

VIDES RISINĀJUMU INSTITŪTS



**Burtnieka ezerā veiktā hidrobioloģiskā izpēte un ekosistēmas pieejā  
balstīts ezera praktiskas apsaimniekošanas plāns (līgums Nr. 3-21/304-  
2015)**

# Saturs

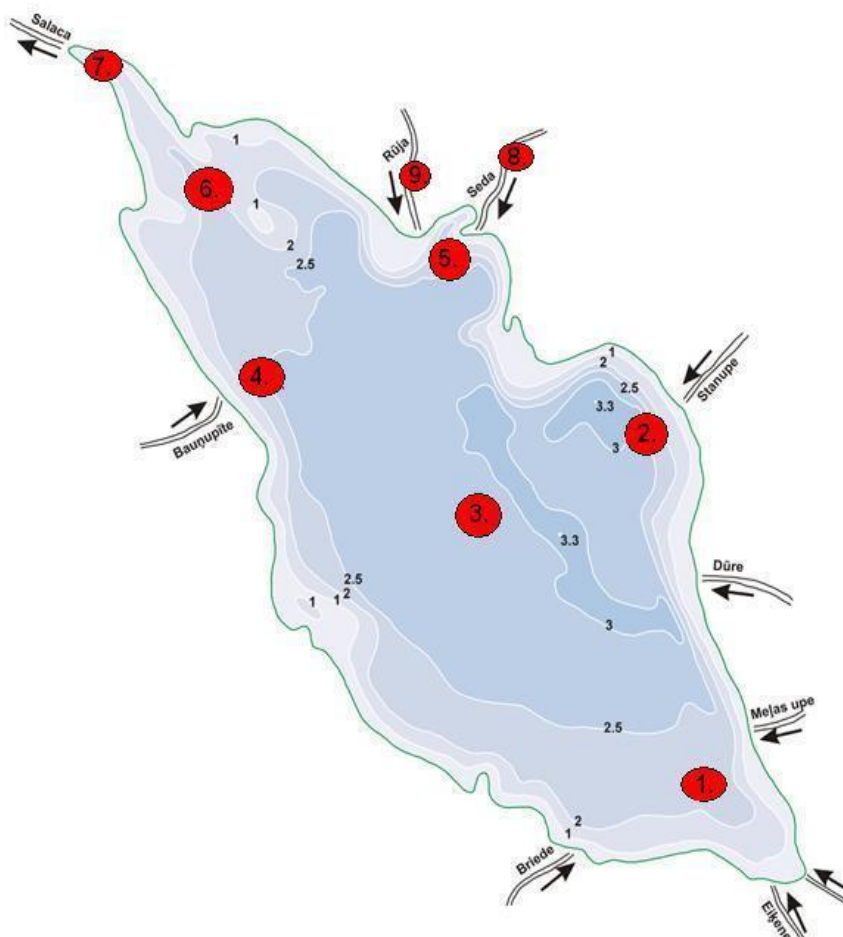
1.	Ievads.....	3
2.	Barības vielas.....	5
3.	Fitoplanktons .....	8
4.	Zooplanktona sabiedrība.....	10
5.	Zivju sabiedrība .....	11
5.1	Lūdaka .....	11
5.2	Plaudis.....	11
5.3	Zandarts.....	12
5.4	Zandarta un plauža lieluma attiecības.....	12
6.	Barošanās tīkla uzbūve .....	14
7.	Secinājumi .....	16
8.	Praktiskie apsaimniekošanas risinājumi .....	17
8.1	Sasniedzamie mērķa lielumi .....	17
8.2	Ezera piekrastes zonas aizaugšana. Praktiskie risinājumi.....	17
8.3	Ezera eitrofikācija un masveida aļģu ziedēšana. Praktiskie risinājumi. ....	18
8.3.1	Ieplūstošo barības vielu daudzuma samazināšana .....	18
8.3.2	Zivju sabiedrības biomanipulācija .....	19
8.3.2.1	Ieteikumi zivju sabiedrības biomanipulācijai Burtnieka ezerā .....	19
8.3.2.2	Nozvejas apjoms un monitorings.....	21
9.	Izmantotā literatūra.....	24

