

Univerza v Ljubljani
Biotekniška fakulteta



PREISKAVE KAKOVOSTI VODE RIBNIKA TIVOLI IN KOSEŠKEGA BAJERJA

Končno poročilo

Ljubljana, september 2013

Projektna naloga

PREISKAVE KAKOVOSTI VODE RIBNIKA TIVOLI IN KOSEŠKEGA BAJERJA

končno poročilo

- Izvajalec:** Univerza v Ljubljani
Biotehniška fakulteta
Jamnikarjeva 101
1000 Ljubljana
- Nosilka naloge:** **doc. dr. Mateja Germ, univ. dipl. biol.**
- Strokovni sodelavci:** dr. Urška Kuhar, univ. dipl. biol.
prof. dr. Alenka Gaberščik, univ. dipl. biol.
dr. Tina Eleršek, univ. dipl. mikrobiol.
doc. dr. Gorazd Urbanič, univ. dipl. biol.
dr. Gorazd Kosi, univ. dipl. biol.
mag. Majda Ivanušič, univ. dipl. kem.
Dušan Fortuna, univ. dipl. kem., spec. san. kemije
Mojca Hrovat, univ. dipl. biol.
dr. Maja Pavlin Urbanič, univ. dipl. biol.
Barbara Debeljak, univ. dipl. biol.
- Naročnik:** Mestna občina Ljubljana
Mestni trg 1
1000 Ljubljana
- Št. pogodbe:** 430-352/2012-2

KAZALO VSEBINE

1 UVOD	8
2 ZNAČILNOSTI RIBNIKA TIVOLI IN KOSEŠKEGA BAJERJA.....	9
2.1 RIBNIK TIVOLI.....	9
2.2 KOSEŠKI BAJER.....	10
3 METODE	12
3.1 FIZIKALNO-KEMIJSKE ANALIZE.....	12
3.1.1 Vzorčna mesta in način vzorčenja.....	12
3.1.2 Metode vzorčenja	16
3.1.3 Metode za določanje fizikalno-kemijskih parametrov	16
3.1.4 Kriteriji za oceno stanja.....	18
3.2 FITOPLANKTON	19
3.2.1 Mesta vzorčenja.....	19
3.2.3 Vzorčenje	20
3.2.4 Analizirani parametri.....	21
3.2.5. Vrednotenje ekološkega in trofičnega stanja jezer s fitoplanktonom.....	23
3.3 BENTOŠKI NEVRETENČARJI.....	25
3.3.1 Mesta vzorčenja bentoških nevretenčarjev.....	25
3.3.2 Meritve splošnih fizikalno-kemijski parametrov	26
3.3.3 Vzorčenje in laboratorijska obdelava vzorcev	27
3.4 FITOBENTOS	31
3.5 MAKROFITI.....	33
4. REZULTATI.....	35
4.1 FIZIKALNO-KEMIJSKE ANALIZE.....	35
4.1.1 Ribnik Tivoli	35
4.1.2 Ribnik Tivoli - pritok ob čolnarni	36
4.1.3 Koseški bajer	37
4.1.4 Koseški bajer - pritok Mostnica	38
4.2 FITOPLANKTON	40
4.2.1 Vrstna sestava in biovolumen fitoplanktona	41
4.2.2 Analiza toksičnih vrst fitoplanktona in njihovih toksinov	45
4.3 BENTOŠKI NEVRETENČARJI.....	48
4.3.1 Splošni fizikalno-kemijski parametri	48
4.3.2 Protokoli za opis vzorčnega mesta	48
4.3.3 Bentoški nevretenčarji.....	48
4.4 FITOBENTOS	51
4.4.1. Osnovni fizikalno-kemijski parametri.....	51
4.4.2. Diverziteteta fitobentoških alg	51
4.5 MAKROFITI.....	56
4.5.1 Splošni fizikalno-kemijski parametri	56
4.5.2 Makrofiti.....	56
5 OCENA STANJA	58
5.1 FIZIKALNO-KEMIJSKE ANALIZE.....	58
5.2 FITOPLANKTON	59
5.2.1 Trofični potencial oz. stanje na osnovi fitoplanktona	59
5.2.2 Potencialno toksične vrste in vsebnost toksinov	60
5.3 BENTOŠKI NEVRETENČARJI.....	61
5.4 FITOBENTOS	62

5.5 MAKROFITI.....	63
6 RAZPRAVA	65
7 PREDLOGI ZA IZBOLJŠANJE STANJA IN BODOČI MONITORING	68
7.1 PREDLOGI ZA IZBOLJŠANJE STANJA.....	68
7.1.1 Ribnik Tivoli	68
7.1.2 Koseški bajer	68
7.2 PREDLOGI ZA MONITORING	69
7.2.1 Monitoring stanja	69
7.2.2 Monitoring zaradi prisotnosti potencialno toksičnih cianobakterij.....	69
8. POVZETEK	71
9. EXTENDED SUMMARY	75
10. VIRI.....	80

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Seznam vzorčnih mest in laboratorijske oznake vzorcev na posameznih merilnih mestih po posameznih obdobjih	12
Preglednica 2: Podatki o vzorčenju in opis lokacij	13
Preglednica 3: Podatki o parametrih in metodah vzorčenja	16
Preglednica 4: Pregled parametrov, merilnih principov in uporabljenih analiznih metod za določanje fizikalno-kemijskih parametrov	17
Preglednica 5: OECD kriteriji za jezera	18
Preglednica 6: Trofična stopnja glede na povprečni biovolumen fitoplanktona (Brettum, 1989)	24
Preglednica 7: Trofično stanje glede na povprečni klorofil <i>a</i> in povprečno prosojnost (OECD, 1982).....	24
Preglednica 8. Seznam mest vzorčenja s koordinatami	25
Preglednica 9. Razredi kakovosti ekološkega potenciala in mejne vrednosti razredov kakovosti	30
Preglednica 10: Trofično stanje glede na trofični indeks (TI) (Rott in sod., 1999):	32
Preglednica 11: Seznam in koordinate vzorčnih mest vzorčenja makrofitov	33
Preglednica 12: Podatki o vzorčenju za ribnik Tivoli	35
Preglednica 13: Rezultati fizikalno-kemijskih analiz za ribnik Tivoli.....	35
Preglednica 14: Podatki o vzorčenju za ribnik Tivoli - pritok ob čolnarni	36
Preglednica 15: Rezultati fizikalno-kemijskih analiz za ribnik Tivoli - pritok ob čolnarni.....	37
Preglednica 16: Podatki o vzorčenju za Koseški bajer.....	37
Preglednica 17: Rezultati fizikalno-kemijskih analiz za Koseški bajer	38
Preglednica 18: Podatki o vzorčenju za Koseški bajer - pritok Mostnica.....	38
Preglednica 19: Rezultati fizikalno-kemijskih analiz za Koseški bajer - pritok Mostnica	39
Preglednica 20: Osnovne analize fitoplanktonskih vzorcev v Koseškem bajerju 2012/13. Razlaga kratic: F = vzorec fiksiran s formalinom. Simbol * se nanaša na specifični vzorčenji vode za določanje mikrocistinov dne 10. in 20.8.2013. Prikazana je povprečna vrednost obeh meritev.....	40
Preglednica 21: Osnovne analize fitoplanktonskih vzorcev v ribniku Tivoli 2012/13. Razlaga kratic: F = vzorec fiksiran s formalinom. Simbol * se nanaša na specifično vzorčenje vode za določanje mikrocistinov dne 20.8.2013.	40
Preglednica 22: Vrsta sestava in relativna pogostost fitoplanktona v ribniku Tivoli v enoletnem obdobju 2012/13. Vrste, ki so se pojavljale masovno (= 5), so označene s sivo barvo.....	42
Preglednica 23: Vrsta sestava in relativna pogostost fitoplanktona v Koseškem bajerju v enoletnem obdobju 2012/13. Vrste, ki so se pojavljale masovno (= 5), so označene s sivo barvo. Simbol * pred vrstnim imenom in rdeča barva označuje potencialno toksične vrste. ..	43
Preglednica 24: Povprečni biovolumen (mm ³ /L) fitoplanktona v ribniku Tivoli in Koseškem bajerju v enoletnem obdobju 2012/13.	45
Preglednica 25. Vrednosti splošnih fizikalno-kemijskih parametrov	48
Preglednica 26. Seznam in številčnost taksonov bentoških nevretenčarjev, ugotovljenih v ribniku Tivoli na vzorčnem mestu RTL1	49
Preglednica 27. Seznam in številčnost taksonov bentoških nevretenčarjev, ugotovljenih v ribniku Tivoli na vzorčnem mestu RTL 2	49

Preglednica 28. Seznam in številčnost taksonov bentoških nevretenčarjev, ugotovljenih v ribniku Tivoli na vzorčnem mestu RTL 3	49
Preglednica 29. Seznam in številčnost taksonov bentoških nevretenčarjev, ugotovljenih v Koseškem bajerju na vzorčnem mestu KbL1	49
Preglednica 30. Seznam in številčnost taksonov bentoških nevretenčarjev, ugotovljenih v Koseškem bajerju na vzorčnem mestu KbL2	50
Preglednica 31. Seznam in številčnost taksonov bentoških nevretenčarjev, ugotovljenih v Koseškem bajerju na vzorčnem mestu KbL3	50
Preglednica 32: Osnovni fizikalno-kemijski parametri na vzorčnih mestih Koseškega bajerja in ribnika Tivoli v času vzorčevanja fitobentosa.....	51
Preglednica 33: Vrstni sestav kremenastih alg (diatomej) v ribniku Tivoli in njihova relativna abundanca.....	52
Preglednica 34: Vrstni sestav kremenastih alg (diatomej) v Koseškem bajerju in njihova relativna abundanca.....	53
Preglednica 35: Vrstni sestav cianobakterij in zelenih alg v ribniku Tivoli in Koseškem bajerju ter njihova relativna abundanca	55
Preglednica 36: Splošni fizikalno-kemijski parametri v ribniku Tivoli in Koseškem bajerju .	56
Preglednica 37: Globina uspevanja in pogostost makrofitov v posameznih transektih in globinskih conah v ribniku Tivoli	57
Preglednica 38: Globina uspevanja in pogostost makrofitov v posameznih transektih in globinskih conah v Koseškem bajerju.....	57
Preglednica 39: Uvrstitev ribnika Tivoli in Koseškega bajerja v trofično kategorijo po OECD kriterijih. d označuje, da je bilo vidno dno.....	58
Preglednica 40: Ekološko in trofično stanje urbanih vodnih teles glede na povprečni biovolumen fitoplanktona in vrednost koncentracije klorofila <i>a</i> v ribniku Tivoli in Koseškem bajerju v enoletnem obdobju 2012/13.	59
Preglednica 41. Ovrednotenje ekološkega potenciala posameznih vzorčnih mest na podlagi bentoških nevretenčarjev po modulu hidromorfološka spremenjenost. LFI – indeks litoralne favne, Margalef – Margalefov diverzitetni indeks, REK – razmerje ekološke kakovosti, LHM – Indeks vpliva hidromorfološke spremenjenosti litorala	61
Preglednica 42. Ovrednotenje ekološkega potenciala vodnih teles na podlagi bentoških nevretenčarjev po modulu hidromorfološka spremenjenost. LHM – Indeks vpliva hidromorfološke spremenjenosti litorala.....	62
Preglednica 43: Vrednosti trofičnega indeksa v ribniku Tivoli in Koseškem bajerju.	63

KAZALO SLIK

Slika 1. Vzorčno mesto za fizikalno-kemijske analize in analize fitoplanktona v ribniku Tivoli (Vir: Atlas okolja, 2013)	14
Slika 2. Vzorčno mesto za fizikalno-kemijske analize pritoka v ribnik Tivoli (Vir: Atlas okolja, 2013).....	14
Slika 3. Vzorčno mesto za fizikalno-kemijske analize in analize fitoplanktona v Koseškem bajerju (Vir: Atlas okolja, 2013)	15
Slika 4. Vzorčno mesto za fizikalno-kemijske analize Mostnice (Vir: Atlas okolja, 2013)	15
Slika 5. Koseški bajer in ribnik Tivoli v času zimskega in spomladanskega vzorčenja	19
Slika 6. Mesta vzorčenja bentoških nevretenčarjev in fitobentosa v ribniku Tivoli (Vir: Atlas okolja, 2013).....	25
Slika 7. Mesta vzorčenja bentoških nevretenčarjev in fitobentosa v Koseškem bajerju (Vir: Atlas okolja, 2013)	26
Slika 8. Vrednotenje ekološkega stanja jezer na podlagi bioloških elementov kakovosti	28
Slika 9: Mesta vzorčenja makrofitov v ribniku Tivoli (Vir: Atlas okolja, 2013).....	34
Slika 10: Mesta vzorčenja makrofitov v Koseškem bajerju (Vir: Atlas okolja, 2013)	34
Slika 11: Povprečna pogostost v % (levo) in biovolumen v % (desno) najpomembnejših razredov fitoplanktona v ribniku Tivoli (zgoraj) in Koseškem bajerju (spodaj) v enoletnem obdobju 2012/13.....	41
Slika 12: HPLC kromatogram (levo) in PDA spekter (desno) vzorca cveta cianobakterij iz Koseškega bajerja (vzorčenje 20.8.2013). Mikrocistinški vrh je najlepše viden pri valovni dolžini λ_{\max} 238 nm.	47

KAZALO PRILOG

PRILOGA A: Možni viri onesnaženja

- Priloga A1: Možni viri onesnaženja ribnika Tivoli
- Priloga A2: Možni viri onesnaženja Koseškega bajerja

PRILOGA B: Fizikalno-kemijski parametri

- Priloga B1: Ribnik Tivoli, poročilo o preskušanju, vzorčenje 25.10.2013
- Priloga B2: Ribnik Tivoli, poročilo o preskušanju, vzorčenje 4.4.2013
- Priloga B3: Ribnik Tivoli, poročilo o preskušanju, vzorčenje 11.6.2013
- Priloga B4: Ribnik Tivoli, poročilo o preskušanju, vzorčenje 20.8.2013
- Priloga B5: Pritok v ribnik Tivoli, poročilo o preskušanju, vzorčenje 25.10.2013
- Priloga B6: Pritok v ribnik Tivoli, poročilo o preskušanju, vzorčenje 4.4.2013
- Priloga B7: Pritok v ribnik Tivoli, poročilo o preskušanju, vzorčenje 11.6.2013
- Priloga B8: Pritok v ribnik Tivoli, poročilo o preskušanju, vzorčenje 20.8.2013
- Priloga B9: Koseški bajer, poročilo o preskušanju, vzorčenje 25.10.2013
- Priloga B10: Koseški bajer, poročilo o preskušanju, vzorčenje 4.4.2013
- Priloga B11: Koseški bajer, poročilo o preskušanju, vzorčenje 11.6.2013
- Priloga B12: Koseški bajer, poročilo o preskušanju, vzorčenje 20.8.2013
- Priloga B13: Mostnica, poročilo o preskušanju, vzorčenje 25.10.2013
- Priloga B14: Mostnica, poročilo o preskušanju, vzorčenje 4.4.2013
- Priloga B15: Mostnica, poročilo o preskušanju, vzorčenje 11.6.2013
- Priloga B16: Mostnica, poročilo o preskušanju, vzorčenje 18.9.2013

PRILOGA C: Fitoplankton

- Priloga C1: Terenski popisni list za fitoplankton

PRILOGA D: Bentoški nevretenčarji

- Priloga D1: Kategorije anorganskih substratov
- Priloga D2: Kategorije organskih substratov
- Priloga D3: Kategorije tipov tokov
- Priloga D4: Popis deležev pokrovnosti substrata in umestitev vzorčnih enot
- Priloga D5: Popis deležev razredov globin in umestitev vzorčnih enot
- Priloga D6: Umestitev vzorčnih enot – mikrohabitatski tip (ORGANSKI SUBSTRAT x RAZRED GLOBINE)
- Priloga D7: Umestitev vzorčnih enot – mikrohabitatski tip (ANORGANSKI SUBSTRAT x RAZRED GLOBINE)
- Priloga D8: Koseški bajer, KbL1, popis deležev pokrovnosti substrata in umestitev vzorčnih enot
- Priloga D9: Koseški bajer, KbL1, popis deležev razredov globin in umestitev vzorčnih enot
- Priloga D10: Koseški bajer, KbL1, umestitev vzorčnih enot – mikrohabitatski tip (ORGANSKI SUBSTRAT x RAZRED GLOBINE)
- Priloga D11: Koseški bajer, KbL1, umestitev vzorčnih enot – mikrohabitatski tip (ANORGANSKI SUBSTRAT x RAZRED GLOBINE)
- Priloga D12: Koseški bajer, KbL2, popis deležev pokrovnosti substrata in umestitev vzorčnih enot
- Priloga D13: Koseški bajer, KbL2, popis deležev razredov globin in umestitev vzorčnih enot

- Priloga D14: Koseški bajer, KbL2, umestitev vzorčnih enot – mikrohabitatski tip (ORGANSKI SUBSTRAT x TIP TOKA)
- Priloga D15: Koseški bajer, KbL2, umestitev vzorčnih enot – mikrohabitatski tip (ANORGANSKI SUBSTRAT x TIP TOKA)
- Priloga D16: Koseški bajer, KbL3, popis deležev pokrovnosti substrata in umestitev vzorčnih enot
- Priloga D17: Koseški bajer, KbL3, popis deležev razredov globin in umestitev vzorčnih enot
- Priloga D18: Koseški bajer, KbL3, umestitev vzorčnih enot – mikrohabitatski tip (ORGANSKI SUBSTRAT x RAZRED GLOBINE)
- Priloga D19: Koseški bajer, KbL3, umestitev vzorčnih enot – mikrohabitatski tip (ANORGANSKI SUBSTRAT x RAZRED GLOBINE)
- Priloga D20: Ribnik Tivoli, RTL1, Popis deležev pokrovnosti substrata in umestitev vzorčnih enot
- Priloga D21: Ribnik Tivoli, RTL1, popis deležev razredov globin in umestitev vzorčnih enot
- Priloga D22: Ribnik Tivoli, RTL1, umestitev vzorčnih enot – mikrohabitatski tip (ORGANSKI SUBSTRAT x RAZRED GLOBINE)
- Priloga D23: Ribnik Tivoli, RTL1, umestitev vzorčnih enot – mikrohabitatski tip (ANORGANSKI SUBSTRAT x RAZRED GLOBINE)
- Priloga D24: Ribnik Tivoli, RTL2, popis deležev pokrovnosti substrata in umestitev vzorčnih enot
- Priloga D25: Ribnik Tivoli, RTL2, popis deležev razredov globin in umestitev vzorčnih enot
- Priloga D26: Ribnik Tivoli, RTL2, umestitev vzorčnih enot – mikrohabitatski tip (ORGANSKI SUBSTRAT x RAZRED GLOBINE)
- Priloga D27: Ribnik Tivoli, RTL2, umestitev vzorčnih enot – mikrohabitatski tip (ANORGANSKI SUBSTRAT x RAZRED GLOBINE)
- Priloga D28: Ribnik Tivoli, RTL3, popis deležev pokrovnosti substrata in umestitev vzorčnih enot
- Priloga D29: Ribnik Tivoli, RTL3, popis deležev razredov globin in umestitev vzorčnih enot
- Priloga D30: Ribnik Tivoli, RTL3, umestitev vzorčnih enot – mikrohabitatski tip (ORGANSKI SUBSTRAT x RAZRED GLOBINE)
- Priloga D31: Ribnik Tivoli, RTL3, umestitev vzorčnih enot – mikrohabitatski tip (ANORGANSKI SUBSTRAT x RAZRED GLOBINE)

PRILOGA E: Fitobentos

- Priloga E1: Delovni protokol za fitobentos stoječih voda

PRILOGA F: Makrofiti

- Priloga F1: Protokol za vzorčenje makrofitov v jezerih - ribnik Tivoli
Priloga F2: Protokol za vzorčenje makrofitov v jezerih - Koseški bajer

1 UVOD

Vodna telesa, kot sta Tivolski ribnik in Koseški bajer, so pomembni elementi mest. Kot antropogeni tvorbi sta pomembna tako z vidika naravne kot tudi kulturne dediščine. Raziskave so pokazale, da predstavljajo ribniki v spremenjeni krajini, kjer so vodotoki večinoma regulirani in naravni obrežni pasovi okrnjeni ali celo odstranjeni, habitate in zatočišča za različne ptice in žuželke. To je posebej pomembno v mestih, kjer je biotska pestrost zaradi človekovih posegov močno zmanjšana. Z vidika ekosistemskih storitev imajo ribniki pomembno socialno vlogo, saj njihova okolica predstavlja mesto za sprostitvev, sama vodna telesa pa lahko služijo tudi v izobraževalne namene. Njihova vloga je tudi podporna, saj uravnavajo okoljske razmere (blažijo temperaturna nihanja in povečujejo vlažnost zraka) na območju. Zaradi intezivnih bioloških procesov se različne snovi, ki prihajajo v ribnike s spiranjem in pritoki, tam razgradijo ali spremenijo. Vse vloge pa so povezane z celovitostjo življenjske združbe in uravnoteženostjo procesov v ribnikih, saj je znano, da je lahko ekološki potencial siromašnih evtrofnih sistemov močno zmanjšan.

Za oceno učinkov v letu 2011 izvedene sanacije ribnika Tivoli ter ovrednotenje stanja Koseškega bajerja smo v letih 2012 in 2013 v skladu s projektno nalogo Preiskave kakovosti vode ribnika Tivoli in Koseškega bajerja opravili preiskave obeh ribnikov. Izvedli smo vzorčenje fitoplanktona, bentoških nevretenčarjev, fitobentosa in makrofitov ter opravili meritve in vzorčenje vode za fizikalno-kemijske analize. V končnem poročilu so zbrani rezultati analiz, ocenjeno je stanje obeh vodnih teles ter predlagani ukrepi za izboljšanje stanja. Ker metodologija za izdelavo ocene ekološkega potenciala še ni pripravljena, smo vodni telesi uvrstili v trofične kategorije. Izjema je le vrednotenje na osnovi bentoških nevretenčarjev.

2 ZNAČILNOSTI RIBNIKA TIVOLI IN KOSEŠKEGA BAJERJA

2.1 RIBNIK TIVOLI

Ribnik Tivoli so v južnem delu parka Tivoli uredili leta 1880. Nastal je z izkopom in ima pravokotno obliko. V poletnih mesecih je bilo na njem organizirano čolnarjenje, v zimskem času pa je bilo urejeno drsališče. Ob ribniku je stala čolnarna in več pavilijonov, urejena je bila tudi okolica ribnika, v ribnik so naselili okrasne ribe. Po drugi svetovni vojni je čolnarna propadla, danes pa je na njenem mestu slaščičarna. Ob vzhodnem delu ribnika se nahaja otroško igrišče z igrali, postavljeno leta 1942.

Površina ribnika meri 6000 m², volumen pa je ocenjen na 3000-4000 m³. Vodozbirno območje ribnika predstavljajo z mešanim gozdom poraščena vzhodna pobočja Šišenskega hriba ter travnate in peščene parkovne površine severno od ribnika. Skupna velikost prispevnega območja je 0,085 km². Ribnik napaja več dotokov. Najpomembnejši je dotok v severozahodni kot ribnika pri čolnarni, po katerem priteka voda iz vodohrama (najbolj konstanten in najizdatnejši dotok) ter z območja jugozahodnega dela Šišenskega hriba. Na sredini severnega roba ribnika je dvojni dotok meteornih voda in manjšega izvira, skozi ta dotok se v ribnik steka tudi voda iz vodnjaka. V severovzhodni kot ribnika dotekajo meteorne vode z območja poti in depresij severno od ribnika. Voda odteka iz ribnika preko preliva v jugozahodnem kotu. Glede na povprečne letne padavine in z upoštevanom evapotranspiracijo je v povprečnem letu dotok v ribnik 68.000 m³ vode. Skupni dotok v ribnik je neposredno odvisen od padavin, v povprečnem letu je pričakovati maksimalne dotoke 0,2 m³/s (Fazarinc, 2006).

Obrežni pas ribnika Tivoli je poraščen z raznoliko vegetacijo. Najbolj pestra je na vzhodnem delu ribnika. Tukaj so zasajeni gabri, med njimi rastejo glog, šipek, robinija, jesen, divji kostanj, leska in vrbe. Za obrežnim pasom poteka sprehajalna pot, za katero je otroško igrišče. Na severni strani, kjer so dotoki vode v ribnik, je obrežna vegetacija gosta in pestra. Gradijo jo jelše, leska, vrbe, jesen in pajesen, med njimi je tudi okrasno grmovje, kot sta češmin in brogovita. Na zahodni strani ribnika je vegetacija redka, sestavljajo jo jelše in okrasno grmovje. Ob ribniku poteka sprehajalna pot, tik ob vodi stoji čolnarna, za čolnarno je

postavljenih nekaj otroških igral. Na južni strani ribnika stoji betonska pregrada, obrežne vegetacije ni.

V ribniku Tivoli živijo ribje vrste rdečeoka, ploščič, krap, sončni ostriž in ameriški somič (RD Barje, 2013). Pred sanacijo ribnika, izvedeno v letu 2011, pa so v njem živele vrste rdečeoka, klen, rdečeperka, linj, zelenika, ploščič, pezdirk, koreselj, krap (gojene živali), ščuka, navadni ostriž in smuč (Ribkat, 2013).

Raziskavi ribnika Tivoli, opravljeni v obdobju 2004/05 (Šajn-Slak in sod., 2005) ter 2005/06 (Krelj, 2007), sta ribnik glede na fizikalno-kemijske parametre ter biološke indikatorje (fitoplankton, zooplankton, makroinvertebrati) uvrstili v evtrofno stanje.

