130	304	189	15. 6.	19	5	46
20. 6.	8960	546	280	21. 6.	42	7	21
28. 6.	7664	487	270	29. 6.	15	2	25
5. 7.	8122	497	346	6. 7.	27	5	24
11. 7.	4234	876	361	13. 7.	22	2	45
18. 7.	4558	702	388	20. 7.	21	4	42
25. 7.	4752	970	535	27. 7.	18	3	40
14. 8.	3283	496	287	17. 8.	43	11	58

Preglednica 4: Učinek čiščenja glede na KPK in BPK v CČN Ajdovščina.

UČINEK ČIŠČENJA		
DATUM (2007)	glede na KPK (%)	glede na BPK ₅ (%)
7. 6.	91	96
15. 6.	99	98
21. 6.	92	98
29. 6.	97	99
6. 7.	95	99
13. 7.	98	99
20. 7.	97	99
27. 7.	98	99
17. 8.	91	96
skupaj	94	98

PRILOGA C

Podatki potrebni za določitev SBI v levem in desnem prezračevalnem bazenu

Preglednica 1: Podatki potrebni za določitev indeksa SBI (dominantne skupine, njihova gostota, število taksonov in število majhnih flagelatov) v levem prezračevalnem bazenu CCN Ajdovščina v času vzorčenja (2007).

LEVI BAZEN	število organizmov x 10 ³ /L							
DATUM (2007)	plezajoči in pritrjeni ciliati* in/ali amebe s hišico	pritrjeni ciliati* > 80 %	<i>Opercularia</i> spp.	<i>Vorticella</i> <i>microstoma</i>	prosto plavajoči filtratorski ciliati	skupaj	majhni flagelati	število taksonov
7. 6.	222	13	5	1	247	488	III	13
15. 6.	670	0	1	46	369	1086	III	11
21. 6.	1078	3	2	898	386	2367	I	12
29. 6.	514	6	2	62	610	1195	I	11
6. 7.	515	29	44	127	309	1024	III	11
13. 7.	654	32	40	107	206	1039	I	10
20. 7.	312	57	93	127	162	751	II	10
27. 7.	282	72	85	142	143	724	I	10
17. 8.	1301	78	113	3	119	1614	III	13

*Razen *Opercularia* spp. in *Vorticella microstoma*.

Preglednica 2: Podatki potrebni za določitev indeksa SBI (dominantne skupine, njihova gostota, število taksonov in število majhnih flagelatov) v desnem prezračevalnem bazenu CCN Ajdovščina v času vzorčenja (2007).

DESNI BAZEN	število organizmov x 10 ³ /L							
DATUM (2007)	plezajoči in pritrjeni ciliati* in/ali amebe s hišico	pritrjeni ciliati* > 80 %	<i>Opercularia</i> spp.	<i>Vorticella</i> <i>microstoma</i>	prosto plavajoči filtratorski ciliati	skupaj	majhni flagelati	število taksonov
7. 6.	219	34	5	0	249	507	III	11
15. 6.	745	1	1	40	390	1177	II	10
21. 6.	1182	2	4	962	380	2530	II	12
29. 6.	506	7	7	57	640	1217	I	12
6. 7.	472	33	42	146	317	1010	III	11
13. 7.	772	34	40	116	179	1141	I	10
20. 7.	300	47	81	130	156	714	II	10
27. 7.	344	93	111	148	181	877	I	10
17. 8.	1240	54	136	3	111	1543	III	14

*Razen *Opercularia* spp. in *Vorticella microstoma*.