# 1. Ievads

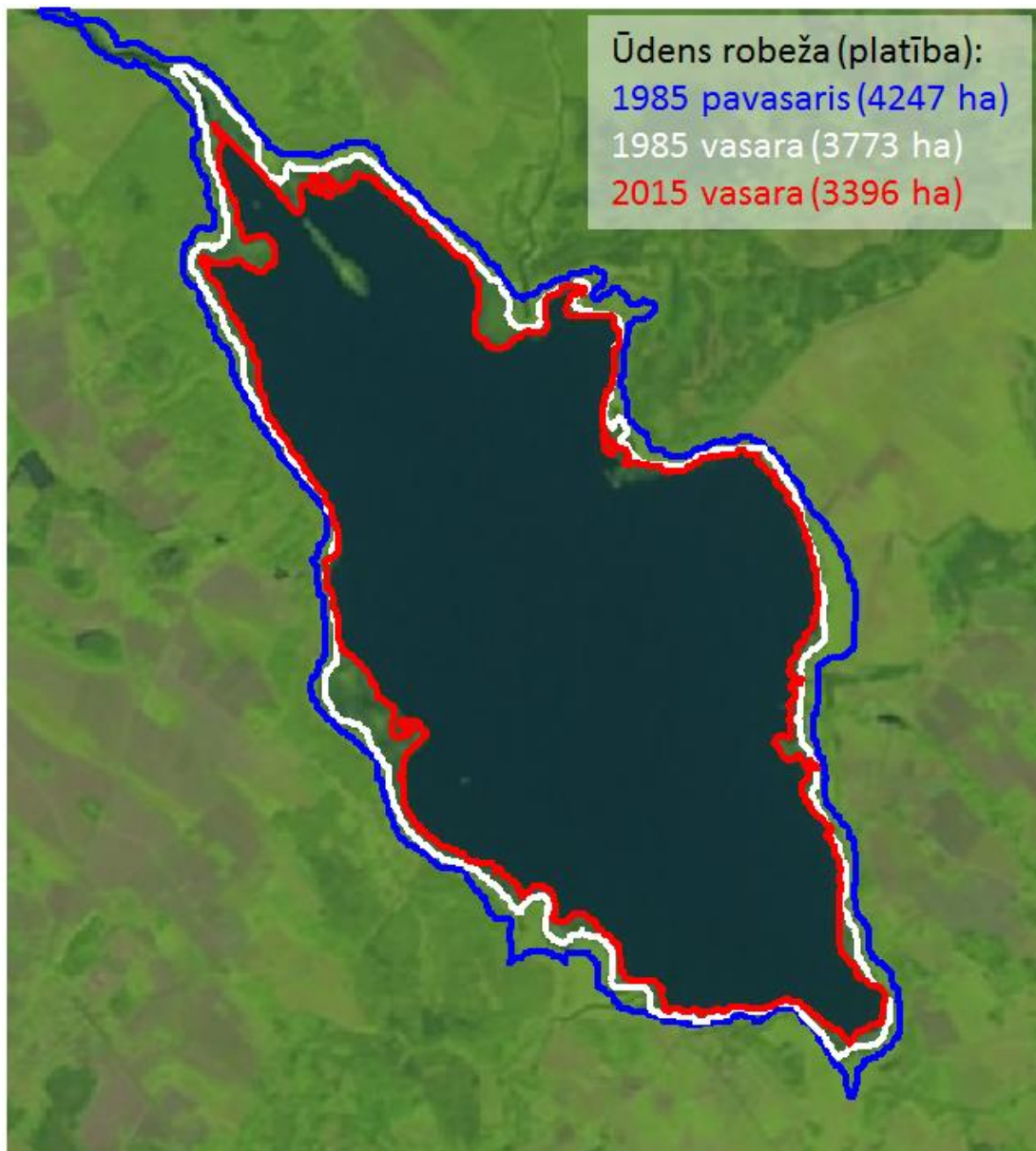
Pētījums, kas ir pamatā apsaimniekošanas plānam, tika uzsākts 2013. gadā ar praktisku mērķi izvērtēt un uzlabot Burtnieka ezera ekoloģisko stāvokli. Pētījuma uzsākšanas brīdī kā galvenā empīriski novērotā problēma tika identificēta ezera ziedēšana vasaras mēnešos (3.att.) kā arī krasta zonas aizaugšana (2. att). Tika nolemts trīs gadu garumā veikt visu ekosistēmas elementu pētījumu, lai zinātniski pamatotā veidā identificētu problēmu cēloņus un apjomu. Kā praktiski īstenojamais mērķis tika uzstādīts radīt tādu ezera apsaimniekošanas plānu, kas ļautu risināt ezera ekoloģiskās problēmas, tādējādi paaugstinot tā ekoloģisko un socio-ekonomisko vērtību.