V letih 2008-11 je potekala sanacija ribnika, v okviru katere so iz ribnika preselili živali in posamezne grmovne in drevesne vrste rastlin, z dna odstranili mulj, z lesenimi piloti in oblicami ter kamnometi oblikovali in uredili brežine, uredili vtoke in iztok vode ter posadili vodne rastline, vzpenjalke in predhodno odstranjene rastline (Fujs, 2011).

2.2 KOSEŠKI BAJER

Koseški bajer leži na obrobju Ljubljane, na zahodni strani Šišenskega hriba ob soseski Mostec. Nastal je ob zaprtju glinokopa pred približno 200 leti. Voda je v glinokopu obstala zaradi plasti gline, ki leži na produ.

Površina bajerja meri približno 37000 m², volumen pa znaša približno 55000 m³. Prispevna površina obsega 1,01 km². Vtok vode v bajer je en sam, nahaja se na njegovem jugovzhodnem delu (pritok Mostnica). Povirni del pritoka tvorijo zahodni obronki Šišenskega hriba oziroma širše območje Mosteca. V bajer se stekajo tudi površinske vode iz širšega območja. Iztok je na zahodnem delu bajerja, izliva se v potok Pržanec, ki je levi pritok Glinščice. Glede na merjene pretoke Glinščice (podatki iz vodomerske postaje HMZ Rožna dolina) so z upoštevanjem velikosti prispevnega področja določili minimalne in srednje letne dotoke v Koseški bajer, ki so sledeči: srednji letni pretok 0,023 m³/s, srednji nizki pretok 0,001 m³/s in minimalni pretok 0,000 m³/s (Bizjak in sod., 1996).

Obrežni pas Koseškega bajerja je zelo raznolik. Najbolj spremenjen je na vzhodnem delu, na obeh straneh lesene ploščadi. Na tem delu se posamično pojavljajo črna jelša, vrbe in leska, med zeliščno vegetacijo pa so invazivne tujerodne vrste orjaška in kanadska zlata rozga, enoletna suholetnica in japonski dresnik. Neposredno ob vodi sta dve obsežnejši trstišči. Obrežni pas ob severnem bregu bajerja je ozek, poraščen z grmovjem (rdeči dren, šipek) ter črno jelšo in vrbami. Mestoma so tudi fragmenti močvirske vegetacije. Med in za lesnato vegetacijo se pojavljajo invazivne tujerodne vrste japonski dresnik, črnoplodni mrkač in novo-belgijska nebina. Na zahodni strani je obrežni pas lesnatih rastlin (črna jelša, vrbe, rdeči dren) še redkejši, med lesnatimi vrstami se pojavljajo posamične rastline črnoplodnega mrkača. Na severozahodnem delu je obsežen, dobro razvit sestoj trsta, ki ima pomembno vlogo kot habitat, zatočišče in zaščita bajerja. Obrežni pas na južnem delu bajerja je najbolj ohranjen in je večinoma poraščen s črnjelševjem. Na tem delu najdemo invazivke le posamično.

V Koseškem bajerju živijo ribje vrste rdečeoka, klen, rdečeperka, beli amur, linj, koreselj, krap (gojene živali), sivi tolstolobik, som, rjavi ameriški somič, ščuka in smuč (Ribkat, 2013).

Raziskave perifitonskih in planktonskih alg, opravljene v Koseškem bajerju v letih 1998-2000, so pokazale, da je bajer v eutrofnem stanju (Krivograd Klemenčič, 2002).

3 METODE

3.1 FIZIKALNO-KEMIJSKE ANALIZE

3.1.1 Vzorčna mesta in način vzorčenja

Vzorčili smo na štirih vzorčnih mestih, in sicer v Ribniku Tivoli, pritoku ribnika Tivoli, Koseškem bajerju ter na pritoku bajerja Mostnici, na vsakem vzorčnem mestu v različnih obdobjih leta (25. oktobra 2012, 4. aprila 2013, 11. junija 2013 in 20. avgusta 2013).

Merska (vzorčna) mesta smo določili skupaj s predstavniki naročnika. Podana so v preglednici 1, prav tako laboratorijske oznake vzorcev, ki so bili odvzeti na teh mestih.

Preglednica 1: Seznam vzorčnih mest in laboratorijske oznake vzorcev na posameznih merilnih mestih po posameznih obdobjih

Vzorčno mesto / Čas vzorčenja	Oznaka vzorca			
	Oktober 2012	April 2013	Junij 2013	Avgust 2013
Ribnik Tivoli	2012/9434	2013/2795	2013/5079	2013/7081
Ribnik Tivoli - pritok ob čolnarni	2012/9433	2013/2794	2013/5080	2013/7083
Koseški bajer	2012/9436	2013/2793	2013/5077	2013/7080
Koseški bajer - pritok Mostnica	2012/9435	2013/2792	2013/5075	2013/7826*

* pri vzorčenju v avgustu je bil pritok Mostnica suh, zato smo ga vzorčili v septembru

Vzorce za fizikalno-kemijske analize smo zajemali po globinski vertikali integrirano od površine do dna, na sredini vodnega telesa. Vzorce je potekalo po standardnih postopkih (SIST ISO 5667-6, SIST ISO 5667-4), večinoma iz čolna. Za zajem integriranih vzorcev smo uporabljali poseben integralni vzorčevalnik.

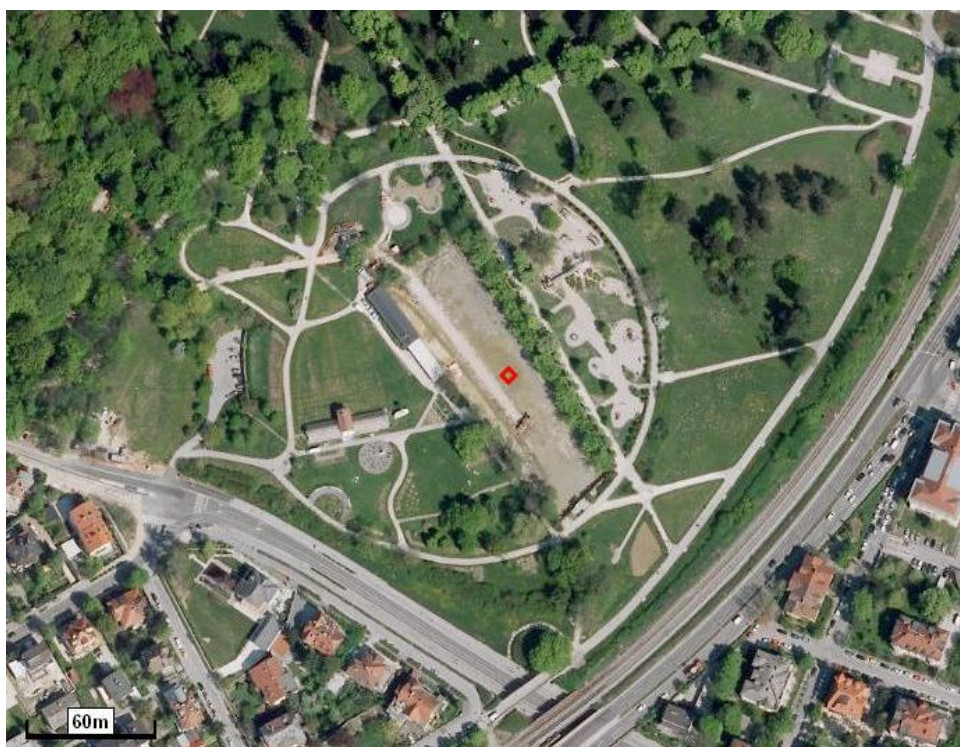
Podatki o načinu vzorčenja so v preglednici 2. Pri drugem vzorčenju ribnika Tivoli - pritok ob čolnarni se je določilo novo odzemno mesto. Prav tako se je novo odzemno mesto določilo pri drugem vzorčenju Koseškega bajerja - pritok Mostnica. Tudi vsa naslednja vzorčenja pritokov so bila potem izvedena na teh dveh novih odzemnih mestih. Odzemni mesti sta fotografirani (priloga A). Položaj vseh odzemnih mest je prikazan na slikah 1-4.

Preglednica 2: Podatki o vzorčenju in opis lokacij

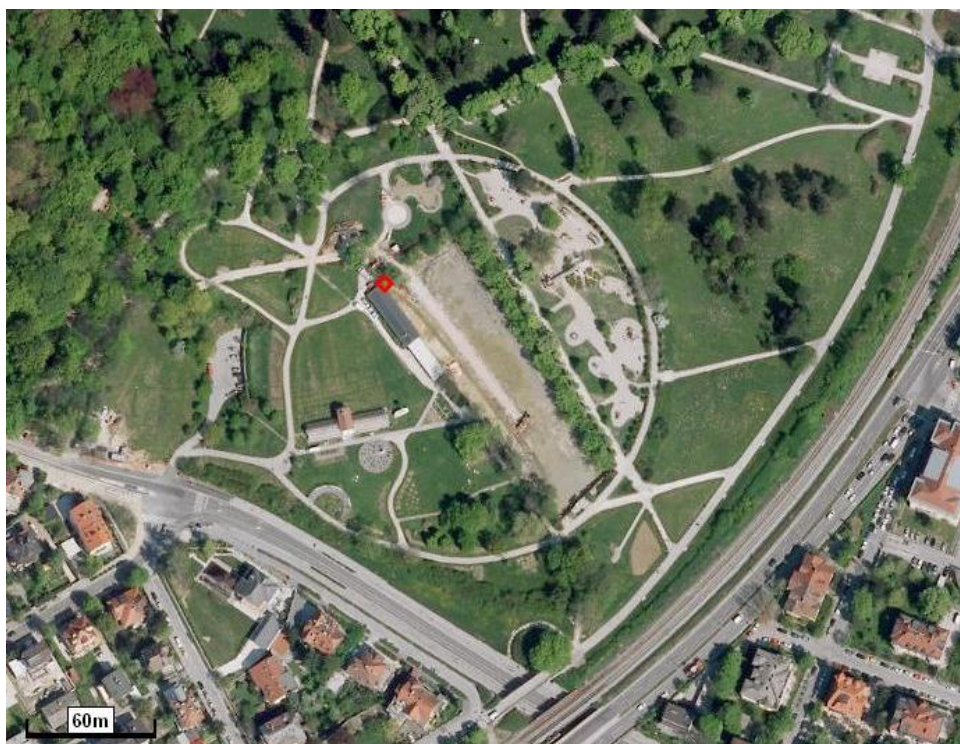
Podatki o vzorčenju			
Mesto vzorčenja	Opis merskega mesta	Koordinate merskega mesta	Način odvzema vzorca
Ribnik Tivoli	vzorčenje smo izvedli na sredini ribnika Tivoli	X 5101006 Y 5461268	iz čolna z integriranim vzorčevalnikom (enakomerni odvzem vzorca po vertikali globine ribnika)
Ribnik Tivoli - pritok ob čolnarni	vzorčenje pritoka v ribnik Tivoli smo izvedli tik ob iztoku iz cevi. Ta pritok se zbira v betonski cevi, ki je povezana z ribnikom Tivoli. Pritok v ribnik Tivoli se nahaja na vogalu čolnarne, cca. 2 m od brega ribnika ¹	X 5101049 Y 5461209	na polovici globine iztoka iz cevi
Koseški bajer	vzorčenje smo izvedli na sredini Koseškega bajerja	X 5459279 Y 5102702	iz čolna z integriranim vzorčevalnikom. (enakomerni odvzem vzorca po vertikali globine ribnika)
Koseški bajer - pritok Mostnica	vzorčenje Mostnice smo izvedli tik nad iztokom iz cevi v Koseški bajer ²	X 5102604 Y 5459326	na polovici globine iztoka iz cevi

¹ Prvo vzorčenje pritoka v ribnik Tivoli smo izvedli v "zbiralnem bazenu", ki se nahaja cca. 20 m pred iztokom v ribnik Tivoli. V zbirnem bazenu smo vzorčili zato, ker je preliv iz bazena minimalen, kar onemogoča meritve in zajem vzorca neposredno na iztoku. Koordinate vzorčenja so bile: X 5101082, Y 5461215. Vzorec je bil odvzet na polovici globine zbirnega bazena.

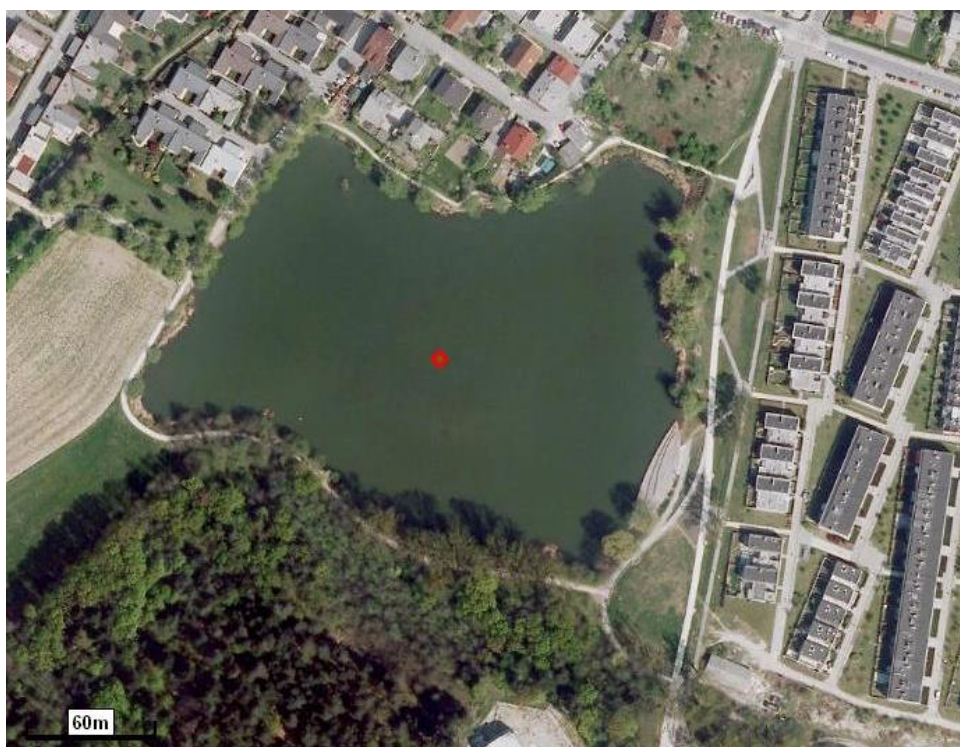
² Prvo vzorčenje Mostnice smo izvedli cca. 20 m pred iztokom v Koseški bajer. Koordinate vzorčenja so bile: X 5102545, Y 5459385. Vzorec je bil odvzet na sredini struge in globine.



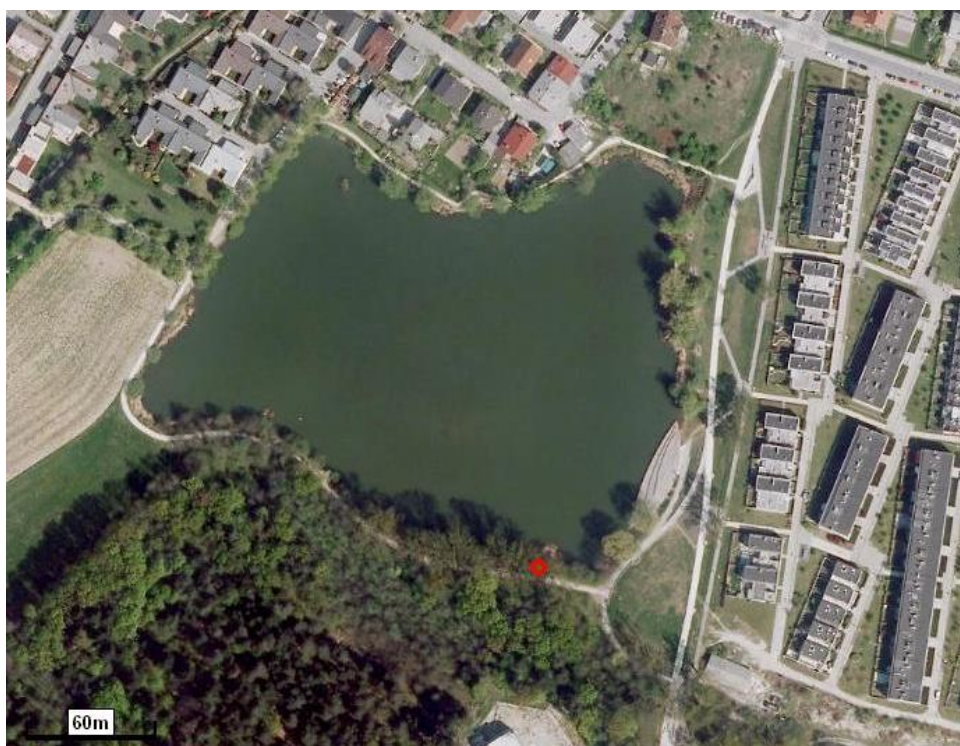
Slika 3. Vzorčno mesto za fizikalno-kemijske analize in analize fitoplanktona v ribniku Tivoli (Vir: Atlas okolja, 2013)



Slika 4. Vzorčno mesto za fizikalno-kemijske analize pritoka v ribnik Tivoli (Vir: Atlas okolja, 2013)



Slika 3. Vzorčno mesto za fizikalno-kemijske analize in analize fitoplanktona v Koseškem bajerju (Vir: Atlas okolja, 2013)



Slika 4. Vzorčno mesto za fizikalno-kemijske analize Mostnice (Vir: Atlas okolja, 2013)

3.1.2 Metode vzorčenja

Vzorčenje vode za fizikalne in kemijske analize smo izvedli v skladu z določili mednarodnih standardov (SIST ISO 5667-6, SIST ISO 5667-4), uporabili smo predpisano embalažo ter upoštevali predpisane pogoje za transport in skladiščenje vzorcev (SIST EN ISO 5667-3).

Parametri in metode terenskih meritev so navedeni v preglednici 3. Navedli smo še nekatere senzorične in opisne parametre, ki jih v projektni nalogi ni bilo, so pa za vrednotenje lahko pomembni.

Preglednica 3: Podatki o parametrih in metodah vzorčenja

Parameter	Merilni princip	Metoda	Akred	Enota	LOD	LOQ
Terenske meritve						
Način odvzema		SIST ISO 5667-4 SIST ISO 5667-6	N A			
Vonj	senzorična analiza	SIST EN 1622:2007				
Dno				cm		
Temperatura zraka		SIST DIN 38404- C4-2: 2000	A	°C		
Barva - senzorična analiza	senzorična analiza					
Redoks potencial	elektrometrija	SIST DIN 38404- 6	A	mV		
Klor prosti	spektrofotometrija	SIST EN ISO 7393-2:2000		mg/L Cl ₂		
Vidne odplake			N			
Mineralna olja - senzorična analiza	senzorična analiza		N			
Fenoli - senzorična analiza	senzorična analiza		N			
Vremenske razmere pred vzorčenjem (10 dni)			N			
Vremenske razmere v času vzorčenja			N			
Okolica merskega mesta - potencialni vir onesnaženja			N			

3.1.3 Metode za določanje fizikalno-kemijskih parametrov

V okviru projektne naloge spremljanja kakovosti vode v ribniku Tivoli in Koseškem bajerju smo izvedli fizikalno-kemijske analize vod po nacionalno priznanih standardnih metodah.

Metode so validirane in večina od njih tudi akreditirane skladno z zahtevami standarda (SIST EN ISO/IEC 17025). Podatki o parametrih, uporabljenih metodah (akreditirane metode so označene z »A«, neakreditirane z »N«) in enotah so zbrani v preglednici 4. Rezultati analiz so podani v številčni vrednosti, če je rezultat v delovnem območju metode. Če je rezultat pod mejo določljivosti (LOQ), ga podamo kot < LOQ.

Analizni postopki in metode zagotavljajo sledljivost in optimalno zanesljivost rezultatov. Metoda in postopki so dokumentirani v skladu z določili SIST ISO 9001.

Preglednica 4: Pregled parametrov, merilnih principov in uporabljenih analiznih metod za določanje fizikalno-kemijskih parametrov

Parameter	Merilni princip	Metoda	Akred	Enota	LOD	LOQ
Terenske meritve						
Prosojnost (Secchijeva globina)		SIST EN ISO 7027: 2000	N			
Temperatura vode - po globini		SIST DIN 38404- C4-2: 2000	A	°C		
Koncentracija raztopljenega kisika	elektrometrija	SIST EN 25814: 1996	A	mg/L O ₂	0,4	1,0
Nasičenost s kisikom	elektrometrija	SIST EN 25814: 1996	N	%	4	10
Električna prevodnost (25°C)	elektrometrija	SIST EN 27888: 1998	A	µS/cm	0,7	10
pH	elektrometrija	SIST ISO 10523: 1996	A		1	2
Osnovne fizikalno-kemijske analize						
m-alkaliteteta	volumetrija	SIST EN ISO 9963-1: 1998	A	mekv/ L	0,1	0,4
Amonij	spekrofotometrija	SIST ISO 7150-1: 1996	A	mg/L NH ₄	0,002	0,006
Nitrati	ionska kromatografija	SIST EN ISO 10304-1: 1998	A	mg/L NO ₃	0,006	0,02
Nitriti	spekrofotometrija	SIST EN 26777: 1996	A	mg/L NO ₂	0,002	0,008
	ionska kromatografija	SIST EN ISO 10304-1: 1998			0,003	0,01
Celotni dušik	elektrometrija	SIST EN 12260: 2003 - modif.	A	mg/L N	0,1	0,3
Celotni organski ogljik (TOC)	IR	SIST EN 1484: 1998	A	mg/L C	0,1	0,3
Celotni fosfor	spekrofotometrija	SIST EN ISO 6878-Točka 7: 2004	A	mg/L PO ₄	0,01	0,04

Parameter	Merilni princip	Metoda	Akred	Enota	LOD	LOQ
Ortofosfat	spekrofotometrija	SIST EN ISO 6878-Točka 4: 2004	A	mg/L PO ₄	0,004	0,02
Silicij	spekrofotometrija	SM 4500-SiO ₂ -C: 2005	A	mg/l SiO ₂	0,5	1,0

3.1.4 Kriteriji za oceno stanja

Na osnovi zbranih podatkov smo ocenili stanje hranil v obeh ribnikih ter pritokih. Ker tipologija še ni določena, smo upoštevali OECD kriterije za oceno trofičnosti jezer (preglednica 5) (OECD, 1982). OECD kriteriji jezera na osnovni povprečne letne vsebnosti celotnega fosforja, povprečne letne vsebnosti anorganskega dušika, povprečne letne in minimalne prosojnosti ter povprečne letne in maksimalne vsebnosti klorofila *a* razvrščajo v 5 trofičnih kategorij. Kriteriji so navedeni v preglednici 5.

Preglednica 5: OECD kriteriji za jezera

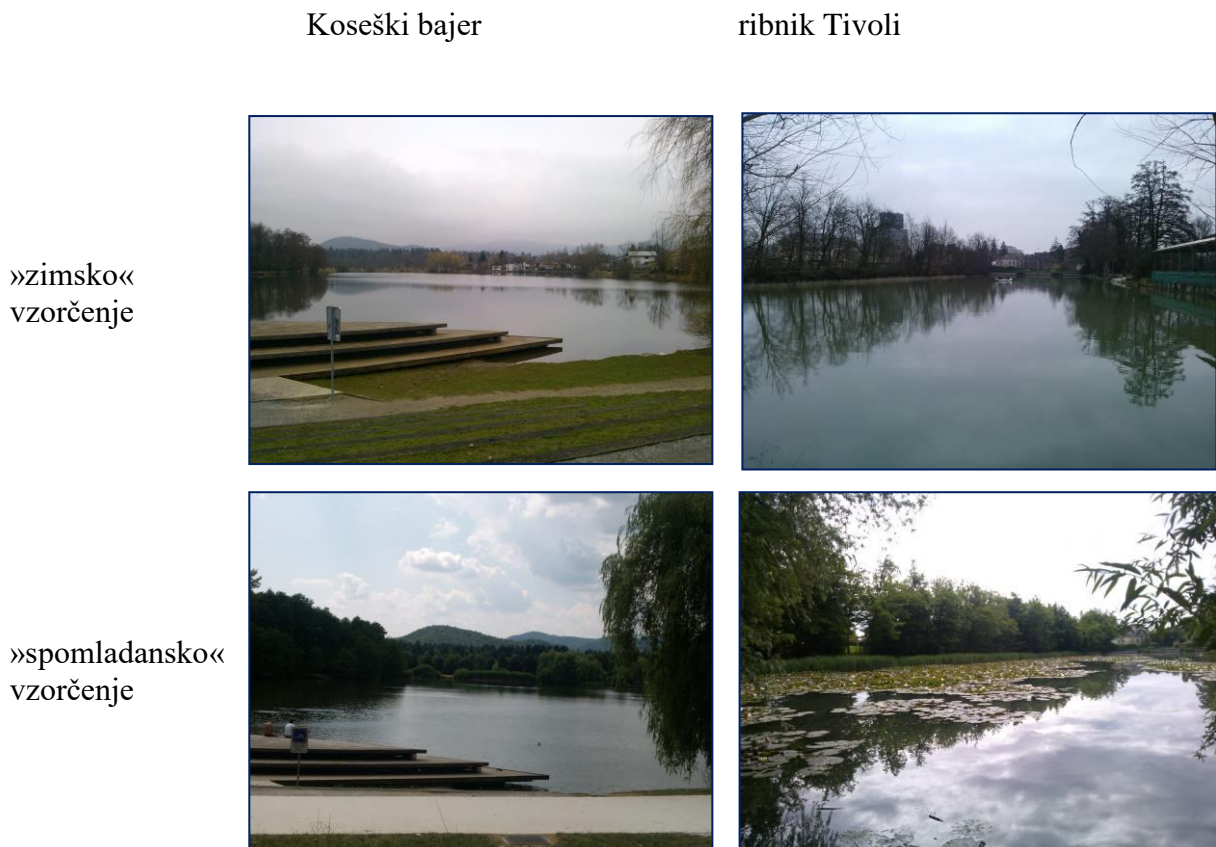
Trofična stopnja	Celotni fosfor (povprečje) µg P/L	Dušik anorganski (povprečje) µg N/L	Prosojnost		Klorofil <i>a</i>	
			(povprečje) (m)	(minimum) (m)	(povprečje) (m)	(minimum) (m)
u-oligotrofno	< 4	< 200	> 12	> 6	< 1	< 2,5
oligotrofno	< 10	200 - 400	> 6	> 3	< 2,5	< 8
mezotrofno	10 - 35	300 - 650	6 - 3	3 - 1,5	2,5 - 8	8 - 25
evtrofno	35 - 100	500 - 1500	3 - 1,5	1,5 - 0,7	8 - 25	25 - 75
hiperevtrofno	> 100	> 1500	< 1,5	< 0,7	> 25	> 75

3.2 FITOPLANKTON

Vzorčenje in laboratorijska obdelava vzorcev fitoplanktona v ribniku Tivoli in Koseškem bajerju temelji na Metodologiji vzorčenja in laboratorijske obdelave vzorcev za vrednotenje ekološkega stanja jezer s fitoplanktonom (Ministrstvo za okolje in prostor, 2009a). Vzorčenje in laboratorijska obdelava vzorcev sta v skladu s standardom SIST EN 14996.

3.2.1 Mesta vzorčenja

Vzorčenje fitoplanktona v ribniku Tivoli in Koseškem bajerju (slika 5) je potekalo na istih vzorčnih mestih kot vzorčenje za fizikalno-kemijske analize (slika 1, slika 3).



Slika 5. Koseški bajer in ribnik Tivoli v času zimskega in spomladanskega vzorčenja

3.2.3 Vzorčenje

Vzorčenje fitoplanktona smo izvedli 4x letno:

- »jesenski vzorec« v limnološkem obdobju med jesensko homotermijo (25.10.2012)
- »zimski vzorec« v limnološkem obdobju med spomladansko homotermijo (4.4.2013, opomba: izredno dolga zima v letu 2013 je botrovala k premiku tega obdobja v mesec april)
- »spomladanski vzorec« v limnološkem obdobju začetne poletne plastovitosti (11.6.2013)
- »poletni vzorec« v limnološkem obdobju največje poletne plastovitosti (20.8.2013)

Dodatni vzorci:

- kvalitativni vzorec fitoplanktona smo za primerjavo vzorčili tudi 30.8.2012
- v poletnem obdobju smo dodatno vzorčili ribnik Tivoli (20.8.2013) in Koseški bajer (10. in 20. 8.2013) zaradi analize vsebnosti mikrocistinov

Zajeli smo vzorec za kvantitativno in kvalitativno vrednotenje fitoplanktona, in sicer iz čolna na najgloblji točki vodnega telesa. Za kvalitativno analizo smo vzorec zajeli s planktonsko mrežo (z velikostjo odprtin 30-40 μm) vzdolž globinske vertikale. Za kvantitativno analizo smo zajeli globinsko integriran vzorec (GIV) z avtomatskim vzorčevalnikom (ZZV NM).

Vzorke za kvalitativno in kvantitativno analizo fitoplanktona smo zajeli v ustrezno 100-500 mL plastično embalažo. Za kvalitativno analizo smo zajeli dva vzorca fitoplanktona (2 x 100 mL). En vzorec smo takoj po zajemu konzervirali s 37 % formaldehidom (1 mL formaldehida / 100 mL vzorca). Drugi vzorec smo shranili v hladilniku na temperaturi 4 °C in v roku 6 ur analizirali. Vzorke za kvantitativno analizo (500 mL) smo konzervirali s formaldehidom (1 mL formaldehida / 100 mL vzorca, v končni koncentraciji 4 % v/v). Zajeli smo tudi globinsko integrirani vzorec za določanje klorofila *a* (običajno 500 mL) in ga na čolnu prefiltrirali skozi GF/C filter, nato pa filtru dodali 10 ml etanola. Vse vzorce smo do analize hranili v hladilniku pri temperaturi 4 °C.

Vzorci so bili označeni z etiketo, ki vsebuje naslednje podatke: ime vodnega telesa, vzorčno mesto in datum vzorčenja. Na terenu smo izpolnili tudi terenski popisni list, ki vsebuje naslednje informacije: ime vodnega telesa, vzorčno mesto, globino zajema, način zajema

(integrirano/točkovno), □ datum vzorčenja, način konzerviranja in podatke o prosojnosti, izmerjene s Secchijevo ploščo.

3.2.4 Analizirani parametri

3.2.4.1 Kvalitativna analiza - določanje vrstne sestave in relativne pogostosti fitoplanktona

Pregled svežega kvalitativnega vzorca se mora s pomočjo mikroskopiranja opraviti najkasneje v roku 36 ur. Fiksirane vzorce je potrebno analizirati najkasneje 6 mesecev po vzorčenju. Če predstavljajo diatomeje >20 % skupne biomase fitoplanktona, je potrebna posebna priprava vzorca za taksonomsko določevanje. Priprava vzorca se izvede po standardu EN14407:2004.

Kvalitativna analiza vključuje:

- taksonomsko določanje fitoplanktona do nivoja vrste pod svetlobnim mikroskopom z ustreznimi ključi (Süswasserflora von Mitteleuropa 1-19 in drugi),
- določanje relativne pogostosti posameznih vrst po petstopenjski lestvici
 - 5 = masovno prisotna vrsta (90-100 percentil)
 - 4 = pogosta vrsta (70-90 percentil)
 - 3 = zmerno prisotna vrsta (40-70 percentil)
 - 2 = redka vrsta (< 40 percentil)
 - 1 = posamezna vrsta (opažena le v kvalitativnem vzorcu, pripisali smo ji število 1)

3.2.4.2 Kvantitativna analiza - določanje biovolumna fitoplanktona

Vzorce je potrebno analizirati najkasneje 6 mesecev po vzorčenju. Analiza vključuje določanje pogostosti in povprečnega celičnega biovolumna posamezne vrste, iz česar se določi skupni biovolumen fitoplanktona.

Najmanj 12 ur pred analizo se vzorce vzame iz hladilnika, kjer so bili shranjeni pri temperaturi 4-10 °C, da se temperatura vzorca izenači s temperaturo prostora, kjer vzorec pregledujemo. Pred analizo se vzorec homogenizira z rahlim stresanjem.

Za določanje številčnosti oz. pogostosti fitoplanktona se uporablja metoda za štetje fitoplanktona po Utermöhl (1958), ki je standardizirana (SIST EN 15204:2007). V sedimentacijskih komorah z ustreznim volumnom se določi pogostost posamezne vrste.

Biovolumen fitoplanktona se izračuna iz pogostosti posamezne vrste in povprečnega celičnega biovolumna posamezne vrste, ki temelji na izračunu volumna posamezne vrste na osnovi izmerjenih dimenzij povprečne celice. Skupni biovolumen fitoplanktona je seštevek vseh biovolumnov posameznih vrst, ki so zastopane v vzorcu. Relativni biovolumen posamezne vrste je delež (%) biovolumna ki ga vrsta dosega v skupnem biovolumnu fitoplanktona. Povprečni letni biovolumen, ki se uporablja za vrednotenje ekološkega - trofičnega stanja jezer, je povprečje (aritmetična sredina) vseh vzorčenj v posameznem letu.

3.2.4.3 Kvantitativna analiza - določanje vsebnosti klorofila *a* z ekstrakcijo z etanolom

Določanje vsebnosti klorofila *a* poteka z metodo s filtriranjem in ekstrakcijo pigmentov z 90 % etanolom po SIST ISO 10260:2001 (prva izdaja december 2001) po spodaj opisanem postopku. Vzorec vode (na terenu prib. 250-500 ml) prefiltriramo skozi steklen filter GF/C. Filter damo v plastično centrifugirko z zamaškom in dodamo 10 ml 90 % etanola p. a. Vzorec shranimo v zamrzovalniku. Nato vzorec ekstrahiramo v vodni kopeli na 75 °C 5 minut. Vzorec pustimo 15 minut na sobni temperaturi. Odcentrifugiramo pri 4000 obratih / min in izmerimo absorbcijo na 665 nm in 750 nm. Nato vzorec zakisamo. Na 10 ml vzorca dodamo 0,01 ml 3 mol/l HCl in ponovno izmerimo (5-30 minut) na 665 nm in 750 nm.

Koncentracijo klorofila *a* smo izračunali po enačbi:

$$\text{Klorofil } a = \frac{(A - A_a)}{K_c} * \frac{R}{R - 1} * \frac{10^3 V_e}{V_s * d} \quad (\mu\text{g/l})$$

kjer je:

A = A₆₆₅-A₇₅₀ (pred zakisanjem)

A_a = A₆₆₅-A₇₅₀ (po zakisanju)

V_e - volumen ekstrakta v ml

V_s - volumen filtrata v litrih

K_c - koeficient 82l/μg cm

R - 1.7

d - dolžina kivete (cm)

3.2.4.4 Kvantitativna analiza - določanje cianobakterijskih toksinov

Za določanje cianobakterijskih toksinov uporabljamo standardne postopke izolacije, čiščenja in analize cianobakterijskih toksinov, predvsem mikrocistinov (MC) s tekočinsko kromatografijo visoke ločljivosti (HPLC) po postopku, opisanem v članku Sedmaka in sod. (2008). Opiramo se na standardne postopke, ki so opisani v priročniku TOXIC - Cyanobacterial Monitoring and Cyanotoxin Analysis (Meriluoto in Codd, 2005)

Za oris naj naštejemo metode, ki smo jih uporabili za analizo cianobakterijskih peptidov:

- vzorčenje s koncentriranjem s pomočjo planktonske mreže
- zamrzovanje s tekočim dušikom in liofilizacija cianobakterijskega materiala
- določanje vsebnosti klorofila *a* v skoncentriranem cvetu
- ekstrakcija cikličnih peptidov z očetno kislino in izolacija na kolonah Lichrolut iz 50 mg liofiliziranega vzorca
- sušenje z dušikom in raztapljanje v metanolu
- HPLC analiza (3 ponovitve in interpretacija rezultatov)

3.2.5. Vrednotenje ekološkega in trofičnega stanja jezer s fitoplanktonom

Izračun povprečnega biovolumna fitoplanktona in Brettum indeksa ter vrednosti klorofila *a* (preglednici 6 in 7) so metrike za vrednotenje ekološkega - trofičnega stanja jezer z multimetrijskim indeksom po veljavni nacionalni metodi, ki je bila v procesu interkalibracije (2004-2007) povzeta po avstrijski nacionalni metodi (Wolfram in sod., 2006; Wolfram in Dokulil, 2008).

Preglednica 6: Trofična stopnja glede na povprečni biovolumen fitoplanktona (Brettum, 1989)

barvna skala	trofična stopnja	povprečni biovolumen (mm ³ /L)
	ultraoligotrofno	< 0,1
	oligotrofno	0,1 - 0,4
	oligomezotrofno	0,4 - 0,6
	mezotrofno	0,6 - 1,5
	evtrofno	1,5 - 2,5
	politrofno	2,5 - 5,0
	hiperevtrofno	> 5,0

Preglednica 7: Trofično stanje glede na povprečni klorofil *a* in povprečno prosojnost (OECD, 1982)

barvna skala	trofično stanje	povprečni klorofil <i>a</i> (µg/L)	povprečna prosojnost (m)
	ultraoligotrofno	≤ 1	> 12
	oligotrofno	≤ 2,5	> 6
	mezotrofno	2,5 - 8	3 - 6
	evtrofno	8 - 25	1,5 - 3
	hiperevtrofno	≥ 25	> 1,5

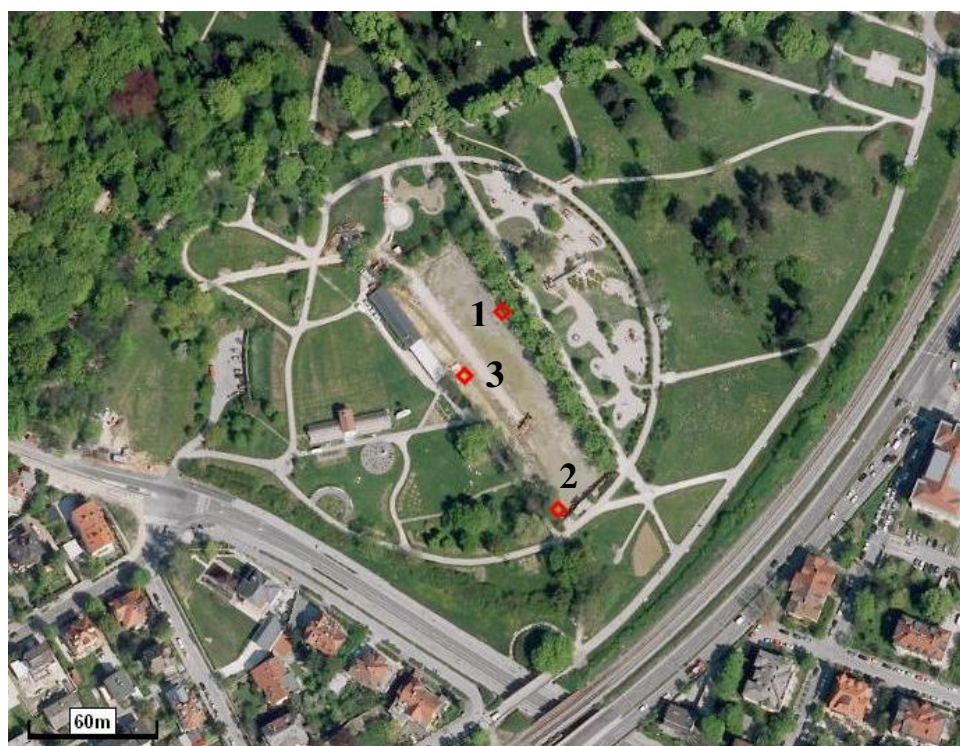
3.3 BENTOŠKI NEVREtenČARJI

3.3.1 Mesta vzorčenja bentoških nevretenčarjev

Vzorčenje bentoških nevretenčarjev ter meritve osnovnih fizikalno-kemijskih parametrov na Koseškem bajerju in ribniku Tivoli smo opravili na šestih vzorčnih mestih 30.8.2012 (preglednica 8, sliki 6 in 7).

Preglednica 8. Seznam mest vzorčenja s koordinatami

Vodno telo	Kraj	Koda vzorčnega mesta	Koda vzorca	Gauss Krueger Y	Gauss Krueger X
Ribnik Tivoli	Ljubljana	RTL1	RTL1300812	5461264	5101036
Ribnik Tivoli	Ljubljana	RTL2	RTL2300813	5461290	5100942
Ribnik Tivoli	Ljubljana	RTL3	RTL3300814	5461246	5101006
Koseški bajer	Ljubljana	KbL1	KbL1300812	5459271	5102615
Koseški bajer	Ljubljana	KbL2	KbL2300812	5459389	5102725
Koseški bajer	Ljubljana	KbL3	KbL3300812	5459177	5102757



Slika 6. Mesta vzorčenja bentoških nevretenčarjev in fitobentosa v ribniku Tivoli (Vir: Atlas okolja, 2013)



Slika 7. Mesta vzorčenja bentoških nevretenčarjev in fitobentosa v Koseškem bajerju (Vir: Atlas okolja, 2013)

3.3.2 Meritve splošnih fizikalno-kemijski parametrov

Na vseh vzorčnih mestih, kjer smo vzorčili bentoške nevretenčarje (preglednica 8), smo opravili tudi meritve naslednjih splošnih fizikalno-kemijskih parametrov:

- temperature vode,
- koncentracije v vodi raztopljenega kisika,
- nasičenosti vode s kisikom,
- električne prevodnosti in
- pH.

Meritve smo opravili s pomočjo elektrod iz EUTECH multisetu.

3.3.3 Vzorčenje in laboratorijska obdelava vzorcev

Vse metode, ki smo jih uporabili v analizi bentoških nevretenčarjev v tej nalogi, so bile opravljene v skladu z navodili in pripravljenimi postopki za določanje ekološkega stanja jezer v Sloveniji (Urbanič in sod., 2006; Uradni list RS 10/2009) in ustrezajo zahtevam Vodne direktive (Direktiva 2000/60/EC). V analizi smo uporabili naslednje korake:

3.3.3.1 Popis značilnosti vzorčnega mesta

Popis značilnosti vzorčnega mesta zajema izpolnitev 4 delovnih protokolov za jezera v skladu s podanimi navodili in uporabljenimi kategorijami substratov in razredi globin (priloga D). 4 delovni protokoli so bili izpolnjeni za vsako vzorčno mesto posebej.

3.3.3.2 Vzorčenje bentoških nevretenčarjev

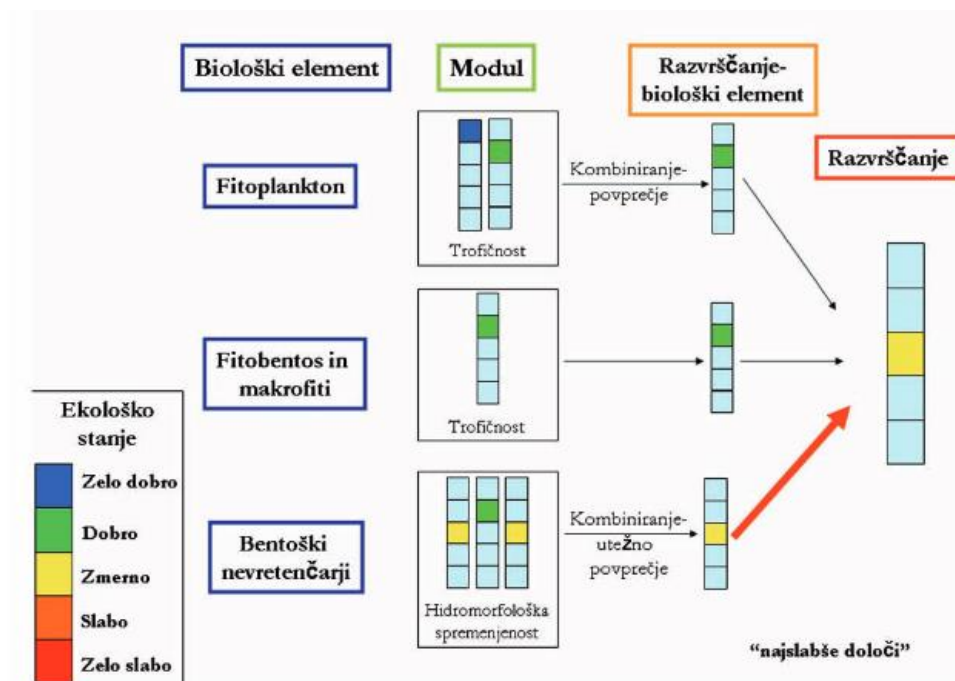
Bentoške nevretenčarje smo vzorčili kvantitativno po metodi vzorčenja mikrohabitatnih tipov (Urbanič in sod., 2012). Na vsakem vzorčnem mestu smo v skladu z izpolnjenimi delovnimi protokoli izbrali 10 podvzorčnih enot velikosti 25 x 25 cm. Vse podvzorčne enote smo združili in tako dobili vzorec. Metoda vzorčenja je kvantitativna metoda, zato lahko številčnost osebkov podamo kot število na površinsko enoto.

3.3.3.3 Sortiranje in determinacija osebkov

Iz vzorca smo izbrali vse bentoške nevretenčarje. Vse izbrane osebkve smo določili do stopnje determinacije, ki je predlagana za določanje ekološkega stanja jezer v Sloveniji (Urbanič in sod. 2005b, 2008). Uporabili smo vire, ki so jih predlagali isti avtorji: Bauernfeind in Humpesch (2001), Bole (1969), Brinkhurst (1971), Campaiolli in sod. (1994), Eggers in Martens (2001), Glöer (2002), Karaman (1953), Karaman (1996), Karaman in Pinkster (1977), Neseemann (1997), Nilsson (1997), Reynoldson in Young (2000), Rozkošny (1980), Savage in sod. (1989), Sket (1968), Tachet in sod. (2000), Trontelj in Sket (2000), Urbanič in Waringer, (2002a), Urbanič in Waringer (2002b), Urbanič in sod. (2003a), Urbanič in sod. (2003b), Urbanič in sod. (2003c), Waringer in Graf (1997), Waringer in Graf (2000) in Zwick (2005).

3.3.3.4 Izračun razmerja ekološke kakovosti (REK) in umestitev vzorčnega mesta v razred ekološkega stanja oz. potenciala

Za ovrednotenje ekološkega stanja/potenciala jezer z bentoškimi nevretenčarji je potrebno ovrednotiti stanje po modulu hidromorfološka spremenjenost (slika 8).



Slika 8. Vrednotenje ekološkega stanja jezer na podlagi bioloških elementov kakovosti

Kadar vrednotimo naravna jezera, vrednotimo stanje, medtem ko umetnim in močno spremenjenim vodnim telesom vrednotimo ekološki potencial. Ker Koseški bajer in ribnik Tivoli nista naravni jezera, smo obema ovrednotili ekološki potencial. Za ovrednotenje ekološkega potenciala smo uporabili indeks vpliva hidromorfološke spremenjenosti litorala (LHM), ki se izračuna po enačbi:

$$LHM_j = \frac{(N_{t,j} + D_{M_j})}{2} + LFI_j$$

kjer je:

LHM_j – indeks vpliva hidromorfološke spremenjenosti litorala j - tega biološkega vzorca,

Nt_j – število taksonov j -tega biološkega vzorca (normalizirana vrednost),

DM_j – Margalefov diverzitetni indeks j -tega biološkega vzorca (normalizirana vrednost),

LFI_j – indeks litoralne favne j -tega biološkega vzorca (normalizirana vrednost).

Posamezne metrike:

- število taksonov,
- Margalefov diverzitetni indeks in
- Indeks litoralne favne (LFI),

smo pred izračunom indeksa LHM normalizirali. To smo izvedli po naslednji enačbi:

$$\text{REK vrednost} = \frac{\text{vrednost metrike} - \text{spodnja meja}}{\text{referenčna vrednost} - \text{spodnja meja}}$$

Metrike smo normalizirali tako, da smo kot referenčne vrednosti določili najvišje izračunane vrednosti metrik, ki smo jih izračunali na vzorčnem mestu L2 v Koseškem bajerju. Za spodnje meje smo uporabili iste vrednosti, kot se uporabljajo tudi za vrednotenje ekološkega stanja jezer - torej vrednosti 0.

Modul hidromorfološka spremenjenost obale jezera na podlagi bentoških nevretenčarjev za vodno telo smo izračunali po naslednji enačbi:

$$J_{BN_{HM}} = \frac{\sum_{j=1}^n LHM_j}{n}$$

kjer je:

$J_{BN_{HM}}$ – vrednost modula hidromorfološka spremenjenost obale jezera za vodno telo na podlagi bentoških nevretenčarjev,

LHM_j – vrednost indeksa LHM j - tega vzorčnega mesta,

n – število bioloških vzorcev iz posameznega vodnega telesa.

Glede na izračunane vrednosti indeksa LHM smo vzorčna mesta in vodni telesi uvrstili v razrede ekološkega potenciala po modulu hidromorfološka spremenjenost. Razrede smo določili z ekvidistančno razdelitvijo REK vrednosti med 0 in 1 (preglednica 9).

Preglednica 1. Razredi kakovosti ekološkega potenciala in mejne vrednosti razredov kakovosti

Razred kakovosti - ekološki potencial	Razmerje ekološke kakovosti - razpon
Zelo dober	$\geq 0,80$
Dober	0,60 - 0,79
Zmeren	0,40 - 0,59
Slab	0,20 - 0,39
Zelo slab	$< 0,20$

3.4 FITOBENTOS

Vzorčenje fitobentosa smo opravili istega dne in na istih mestih kot vzorčenje bentoških nevretenčarjev. Mesta vzorčenja in koordinate po Gauss-Krugerju so prikazani na slikah 6 in 7 in v preglednici 8.

Metode, uporabljene pri izvedbi vzorčenja in taksonomske obdelave vzorcev, sledijo predpisani metodologiji in projektni nalogi. Pri izvedbi smo sledili sledeči literaturi:

- Metodologija vzorčenja in laboratorijske obdelave vzorcev za vrednotenje ekološkega stanja jezer s fitobentosom in makrofiti (Ministrstvo za okolje in prostor, 2009b).
- Metodologija vrednotenja ekološkega stanja jezer s fitobentosom in makrofiti (Ministrstvo za okolje in prostor, 2009c).

Vzorčenje je potekalo po principu »multihabitat sampling«. Ob vzorčenju smo izpolnili protokol vzorčenja in izmerili osnovne fizikalno-kemijske parametre. Vzorce fitobentosa smo postrgali s substrata ter fiksirali s formaldehidom. Vzorce smo nato obdelali s kislino in pripravili trajne preparate. Za natančno determinacijo kremenastih alg smo uporabljali svetlobni mikroskop. Pogostost pojavljanja posameznih vrst smo uporabili pri izračunu trofičnega indeksa.

Trofični indeks smo izračunali po enačbi (Rott in sod., 1999):

$$TI_j = \frac{\sum_{i=1}^n TW_i * G_i * H_i}{\sum_{i=1}^n G_i * H_i}$$

kjer je:

TI_j = trofični indeks j -tega biološkega vzorca

TW_i = trofična vrednost taksona i

G_i = indikatorska vrednost taksona i

H_i = pogostost taksona i

Uporabljene metode so identične, kot jih uporabljamo pri monitoringu slovenskih jezer in jih predpisuje Vodna direktiva (Direktiva 2000/60/ES). Ta pa ne zahteva obravnave manjših vodnih teles, kot sta Koseški bajer in ribnik Tivoli, zato tudi tipologija teh teles v Sloveniji ne obstaja. Končno vrednotenje smo zato prikazali po starejših priznanih načinih na podlagi trofičnega indeksa (TI) (preglednica 10).