1.tabula. Burtnieka ezera vispārīgie raksturlielumi

Platība	40	ha
Vid. dziļums	2	m
Max. dziļums	3	m
Sateces baseins	22	km <sup>2</sup>
Vid. kop.P; Maijs - Oktobris	7	µg/l
Vid. kop.N; Maijs - Oktobris	11	µg/l
Vid. hlorofila koncentrācija	5	µg/l
Ezera aizauguma teritorija	1	%



1.att. Burtnieka ezera karte ([www.ezeri.lv](http://www.ezeri.lv)) un ūdens kvalitātes paraugu ievākšanas stacijas.

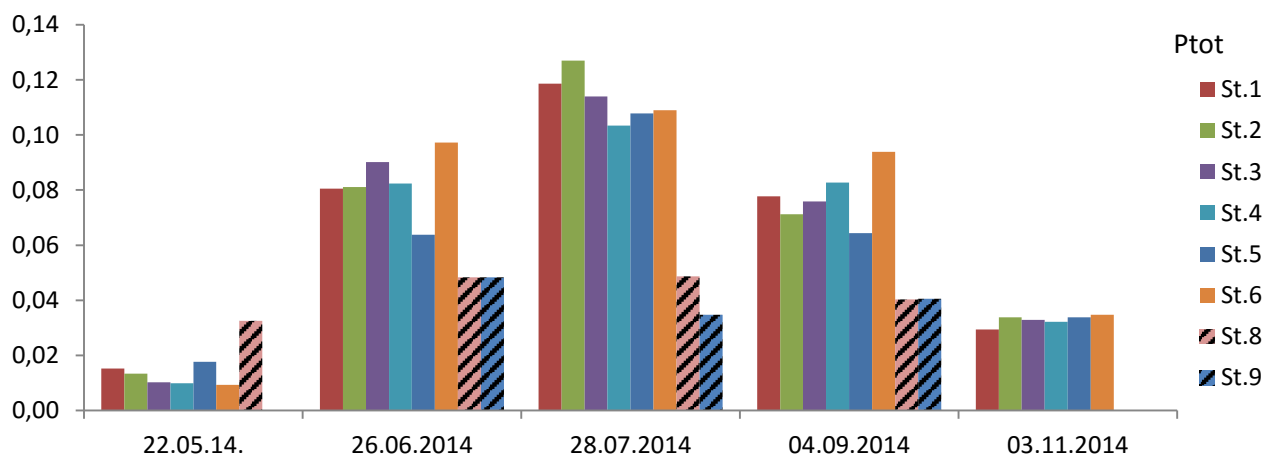


2.att. Burtnieka ezera atklātā ūdens platības robežas trīs laika intervālos un to platība. Fonā vidējā satelīta Landsat aina no 2009.-2015. gada vasaras sezonas.

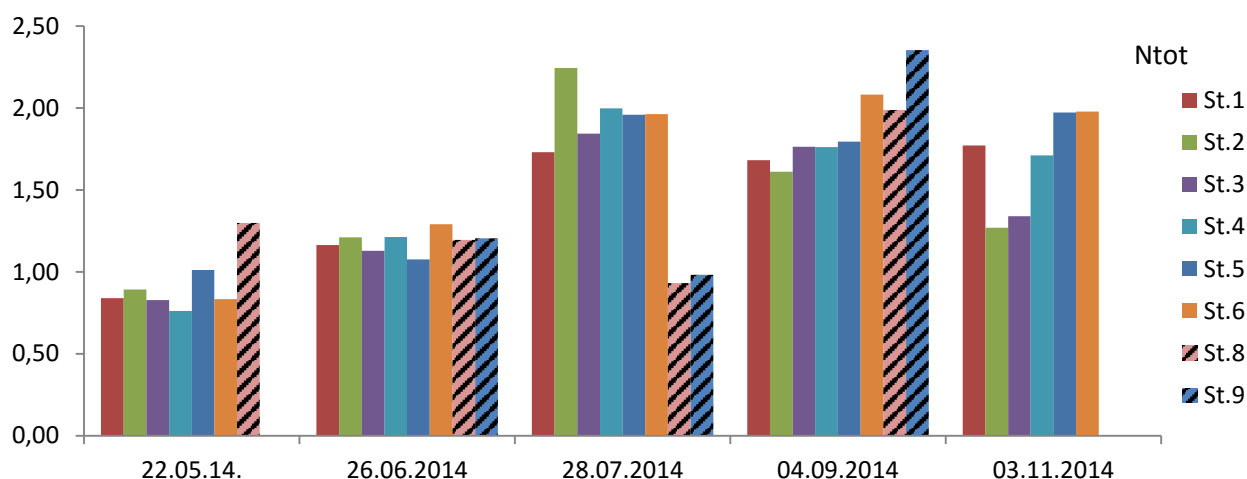
## 2. Barības vielas

Burtnieka ezera ūdens caurspīdība (seki dziļums) variēja no 0,4 m vasarā līdz 0,7 m rudenī. Šīs uzskatāmas par zemām vērtībām, kas norāda uz augstu izšķīdušu daļiņu klātbūtni ezera ūdenī.