Preglednica 10: Trofično stanje glede na trofični indeks (TI) (Rott in sod., 1999):

Trofično stanje	Trofični indeks
ultraoligotrofno	$\leq 1,0$
oligotrofno	1,1 - 1,3
oligo-mezotrofno	1,4 - 1,5
mezotrofno	1,6 - 1,8
mezo-evtrofno	1,9 - 2,2
evtrofno	2,3 - 2,6
ev-politrofno	2,7 - 3,1
politrofno	3,2 - 3,4
poli-hipertrofno	$> 3,4$

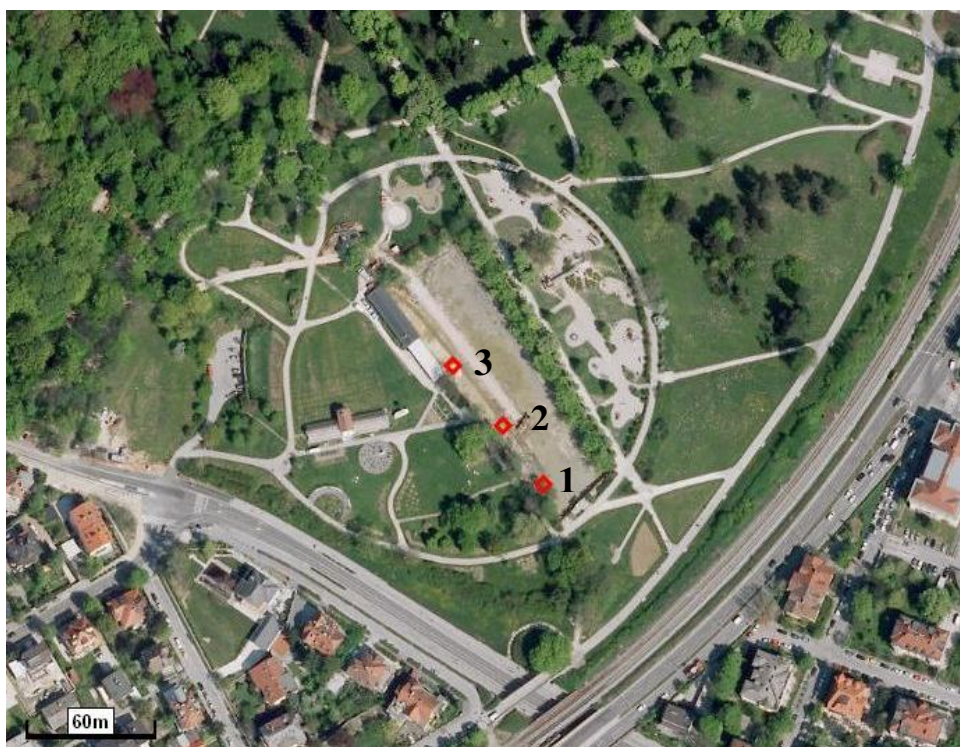
3.5 MAKROFITI

Makrofite smo vzorčili v skladu z Metodologijo vzorčenja in laboratorijske obdelave vzorcev za vrednotenje ekološkega stanja jezer s fitobentosom in makrofiti (Ministrstvo za okolje in prostor, 2009b). Na 3 transektih v ribniku Tivoli in 5 transektih v Koseškem bajerju (preglednica 11, sliki 9 in 10) smo popisali prisotne vrste makrofitov, opisali okoljske parametre ter izmerili splošne fizikalno-kemijske parametre. Transekte smo glede na spremembe v prisotnosti vrst razdelili na globinske cone. V posamezni globinski coni smo ocenili pogostost vrst ter njihovo povprečno višino. Pogostost (abundanco) vrst smo ocenili po petstopenjski lestvici (Kohler, 1978): 1 - zelo redka, 2 - redka, 3 - običajna, 4 - pogosta, 5 - prevladujoča vrsta. V obeh vodnih telesih smo zabeležili tudi ostale prisotne vrste makrofitov. Vzorčenje smo opravili 23.7.2013, potekalo je iz čolna.

Iz prisotnosti vrst smo ocenili trofično stanje ribnika in bajerja. Posamezne vrste makrofitov so namreč značilne za okolje z določeno količino hranil in so tako indikator trofičnega stanja. Indikatorsko vrednost vrst smo povzeli po Haslam (1987).

Preglednica 11: Seznam in koordinate vzorčnih mest vzorčenja makrofitov

Vodno telo	Transekt	Gauss-Krueger Y	Gauss-Krueger X
Ribnik Tivoli	1	5461284	5100954
Ribnik Tivoli	2	5461265	5100982
Ribnik Tivoli	3	5461237	5101008
Koseški bajer	1	5459187	5102751
Koseški bajer	2	5459166	5102708
Koseški bajer	3	5459393	5102770
Koseški bajer	4	5459379	5102780
Koseški bajer	5	5459239	5102777



Slika 9: Mesta vzorčenja makrofitov v ribniku Tivoli (Vir: Atlas okolja, 2013)



Slika 10: Mesta vzorčenja makrofitov v Koseškem bajerju (Vir: Atlas okolja, 2013)

4. REZULTATI

4.1 FIZIKALNO-KEMIJSKE ANALIZE

4.1.1 Ribnik Tivoli

V preglednici 12 so navedeni vsi podatki o vzorčenju (način odvzema, vremenske razmere, vsi senzorični podatki o vzorcu). Rezultati terenskih in fizikalno-kemijskih analiz so podani v preglednici 13.

Preglednica 12: Podatki o vzorčenju za ribnik Tivoli

Vzorec	Način odvzema	Vremenske razmere pred vzorčenjem (10 dni)	Vremenske razmere v času vzorčenja	Vidne odplake
2012/9434	integrirano vzorčenje	po obdobju suhega vremena	suho, oblačno	vidne odplake naravnega izvora, kalna
2013/2795	integrirano vzorčenje	po daljšem obdobju dežja	suho, oblačno	vidne odplake naravnega izvora
2013/5079	integrirano vzorčenje	po nestanovitnem obdobju	mokro, sončno	vidne odplake naravnega izvora, kalna
2013/7081	integrirano vzorčenje	po obdobju suhega vremena	dež - rahel	vidne odplake naravnega izvora, kalna - rahlo

Vzorec	Barva - senzorična analiza	Vonj	Mineralna olja - senzorična analiza	Okolica merskega mesta - potencialni vir onesnaženja
2012/9434	zeleno-rjava	brez vonja	vidni film na vodni površini, značilnega vonja ni	bar - slaščičarna Tivoli
2013/2795	zeleno-rjava	po zatohlenj vonj po	brez vidnega filma na vodni površini in brez značilnega vonja	napeljave odpadne ali meteorne vode
2013/5079	zeleno-rjava	gnilobi - rahel vonj po	brez vidnega filma na vodni površini in brez značilnega vonja	napeljave odpadne ali meteorne vode
2013/7081	rjava - zelena	gnilobi - rahel	brez vidnega filma na vodni površini in brez značilnega vonja	napeljave odpadne ali meteorne vode

Preglednica 13: Rezultati fizikalno-kemijskih analiz za ribnik Tivoli

Vzorec enota	Prosojnost (Secchijeva globina) m	Temperatura vode °C	Kisik raztopljeni - elektro metrično mg/L O ₂	Kisik nasičenost - elektro metrično %	Elektro prevodnost (25°C) µS/cm	pH	m-alkaliteteta mekv/L
2012/9434	0,54	12,6	1,6	15	409	7,38	4,1
2013/2795	0,91	5,6	12,2	101	330	7,89	3,2
2013/5079	0,78	18,8	3,6	39	363	7,3	3,6
2013/7081	0,5	21,3	1,3	20	433	7,27	4,4

Vzorec enota	Amonij mg/L NH ₄	Nitrati mg/L NO ₃	Nitriti mg/L NO ₂	Skupni dušik mg/L N	Cel.org. ogljik mg/L C	Fosfor celotni mg/L PO ₄	Fosfor ortofosfatni mg/L PO ₄	Silikati mg/L SiO ₂
2012/9434	0,112	1,4	0,06	0,84	3,53	0,31	0,006	9
2013/2795	0,035	3,32	<0,01	0,83	2,11	0,042	0,009	4,8
2013/5079	0,059	0,78	0,01	0,36	3,21	0,077	0,009	4
2013/7081	0,086	0,077	0,028	0,67	6,97	0,21	0,15	7,8

4.1.2 Ribnik Tivoli - pritok ob čolnarni

V preglednici 14 so navedeni vsi podatki o vzorčenju (način odvzema, vremenske razmere, vsi senzorični podatki o vzorcu). Rezultati terenskih in fizikalno-kemijskih analiz so podani v preglednici 15.

Preglednica 14: Podatki o vzorčenju za ribnik Tivoli - pritok ob čolnarni

Vzorec	Način odvzema	Vremenske razmere pred vzorčenjem (10 dni)	Vremenske razmere v času vzorčenja	Vidne odplake
2012/9433	10 cm pod površino iztok iz cevi - 2,5 cm pod površino	po obdobju suhega vremena	suho, oblačno	brez vidnih odplak
2013/2794	iztok iz cevi	po daljšem obdobju dežja	suho, oblačno	brez vidnih odplak
2013/5080	iztok iz cevi	po nestanovitnem obdobju	mokro, oblačno	brez vidnih odplak
2013/7083	integrirano vzorčenje	po obdobju suhega vremena	dež - rahel	brez vidnih odplak

Vzorec	Barva - senzorična analiza	Vonj	Mineralna olja - senzorična analiza	Okolica merskega mesta - potencialni vir onesnaženja
2012/9433	brez	brez vonja	brez vidnega filma na vodni površini in brez značilnega vonja	
2013/2794	rjava	brez vonja po fekalijah - rahel	brez vidnega filma na vodni površini in brez značilnega vonja	napeljave odpadne ali meteorne vode
2013/5080	rjava	brez vonja po fekalijah MOČAN	brez vidnega filma na vodni površini in brez značilnega vonja	napeljave odpadne ali meteorne vode
2013/7083	rjava	brez vonja	brez vidnega filma na vodni površini in brez značilnega vonja	napeljave odpadne ali meteorne vode

Preglednica 15: Rezultati fizikalno-kemijskih analiz za ribnik Tivoli - pritok ob čolnarni

Vzorec	Prosojnost (Secchijeva globina) m	Temperatura vode °C	Kisik	Kisik	Elektro prevodnost (25°C) µS/cm	pH	m- alkaliteta mekv/L
			raztopljeni - elektro metrično mg/L O ₂	nasičenost - elektro metrično %			
2012/9433	d 0,14	10,8	8	75	490	8,47	4,3
2013/2794	d 0,05	5,6	11,8	97	358	7,71	3,4
2013/5080	d 0,02	12,6	10	98	432	7,64	4,3
2013/7083	d 0,01	14,4	10,1	103	465	8,21	4,3

Vzorec	Amonij	Nitrati	Nitriti	Skupni	Cel.org.	Fosfor	Fosfor	Silikati
	mg/L NH ₄	mg/L NO ₃	mg/L NO ₂	dušik mg/L N	ogljik mg/L C	celotni mg/L PO ₄	ortofosfatni mg/L PO ₄	mg/L SiO ₂
2012/9433	0,004	11,4	<0.01	2,5	0,56	0,024	0,004	4,6
2013/2794	0,029	3,95	<0.03	0,89	1,42	0,029	0,016	5,4
2013/5080	0,063	4,88	<0.02	1,1	1,59	0,029	0,022	7,8
2013/7083	0,01	12,4	0,007	2,5	0,66	<0.01	0,061	4,9

4.1.3 Koseški bajer

V preglednici 16 so navedeni vsi podatki o vzorčenju (način odvzema, vremenske razmere, vsi senzorični podatki o vzorcu). Rezultati terenskih in fizikalno-kemijskih analiz so podani v preglednici 17.

Preglednica 16: Podatki o vzorčenju za Koseški bajer

Vzorec	Način odvzema	Vremenske razmere		Vidne odplake
		pred vzorčenjem (10 dni)	vremenske razmere v času vzorčenja	
2012/9436	integrirano vzorčenje	po obdobju suhega vremena	suho, oblačno	vidne odplake naravnega izvora
2013/2793	integrirano vzorčenje	po daljšem obdobju dežja	suho, oblačno	brez vidnih odplak
2013/5077	integrirano vzorčenje	po nestanovitnem obdobju	mokro, oblačno	kalna - rahlo
2013/7080	integrirano vzorčenje	po obdobju suhega vremena	dež - rahel	kalna - rahlo

Vzorec	Barva - senzorična analiza	Vonj	Mineralna olja - senzorična analiza	Okolica merskega mesta - potencialni vir onesnaženja
	2012/9436		zeleno-rjava	brez vonja
2013/2793	zeleno-rjava	brez vonja	brez vidnega filma na vodni površini in brez značilnega vonja	napeljave odpadne ali meteorne vode
2013/5077	zeleno-rjava	brez vonja	brez vidnega filma na vodni površini in brez značilnega vonja	napeljave odpadne ali meteorne vode
2013/7080	rjava - zelena	brez vonja	brez vidnega filma na vodni površini in brez značilnega vonja	napeljave odpadne ali meteorne vode

Preglednica 17: Rezultati fizikalno-kemijskih analiz za Koseški bajer

Vzorec	Prosojnost (Secchijeva globina) m	Temperatura vode °C	Kisik	Kisik	Elektro prevodnost (25°C) µS/cm	pH	m- alkaliteta mekv/L
			raztopljeni - elektro metrično mg/L O ₂	nasičenost - elektro metrično %			
2012/9436	0,6	13,8	6,6	67	220	7,85	1,9
2013/2793	1,18	5,2	12,1	99	154	7,63	0,95
2013/5077	0,67	20,7	9,01	104	175	7,9	1,4
2013/7080	0,37	23,6	7,9	87	234	7,95	2

Vzorec	Amonij	Nitrati	Nitriti	Skupni	Cel.org.	Fosfor	Fosfor	Silikati
	mg/L NH ₄	mg/L NO ₃	mg/L NO ₂	dušik mg/L N	ogljik mg/L C	celotni mg/L PO ₄	ortofosfatni mg/L PO ₄	mg/L SiO ₂
2012/9436	0,094	1,78	0,024	0,8	4,2	0,3	0,017	7,2
2013/2793	0,022	2,81	<0.01	0,72	2,14	0,035	0,006	5,1
2013/5077	0,017	0,032	<0.01	0,27	2,94	0,13	0,017	4
2013/7080	0,029	0,052	0,038	0,54	3,95	0,26	0,061	8

4.1.4 Koseški bajer - prtok Mostnica

V preglednici 18 so navedeni vsi podatki o vzorčenju (način odvzema, vremenske razmere, vsi senzorični podatki o vzorcu). Rezultati terenskih in fizikalno-kemijskih analiz so podani v preglednici 19.

Preglednica 18: Podatki o vzorčenju za Koseški bajer - prtok Mostnica

Vzorec	Način odvzema	Vremenske razmere pred vzorčenjem (10 dni)	Vremenske razmere v času vzorčenja	Vidne odplake
2012/9435	10 cm pod površino	po obdobju suhega vremena	suho, sončno	vidne odplake naravnega izvora
2013/2792	iztok iz cevi 10cm pod površino	po daljšem obdobju dežja	suho, oblačno	brez vidnih odplak
2013/5075	iztok iz cevi	po nestanovitnem obdobju	dež - rahel	brez vidnih odplak
2013/7826	iztok iz cevi 10cm pod površino	po nestanovitnem obdobju	suho, oblačno	vidne odplake naravnega izvora

Vzorec	Barva-senzorična analiza	Vonj	Mineralna olja - senzorična analiza	Okolica merskega mesta - potencialni vir onesnaženja
2012/9435	rjava	vonj po fekalijah - rahel	brez vidnega filma na vodni površini in brez značilnega vonja	meteorna voda cestišča
2013/2792	rjava	brez vonja	brez vidnega filma na vodni površini in brez značilnega vonja	napeljave odpadne ali meteorne vode
2013/5075	rjava	brez vonja	brez vidnega filma na vodni površini in brez značilnega vonja	napeljave odpadne ali meteorne vode
2013/7826	rjava	brez vonja	brez vidnega filma na vodni površini in brez značilnega vonja	napeljave odpadne ali meteorne vode

Preglednica 19: Rezultati fizikalno-kemijskih analiz za Koseški bajer - pritok Mostnica

Vzorec	Prosojnost (Secchijeva globina) m	Temperatura vode °C	Kisik raztopljeni - elektro metrično mg/L O ₂	Kisik nasičenost - elektro metrično %	Elektro prevodnost (25°C) µS/cm	pH	m-alkalitet mekv/L
2012/9435	d 0,17	10,7	8,3	78	173	7,69	1,5
2013/2792	d 0,15	4,4	12	97	216	7,43	0,62
2013/5075	d 0,15	13	9,3	92	132	7,5	1,1
2013/7826	d 0,17	13,9	8,1	81	200	7,44	1,4

Vzorec	Amonij mg/L NH ₄	Nitrati mg/L NO ₃	Nitriti mg/L NO ₂	Skupni dušik mg/L N	Cel.org. ogljik mg/L C	Fosfor celotni mg/L PO ₄	Fosfor ortofosfatni mg/L PO ₄	Silikati mg/L SiO ₂
2012/9435	0,028	1,25	<0.01	0,33	3,14	0,033	0,005	8,4
2013/2792	0,025	2,47	<0.01	0,56	1,7	0,023	0,011	5,3
2013/5075	0,043	1,07	0,018	0,28	2,96	0,056	0,033	8,1
2013/7826	0,041	5,56	0,024	1,5	6,86	0,042	0,018	7,9

4.2 FITOPLANKTON

Rezultati osnovnih analiz (preglednici 20 in 21) zajemajo opis vzorčenja, vrste vzorcev in vrednosti klorofila.

Preglednica 20: Osnovne analize fitoplanktonskih vzorcev v Koseškem bajerju 2012/13. Razlaga kratic: F = vzorec fiksiran s formalinom. Simbol * se nanaša na specifični vzorčeni vode za določanje mikrocistinov dne 10. in 20.8.2013. Prikazana je povprečna vrednost obeh meritev.

Vzorčno mesto	Datum vzorčenja	Globina zajema vzorca (m)	Secchijeva globina (m)	Kvantitativni vzorec (globinsko integriran)	Kvalitativni vzorec	Za chl prefiltrirali (globinsko integriran vzorec)	Vrednost klorofila <i>a</i> (µg/L)
sredina ribnika (globina 3,1 m)	25.10.2012	0 - 3	0,60	500 ml F	100 ml F in sveže	300 ml	8,9
sredina ribnika (globina 3 m)	4.4.2013	0 - 3	1,18	500 ml F	100 ml F in sveže	500 ml	5,9
sredina ribnika (globina 3 m)	11.6.2013	0 - 3	0,67	500 ml F	100 ml F in sveže	500 ml	7,7
sredina ribnika (globina 3 m)	20.8.2013	0 - 3	0,38	500 ml F	100 ml F in sveže, (*1,5 l gošče)	500 ml, (*100 ml gošče)	50,94 (*1507,5)

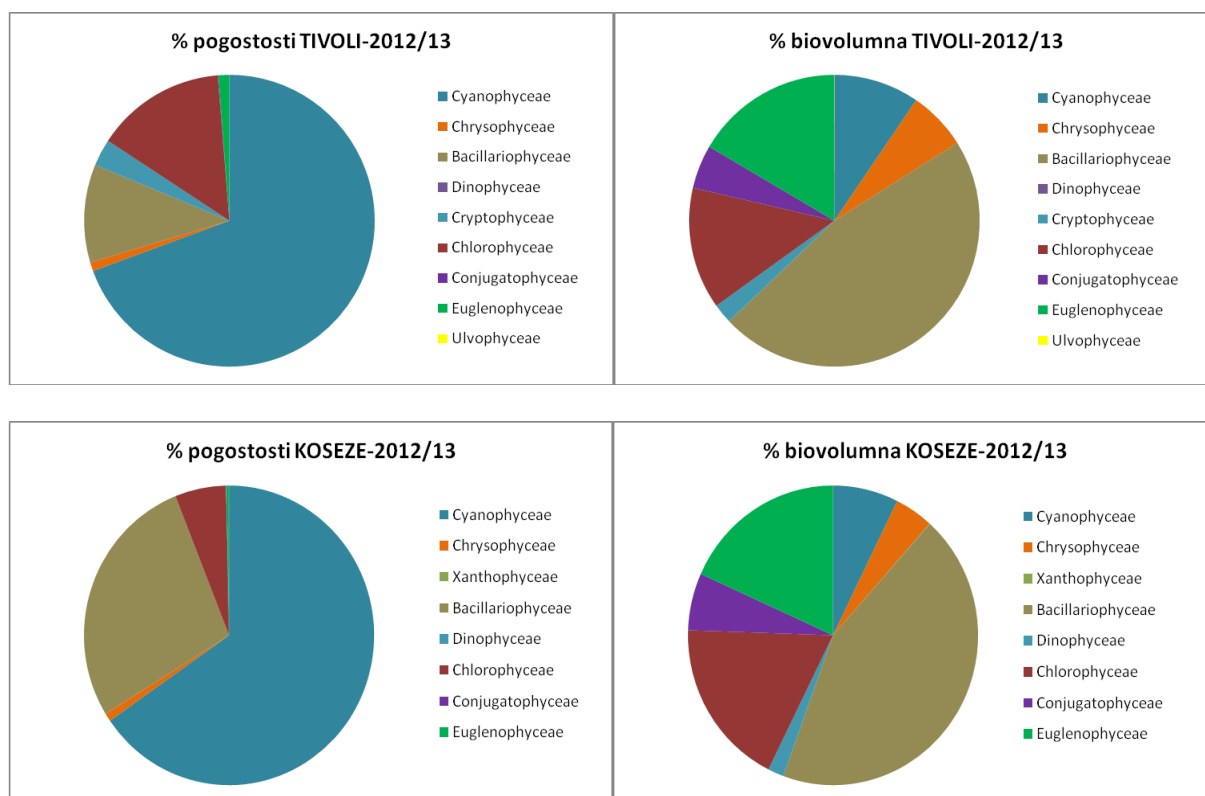
Preglednica 21: Osnovne analize fitoplanktonskih vzorcev v ribniku Tivoli 2012/13. Razlaga kratic: F = vzorec fiksiran s formalinom. Simbol * se nanaša na specifično vzorčenje vode za določanje mikrocistinov dne 20.8.2013.

Vzorčno mesto	Datum vzorčenja	Globina zajema vzorca (m)	Secchijeva globina (m)	Kvantitativni vzorec (globinsko integriran)	Kvalitativni vzorec	Za chl prefiltrirali (globinsko integriran vzorec)	Vrednost klorofila <i>a</i> (µg/L)
sredina ribnika (globina 1,7 m)	25.10.2012	0 - 1,5	0,54	500 ml F	100 ml F in sveže	300 ml	8,9
sredina ribnika (globina 1,5 m)	4.4.2013	0 - 1,5	0,91	500 ml F	100 ml F in sveže	500 ml	4,8
sredina ribnika (globina 1,7 m)	11.6.2013	0 - 1,5	0,78	500 ml F	100 ml F in sveže	500 ml	4,2
sredina ribnika (globina 1,5 m)	20.8.2013	0 - 1,5	0,5	500 ml F	100 ml F in sveže, (*1,5 l gošče)	450 ml, (*100 ml gošče)	26,3 (*65,2)

4.2.1 Vrsta sestava in biovolumen fitoplanktona

Fitoplanktonska združba, ki smo jo zasledovali v enoletnem obdobju 2012/13, je v ribniku Tivoli drugačna kot v Koseškem bajerju. V ribniku Tivoli je bilo opaziti **nizko biodiverzitet** v primerjavi s Koseškim bajerjem (preglednici 22 in 23).

Povprečna pogostost in biovolumen razredov (slika 11), vrstna sestava in relativna pogostost (preglednici 22 in 23) ter povprečni biovolumen fitoplanktona (preglednica 24), ki omogoča izračun Brettum indeksa, ki je obvezna metrika za vrednotenje ekološkega - trofičnega stanja jezer.



Slika 11: Povprečna pogostost v % (levo) in biovolumen v % (desno) najpomembnejših razredov fitoplanktona v ribniku Tivoli (zgoraj) in Koseškem bajerju (spodaj) v enoletnem obdobju 2012/13.

Preglednica 22: Vrsta sestava in relativna pogostost fitoplanktona v ribniku Tivoli v enoletnem obdobju 2012/13. Vrste, ki so se pojavljale masovno (= 5), so označene s sivo barvo.

Vrsta	Družina	Rod	Računalniško določena relativna pogostost				
			30.8. 2012	25.10. 2012	4.4. 2013	11.6. 2013	20.8. 2013
<i>Achnanthes minutissima</i>	Bacillariophyceae	Pennales	1	1	1	1	3
<i>Aphanocapsa</i> sp.	Cyanophyceae	Chroococcales	5	1	1	5	5
<i>Aphanothece</i> sp.	Cyanophyceae	Chroococcales	5	1	1	5	5
<i>Asterionella formosa</i>	Bacillariophyceae	Pennales	1	1	2	1	1
<i>Aulacoseira granulata</i>	Bacillariophyceae	Centrales	5	1	1	3	4
<i>Centrtractus belenophorus</i>	Xanthophyceae	Mischococcales	5	1	1	1	2
<i>Coelastrum astroideum</i>	Chlorophyceae	Chlorococcales	1	1	1	3	1
<i>Coelastrum microporum</i>	Chlorophyceae	Chlorococcales	5	1	1	3	1
<i>Cryptomonas</i> sp.	Cryptophyceae	Cryptomonadales	1	1	5	1	3
<i>Cyclotella</i> sp.	Bacillariophyceae	Centrales	1	1	1	1	3
<i>Cymbella lanceolata</i>	Bacillariophyceae	Pennales	1	2	1	1	1
<i>Cymbella</i> sp.	Bacillariophyceae	Pennales	1	1	1	3	1
<i>Diatoma vulgare</i>	Bacillariophyceae	Pennales	1	2	1	1	1
<i>Dictyosphaerium ehrenbergianum</i>	Chlorophyceae	Chlorococcales	1	1	1	1	3
<i>Dinobryon divergens</i>	Chrysophyceae	Ochromonadales	1	1	1	4	1
<i>Euastrum</i> sp.	Conjugatophyceae	Desmidiiales	1	1	1	1	2
<i>Euglena acus</i>	Euglenophyceae	Euglenales	1	1	1	3	2
<i>Euglena oblonga</i>	Euglenophyceae	Euglenales	5	2	1	1	2
<i>Euglena oxyuris</i>	Euglenophyceae	Euglenales	1	2	2	3	2
<i>Fragilaria</i> sp.	Bacillariophyceae	Pennales	5	1	1	3	2
<i>Fragilaria ulna</i>	Bacillariophyceae	Pennales	1	3	2	4	1
<i>Fragilaria ulna v. acus</i>	Bacillariophyceae	Pennales	5	1	1	4	1
<i>Golenkinia radiata</i>	Chlorophyceae	Chlorococcales	5	1	1	1	2
<i>Gyrosigma attenuatum</i>	Bacillariophyceae	Pennales	1	4	2	3	1
<i>Meridion circulare</i>	Bacillariophyceae	Pennales	1	1	3	4	1
<i>Microcystis aeruginosa</i>	Cyanophyceae	Chroococcales	5	1	1	1	1
<i>Microcystis viridis</i>	Cyanophyceae	Chroococcales	5	1	1	1	1
<i>Microcystis wesenbergii</i>	Cyanophyceae	Chroococcales	5	1	1	1	1
<i>Monoraphidium</i> sp.	Chlorophyceae	Chlorococcales	1	1	1	1	2
<i>Navicula</i> sp.	Bacillariophyceae	Pennales	5	4	5	5	2
<i>Navicula tripunctata</i>	Bacillariophyceae	Pennales	1	3	1	1	1
<i>Nitzschia acicularis</i>	Bacillariophyceae	Pennales	5	1	3	4	1
<i>Nitzschia</i> sp.	Bacillariophyceae	Pennales	1	1	4	1	2
<i>Oocystis borgei</i>	Chlorophyceae	Chlorococcales	5	1	1	1	1
<i>Oocystis lacustris</i>	Chlorophyceae	Chlorococcales	1	1	1	1	2
<i>Oocystis marssonii</i>	Chlorophyceae	Chlorococcales	1	1	1	1	5
<i>Pandorina morum</i>	Chlorophyceae	Volvocales	1	1	1	3	2
<i>Pediastrum duplex</i>	Chlorophyceae	Chlorococcales	5	3	1	3	1
<i>Pediastrum duplex var. gracillum</i>	Chlorophyceae	Chlorococcales	1	1	1	3	1
<i>Pediastrum tetras</i>	Chlorophyceae	Chlorococcales	1	1	1	3	1
<i>Peridinium aciculiferum</i>	Dinophyceae	Peridinales	5	1	1	3	2

<i>Peronia</i> sp.	Bacillariophyceae	Pennales	1	1	3	1	1
<i>Phacotus lenticularis</i>	Chlorophyceae	Volvocales	1	2	1	1	1
<i>Phacus curvicauda</i>	Euglenophyceae	Euglenales	1	3	1	1	3
<i>Phacus longicauda</i>	Euglenophyceae	Euglenales	1	1	1	3	3
<i>Phormidium</i> sp.	Cyanophyceae	Oscillatoriales	1	4	1	1	1
<i>Phormidium atumnale</i>	Cyanophyceae	Oscillatoriales	1	5	5	1	1
<i>Planctonema lauterbornii</i>	Chlorophyceae	Ulotrichales	5	1	1	1	3
<i>Planktolyngbya limnetica</i>	Cyanophyceae	Oscillatoriales	1	5	1	3	4
* <i>Planktothrix agardhii</i>	Cyanophyceae	Oscillatoriales	5	1	1	1	1
<i>Pseudanabaena catenata</i>	Cyanophyceae	Oscillatoriales	1	1	1	1	4
<i>Pseudokephyrion klarnetii</i>	Chrysophyceae	Chromulinales	1	1	1	1	4
<i>Pseudokirchneriella subcapitata</i>	Chlorophyceae	Chlorococcales	1	1	1	1	5
<i>Scenedesmus acutus</i>	Chlorophyceae	Chlorococcales	1	1	1	3	2
<i>Scenedesmus obtusus</i>	Chlorophyceae	Chlorococcales	1	1	1	3	3
<i>Scenedesmus opoliensis</i>	Chlorophyceae	Chlorococcales	1	1	1	1	3
<i>Scenedesmus pannonicus</i>	Chlorophyceae	Chlorococcales	1	1	1	3	2
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	Chlorophyceae	Chlorococcales	5	1	1	5	4
<i>Snowella lacustris</i>	Cyanophyceae	Chroococcales	1	1	1	1	4
<i>Sphaerocystis schroeteri</i>	Chlorophyceae	Chlorococcales	1	1	1	3	3
<i>Spirulina</i> sp.	Cyanophyceae	Oscillatoriales	1	3	1	3	1
<i>Staurastrum planktonicum</i>	Conjugatophyceae	Desmidiales	1	1	1	4	2
<i>Tabellaria</i> sp.	Bacillariophyceae	Pennales	1	1	1	3	1
<i>Tetraedron minimum</i>	Chlorophyceae	Chlorococcales	1	1	1	1	3
<i>Tetrastrum glabrum</i>	Chlorophyceae	Chlorococcales	1	1	1	1	4
<i>Trachelomonas</i> sp.	Euglenophyceae	Euglenales	5	1	1	1	4

Preglednica 23: Vrsta sestava in relativna pogostost fitoplanktona v Koseškem bajerju v enoletnem obdobju 2012/13. Vrste, ki so se pojavljale masovno (= 5), so označene s sivo barvo. Simbol * pred vrstnim imenom in rdeča barva označuje potencialno toksične vrste.

Vrsta	Družina	Rod	Računalniško določena relativna pogostost				
			30.8. 2012	25.10. 2012	4.4. 2013	11.6. 2013	20.8. 2013
* <i>Anabaena flos-aquae</i>	Cyanophyceae	Nostocales	5	1	1	1	1
<i>Ankistrodesmus fusiformis</i>	Chlorophyceae	Chlorococcales	1	1	1	3	3
* <i>Aphanizomenon issatschenkoi</i>	Cyanophyceae	Nostocales	1	1	1	1	2
<i>Aphanocapsa</i> sp.	Cyanophyceae	Chroococcales	5	5	1	5	5
<i>Aphanothece</i> sp.	Cyanophyceae	Chroococcales	5	5	1	5	2
<i>Asterionella formosa</i>	Bacillariophyceae	Pennales	1	1	5	5	3
<i>Aulacoseira granulata</i>	Bacillariophyceae	Centrales	5	5	5	3	5
<i>Botryococcus braunii</i>	Chlorophyceae	Chlorococcales	5	1	1	1	1
<i>Centritractus belenophorus</i>	Xanthophyceae	Mischococcales	1	1	1	1	3
<i>Ceratium hirundinella</i>	Dinophyceae	Peridinales	5	1	1	3	2
<i>Closterium limneticum</i>	Conjugatophyceae	Desmidiales	5	2	1	1	1
<i>Coelastrum astroideum</i>	Chlorophyceae	Chlorococcales	1	3	1	1	1
<i>Coelastrum microporum</i>	Chlorophyceae	Chlorococcales	5	2	1	3	1

<i>Coenococcus planctonicus</i>	Chlorophyceae	Chlorococcales	1	1	1	4	2
<i>Crucigenia fenestrata</i>	Chlorophyceae	Chlorococcales	1	3	1	3	1
<i>Crucigenia tetrapedia</i>	Chlorophyceae	Chlorococcales	1	5	1	1	1
<i>Cyclotella</i> sp.	Bacillariophyceae	Centrales	1	3	1	5	4
<i>Cymatopleura solea</i>	Bacillariophyceae	Pennales	1	1	3	1	2
<i>Cymbella</i> sp.	Bacillariophyceae	Pennales	1	1	3	1	1
<i>Diatoma</i> sp.	Bacillariophyceae	Pennales	1	1	1	1	3
<i>Dictyosphaerium ehrenbergianum</i>	Chlorophyceae	Chlorococcales	1	1	1	1	3
<i>Didymogenes anomale</i>	Chlorophyceae	Chlorococcales	1	1	1	1	2
<i>Dinobryon bavaricum</i>	Chrysophyceae	Ochromonadales	1	3	4	4	1
<i>Dinobryon divergens</i>	Chrysophyceae	Ochromonadales	1	1	3	4	1
<i>Euastrum</i> sp.	Conjugatophyceae	Desmidiiales	1	1	1	1	3
<i>Euglena acus</i>	Euglenophyceae	Euglenales	1	1	1	1	3
<i>Euglena oblonga</i>	Euglenophyceae	Euglenales	5	2	3	3	3
<i>Euglena oxyuris</i>	Euglenophyceae	Euglenales	1	2	1	3	2
<i>Eutetramorus planktonicus</i>	Chlorophyceae	Chlorococcales	1	2	1	1	2
<i>Fragilaria ulna</i>	Bacillariophyceae	Pennales	5	2	1	3	4
<i>Franceia ovalis</i>	Chlorophyceae	Chlorococcales	1	1	1	3	1
<i>Franceia tenuispina</i>	Chlorophyceae	Chlorococcales	1	1	1	3	1
<i>Golenkinia radiata</i>	Chlorophyceae	Chlorococcales	1	1	1	1	3
<i>Kirchneriella lunaris</i>	Chlorophyceae	Chlorococcales	1	3	1	1	1
<i>Koliella longiseta</i>	Chlorophyceae	Chlorococcales	1	1	3	3	3
<i>Koliella planktonica</i>	Chlorophyceae	Chlorococcales	1	2	1	1	1
* <i>Limnothrix redekei</i>	Cyanophyceae	Oscillatoriales	5	5	1	3	5
<i>Mallomonas coronifera</i>	Chrysophyceae	Ochromonadales	1	1	1	3	1
<i>Melosira varians</i>	Bacillariophyceae	Centrales	1	4	1	4	1
<i>Merismopedia tenuissima</i>	Cyanophyceae	Chroococcales	5	1	1	1	1
* <i>Microcystis aeruginosa</i>	Cyanophyceae	Chroococcales	5	1	1	1	1
* <i>Microcystis viridis</i>	Cyanophyceae	Chroococcales	5	1	1	1	1
* <i>Microcystis wesenbergii</i>	Cyanophyceae	Chroococcales	5	1	1	1	1
<i>Monomorpha pyrum</i>	Euglenophyceae	Euglenales	1	2	1	1	1
<i>Monoraphidium arcuatum</i>	Chlorophyceae	Chlorococcales	1	2	1	3	1
<i>Monoraphidium contortum</i>	Chlorophyceae	Chlorococcales	1	4	2	3	1
<i>Monoraphidium griffithii</i>	Chlorophyceae	Chlorococcales	1	2	1	3	1
<i>Monoraphidium minutum</i>	Chlorophyceae	Chlorococcales	1	2	1	1	1
<i>Navicula</i> sp.	Bacillariophyceae	Pennales	1	2	3	3	3
<i>Nitzschia acicularis</i>	Bacillariophyceae	Pennales	1	2	3	3	3
<i>Nitzschia</i> sp.	Bacillariophyceae	Pennales	1	3	3	1	3
<i>Oocystis lacustris</i>	Chlorophyceae	Chlorococcales	5	2	1	1	1
<i>Oocystis marssonii</i>	Chlorophyceae	Chlorococcales	1	1	1	1	2
<i>Pandorina morum</i>	Chlorophyceae	Volvocales	1	1	1	3	2
<i>Pediastrum duplex</i>	Chlorophyceae	Chlorococcales	5	2	1	3	3
<i>Pediastrum duplex</i> var. <i>gracillum</i>	Chlorophyceae	Chlorococcales	1	1	1	3	2
<i>Pediastrum simplex</i>	Chlorophyceae	Chlorococcales	5	4	1	4	4
<i>Pediastrum tetras</i>	Chlorophyceae	Chlorococcales	5	4	1	4	4
<i>Peridinium aciculiferum</i>	Dinophyceae	Peridinales	5	1	1	3	3

<i>Phacotus lenticularis</i>	Chlorophyceae	Volvocales	1	1	1	3	2
<i>Phacus longicauda</i>	Euglenophyceae	Euglenales	1	1	1	3	3
<i>Planktolyngbya limnetica</i>	Cyanophyceae	Oscillatoriales	1	3	1	5	5
* <i>Planktothrix agardhii</i>	Cyanophyceae	Oscillatoriales	5	1	1	1	1
<i>Pseudokirchneriella subcapitata</i>	Chlorophyceae	Chlorococcales	1	3	1	1	1
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	Chlorophyceae	Chlorococcales	1	1	1	1	4
<i>Scenedesmus acutus</i>	Chlorophyceae	Chlorococcales	1	4	1	1	1
<i>Scenedesmus bicaudatus</i>	Chlorophyceae	Chlorococcales	5	3	1	1	1
<i>Scenedesmus denticulatus</i>	Chlorophyceae	Chlorococcales	1	4	1	1	3
<i>Scenedesmus disciformis</i>	Chlorophyceae	Chlorococcales	1	1	1	1	4
<i>Scenedesmus obtusus</i>	Chlorophyceae	Chlorococcales	1	4	1	1	3
<i>Scenedesmus opoliensis</i>	Chlorophyceae	Chlorococcales	1	1	1	4	4
<i>Scenedesmus pannonicus</i>	Chlorophyceae	Chlorococcales	1	4	1	1	2
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	Chlorophyceae	Chlorococcales	5	4	5	4	5
<i>Scenedesmus</i> sp.	Chlorophyceae	Chlorococcales	1	1	2	1	1
<i>Snowella atomus</i>	Cyanophyceae	Chroococcales	1	1	1	1	4
<i>Snowella lacustris</i>	Cyanophyceae	Chroococcales	1	1	1	1	4
<i>Sphaerocystis schroeteri</i>	Chlorophyceae	Chlorococcales	1	2	1	3	4
<i>Staurastrum planktonicum</i>	Conjugatophyceae	Desmidiales	5	1	1	3	3
<i>Tabellaria</i> sp.	Bacillariophyceae	Pennales	1	2	1	1	1
<i>Tetraedron caudatum</i>	Chlorophyceae	Chlorococcales	1	1	1	1	3
<i>Tetraedron incus</i>	Chlorophyceae	Chlorococcales	1	1	1	1	2
<i>Tetraedron minimum</i>	Chlorophyceae	Chlorococcales	1	3	1	1	4
<i>Tetraedron regulare</i>	Chlorophyceae	Chlorococcales	1	1	1	3	3
<i>Tetraedron triangulare</i>	Chlorophyceae	Chlorococcales	1	1	1	1	3
<i>Tetrastrum elegans</i>	Chlorophyceae	Chlorococcales	1	3	1	1	3
<i>Tetrastrum komarekii</i>	Chlorophyceae	Chlorococcales	1	1	1	1	5
<i>Trachelomonas hispida</i>	Euglenophyceae	Euglenales	1	1	1	3	2
<i>Trachelomonas</i> sp.	Euglenophyceae	Euglenales	1	1	1	1	4

Preglednica 24: Povprečni biovolumen (mm³/L) fitoplanktona v ribniku Tivoli in Koseškem bajerju v enoletnem obdobju 2012/13.

	25.10.2012	4.4.2013	11.6.2013	20.8.2013	Povprečni biovolumen
Ribnik Tivoli	0,42	0,46	0,36	0,97	0,55
Koseški bajer	0,56	0,34	0,81	0,99	0,68

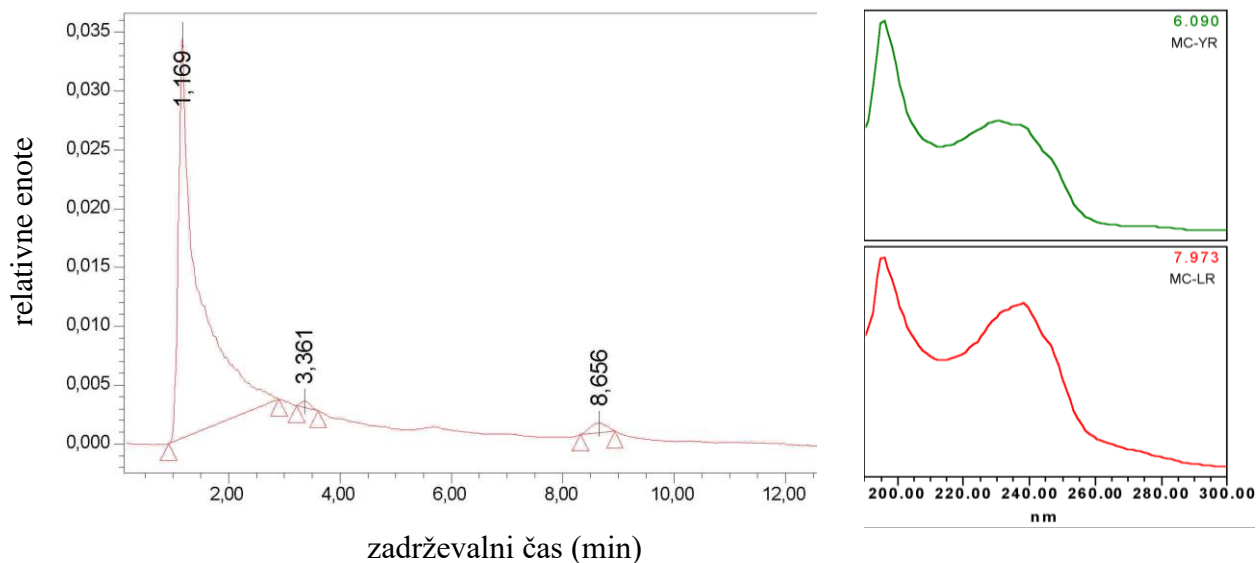
4.2.2 Analiza toksičnih vrst fitoplanktona in njihovih toksinov

Čeprav je potencialno toksičnih vrst cianobakterij na ozemlju Slovenije več kot 10, se jih le nekaj pojavlja masovno. Ob poletnem terenskem pregledu smo ugotovili **kar nekaj masovno pojavljajočih se potencialno toksičnih cianobakterijskih vrst** (preglednica 23, simbol *), čeprav ob vremenskih razmerah vzorčenja **cvet ni bil izrazit** (oz. ni bil izrazito viden na

površini vodnega telesa). Ocena koncentracije toksinov iz cianobakterij je lahko podcenjena, saj so se v primernih razmerah cianobakterije sposobne v zelo kratkem času (čez noč) skoncentrirati več kot 1000-krat (Reynolds, 1998). Ob obali, proti kateri pihajo vetrovi, se celice še dodatno zgoščujejo in tako oblikujejo cianobakterijske gošče (Chorus in Bartram, 1999). V takih goščah je tudi koncentracija toksinov veliko višja.

V ribniku Tivoli se je poleti 2012 masovno pojavila potencialno toksična vrsta *Planktothrix agardhii*, medtem ko so se v Koseškem bajerju poleti 2012 masovno pojavile tudi druge potencialno toksične vrste *Anabaena flos-aquae*, *Microcystis aeruginosa*, *Microcystis viridis*, *Microcystis wesenbergii* in *Planktothrix agardhii*. V Koseškem bajerju je bila prisotna tudi potencialno toksična vrsta *Aphanizomenon issatschenkoi*, ki pa se ni pojavljala masovno. Masovno se je tam poleti 2012 in 2013 pojavljala vrsta *Limnothrix redekei*. Rezultati kažejo, da ni mogoče predvideti, katere toksične vrste bomo zasledili v določenem jezeru. To pripisujemo tudi zelo raznolikim hidrokemijskim razmeram, npr. dolga zima v letu 2013. Stanje v Koseškem bajerju z visokimi vsebnostmi potencialno toksičnih vrst nakazuje na to, da je **za realno oceno stanja potreben večletni monitoring, ki se v poletnih mesecih izvaja vsaj 1x mesečno.**

Na NIB smo v okviru te projektne naloge poleti 2013 izvedli izolacijo, čiščenje in analizo cianobakterijskih toksinov (mikrocistinov) s tekočinsko kromatografijo visoke ločljivosti (HPLC). V ribniku **Tivoli** so se potencialno toksične vrste pojavljale v majhnem obsegu, zato je bilo pričakovati, da tudi cianobakterijskih toksinov - mikrocistinov nismo zaznali. Ugotovili pa smo, da vzorec iz **Koseškega bajerja** z dne 10. in 20.8.2013 vsebuje mikrocistine in druge ciklične peptide v **povprečni koncentraciji 3,3 µg/g liofiliziranega cveta (suhe snovi) oz. 7,0 µg/l cianobakterijskega cveta.**



Slika 12: HPLC kromatogram (levo) in PDA spekter (desno) vzorca cveta cianobakterij iz Koseškega bajerja (vzorčenje 20.8.2013). Mikrocistinski vrh je najlepše viden pri valovni dolžini λ_{\max} 238 nm.

Naše raziskave so pokazale, da je pojavljanje **toksičnih cianobakterij v Koseškem bajerju** v takem obsegu, da so koncentracije toksinov, ki se sprostijo v vodo ob hitrem propadu cveta, lahko **nevarne za različne živali oz. človeka, saj bi njihova koncentracija močno preseгла priporočeno vrednost 1 $\mu\text{g/l}$ vode (WHO Guidelines)**. Predlagamo, da se v **primeru pojavljanja potencialno toksičnih cianobakterij izvaja izolacijo, čiščenje in analizo cianobakterijskih toksinov (mikrocistinov in drugih cikličnih peptidov) s HPLC**.

4.3 BENTOŠKI NEVRETEŃARJI

4.3.1 Splošni fizikalno-kemijski parametri

V preglednici 25 so zbrane vrednosti splošnih fizikalno-kemijskih parametrov, izmerjenih ob vzorčenju bentoških nevretenčarjev.

Preglednica 25. Vrednosti splošnih fizikalno-kemijskih parametrov

Vodno telo	Ribnik Tivoli	Ribnik Tivoli	Ribnik Tivoli	Koseški bajer	Koseški bajer	Koseški bajer
Vzorčno mesto	RTL1	RTL2	RTL3	KbL1	KbL2	KbL3
Datum	30.08.2012	30.08.2012	30.08.2012	30.08.2012	30.08.2012	30.08.2012
Ura	10:00	9:00	11:00	12:30	13:00	12:10
Gauss-Krueger Y	5461264	5461290	5461246	5459271	5459389	4559177
Gauss-Krueger X	5101036	5100942	5101006	5102615	5102725	5102757
Temperatura vode [°C]	21,1	21,1	21,3	24,4	24,3	24,0
Koncentracija O ₂ [mg/L]	3,4	2,8	4,0	6,7	5,8	4,5
Nasičenost z O ₂ [%]	20	32	46	79	70	54
pH	6,9	7,1	7,1	7,7	7,4	7,3
Prevodnost [μ S/cm]	437	443	439	250	250	350

4.3.2 Protokoli za opis vzorčnega mesta

Opis značilnosti vzorčnih mest v ribniku Tivoli in Koseškem bajerju je podan v prilogi D.

4.3.3 Bentoški nevretenčarji

Seznami vseh ugotovljenih taksonov in njihova številčnost na posameznih vzorčnih mestih so v preglednicah 26-31.