Novērotās fosfora (P) vērtības vasaras sezonā ir eitrofiem ezeriem tipiskas. Visos pētījuma gados tika novērotas līdzīgas fosfora koncentrācijas, tādēļ uzskatāmībai turpmāk tiek lietoti 2014. gada dati. Novērojams, ka kopējā fosfora vērtības strauji paaugstinās vasaras sākumā (3. att.). Vasaras un rudens periodā fosfora vērtības ieplūstošajās upēs bija zemākas kā pašā ezerā. Tas norāda uz faktoriem ezera iekšienē, kas paaugstina fosfora koncentrāciju – bentisko zivju barošanās aktivitāte un vēja darbība iejauc izgulsnējušās barības vielas atpakaļ ūdens kolonnā. Fosfora vērtības ietekošo upju ūdenī kopumā vērtējamas kā vidēji augstas un tās nenorāda uz lielām fosfora ieplūdēm no ezera sateces baseina.



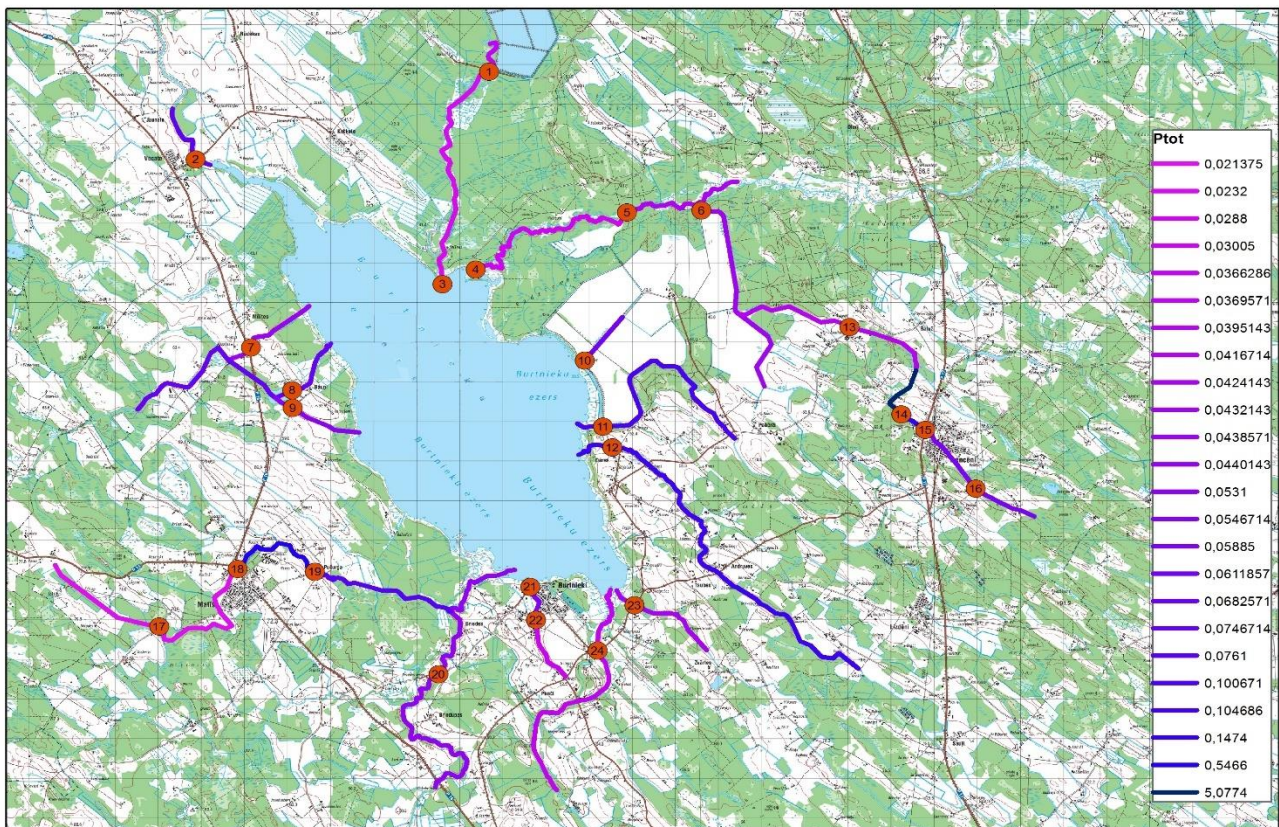
3.att. Kopējā fosfora koncentrācijas (mg/l) Burtnieka ezerā. St. – paraugu ievākšanas stacijas.