Preglednica 26. Seznam in številčnost taksonov bentoških nevretenčarjev, ugotovljenih v ribniku Tivoli na vzorčnem mestu RTL1

Družina	Takson	Šifra taksona	Številčnost/0.625m ²
Enchytraeidae	Enchytraeidae	1801001	1
Tubificidae	<i>Branchiura sowerbyi</i>	1807006	12
Tubificidae	Tubificidae-brez lasastih ščetin	1807021	2
Hydrachnidia	Hydrachnidia (Hydracarina)	2301001	1
Mesoveliidae	<i>Mesovelia furcata</i>	3006001	1
Chironomidae	Chironomini	3606011	10
Chironomidae	<i>Chironomus</i> sk. thummi	3606018	10
Chironomidae	<i>Chironomus</i> sp.	3606020	1
Chironomidae	Tanytarsini	3606085	2
Chironomidae	<i>Tanytarsus</i> sp.	3606086	9

Preglednica 27. Seznam in številčnost taksonov bentoških nevretenčarjev, ugotovljenih v ribniku Tivoli na vzorčnem mestu RTL 2

Družina	Takson	Šifra taksona	Številčnost/0.625m ²
Naididae	<i>Chaetogaster</i> sp.	1805011	1
Naididae	<i>Dero</i> sp.	1805016	3
Hydrachnidia	Hydrachnidia (Hydracarina)	2301001	4
Chironomidae	<i>Chironomus plumosus</i>	3606019	2
Culicidae	<i>Culex</i> sp.	3607011	1

Preglednica 28. Seznam in številčnost taksonov bentoških nevretenčarjev, ugotovljenih v ribniku Tivoli na vzorčnem mestu RTL 3

Družina	Takson	Šifra taksona	Številčnost/0.625m ²
Naididae	<i>Dero</i> sp.	1805016	3
Elmidae	<i>Elmis</i> sp.-larve	3404002	1
Elmidae	<i>Esolus</i> sp.	3404012	1
Chironomidae	Chironomini	3606011	2
Chironomidae	<i>Chironomus</i> sk. thummi	3606018	2
Chironomidae	<i>Chironomus plumosus</i>	3606019	7
Chironomidae	<i>Tanytarsus</i> sp.	3606086	3

Preglednica 29. Seznam in številčnost taksonov bentoških nevretenčarjev, ugotovljenih v Koseškem bajerju na vzorčnem mestu Kbl1

Družina	Takson	Šifra taksona	Številčnost/0.625m ²
Cristatellidae	<i>Cristatella muccedo</i>	1301001	1
Tubificidae	<i>Branchiura sowerbyi</i>	1807006	2
Hydrachnidia	Hydrachnidia (Hydracarina)	2301001	1
Ecnomidae	<i>Ecnomus tenellus</i>	3504001	9
Chironomidae	Chironomini	3606011	28
Chironomidae	Orthoclaadiinae	3606053	1
Chironomidae	Tanytarsini	3606085	11
Chironomidae	<i>Tanytarsus</i> sp.	3606086	9

Preglednica 30. Seznam in številčnost taksonov bentoških nevretenčarjev, ugotovljenih v Koseškem bajerju na vzorčnem mestu KbL2

Družina	Takson	Šifra taksona	Številčnost/0.625m²
Lumbriculidae	<i>Lumbriculus variegatus</i>	1804006	2
Tubificidae	<i>Branchiura sowerbyi</i>	1807006	2
Ancylidae	<i>Ancylus fluviatilis</i>	2101002	1
Sphaeriidae	<i>Pisidium</i> sp.	2202006	1
Hydrachnidia	Hydrachnidia (Hydracarina)	2301001	4
Caenidae	<i>Caenis horaria</i>	2703002	1
Coenagrionidae	Coenagrionidae-juv.	2903046	3
Libellulidae	<i>Libellula depressa</i>	2908015	3
Ecnomidae	<i>Ecnomus tenellus</i>	3504001	37
Chironomidae	Chironomini	3606011	37
Chironomidae	Orthoclaadiinae	3606053	5
Chironomidae	Tanytarsini	3606085	16

Preglednica 31. Seznam in številčnost taksonov bentoških nevretenčarjev, ugotovljenih v Koseškem bajerju na vzorčnem mestu KbL3

Družina	Takson	Šifra taksona	Številčnost/0.625m²
Lumbriculidae	<i>Lumbriculus variegatus</i>	1804006	3
Tubificidae	<i>Branchiura sowerbyi</i>	1807006	5
Hydrachnidia	Hydrachnidia (Hydracarina)	2301001	6
Baetidae	<i>Cloeon dipterum</i>	2702031	1
Libellulidae	<i>Libellula depressa</i>	2908015	2
Libellulidae	<i>Orthethrum cancellatum</i>	2908024	1
Ecnomidae	<i>Ecnomus tenellus</i>	3504001	28
Chironomidae	Chironomini	3606011	72
Chironomidae	Orthoclaadiinae	3606053	4
Chironomidae	Tanytarsini	3606085	25
Chironomidae	<i>Tanytarsus</i> sp.	3606086	18

4.4 FITOBENTOS

4.4.1. Osnovni fizikalno-kemijski parametri

Osnovni fizikalno-kemijski parametri (preglednica 32) kažejo na razlike v obeh vodnih telesih. Nekoliko boljše razmere so prisotne v Koseškem bajerju, nižje vrednosti prevodnosti in normalne kisikove razmere z nasičenostjo nekaj pod 100 %. V ribniku Tivoli so vrednosti prevodnosti spoznavno višje, kisikove razmere pa kažejo zelo neugodno stanje (koncentracije kisika pod 5 mg/l in nasičenost pod 60 %). Bistvene razlike med lokacijami na posameznih vodnih telesih niso bile opazne.

Preglednica 32: Osnovni fizikalno-kemijski parametri na vzorčnih mestih Koseškega bajerja in ribnika Tivoli v času vzorčevanja fitobentosa

Vodno telo	Ribnik Tivoli	Ribnik Tivoli	ribnik Tivoli	Koseški bajer	Koseški bajer	Koseški bajer
Vzorčno mesto	T 1	T 2	T 3	T 1	T 2	T 3
Gauss-Krueger Y	5461264	5461290	5461246	5459271	5459389	4559177
Gauss-Krueger X	5101036	5100942	5101006	5102615	5102725	5102757
Datum vzorčenja	30.08.2012	30.08.2012	30.08.2012	30.08.2012	30.08.2012	30.08.2012
Temperatura vode [°C]	23,0	22,0	22,0	25,0	24,4	24,8
Koncentracija O ₂ [mg/L]	4,5	4,5	4,7	7,7	7,9	7,9
Nasičenost z O ₂ [%]	54,0	53,0	56,0	95,8	98,0	95,5
pH	7,5	7,7	7,5	7,9	8,2	8,2
Prevodnost [μS/cm]	495	496	484	280	276	278

4.4.2. Diverziteta fitobentoških alg

Vrstna sestava in relativna abundanca prisotnih diatomej je podana v preglednici 33 za ribnik Tivoli in v preglednici 34 za Koseški bajer. V Koseškem bajerju je bilo prisotnih 58 vrst, od tega največ na lokaciji 2, na osončenem predelu brez visoke obrežne vegetacije. Tu je prisoten raznolik substrat (prodniki, makrofiti, glina). Na tej lokaciji smo zabeležili 44 vrst. 34 vrst je bilo prisotnih na lokaciji 3, kjer je prisotno zamuljeno dno z nekaj makrofiti, lokacija je delno zasenčena z drevesno vegetacijo. Najmanj vrst, 25, je bilo prisotnih na lokaciji 1. Predel je zasenčen z gozdno vegetacijo, gibljiv substrat predstavlja listje in mulj.

V ribniku Tivoli je bilo prisotnih 44 vrst. Število vrst na posameznih lokacijah je bilo podobno (med 29 in 26 vrst). Diverziteteta je v primerjavi s Koseškim bajerjem manjša. To je posledica enotnega neugodnega glinenega in zamuljenega substrata po celotnem ribniku, ki onemogoča trajnejšo naselitev fitobentoških alg. Večje količine alg so preraščale le umetno zgrajene brežine (les in večje skale). Bohotnejši razvoj fitobentosa preprečuje tudi obilna makrofitska vegetacija, ki poslabša svetlobne razmere na dnu ribnika.

Ostale alge (zelene alge in cianobakterije) so prikazane v preglednici 35. Njihova diverziteteta je skromna (10 vrst v Koseškem bajerju in 16 vrst v ribniku Tivoli), vendar so nekatere s svojo biomaso pomemben dejavnik v ekosistemu.

Preglednica 33: Vrsteni sestav kremenastih alg (diatomej) v ribniku Tivoli in njihova relativna abundanca

Vodno telo		Ribnik Tivoli	Ribnik Tivoli	Ribnik Tivoli
Vzorčno mesto		T 1	T 2	T 3
Gauss-Krueger Y		5461246	5461290	5461264
Gauss-Krueger X		5101006	5100942	5101036
Datum vzorčenja		30.08.2012	30.08.2012	30.08.2012
Šifra	Vrsta	Št./300 frustul	Št./500 frustul	Št./500 frustul
11000	<i>Achnanthes minutissima</i>	61	81	39
11140	<i>Amphora montana</i>	4		
11500	<i>Amphipleura pellucida</i>	0,01	70	57
12200	<i>Cocconeis placentula</i>	1		
12400	<i>Cyclotella meneghiniana</i>		1	
12700	<i>Cymatopleura solea</i>		0,01	2
12819	<i>Cymbella caespitosa</i>	1		
12830	<i>Cymbella cistula</i>	3	11	6
12870	<i>Cymbella ehrenbergii</i>			2
13050	<i>Cymbella microcephala</i>	5	30	8
13200	<i>Cymbella sp.</i>		3	6
13590	<i>Cymbella silesiaca</i>			0,01
14400	<i>Epithemia adnata</i>		0,01	
14500	<i>Eunotia arcus</i>	1		
14795	<i>Fragilaria biceps</i>	0,01	14	
15450	<i>Frustulia vulgaris</i>	0,01		
15600	<i>Gomphonema acuminatum</i>		0,01	0,01
15780	<i>Gomphonema clavatum</i>	0,01		
15850	<i>Gomphonema gracile</i>	1		
16200	<i>Gomphonema parvulum</i>		1	
16360	<i>Gomphonema truncatum</i>		0,01	1
16530	<i>Gyrosigma nodiferum</i>	28	4	6
17668	<i>Navicula cincta</i>	6	7	21
17700	<i>Navicula cryptocephala</i>	29	54	40
17800	<i>Navicula cuspidata</i>	1		7
18140	<i>Navicula menisculus</i>		0,01	

18400	<i>Navicula radiosa</i>	25	89	55
18600	<i>Navicula</i> sp.	2		
18625	<i>Navicula trivialis</i>	20	3	40
18900	<i>Nitzschia acicularis</i>	4		4
19002	<i>Nitzschia angustatula</i>	3		
19100	<i>Nitzschia dissipata</i>		5	7
19220	<i>Nitzschia gracilis</i>	62	109	160
19230	<i>Nitzschia heufleriana</i>	1		
19250	<i>Nitzschia hungarica</i>			0,01
19300	<i>Nitzschia linearis</i>	1	1	
19400	<i>Nitzschia palea</i>	19	5	
19450	<i>Nitzschia paleacea</i>	2		
19470	<i>Nitzschia recta</i>	6	1	6
19500	<i>Nitzschia sigmoidea</i>			4
19700	<i>Nitzschia</i> sp.	5	5	14
20050	<i>Pinnularia viridis</i>			0,01
20150	<i>Rhopalodia gibba</i>		1	0,01
21100	<i>Fragilaria ulna</i>	9	5	13
Število vrst = 44		29 vrst	26 vrst	26 vrst

Preglednica 34: Vrstni sestav kremenastih alg (diatomej) v Koseškem bajerju in njihova relativna abundanca

Vodno telo		Koseški bajer	Koseški bajer	Koseški bajer
Vzorčno mesto		T 1	T 2	T 3
Gauss-Krueger Y		5459389	5459177	5459271
Gauss-Krueger X		5102725	5102757	5102615
Datum vzorčenja		30.08.2012	30.08.2012	30.08.2012
Šifra	Vrsta	Št./250 frustul	Št./500 frustul	Št./500 frustul
10800	<i>Achnanthes lanceolata</i>	0,01	7	
11000	<i>Achnanthes minutissima</i>	169	269	202
11100	<i>Achnanthes</i> sp.		9	19
11500	<i>Amphipleura pellucida</i>		0,01	
11200	<i>Amphora ovalis</i>	1	2	0,01
11300	<i>Amphora pediculus</i>	2	3	5
11520	<i>Brachysira brebissonii</i>			0,01
12200	<i>Cocconeis placentula</i>	0,01	0,01	3
12400	<i>Cyclotella meneghiniana</i>	8	3	3
12819	<i>Cymbella caespitosa</i>	1		
12830	<i>Cymbella cistula</i>		1	
12835	<i>Cymbella cuspidata</i>	0,01	0,01	
13052	<i>Cymbella minuta</i>		5	
13400	<i>Cymbella prostrata</i>			3
13590	<i>Cymbella silesiaca</i>		0,01	2
13600	<i>Cymbella sinuata</i>		0,01	
13200	<i>Cymbella</i> sp.		2	5
13650	<i>Cymbella tumida</i>			0,01
14210	<i>Diploneis elliptica</i>		1	
14400	<i>Epithemia adnata</i>		4	0,01
14360	<i>Epithemia turgida</i>		1	0,01

14500	<i>Eunotia arcus</i>	9	0,01	7
14525	<i>Eunotia diodon</i>	1		1
14800	<i>Fragilaria capucina</i>			12
	<i>Fragilaria capucina</i> v.			
14900	<i>capucina</i>		35	
15000	<i>Fragilaria construens</i>	5	0,01	
15300	<i>Fragilaria pinnata</i>	0,01	3	3
21100	<i>Fragilaria ulna</i>		39	155
15850	<i>Gomphonema gracile</i>		8	
16200	<i>Gomphonema parvulum</i>	4	5	4
16360	<i>Gomphonema truncatum</i>			3
16530	<i>Gyrosigma nodiferum</i>		0,01	
16700	<i>Hantzschia amphioxys</i>			2
17665	<i>Navicula capitata</i>	3		0,01
17668	<i>Navicula cincta</i>		15	5
17700	<i>Navicula cryptocephala</i>	2	14	5
18450	<i>Navicula cryptotenella</i>	0,01	1	4
17800	<i>Navicula cuspidata</i>		0,01	0,01
18140	<i>Navicula menisculus</i>	0,01		
18200	<i>Navicula pupula</i>			3
18400	<i>Navicula radiosa</i>	2	0,01	0,01
18600	<i>Navicula</i> sp.		0,01	
18625	<i>Navicula trivialis</i>	0,01		0,01
17720	<i>Navicula veneta</i>			5
18700	<i>Navicula viridula</i>		1	
18900	<i>Nitzschia acicularis</i>	22	31	16
18950	<i>Nitzschia amphibia</i>	11	6	8
19100	<i>Nitzschia dissipata</i>		2	
19400	<i>Nitzschia palea</i>		3	
19450	<i>Nitzschia paleacea</i>	10	25	24
19470	<i>Nitzschia recta</i>		1	
19600	<i>Nitzschia sinuata</i>	0,01	0,01	
19750	<i>Pinnularia gibba</i>		1	
19900	<i>Pinnularia maior</i>	0,01		
20040	<i>Pinnularia subcapitata</i>		1	
20050	<i>Pinnularia viridis</i>		0,01	
20300	<i>Stauroneis anceps</i>		0,01	
20780	<i>Surirella minuta</i>	0,01	0,01	0,01
Število vrst = 58 vrst		25 vrst	44 vrst	34 vrst

Preglednica 35: Vrstni sestav cianobakterij in zelenih alg v ribniku Tivoli in Koseškem bajerju ter njihova relativna abundanca

Vodno telo		Ribnik Tivoli	Ribnik Tivoli	Ribnik Tivoli	Koseški bajer	Koseški bajer	Koseški bajer
Vzorčno mesto		T 1	T 2	T 3	T 1	T 2	T 3
Gauss-Krueger Y		5461246	5461290	5461264	5459389	5459177	5459271
Gauss-Krueger X		5101006	5100942	5101036	5102725	5102757	5102615
Šifra	Datum vzorčenja	30.08.2012	30.08.2012	30.08.2012	30.08.2012	30.08.2012	30.08.2012
4600	<i>Phormidium chlorinum</i>			1			
4900	<i>Oscillatoria limosa</i>						1
5300	<i>Oscillatoria</i> sp.	1	1	1			
5400	<i>Geitlerinema splendidum</i>			1			
6300	<i>Phormidium autumnale</i>	1	2	3			1
7150	<i>Phormidium retzii</i>						1
7200	<i>Phormidium</i> sp.	1		1	1	1	1
7575	<i>Pseudoanabaena</i> sp.		1	1			
8290	<i>Schizothrix</i> sp.			1			
8500	<i>Spirulina maior</i>			1			
25200	<i>Cladophora glomerata</i>				1	1	1
26600	<i>Closterium moniliferum</i>		1				
28500	<i>Cosmarium</i> sp.		1				
30200	<i>Mougeotia</i> sp.	1	2	1			
30400	<i>Oedogonium</i> sp.	1	3	3	1	3	3
30900	<i>Pediastrum duplex</i>		1		1	1	1
31000	<i>Pediastrum tetras</i>				1		1
31500	<i>Scenedesmus acuminatus</i>		1				
31800	<i>Scenedesmus eornis</i>		1	1			
32100	<i>Scenedesmus quadricauda</i>		1	1	1	1	1
32700	<i>Spirogyra</i> sp.	1	2	1		1	
TI =		1,7	2,05	2,15	2,4	2,4	2,67

4.5 MAKROFITI

4.5.1 Splošni fizikalno-kemijski parametri

Vrednosti splošnih fizikalno-kemijskih parametrov, ki so bile izmerjene sočasno z vzorčenjem makrofitov, so zbrane v preglednici 36.

Preglednica 36: Splošni fizikalno-kemijski parametri v ribniku Tivoli in Koseškem bajerju

Parameter / Transekt	Ribnik Tivoli			Koseški bajer				
	1	2	3	1	2	3	4	5
Temperatura vode [°C]	23	23	23,1	27	27	27	27	27,3
Koncentracija O ₂ [mg/L]	1,67	1,39	0,56	8,13	7,20	8,30	8,34	8,10
Nasičenost z O ₂ [%]	19,5	16,2	6,5	102,0	96,1	104,2	104,6	102,3
pH	6,86	6,79	6,36	7,23	7,23	6,92	6,92	7,30
Električna prevodnost [μS/cm]	400,7	400,3	399,4	212,1	210,0	212,5	212,0	212,4

4.5.2 Makrofiti

V ribniku Tivoli sta v vseh treh transektih uspevali dve vrsti makrofitov, in sicer beli lokvanj (*Nymphaea alba*) in navadni trst (*Phragmites australis*) (preglednica 37). Beli lokvanj je plavajoča, ukoreninjena vrsta, navadni trst pa helofit ali močvirska rastlina.

Na južnem delu ribnika sta ob betonski pregradi nasajeni vrsti *Sagittaria angustifolia* in *Iris laevigata*, v severozahodnem kotu ribnika, ob čolnarni, pa uspeva vrsta širokolistni rogoz (*Typha latifolia*).

V Koseškem bajerju je v pregledanih transektih uspevalo 10 taksonov, ki so značilni za vodne in obvodne habitate (preglednica 38). To so bile tujerodna vrsta črnoplodni mrkač (*Bidens frondosa*), vrsta iz rodu šašev (*Carex* sp.), brestovolistni oslad (*Filipendula ulmaria*), vodna perunika (*Iris pseudacorus*), navadni regelj (*Lycopus europaeus*), navadna pijavčnica (*Lysimachia vulgaris*), navadna krvenka (*Lythrum salicaria*), vodna meta (*Mentha aquatica*), pisana čužka (*Phalaris arundinacea*) in navadni trst (*Phragmites australis*). Vse našteje vrste spadajo med helofite, torej močvirske rastline.

Izven pregledanih transektov so ob robu bajerja uspevale vrste navadna rižolica (*Leersia oryzoides*), ločki (*Juncus* spp.), širokolistni rogoz (*Typha latifolia*), navadni regelj (*Lycopus europaeus*), navadna božja milost (*Gratiola officinalis*) in ježek (*Sparganium erectum* agg.).

Preglednica 37: Globina uspevanja in pogostost makrofitov v posameznih transektih in globinskih conah v ribniku Tivoli

Vrsta / Globina cone (m)	Transekt 1		Transekt 2		Transekt 3	
	1,4 - 1	1 - 0,5	1,3 - 1,4	1,4 - 1	1,3 - 1,4	1,4 - 1
<i>Nymphaea alba</i>	4	2	3	1	4	
<i>Phragmites australis</i>		4		4		5

Preglednica 38: Globina uspevanja in pogostost makrofitov v posameznih transektih in globinskih conah v Koseškem bajerju

Vrsta / Globina cone (m)	Transekt 1	Transekt 2	Transekt 3	Transekt 4	Transekt 5
	0 - 1	0 - 1	0 - 0,5	0 - 0,5	0 - 0,8
<i>Bidens frondosa</i>	2	1		1	1
<i>Carex</i> sp.	1	1		2	3
<i>Filipendula ulmaria</i>				1	
<i>Iris pseudacorus</i>				2	
<i>Lycopus europaeus</i>	1				
<i>Lysimachia vulgaris</i>				2	2
<i>Lythrum salicaria</i>		1		1	2
<i>Mentha aquatica</i>	2				
<i>Phalaris arundinacea</i>					3
<i>Phragmites australis</i>	4	5	5	4	

5 OCENA STANJA

5.1 FIZIKALNO-KEMIJSKE ANALIZE

Ker metodologija za vrednotenje ekološkega potenciala še ni razvita, smo vodni telesi razvrstili v trofične nivoje, in sicer po OECD kriterijih za jezera (OECD, 1982). Izračunali smo povprečne vrednosti za celotni fosfor (povprečje vseh štirih meritev, preračunali na P), anorganski dušik (sešteli smo vrednosti za amonij, nitrit in nitrat, izračunali povprečje vseh štirih meritev ter preračunali na N) in prosojnost (povprečje štirih meritev) ter rezultate primerjali s kriteriji. Stanje je prikazano v preglednici 39.

Preglednica 39: Uvrstitev ribnika Tivoli in Koseškega bajerja v trofično kategorijo po OECD kriterijih. d označuje, da je bilo vidno dno.

Trofična stopnja	Celotni fosfor letno povprečje µg P/L	Dušik anorganski letno povprečje µg N/L	Prosojnost letno povprečje m	Prosojnost minimum m
u-oligotrofno	<4	<200	>12	>6
oligotrofno	<10	200-400	>6	>3
mezotrofno	10-35	300-650	6-3	3-1,5
evtrofno	35-100	500-1500	3-1,5	1,5-0,7
hiperevtrofno	>100	>1500	<1,5	<0,7
Ribnik Tivoli	52	380	0,68	0,5
Ribnik Tivoli - pritok ob čolnarni	8	1870	d 0,055	d 0,01
Koseški bajer	59	300	0,70	0,37
Koseški bajer - pritok Mostnica	12	390	d 0,16	0,15

Povprečna vrednost celotnega fosforja uvršča oba ribnika med evtrofne sisteme, povprečna vrednost anorganskega dušika pa v mezotrofne sisteme. Glede na mejne vrednosti prosojnosti oba ribnika spadata v hiperevtrofne ekosisteme.

Analize kažejo, da sta ribnika obremenjena s hranili, predvsem s fosforjem. Potrebno bi bilo evidentirati vire onesnaženja in spremljati trende. Ob vzorčenju smo nekaj možnih izvorov evidentirali in posneli (priloga A). V ribnik Tivoli se stekajo vode, ki so mešanice meteornih vod in vod z vonjem po fekalijah. V Koseškem bajerju je razvito ribištvo, z vabami se vnašajo tudi organske snovi.

5.2 FITOPLANKTON

5.2.1 Trofični potencial oz. stanje na osnovi fitoplanktona

Izračun povprečnega biovolumna fitoplanktona in Brettum indeksa ter vrednosti klorofila *a* (preglednica 40) so metrike za vrednotenje ekološkega - trofičnega stanja jezer z multimetrijskim indeksom po veljavni nacionalni metodi, ki je bila v procesu interkalibracije (2004-2007) povzeta po avstrijski nacionalni metodi (Wolfram in sod. 2006; Wolfram in Dokulil, 2008).

Preglednica 40: Ekološko in trofično stanje urbanih vodnih teles glede na povprečni biovolumen fitoplanktona in vrednost koncentracije klorofila *a* v ribniku Tivoli in Koseškem bajerju v enoletnem obdobju 2012/13.

Ekološko in trofično stanje	Ribnik Tivoli	Koseški bajer
Povprečni biovolumen fitoplanktona	0,6 mm ³ /L (oligomezotrofno)	0,7 mm ³ /L (mezotrofno)
Povprečna vrednost klorofila <i>a</i>	18,4 µg/L (evtrofno)	11,1 µg/L (evtrofno)
Povprečna prosojnost, določena s Secchijevo ploščo	0,68 m (hiperevtrofno)	0,71 m (hiperevtrofno)

Glede na povprečni biovolumen **ribnik Tivoli izkazuje oligomezotrofno, Koseški bajer pa mezotrofno stanje. Glede na vrednosti klorofila *a* obe vodni telesi izkazujeta evtrofno stanje, glede na prosojnost pa hiperevtrofno stanje.** Neskladnost biovolumna in klorofila je verjetno posledica prisotnosti fitoplanktonskih vrst, ki na volumsko enoto celice vsebujejo več klorofila *a* v primerjavi s povprečnimi fitoplanktonskimi vrstami, na katerih je bila narejena korelacija med klorofilom in biovolumnom v okviru OECD smernic.

Evtrofna vodna telesa so precej obremenjena s hranili, kar je v urbanih okoljih, kot je MOL, predvsem posledica antropogenega vnosa (pritoki, z ribolovom povezane aktivnosti, hranjenje obvodnih živali ipd.). **Brez zmanjšanja zunanega vnosa hranil ni možno pričakovati izboljšanja stanja,** saj se fitoplanktonska združba ob zadostni količini hranil in višjih temperaturah neomejeno razrašča.

5.2.2 Potencialno toksične vrste in vsebnost toksinov

Posebej zaskrbljujoča je prisotnost **potencialno toksičnih cianobakterijskih vrst** (označeno z * v preglednici 23) v **Koseškem bajerju, ki dejansko vsebujejo toksične ciklične peptide mikrocistine, pa tudi druge ciklične peptide, katerih vpliv na človeka in živali še ni dovolj raziskan**. V poletnih mesecih v tem vodnem telesu pogosto prihaja do cvetenja teh cianobakterij. Cvet je neprijeten, tako vizualno, zaradi vonja in okusa, kot zaradi produkcije določenih snovi, ki jim zaradi toksičnosti za višje organizme pravimo **toksini**. Najbolje raziskani cianobakterijski toksini so mikrocistini, ki so nevarni tako za okolje, kot za človeka. Vedno več je dokazov, da mikrocistini **dolgoročno** niso škodljivi samo za **jetra**, ki so primarno prizadet organ (npr. Žegura in sod., 2003), ampak lahko prizadenejo mnogo drugih pomembnih organov; **ledvice** (npr. Milutinović in sod., 2003), **možgani, srce** in drugo (npr. Wang in sod., 2008). **Mikrocistini ob kroničnem vnosu največkrat povzročijo rakave bolezni in degenerativna obolenja**. Mednarodna agencija za raziskavo raka je mikrocistine prepoznala kot nevarne snovi in jih uvrstila v skupino možnih karcinogenov »Group 2B – **Possibly carcinogenic to humans**«. Medtem ko so ekstrakti npr. iz rodu *Microcystis* (v katerem najdemo tudi druge ciklične peptide) še vedno uvrščeni v skupino »Group 3B – Not classifiable as to its carcinogenicity to humans«.

Zakonodaja navadno zaostaja za znanstvenimi izsledki, ki so v tem primeru za človeka zaskrbljujoči, saj kažejo, **da so cianobakterijski ekstrakti včasih še veliko bolj nevarni za zdravje ljudi v primerjavi s čistimi mikrocistini** (npr. Ding in sod., 1999; Tsuji in sod., 1995, Bubik in sod., 2008). Najpogostejša **pot vnosa cianobakterijskih toksinov** iz vodnih teles (sprehajalne poti in "plaža" tik ob Koseškem bajerju, gostinski objekt tik ob ribniku Tivoli) je **inhalacija aerosolov**.

V obdobju od leta 1994 naprej smo v vodnih telesih Slovenije zasledili več kot 30 fitoplanktonskih cianobakterij, od tega **12 poznanih kot potencialno toksičnih** (Kosi in Sedmak, 1997; Kosi, 1999). Dosedanje raziskave kažejo, da na območju MOL pogosto prihaja do cvetenj toksičnih cianobakterij v Koseškem bajerju in manjših vodnih zadrževalnikih v ZOO. Ta mesta **predstavljajo potencialna žarišča nevarnih toksinov**. V Sloveniji so najpogosteje ugotovljeni toksini v cvetu cianobakterij mikrocistini -RR, -YR in -LR (eksperimentalni podatki, NIB). Celokupne vsebnosti mikrocistinov na gram suhe snovi

so se po internih podatkih NIB gibale v mejah koncentracij, ki so prisotne drugod po svetu (do 2000 µg/g), v nekaterih primerih pa so bile te vrednosti celo presežene. Pretekle raziskave so pokazale, da je maksimalna koncentracija celokupnih mikrocistinov v **Koseškem bajerju leta 1997 znašala kar 6360 µg/g** liofilizirane snovi. **Leta 2013 je vrednost mikrocistinov ob vzorčenju znašala 3,3 µg/g liofilizirane snovi oz. 7,0 µg/l cveta.** Toksini, prisotni v cianobakterijah, predstavljajo v primeru razpada celic nevarnost za ljudi in živali, saj bi njihova koncentracija presegla priporočeno vrednost 1 µg/l vode (WHO Guidelines). V ribniku Tivoli so se potencialno toksične vrste pojavljale v majhnem obsegu, zato je bilo pričakovati, da cianobakterijskih toksinov mikrocistinov nismo zaznali.

5.3 BENTOŠKI NEVREtenČARJI

Na podlagi bentoških nevretenčarjev smo najprej ovrednotili ekološki potencial posameznih vzorčnih mest (preglednica 41). V Koseškem bajerju smo posamezno vzorčno mesto uvrstili v zmeren, dober oz. zelo dober ekološki potencial. Vzorčna mesta v ribniku Tivoli so bila ovrednotena nekoliko slabše in smo jih uvrstili v razred zmeren ali zelo slab potencial. Na podlagi rezultatov posameznih vzorčnih mest smo Koseški bajer uvrstili v razred dober potencial, medtem ko smo ribnik Tivoli uvrstili v razred zmeren potencial (preglednica 42).

Preglednica 41. Ovrednotenje ekološkega potenciala posameznih vzorčnih mest na podlagi bentoških nevretenčarjev po modulu hidromorfološka spremenjenost. LFI – indeks litoralne favne, Margalef – Margalefov diverzitetni indeks, REK – razmerje ekološke kakovosti, LHM – Indeks vpliva hidromorfološke spremenjenosti litorala

Vodno telo	Ribnik Tivoli	Ribnik Tivoli	Ribnik Tivoli	Koseški bajer	Koseški bajer	Koseški bajer
Vzorčno mesto (VM)	RTL1	RTL2	RTL3	KBL1	KBL2	KBL3
Gauss-Krueger X	5101036	5100942	5101006	5102615	5102725	5102757
Gauss-Krueger Y	5461264	5461290	5461246	5459271	5459389	5459177
Datum	30.8.2012	30.8.2012	30.8.2012	30.8.2012	30.8.2012	30.8.2012
Koda VM	RTL1	RTL2	RTL3	KBL1	KBL2	KBL3
LFI	16	8	9	13	38	18
Margalef	2,31	1,67	2,04	1,70	2,33	2,15
Število taksonov	10	5	7	8	12	12
LFI_REK	0,42	0,21	0,24	0,34	1,00	0,47
Margalef_REK	0,99	0,72	0,87	0,73	1,00	0,92
Število taksonov_REK	0,83	0,42	0,58	0,67	1,00	1,00
LHM	0,67	0,39	0,48	0,52	1,00	0,72
Razred-ekološki potencial	Dober	Slab	Zmeren	Zmeren	Zelo dober	Dober

Preglednica 42. Ovrednotenje ekološkega potenciala vodnih teles na podlagi bentoških nevretenčarjev po modulu hidromorfološka spremenjenost. LHM – Indeks vpliva hidromorfološke spremenjenosti litorala

Vodno telo	LHM	Razred kakovosti-modul hidromorfološka spremenjenost
Ribnik Tivoli	0,51	Zmeren
Koseški bajer	0,75	Dober

Na podlagi bentoških nevretenčarjev smo podali oceno razmer Koseškega bajerja in ribnika Tivoli z vrednotenjem po modulu hidromorfološka spremenjenost. Ker vodni telesi nista naravni, ampak sta posledica delovanja človeka, smo podali oceno ekološkega potenciala in ne ekološkega stanja (Direktiva 2000/60/ES). Vrednotenje po modulu hidromorfološka spremenjenost na podlagi bentoških nevretenčarjev upošteva vpliv sprememb obale stoječih vodnih teles na bentoške nevretenčarje oz. razmere v vodnem ekosistemu. Z vrednotenjem smo ugotovili, da so razmere v različnih delih Koseškega bajerja in ribnika Tivoli različne. V Koseškem bajerju so odseki, kjer so razmere v litoralu zelo dobre, obstajajo pa tudi odseki z le zmernimi razmerami, ki ne dosegajo cilja dobro stanje oz. potencial. Ne glede na razlike med posameznimi odseki bajerja je končna ocena po modulu hidromorfološka spremenjenost dober ekološki potencial. Ocene posameznih vzorčnih mest in celotnega vodnega telesa ribnika Tivoli so po modulu hidromorfološka spremenjenost slabše kot Koseškega bajerja. Dober potencial smo ocenili za eno vzorčno mesto v vzhodnem delu ribnika, kjer je v vodi prisotno veliko vodne vegetacije in na bregu ohranjena drevesna in grmovna zarast. Drugi dve vzorčni mesti sta bili izbrani na odsekih, kjer so razmere slabše in ne dosegajo dobrega potenciala. Tudi končna ocena razmer ribnika Tivoli po modulu hidromorfološka spremenjenost je, da je zmerno in torej ne dosega cilja dobrega potenciala.

5.4 FITOBENTOS

Stanje ribnika Tivoli in Koseškega bajerja smo ovrednotili s trofičnim indeksom. Vrednosti trofičnega indeksa v obeh vodnih telesih so prikazane v preglednici 43. Trofični indeks kaže v Koseškem bajerju evtrofno stanje na lokacijah 1 in 2 ter ev-politrofno na lokaciji 3. Ocena bajerja v celoti je evtrofno do ev-politrofno stanje. Vrednosti trofičnega indeksa v ribniku Tivoli so nižje, kar kaže na ugodnejše razmere v tem vodnem telesu. Trofični indeks ga uvršča v mezotrofno do evtrofno stanje.

Preglednica 43: Vrednosti trofičnega indeksa v ribniku Tivoli in Koseškem bajerju.

Vodno telo	Ribnik Tivoli	Ribnik Tivoli	Ribnik Tivoli	Koseški bajer	Koseški bajer	Koseški bajer
Vzorčno mesto	T 1	T 2	T 3	T 1	T 2	T 3
Datum vzorčenja	30.08.2012	30.08.2012	30.08.2012	30.08.2012	30.08.2012	30.08.2012
TI =	2,37	1,75	2,26	2,39	2,58	2,95

Fitobentoška združba je v obeh vodnih telesih pestra, kar se kaže v prisotni diverziteti, vendar je omejena le na ozek obrežni del in kot primarni producent ne prispeva pomembnega deleža k celotni produkciji. Kvantitativno revna prisotnost fitobentoških alg je v Koseškem bajerju posledica močno razvite fitoplanktonske združbe, ki povzroča pomanjkanje svetlobe pri dnu. Poleg tega zamuljeno, gibljivo dno preprečuje obstoj fitobentosa. Podobno je v ribniku Tivoli, kjer k neugodnim svetlobnim razmeram prispevajo predvsem makrofiti. V hladnejših obdobjih, ko so svetlobne razmere ugodnejše, pa razvoj fitobentosa preprečuje odpadlo in razpadajoče listje okoliške vegetacije.

5.5 MAKROFITI

V ribniku Tivoli se pojavljajo emerzne in natantne oblike makrofitov, medtem ko so v Koseškem bajerju prisotne samo emerzne vrste. Motna voda v obeh vodnih telesih onemogoča uspevanje potopljenih vrst. Makrofiti imajo številne pozitivne vloge, vendar imajo v primeru Koseškega bajerja zaradi maloštevilnosti manjši vpliv na celotno združbo v vodnem telesu.

Makrofiti v vodnem ekosistemu spreminjajo in omogočajo raznovrstnost habitatov ter vplivajo na fizične, fizikalne in kemijske značilnosti vodnega ekosistema. Vodna in močvirska vegetacija je pomembna pri utrjevanju brega. Makrofiti igrajo glavno vlogo pri ustvarjanju ustreznih pogojev za sedimentacijo finih delcev in z njimi povezanih hranil, težkih kovin ter organskih snovi v litoralu. Makrofiti vežejo hranila iz vode za krajši ali daljši čas, odvisno od gostote sestoja in njegove sezonske variabilnosti. Na drugi strani pa lahko makrofiti povzročijo tudi evtrofikacijo sistema zaradi mobilizacije hranil iz sedimenta in izpiranja hranil iz rastlin po njihovem propadu. Iz vrstne sestave makrofitov v določenem vodnem ekosistemu lahko sklepamo na razmere, ki tam vladajo. Določene vrste so namreč bolj občutljive na povečano onesnaženje kot druge, zato lahko služijo kot bioindikatorji.

Vrste emerznih makrofitov, ki uspevajo v Koseškem bajerju, kažejo na mezoevtrofno do evtrofno stanje. Kazalec obremenjenosti sistema je že sama odsotnost submerznih makrofitov. Voda je motna in preprečuje njihovo uspevanje. Makrofiti v ribniku Tivoli so nasajeni, zato ocena stanja na podlagi njih ni mogoča.

6 RAZPRAVA

V preiskovanih vodnih telesih se odražajo nenehni vplivi iz okolice, ki so v ribniku Tivoli zaradi njegove majhnosti še bolj poudarjeni. Voda v ribniku je motna, prosojnost je majhna. Izmerjene koncentracije kisika so bile 1,3-12,2 mg/l, medtem ko je bila nasičenost s kisikom 15-101 %. Glede na to, da so bile analize opravljene podnevi, ko poteka fotosinteza, pri kateri nastaja kisik, so nočne koncentracije verjetno še precej nižje, kar bi ogroža življenje rib in nekaterih drugih organizmov v ribniku. V vodi je precej raztopljenih snovi, vključno s hranili, kar priča o vnosu iz prispevnega območja. Povprečna vrednost celotnega fosforja uvršča ribnik Tivoli po OECD kriterijih za jezera med evtrofne sisteme, povprečna vrednost anorganskega dušika pa v mezotrofne sisteme. Glede na mejne vrednosti prosojnosti spada ribnik v hiperevtrofne ekosisteme. Glede na analize k slabemu stanju ribnika močno prispeva pritek, ki je močno obremenjen z dušikom in z različnimi raztopljenimi snovmi. Združba fitoplanktona v ribniku je relativno revna. Ocene posameznih vzorčnih mest in celotnega vodnega telesa ribnika Tivoli so po modulu hidromorfološka spremenjenost precej slabše kot pri Koseškem bajerju. Na podlagi bentoških nevretenčarjev je bil dober potencial ocenjen le za vzorčno mesto v vzhodnem delu ribnika, kjer je v vodi prisotno veliko vodne vegetacije in so na bregu nasajena drevesa in grmovje. Glede na fitobentoško združbo uvrščamo ribnik Tivoli v mezotrofno do evtrofno stanje. Makrofiti v ribniku Tivoli so nasajeni, zato ocena stanja na podlagi njih ni mogoča.

Nekoliko boljše stanje kažejo fizikalni in kemijski parametri, izmerjeni v Koseškem bajerju. Čeprav je povprečna letna prosojnost (0,71 m) podobna kot v ribniku Tivoli (0,68 m), sta bili koncentracija kisika v vodi in nasičenost s kisikom precej višji (6,6-12,1 mg/l in 66-104 %) Voda ima razmeroma malo skupnih raztopljenih snovi, kljub temu pa je celotnega fosforja veliko. Na podlagi povprečne vrednosti celotnega fosforja uvrščamo Koseški bajer po OECD kriterijih za jezera med evtrofne sisteme, na podlagi povprečne vrednosti anorganskega dušika v mezotrofne sisteme, glede na mejne vrednosti prosojnosti pa v hiperevtrofne ekosisteme. Združba fitoplanktona v bajerju je razmeroma vrstno bogata in tudi količina klorofila *a* v vodi je visoka. Na podlagi koncentracije klorofila *a* uvrščamo bajer v evtrofne sisteme. Grožnja ljudem in živalim ob Koseškem bajerju predstavlja prisotnost potencialno toksičnih vrst cianobakterij, ki se v poletnem času lahko močno namnožijo in tvorijo cvet. Cvetenje

cianobakterij ima negativne posledice za izgled jezera, obenem pa pri razpadu cveta nastajajo strupene snovi (med katerimi so najbolj znani hepatotoksini mikrocistini). Ob razpadu cveta se v vodo sproščajo visoke koncentracije toksinov - mikrocistinov (avgust 2013: 3,3 $\mu\text{g/g}$ suhe teže oz. 7,0 $\mu\text{g/l}$ cveta), kar presega priporočeno vrednost WHO (1 $\mu\text{g/l}$ vode). Združba bentoških nevretenčarjev se razlikuje glede na razmere v litoralu. Na nekaterih odsekih so razmere zelo dobre, obstajajo pa tudi odseki z le zmernimi razmerami. Za izboljšanje stanja bajerja bi moralo biti na bregu prisotne več lesnate obrežne vegetacije, h kakovosti pa bi prispevala tudi prava vodna vegetacija (submerzni makrofiti), ki bi povečala pestrost habitatov za bentoške organizme (nevretenčarje in fitobentos) in utrdila sediment. Uspevanje potopljenih vodnih rastlin je oteženo zaradi velike motnosti vode, ki je posledica prevlade planktonskih alg nad vodnimi makrofiti. Takšno stanje je lahko posledica dinamike vnosa hranil v bajer ter prisotnosti in hranjenja rib. Voda v pritoku bajerja Mostnici je bila ob vzorčenjih razmeroma neobremenjena z dušikom in tudi količina raztopljenih snovi je bila razmeroma nizka. Kljub temu je Mostnica pomemben vir fosforja za bajer. Povečane koncentracije fosforja ob odsotnosti dušika lahko izkoristijo cianobakterije, ki imajo sposobnost vezave zračnega dušika in prevladajo planktonskimi nad algami in submerznimi makrofiti. Glede na fitobentoško združbo uvrščamo Koseški bajer v evtrofno do ev-politrofno stanje. V Koseškem bajerju se pojavljajo le emerzne vrste makrofitov, ki imajo pomembno vlogo pri nadzoru vnosa snovi v sistem in utrjevanju brega, zato jih je potrebno ohranjati. Prisotne vrste kažejo na mezoevtrofno do evtrofno stanje. Kazalec obremenjenosti sistema je že sama odsotnost submerznih makrofitov.

Primerjava različnih plitvih vodnih teles je pokazala, da se lahko nahajajo v dveh stanjih: (1) v stanju z veliko prosojnostjo vode, kjer se množično pojavljajo submerzni makrofiti, in (2) v stanju z motno vodo, kjer prevladujejo planktonske alge. Pri prvem so submerzni makrofiti ključen element kroženja snovi in pretoka energije. Množična zastopanost submerznih makrofitov vpliva na pestrost in številčnost bentoških združb živali. Seveda je pri tem pomembna tudi vrstna pestrost makrofitov, ki vpliva na pestrost habitatov. Nekatere raziskave so tudi dokazale vpliv submerznih makrofitov na prehranske mreže planktonskih organizmov. V obeh preiskovanih vodnih telesih se pojavljajo le emerzne in natantne oblike makrofitov, ki pa tudi imajo številne pozitivne vloge, vendar manjši vpliv na združbo v vodnem telesu. Na celovitost združbe v majhnih vodnih telesih vplivajo tudi ribe, ki močno siromašijo zooplanktonske in bentoške združbe nevretenčarjev, kar je jasno razvidno iz raziskav v

slovenskih alpskih jezerih in tudi drugod po svetu. Odsotnost predatorjev v zooplanktonu vpliva na množično pojavljanje nekaterih planktonskih alg, povečuje motnost vode in slabša razmere za uspevanje celotne združbe.

Za ohranjanje kakovosti jezer je treba jasno opredeliti njihovo namembnost. Ali želimo imeti stabilna in zdrava vodna telesa z ugodnim ekološkim stanjem in estetsko vrednostjo, ali pa gojilnice rib. Da bo jezero zdrav sistem in tako primeren in privlačen prostor za širšo javnost, odsvetujemo vlaganje in hranjenje rib, saj spreminja življenjsko združbo in zvišuje obremenjenost jezer s hranili, povečuje motnost in večja možnost razvoja toksičnih cianobakterij in cvetenja jezera. Odsotnost rib pa bi omogočila tudi razvoj pestre združbe makrofitov.

V preteklosti so bili za vrednotenje kakovosti vode uporabljani za vse ekosisteme enotni kriteriji (npr. vrednotenje stopnje trofičnosti glede na kriterije OECD). Vrednotenje stanja voda v skladu z Vodno direktivo predvideva, da vrednotimo stanje glede na odstopanje od izhodiščne oz. referenčne vrednosti, ki se med vodnimi telesi, ki pripadajo različnim tipom, razlikuje. To pomeni, da je za posamezno vodno telo treba najprej določiti izhodiščno vrednost, da se lahko določi, v kakem stanju to vodno telo je. Za Koseški bajer in ribnik Tivoli lahko trenutno določimo le, kako je njuno trofično stanje v skladu s kriteriji OECD. Za oceno stanja obeh vodnih teles v skladu z Vodno direktivo bi morali najprej določiti izhodiščne vrednosti in šele potem bi lahko določili razrede ekološkega stanja. Z oceno ekološkega stanja bi določili, pri katerih vrednostih trofičnosti posamezno vodno telo dosega dobro stanje, ki je cilj upravljanja voda v skladu z Vodno direktivo. Predlagamo, da se za Koseški bajer in ribnik Tivoli določijo izhodiščne oz. referenčne vrednosti in meje med razredi ekološkega stanja. Na podlagi teh mejnih vrednosti bo lahko izvedeno vrednotenje ekološkega stanja v skladu z Vodno direktivo, prepoznane pa bodo lahko tudi vrednosti trofičnosti, ki so za posamezni ekosistem potencialno dosegljive v razmerah ob minimalnih obremenitvah.

7 PREDLOGI ZA IZBOLJŠANJE STANJA IN BODOČI MONITORING

7.1 PREDLOGI ZA IZBOLJŠANJE STANJA

Glede na rezultate raziskave sta tako ribnik Tivoli kot Koseški bajer v evtrofnem stanju. Za izboljšanje razmer predlagamo naslednje:

7.1.1 Ribnik Tivoli

- prepoved ribolova
- ribe, ki so v ribniku, se izlovi, prepove se vlaganje rib
- prepoved hranjenja živali
- meteorne vode, ki dotekajo v ribnik, se odvede drugam
- sanacija morebitnih drugih virov onesnaževanja
- vzdrževanje globine vsaj 1,5 m, v primeru zmanjšanja globine se ribnik v osrednjem delu izprazni in se odstrani mulj
- omogočiti razvoj vodne vegetacije tudi na delih ribnika, kjer sedaj ni prisotna
- nasaditev močvirskih rastlin pri dotokih vode v ribnik
- povečanje deleža obale ribnika, kjer rastejo drevesa in grmovje neposredno na obali ribnika
- postavitev tabel o prepovedi hranjenja in vlaganja živali ter namenu teh ukrepov
- nadzor nad izvajanjem omejitev

7.1.2 Koseški bajer

- omejitev vlaganja in hranjenja rib
- prepoved hranjenja drugih živali
- ohranjanje emerznih vrst makrofitov, saj imajo pomembno vlogo pri nadzoru vnosa snovi v sistem in utrjevanju brega
- povečanje količine drevesne obrežne vegetacije
- preprečevanje odstranjevanja vegetacije v bajerju in ob njem
- omejitev dostopa do bajerja in izgradnja lesenih pomolov, kar bi zmanjšalo erozijo brega in omogočalo obiskovalcem varen dostop

- prepoved uporabe gnojil in drugih kemičnih snovi na JV dvignjenem delu zaledja bajerja (ob soseski Mostec)
- postavitve tabel o prepovedi hranjenja in vlaganja živali ter namenu ukrepov
- nadzor nad izvajanjem omejitev
- priprava načrta upravljanja, kjer bi glede na ugotovljene razmere ustrezno uskladili in omejili rabe vseh, ki koristijo okolico bajerja in bajer

7.2 PREDLOGI ZA MONITORING

7.2.1 Monitoring stanja

- do izvedbe ukrepov predlagamo, da se za spremljanje razmer monitoring izvaja najmanj na vsaka tri leta
- po izvedenih ukrepih je za spremljanje učinkov ukrepov potreben vsakoletni monitoring
- za celovito oceno stanja bi bilo potrebno spremljati vse v Uredbi o stanju površinskih voda (Uradni list RS 14/2009) predpisane elemente kakovosti
- v prihodnje bi bilo treba vrednotenje stanja oz. potenciala posameznega stoječega vodnega telesa izvesti v skladu s Pravilnikom o monitoringu stanja površinskih voda (Uradni list RS 10/2009), npr. vrednotenje na podlagi bentoških nevretenčarjev na šestih odsekih, le te pa izbrati glede na opažene razlike vzdolž celotne obale bajerja. Na ta način bi bila končna ocena potenciala bolj zanesljiva; zanesljivost rezultata je eden od zelo pomembnih parametrov, ki lahko ključno vpliva na oceno o smiselnosti izvedbe ukrepov za izboljšanje stanja.

7.2.2 Monitoring zaradi prisotnosti potencialno toksičnih cianobakterij

- redno spremljanje parametrov, ki vodijo v razrast toksičnih cianobakterijskih vrst. Predlagamo biološki in kemijski monitoring, saj lahko le tako realno ocenimo predloge za izboljšanje stanja. Pogost biološki monitoring je potreben predvsem v poletnih mesecih, ko je verjetnost razrasta toksičnih cianobakterij največja.
- v prihodnjih letih se poleg kemijskega monitoringa izvaja tudi biološki monitoring (klorofil *a*, biovolumen fitoplanktona, potencialno toksične vrste)

- vsaj triletni monitoring, ki se v poletnih mesecih izvaja vsaj enkrat mesečno (skupaj z analizo potencialno nevarnih cikličnih peptidov), saj se razmere za masovno pojavljanje potencialno toksičnih vrst spreminjajo zelo hitro

8. POVZETEK

Ribnik Tivoli so v južnem delu parka Tivoli izkopal in uredili leta 1880. Površina ribnika meri 6000 m², volumen pa je ocenjen na 3000-4000 m³. Ribnik napaja več dotokov. **Koseški bajer** je nastal ob zaprtju glinokopa pred približno 200 leti. Plasti gline, ki prekrivajo prodnate plasti, preprečujejo odtekanje vode. Površina bajerja meri približno 37000 m², volumen pa znaša približno 55000 m³. V bajer v njegovem jugovzhodnem delu priteka Mostnica.

S preiskavo kakovosti vode v ribniku Tivoli in Koseškem bajerju smo želeli ugotoviti, kakšen je ekološki potencial oziroma trofično stanje obeh vodnih teles. V ta namen smo izvedli fizikalno-kemijske analize vode ter raziskali biocenozo.

Za vzorčenje, shranjevanje in analize smo uporabili veljavne nacionalne metode. Vodo za **fizikalno-kemijske analize** smo vzorčevali na štirih mestih, in sicer v ribniku Tivoli, pritoku ribnika Tivoli, v Koseškem bajerju ter na pritoku bajerja Mostnici, na vsakem vzorčnem mestu po štirikrat (oktobra 2012, aprila 2013, junija 2013 in avgusta 2013). Merili smo naslednje parametre: prosojnost (Secchijeva globina), temperatura vode, koncentracija raztopljenega kisika, nasičenost s kisikom, električna prevodnost (25 °C), pH, m-alkalitet, amonij, nitrati, nitriti, celotni dušik, celotni organski ogljik, celotni fosfor, ortofosfat in silicij.

Vzorčenje vode za kvantitativno in kvalitativno vrednotenje **fitoplanktona** je potekalo istočasno kot vzorčenje vode za fizikalno-kemijske parametre. Vzorčevali smo na enem mestu v vsakem ribniku, istem, kot je potekalo vzorčenje za fizikalno-kemijske analize. Določali smo vrstno sestavo in relativno pogostost posameznih vrst fitoplanktona, biovolumen fitoplanktona, vsebnosti klorofila *a* in količino cianobakterijskih toksinov. Ekološko in trofično stanje obeh vodnih teles smo ocenili na podlagi biovolumna (Brettum, 1989), klorofila *a* in prosojnosti (OECD, 1982).