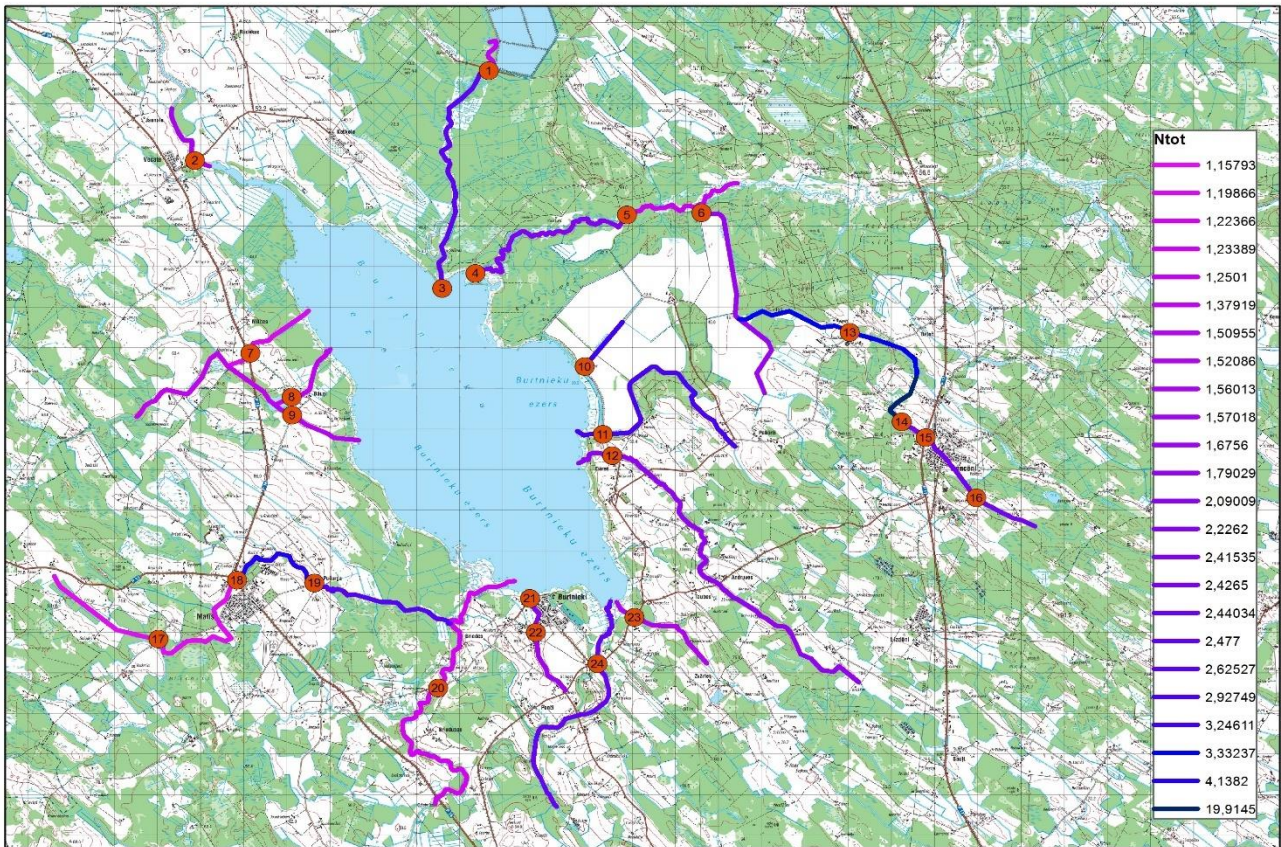
4.att. Kopējā slāpekļa koncentrācijas (mg/l) Burtnieka ezerā. St. – paraugu ievākšanas stacijas.

Kopējā slāpekļa koncentrācijas (4.att.) arī uzskatāmas par eitrofiem ezeriem tipiskām. Līdzīgi kā fosfora gadījumā – vasarā tās būtiski paaugstinās, kas skaidrojams ar bentivoro zivju un vēja ietekmi. Kopējā slāpekļa koncentrāciju paaugstināšanās vasaras periodā skaidrojama arī ar slāpekli fiksējošu zilaļģu augstajām koncentrācijām ezera ūdenī, kas apstākļos, kad ir pietiekams fosfora daudzums, fiksē atmosfērisko slāpekli, palielinot tā kopējās koncentrācijas ūdenī.

Jāpiemin, ka slāpekļa koncentrācijas ieteošajās upēs bija paaugstinātas rudenī un pavasarī. Tas norāda uz pastiprinātu barības vielu ieplūdi no ezera sateces baseinā esošajām lauksaimniecības zemēm.



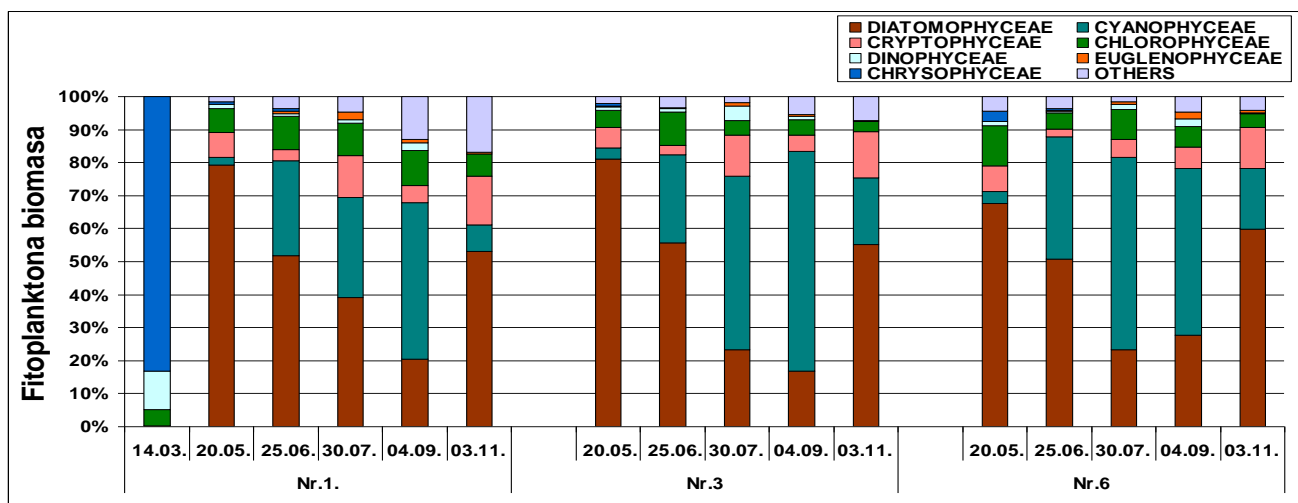
5.att. Ptot koncentrācija Burtnieka ezera ūdenstecēs. 2015. gada bez ledus sezonas vidējās vērtības. 1-24: paraugu ievākšanas stacijas, detalizēta informācija atskaitē “Burtnieka ezerā ietekošo upju un teču hidroķīmiskais raksturojums 2015. gadā”.



6.att. Ntot koncentrācija Burtnieka ezera ūdenstecēs. 2015. gada bez ledus sezonas vidējās vērtības. 1-24: paraugu ievākšanas stacijas, detalizēta informācija atskaitē “Burtnieka ezerā ietekošo upju un teču hidroķīmiskais raksturojums 2015. gadā

### 3. Fitoplanktons

Viszemākā fitoplanktona biomasa bija novērojama pavasarī, kad arī fosfora koncentrācija bija zema. Straujš biomasas pieaugums vērojams jūnijā, kad fitoplanktona sabiedrības sastāvā līdz tam dominējošās diatomas (Diatomophyceae) nomainīja potenciāli toksiskās zilaļģes. Zilaļģu daudzums samazinājās tikai oktobrī, kad samazinājās arī fosfora koncentrācijas – domājams, ka tas saistīts ar bentivoro zivju barošanās intensitātes pazemināšanos. Kopumā fitoplanktona, t. sk. potenciāli toksisko zilaļģu, biomasas ezerā ir augstas (detalizēti – “Atskaite par Burtnieku ezerā veikto hidrobioloģisko izpēti 2014. gadā”) un tas rada apdraudējumu ezera izmantošanai visa veida rekreācijas aktivitātēs. Svarīgi pieminēt, ka zilaļģes ir viens no zooplanktona barības objektiem. Savukārt zooplanktonu patērē karpveidīgās zivis, kuras ir plēsīgo zivju barības bāzes pamatā. Tādējādi zilaļģu toksīni caur barības ķēdi nonāk plēsīgajās zivīs un cilvēka uzturā. Līdz ar to zilaļģu daudzuma samazināšana ir nozīmīga arī no sabiedrības veselības viedokļa.