Vse metode, ki smo jih uporabili v analizi **bentoških nevretenčarjev**, so bile opravljene v skladu z navodili in postopki za določanje ekološkega stanja jezer v Sloveniji (Urbanič in sod., 2006; Uradni list RS 10/2009) in ustrezajo zahtevam Vodne direktive (Direktiva

2000/60/EC). V vsakem vodnem telesu smo vzorčili na treh vzorčnih mestih. Bentoške nevretenčarje smo vzorčili kvantitativno po metodi vzorčenja mikrohabitatnih tipov (Urbanič in sod., 2012). Za ovrednotenje ekološkega potenciala smo uporabili indeks vpliva hidromorfološke spremenjenosti litorala (LHM).

Vzorčenje **fitobentosa** smo opravili istega dne in na istih mestih kot vzorčenje bentoških nevretenčarjev. Vzorčenje je bilo izvedeno na različnih substratih (multihabitat sampling). Pogostost pojavljanja posameznih vrst smo uporabili pri izračunu trofičnega indeksa (Rott in sod., 1999), na osnovi katerega smo nato ovrednotili stanje obeh vodnih teles.

Makrofite smo popisali na treh transektih v ribniku Tivoli in petih transektih v Koseškem bajerju. Obenem smo popisali tudi značilnosti okolja. Iz prisotnosti vrst smo ocenili trofično stanje ribnika in bajerja, saj posamezne vrste makrofitov naseljujejo habitate z določeno količino hranil in so tako indikator trofičnega stanja. Indikatorsko vrednost vrst smo povzeli po Haslam (1987).

Ribnik Tivoli in Koseški bajer smo na podlagi **fizikalno-kemijskih** parametrov razvrstili v trofične ravni, in sicer po OECD kriterijih za jezera. Povprečna vrednost celotnega fosforja uvršča obe vodni telesi v evtrofne sisteme, povprečna vrednost anorganskega dušika pa v mezotrofne sisteme. Glede na mejne vrednosti prosojnosti sta obe vodni telesi v hiperevtrofnem stanju.

Fitoplanktonska združba je v ribniku Tivoli v primerjavi s Koseškim bajerjem bolj revna. Glede na povprečni biovolumen fitoplanktona ribnik Tivoli izkazuje oligomezotrofno, Koseški bajer pa mezotrofno stanje. Glede na vrednosti klorofila *a* obe vodni telesi izkazujeta evtrofno stanje. Evtrofno stanje je predvsem posledica antropogenega vnosa hranil zaradi obremenjenosti pritokov, z ribolovom povezanih dejavnosti ter hranjenja obvodnih živali. Zato je zmanjšanje vnosa hranil ključen dejavnik izboljšanja stanja. V poletnih mesecih v Koseškem bajerju pogosto prihaja do cvetenja cianobakterij. **Posebej zaskrbljujoča je prisotnost potencialno toksičnih cianobakterijskih vrst. Visoka vsebnost toksinov - mikrocistinov v cianobakterijskem cvetu** (avgust 2013: 3,3 µg/g suhe teže oz. 7,0 µg/l cveta) **močno presega priporočeno vrednost** (1µg/l vode, WHO Guidelines). Toksini se ob razpadu cianobakterij sprostitjo v vodo, kjer predstavljajo grožnjo vodni biocenozi ter živalim

in ljudem, ki živijo v okolici ribnika, saj se cianobakterijski toksini pojavljajo v aerosolih. Mikrocistini ob kroničnem vnosu (najpogosteje z vdihavanjem aerosolov) lahko povzročijo rakave bolezni in degenerativna obolenja. V ribniku Tivoli so bile potencialno toksične vrste manj pogoste, zato cianobakterijskih toksinov mikrocistinov v vzorcih vode nismo zaznali. Dosedanje raziskave kažejo, da na območju MOL pogosto prihaja do cvetenj toksičnih cianobakterij v Koseškem bajerju in manjših vodnih zadrževalnikih v ZOO.

Na podlagi **bentoških nevretenčarjev** smo podali oceno razmer Koseškega bajerja in ribnika Tivoli z vrednotenjem po modulu hidromorfološka spremenjenost. Ker vodni telesi nista naravni, ampak sta posledica delovanja človeka, smo podali oceno ekološkega potenciala in ne ekološkega stanja (Direktiva 2000/60/ES). V Koseškem bajerju smo posamezno vzorčno mesto uvrstili v zmeren, dober oz. zelo dober ekološki potencial. Vzorčna mesta v ribniku Tivoli so bila ovrednotena nekoliko slabše in smo jih uvrstili v razred zmeren ali zelo slab potencial. Na podlagi rezultatov posameznih vzorčnih mest smo Koseški bajer uvrstili v razred dober potencial, medtem ko smo ribnik Tivoli uvrstili v razred zmeren potencial.

Izračun trofičnega indeksa na podlagi **fitobentosa** kaže v Koseškem bajerju na dveh vzorčnih mestih evtrofno stanje ter na enem evpolitrofno stanje. Skupna ocena bajerja je evtrofno do evpolitrofno stanje. Vrednosti trofičnega indeksa v ribniku Tivoli so nižje, kar kaže na ugodnejše razmere v tem vodnem telesu. Trofični indeks ga uvršča v mezotrofno do evtrofno stanje. Fitobentoška združba je v obeh vodnih telesih pestra, vendar je omejena le na ozek obrežni del, zato ima fitobentos skromen delež pri celotni primarni produkciji. To je v Koseškem bajerju posledica močno razvite fitoplanktonske združbe, ki vpliva na svetlobne razmere v pridenem sloju. Poleg tega zamuljeno, giblivo dno otežuje naselitev fitobentoških organizmov. Podobno je v ribniku Tivoli, kjer k neugodnim svetlobnim razmeram na dnu prispevajo predvsem makrofiti. V hladnejših obdobjih leta, ko so svetlobne razmere ugodnejše, pa razvoj fitobentosa preprečuje odpadlo in razpadajoče listje okoliške vegetacije.

Združbe **makrofitov** v obeh vodnih telesih so razmeroma revne, saj v celoti manjkajo potopljene vrste. V ribniku Tivoli se pojavljajo emerzne in natantne oblike makrofitov, medtem ko so v Koseškem bajerju prisotne samo emerzne vrste. Motna voda v obeh vodnih telesih onemogoča uspevanje potopljenih vrst. Njihova odsotnost sama nakazuje obremenjenost sistema. Vrste, ki uspevajo v Koseškem bajerju, kažejo na mezoevtrofno do

evtrofno stanje. Makrofiti v ribniku Tivoli so nasajeni, zato ocena stanja na podlagi njih ni mogoča.

V preteklosti so bili za **vrednotenje kakovosti** vode uporabljani za vse ekosisteme enotni kriteriji (npr. vrednotenje stopnje trofičnosti glede na kriterije OECD). Vrednotenje stanja voda v skladu z Vodno direktivo temelji na odstopanju od izhodiščne oz. referenčne vrednosti, ki pa se med vodnimi telesi, ki pripadajo različnim tipom, razlikuje. To pomeni, da je za posamezno vodno telo treba najprej določiti izhodiščno vrednost. Za Koseški bajer in ribnik Tivoli lahko trenutno določimo le, kako je njuno trofično stanje v skladu s kriteriji OECD. Predlagamo, da se za Koseški bajer in ribnik Tivoli določijo izhodiščne oz. referenčne vrednosti in meje med razredi ekološkega stanja. Na podlagi mejnih vrednosti bo lahko izvedeno vrednotenje ekološkega stanja v skladu z Vodno direktivo, prepoznane pa bodo lahko tudi vrednosti trofičnosti, ki so za posamezni ekosistem potencialno dosegljive v razmerah ob minimalnih obremenitvah.

Glede na rezultate raziskave sta tako ribnik Tivoli kot Koseški bajer v evtrofnem stanju. Za izboljšanje razmer **predlagamo** predvsem prepoved (ribnik Tivoli) ali omejitev ribolova (Koseški bajer) ter prepoved hranjenja živali. Priporočamo tudi povečanje površin s pestro vodno vegetacijo, izboljšanje kakovosti obrežnega pasu (zasaditev domorodnih drevesnih in grmovnih vrst) ter sanacijo dotokov onesnažene vode. Ob vodnih telesih bi bilo potrebno postaviti informacijske table o prepovedi hranjenja in vlaganja živali ter namenu ukrepov. Ključen ukrep pa je nadzor nad izvajanjem omejitev.

Do izvedbe ukrepov predlagamo izvajanje monitoringa za spremljanje razmer na najmanj tri leta, po izvedenih ukrepih je za spremljanje učinkov ukrepov predviden vsakoletni monitoring. Za celovito oceno stanja bi bilo potrebno slediti Uredbi o stanju površinskih voda (Uradni list RS 14/2009). Zaradi pojavljanja toksičnih cianobakterijskih vrst predlagamo izvajanje biološkega monitoringa (klorofil *a*, biovolumen fitoplanktona, potencialno toksične vrste), ki naj bo pogostejši v poletnih mesecih, ko je verjetnost razrasta toksičnih cianobakterij največja.

9. EXTENDED SUMMARY

Tivoli pond is a man-made water body which was created in the year 1880 in the southern part of the park Tivoli. The pond covers the area of 6000 m² and its volume is between 3000-4000 m³. Tivoli pond is conditioned by many inflows. **Koseze pond** is about 200 years old being formed in a former clay pit. The layer of clay covering the gravel layer prevented the drainage of water. The pond covers the area of 37000 m² and has a volume about 55000 m³. On its southeast part is inflow Mostnica. Both ponds has multiple functions that benefit their surrounding and the city of Ljubljana.

The **aim** of the project was to assess the ecological / trophic status of Tivoli and Koseze ponds. To fulfil this aim we performed physical, chemical and biological analyses.

Sampling, storage and analyses of different samples followed the procedures prescribed by national methodology. Samples for **physical and chemical analyses** were taken at four sites: in Tivoli pond, its inflow and in Koseze pond and its inflow Mostnica. Measurements were performed four times, in October 2012, April 2013, June 2013 and August 2013. The following parameters were measured: transparency (Secchi depth), temperature of water, concentration of soluble oxygen, saturation of water with oxygen, electric conductivity, pH, m-alkalinity, ammonium, nitrates, nitrites, total nitrogen, total organic carbon, total phosphorous, ortofosfate and silicon.

The samples for both quantitative and qualitative assessment of **phytoplankton** and for physical and chemical analyses were collected at the same time. Samples was taken at one site in each pond. We determined: species and relative abundance of phytoplankton, biovolume of phytoplankton, amount of chlorophyll *a* and the amount of cyanobacterial toxins. Ecological and trophic status of the ponds was calculated according to biovolume (Brettum, 1989), and according to chlorophyll *a* and transparency (OECD, 1982).

All methods, used in the analysis of **benthic invertebrates** followed the guidance and procedures for the determining the ecological status of the lakes in Slovenia (Urbanič et al., 2006; Uradni list RS 10/2009), and were in accordance to WFD (Directive 2000/60/EC).

Samples were taken at three sites in each pond. For the evaluation of ecological potential we used the impact index of the hydro-morphological alterations of littoral (LHM). Time and sites of the sampling of phyto and zoobenthos were the same. Samples were collected in different substrates (multihabitat sampling). Frequency of occurrences of the single **phytobenthos** species was used to calculate the trophic index (Rott et al., 1999). Methods, used for sampling and taxonomic evaluation of samples were the same that are used for monitoring of Slovenian lakes and are required by WFD. However final assessment of studied ponds according to phytobenthos based on trophic index.

Macrophytes were sampled on three transects in Tivoli pond and on five transects in Koseze pond. We assessed the presence and abundance of macrophytes and environmental parameters. Trophic status of the ponds was evaluated according to the presence of macrophyte species. Certain macrophyte species typically grows in the environment with the certain amount of nutrients. Therefore species composition indicates the trophic state of water body. Indicator values of Haslam (1987) were used.

On the basis of the results of **physical and chemical analyses** we assessed trophic status (according to OECD criteria for lakes) in Tivoli and Koseze ponds. The average annual concentration of total phosphorous classified both ponds as eutrophic, the average concentration of inorganic nitrogen as mesotrophic and water transparency as hypereutrophic systems.

Phytoplankton community in Tivoli pond, compared to Koseze pond, was relatively poor. Average phytoplankton biovolume classified Tivoli pond as oligomesotrophic, while Koseze pond as mesotrophic. The amount of chlorophyll *a* in both ponds corresponded to eutrophic state, and water transparency to hypereutrophic state. This is a consequence of anthropogenic influences like loaded inflows, fishing related activities, feeding of animals, etc. Therefore the control of nutrients input is crucial for improvement of ecological conditions in both ponds. Cyanobacteria often bloom in Koseze pond in the summer period. Special attention should be paid to the presence of potentially **toxic cyanobacterial species** in Koseze pond. High amount of toxin (mikrocistin) in cyanobacterial bloom (August 2013: 3,3 µg/g dry weight or 7,0 µg/l of bloom) exceeded recommended concentration 1 µg/l (WHO Guidelines). During bloom decay, the toxins are released into water body, where they present a threat to aquatic

biocenosis and also to animals and humans living in the vicinity of pond, since the toxins are also found in aerosols. The most often exposure to cyanobacterial toxins from water bodies is inhalation. Mycrocistins uptaken by inhalation of aerosols can cause cancer and degenerative illnesses in the case of chronic input. However in Tivoli pond the number of potentially toxic species was rather low and no mycrocistins were detected in water samples. Our internal research in the area of Ljubljana municipality showed that blooming of toxic cyanobacteria in Koseze pond and in small water bodies in ZOO occurs regularly.

On the basis of **benthic invertebrates** we assessed Tivoli and Koseze ponds using evaluation according to the module hydromorphological changes. Since both water bodies are man-made we assess their ecological potential (Directive 2000/60/ES). We classified the sampling sites in Koseze pond to moderate, good and very good ecological potential, respectively. Sampling sites in the Tivoli pond was classified to moderate or very bad ecological potential. Taking into account the results obtained at different sampling sites we classified Koseze pond to good ecological potential while Tivoli pond was classified to moderate ecological potential.

The calculation of trophic index based on **phytobenthic community** in Koseze pond revealed eutrophic conditions at two sites and eu-polytrophic at one site. Values of trophic index of phytobenthos in Tivoli pond were lower that reflected better condition. The trophic status of Tivoli pond was mezotrophic to eutrophic, while of Koseze pond eutrophic to eu-polytrophic. Phytobenthos community is rich in both ponds, but limited to narrow belt of littoral, contributing negligible part to overall primary production. The major primary producers in the case of Koseze pond was phytoplankton, while in the case of Tivoli pond macrophytes. Limitations of phytobentic communitiy in Koseze pond were due to abundant phytoplankton community that prevented penetration of light. In the case of Tivoli pond natant macrophytes covering the pond surface also negatively affected light that reach the pond bottom. In the winter period, when light conditions are better (due to seasonality of phytoplankton and macrophytes), the development of phytobentos was limited by degrading litter-fall of nearby vegetation.

Macrophyte communities in both ponds were relatively poor and no submerged macrophytes were present. Tivoli pond were colonised by emerged and natant macrophytes while Koseze pond only by emerged species. The absence of submerged species in both water bodies was

possibly due to turbid water that prevented their growth. Macrophyte species found in Koseze pond indicated on mesoeutrophic to eutrophic conditions. All macrophytes species that thrive in Tivoli pond were planted thus the assessment based on macrophytes cannot be done.

In the past there were unified **criteria for the evaluation** of water quality for all ecosystems (i.e. evaluating of the level of trophic according to OECD criteria). Evaluation of the status of the water in accordance to Water Framework Directive bases on the deviation from the baseline or reference values that differ between different types of water bodies. That means that the baseline value should be determined for a single water body. We propose that baseline or reference values are determined for Koseze and Tivoli ponds as well as the borders between different classes of the ecological status. On the basis of border values evaluation of ecological status according to Water Framework Directive can be implemented, and values of trophic, which are potentially achievable for the certain ecosystem in the conditions of minimum loads can be also recognized.

Based on the results of our research, Tivoli and Koseze ponds are in eutrophic state. The **measures for the improvements of the conditions** in the Tivoli pond are prohibition of fishing, removal of fish from the pond, prohibition of fish introduction, prohibition of feeding animals, prevention of direct inflow of drainage or meteoric waters, prevention of pollution, maintenance of the water depth at least 1.5 m (in the case of filling the pond with sediments, the pond should be emptied and sediments removed), improvement of conditions for establishing rich macrophyte community, planting and maintenance of helophytes at the site of inflows, planting of woody species in the riparian zone, setting information boards with prohibition of feeding of animals and with the explanation of the purpose of actions, and strict control of the restrictions implementation.

The measures for the improvements of the conditions in the Koseze pond are restriction of fish stocking and prohibition of feeding of fish and other animals, sustainable management of riparian zone, limiting direct access to the pond by building of wooden piers that would decrease the erosion of the shore and enable the visitors safe access to the pond, prohibition of the use of phytochemicals on south-eastern part of the pond catchment (Mostec), setting information boards with prohibition of animal feeding and with the explanation of the purpose

of actions, strict control of the restrictions implementation, and establishing management plan to assure sustainable and wise use of the catchment and pond itself.

The **recommendations for monitoring** are the following: prior the implementation of actions we recommend monitoring at least every three years, while after implementation of the measures the annual monitoring of the effects of the measures is required. For the comprehensive assessment of the status, all in the Decree on surface water status (Uradni list RS 14/2009) prescribed quality elements should be surveyed. The evaluation of the status or potential of the single standing water should be implemented in the accordance to the Rules on surface water status monitoring (Uradni list RS 10/2014).

Due to the occurrence of potentially toxic cyanobacteria we recommend the following activities: regular monitoring of parameters (biological and chemical) that favours the growth of toxic cyanobacteria species. Often monitoring is needed especially in the summer months, when the possibility of toxic cyanobacterial blooming is the highest.

10. VIRI

- Bizjak A., Vrhovšek D., Bertok M., Sovinc A., Trontelj P., Burja D., Anzeljc D., Fazarinc R. 1996. Vodnogospodarske strokovne podlage za ureditev območja Agrostroj-Koseški bajer. Ljubljanski urbanistični zavod, Ljubljana
- Bricelj M., Kosi G., Eleršek T., Stanič K. 2010. Spremljanje kemijskega in ekološkega stanja jezer v letu 2009 (Biološki parametri: fitoplankton, bentoške diatomeje): končno poročilo. Ljubljana: Nacionalni inštitut za biologijo: 220 str.
- Bubik A., Sedmak B., Novinec M., Lenarčič B., Lah Turnšek T. 2008. Cytotoxic and peptidase inhibitory activities of selected non-hepatotoxic cyclic peptides from cyanobacteria. *Biological Chemistry*, 389, 10: 1339-1346
- Direktiva 2000/60/ES Evropskega parlamenta in sveta Evrope, Directive of the European Parliament and of the Council establishing a framework for Community action in the field of water policy, 23. oktober 2002. Bruselj, 72 str.
- Eleršek T. 2009. First report of cyanobacterial bloom of *Microcystis viridis* (A. Braun) Lammermann in Slovenia = Prvi opis cvetenja cianobakterije *Microcystis viridis* (A. Braun) Lammermann v Sloveniji. *Acta biologica Slovenica* 521, 1: 37-47
- Fazarinc R. 2006. Revitalizacija in sanacija ribnika Tivoli. Inženiring za vode, Ljubljana
- Fujs Z. 2011. Revitalizacija in sanacija ribnika Tivoli. Podjetje za urejanje hudournikov, Ljubljana
- Haslam S.M. 1987. River Plants of Western Europe. The macrophytic vegetation of watercourses of the European Economic Community. Cambridge University Press, Cambridge: 512 str.
- Kohler A. 1978. Methoden der Kartierung von Flora und Vegetation von Süßwasserbiotopen. *Landschaft und Land* 10/2: 78-85
- Kosi G., Sedmak B. 1997. Pojavljanje toksičnih cianobakterij v slovenskih stoječih vodah. *Kakovost voda v Sloveniji*, 179-185
- Kosi G. 1999. Pojavljanje toksičnih cianobakterij v slovenskih površinskih vodah. Doktorska disertacija. Biotehniška fakulteta, Ljubljana
- Krelj Ž. 2007. Ekološki status ribnika Tivoli. Diplomsko delo. Biotehniška fakulteta, Ljubljana: 76 str.
- Krivograd Klemenčič A. 2002. Alge Koseškega bajerja in Sotelskega jezera, dveh evtrofnih jezer v Sloveniji. *Natura Sloveniae*, 4, 2: 5-19
- Milutinović A., Živin M., Zorc-Pleskovič R., Sedmak B., Šuput D. 2003. Nephrotoxic effects of chronic administration of microcystins -LR and -YR. *Toxicon*, 42, 3: 281-288
- Ministrstvo za okolje in prostor, 2009a. Metodologija vzorčenja in laboratorijske obdelave vzorcev za vrednotenje ekološkega stanja jezer s fitoplanktonom
http://www.mko.gov.si/fileadmin/mko.gov.si/pageuploads/podrocja/voda/ekolosko_stanje/metod_vzorc_lab_obd_vzorcev_vredn_ekoloskega_st_jezer_fitoplanktonom.pdf
- Ministrstvo za okolje in prostor, 2009b. Metodologija vzorčenja in laboratorijske obdelave vzorcev za vrednotenje ekološkega stanja jezer s fitobentosom in makrofiti

http://www.mko.gov.si/fileadmin/mko.gov.si/pageuploads/podrocja/voda/ekolosko_stanje/metod_vzorc_lab_obd_vzorcev_vredn_ekoloskega_st_jezer_fitobentosom_makrofiti.pdf

Ministrstvo za okolje in prostor, 2009c. Metodologija vrednotenja ekološkega stanja jezer s fitobentosom in makrofiti

http://www.mko.gov.si/fileadmin/mko.gov.si/pageuploads/podrocja/voda/ekolosko_stanje/metod_vredn_ekoloskega_st_jezer_fitobentosom_makrofiti.pdf

OECD, 1982. Eutrophication of waters, Monitoring, Assessment and Control

Pravilnik o monitoringu stanja površinskih voda. Uradni list RS, št. 10/2009.

Ribkat 2013. <https://webapl.mkgp.gov.si/apex/f?p=146>

Rott E., Pipp E., Pfister P., van Dam H., Ortler K., Binder N., Pall K. 1999. Indikationslisten für Aufwuchsalgen. Teil 2: Trophieindikation. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien.

Šajn-Slak A., Macarol B., Vrhovšek M., Berden Zrimec M., Zrimec A., Kosi G., Lovka M. 2005. Smernice za pripravo načrta upravljanja z ribnikom Tivoli. Limnos, Ljubljana

Sedmak B., Carmeli S., Eleršek T. 2008a. "Non-toxic" cyclic peptides induce lysis of cyanobacteria-an effective cell population density control mechanism in cyanobacterial blooms. *Microbial Ecology*, 2, 56: 201-209. <http://dx.doi.org/10.1007/s00248-007-9336-9>

Sedmak B., Eleršek T., Grach-Pogrebinsky O., Carmeli S., Sever N., Lah Turnšek T. 2008b. Ecotoxicologically relevant cyclic peptides from cyanobacterial bloom (*Planktothrix rubescens*) - a threat to human and environmental health, *Radiology and Oncology (Ljublj.)* 42, 2: 102-113

SIST EN 14996:2006. Kakovost vode - Navodilo za zagotavljanje kakovosti biološkega in ekološkega ocenjevanja v vodnem okolju

SIST EN ISO 5667-3:2004. Kakovost vode - Vzorčenje - 3.del: Navodilo za shranjevanje in ravnanje z vzorci vode (ISO 5667-3:2003)

SIST ISO 5667-4:1996. Kakovost vode - Vzorčenje - 4.del: Navodilo za vzorčenje naravnih in umetnih jezer

SIST ISO 5667-6:2007. Kakovost vode - Vzorčenje - 6.del: Navodilo za vzorčenje vodotokov

SIST ISO 10260:2001. Kakovost vode - Merjenje biokemijskih parametrov - Spektrofotometrično določevanje koncentracije klorofila (istoveten ISO 10260:1992)

SIST EN ISO/IEC 17025:2005 - Splošne zahteve za usposobljenost preskuševalnih in kalibracijskih laboratorijev

Uredba o stanju površinskih voda. Uradni list RS, št. 14/2009.

Urbanič G., Remec-Rekar Š., Kosi G. 2008. Klasifikacija ekološkega stanja jezer z biološkimi elementi v skladu z Vodno direktivo (Direktiva 2000/60/ES). *Eko-voda*, Zgornja Ščavnica, 31 str.

Urbanič G., Tavzes B., Ambrožič Š., Pavlin Urbanič M., Sever M. 2006. Metodologija vzorčenja in laboratorijske obdelave bentoških nevretenčarjev v jezerih v skladu z zahtevami vodne direktive (Direktiva 2000/60/ES) : končno poročilo. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo, 94 str.

- Urbanič G., Petkovska V., Pavlin Urbanič M. 2012. The relationship between littoral benthic invertebrates and lakeshore modification pressure in two alpine lakes. *Fundamental and Applied Limnology*, 180: 157-173
- Wolfram G., Dokulil M., Donabaum K., Reichmann M., Schulz L. 2006. Handbuch zur Bewertung des ökologischen Zustandes stehender Gewässer in Österreich gemäß EUWasserrahmenrichtlinie.
- Wolfram G., Dokulil M. 2008. Leitfaden zur Erhebung der Biologischen Qualitätselemente. Teil B2 – Phytoplankton.
- Žegura B., Sedmak B., Filipič M. 2003. Microcystin-LR induces oxidative DNA damage in human hepatoma cell line HepG2. *Toxicon*, 41, 1: 41-48