7.att. Fitoplanktona grupu biomasas Burtnieka ezerā (mg/l). Cyanophyceae – potenciāli toksisko zilaļģu grupa.

Fitoplanktona biomasai, izteiktai kā hlorofila-a koncentrācija, bija tieša, pozitīva sakarība ar kopējā fosfora vērtībām. Šī attiecība ir parametrs, kas kvantificē to, cik sabalansēta/nesabalansēta ir ezera zivju sabiedrība. Ezera zivju sabiedrībā dominējot tā saucamajām baltajām zivīm, to barošanās ar zooplanktonu, kas patērē fitoplanktonu, attiecīgi noved pie fitoplanktona daudzuma palielināšanās. Hlorofila/fosfora attiecība svārstījās starp 0,4 un 1,0, kas ir tipiski ezeriem, kur zivju sabiedrībā liels īpatsvars ir zooplanktonu patērējošām baltajām zivīm. Visaugstākās šī parametra vērtības tika fiksētas jūlijā, kad ezerā sastopams liels zooplanktonu patērējošu zivju mazuļu skaits, kas netieši pastiprina ezera ziedēšanu.

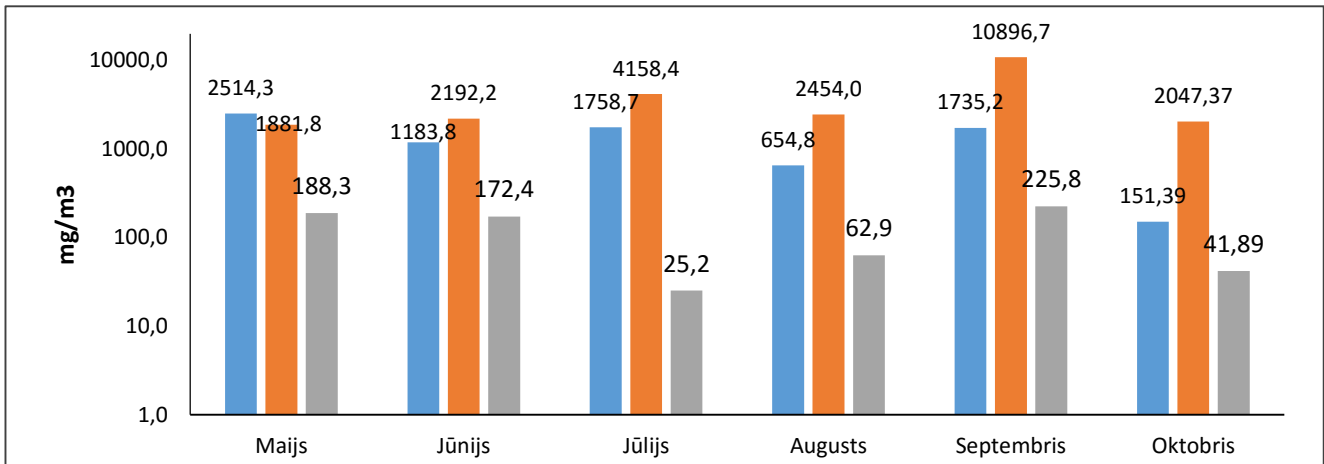




8.att. Ziedošs ūdens Burtnieka ezerā 2014. gada vasarā.

## 4. Zooplanktona sabiedrība

Cladocera grupas, kas ir zooplanktonu patērējošo zivju svarīgākais barības objekts, indivīdu skaits ezerā vērtējams kā diezgan zems un grupā dominē sīku izmēru īpatņi. Redzams arī, ka mazākais zooplanktona īpatņu daudzums novērots augustā, kad ezerā sastopams augstākais zooplanktonu patērējošo zivju īpatsvars. Arī dažādu sugu īpatņu mērījumi skaidri parāda, ka vasaras sezonā tie ir izmēros sīkākāki kā citos ezeros. Kopumā novērojumi norāda uz lielu zooplanktonu patērējošo zivju sugu izēšanas spiedienu uz zooplanktonu. Tas savukārt noved pie mazāka izēšanas spiediena uz fitoplanktonu, rezultējoties ūdens ziedēšanā. Dotā situācija ir tipiska ezeriem ar pārlietu augstu karpveidīgo (balto) zivju īpatsvaru.



9.att. Zooplanktona sabiedrība Burtnieka ezerā 2014. gadā. Cladocera (oranžs), copepoda (zils), rotatoria (pelēks) attiecība.

## 5. Zivju sabiedrība

Nolūkā kvantitatīvi un kvalitatīvi raksturot Burtnieka ezera zivju sabiedrību tika izmantotas virkne zinātnisku metožu. 2013. gadā tika veikta sezonāla zinātniski pētnieciska zveja izmantojot žauntīklus ar dažādu acu izmēru. 2014. gadā lietoti Nordic tipa daudzacu žauntīkli un žauntīkli ar acs izmēru 70 – 90mm. Papildus tam, 2014. gadā, sadarbojoties ar Čehijas zinātņu akadēmijas pētniekiem, tika izmantots tralis, elektrozeveja un piekrastes vads.

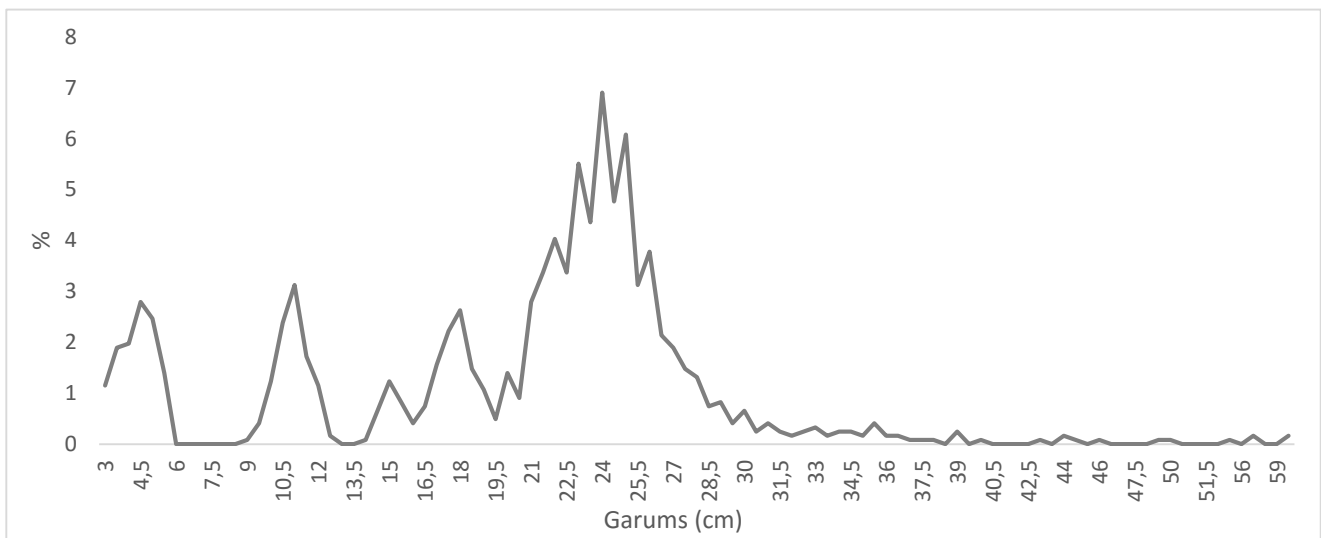
Zivju blīvuma un biomasas vērtības ir augstas gan ezera atklātajā, gan piekrastes daļā. Zivju sabiedrības sastāvā atklātajā ūdens daļā dominēja plaudis, zandarts, asaris, ķīsis, savukārt, ezera piekrastes daļā - rauda, līnis, rudulis, līdaka. Ezera atklātajā daļā (83% no platības) 81% no zivju biomasas sastādīja plaudis. Pēc skaita dominēja asara, zandarta un plauža mazuļi, kas norāda uz lielu izēšanas spiedienu attiecībā pret zooplanktonu.

### 5.1 Līdaka

Līdakas kopējā biomasas tika novērtēta kā minimums 11.5 kg/ha – aptuveni 45 tonnas. Svarīgi piebilst, ka novērtēt līdakas biomasu Burtnieka ezerā ir salīdzinoši grūti. Suga pamatā apdzīvo piekrastes ūdensaugu joslu, kur adekvātu kvantitatīvu paraugu ievākšana ir apgrūtināta. Tomēr procentuāli lielais ar elektrozevas metodi ievāktais līdaku skaits liecina, ka kopumā to daudzums ir adekvāts šāda tipa ezeriem. Arī Burtnieka ezerā pieejamā nārsta teritoriju platība vērtējama kā augsta un pietiekama veselīgas, pašatjaunojošās populācijas uzturēšanai. Tomēr vidēju un mazu īpatņu (25 – 50cm) procentuālā dominance liecina par lielu zvejas un makšķerēšanas spiedienu uz lielāka izmēra īpatņiem. Šāda līdaku populācijas vecuma struktūra uzskatāma par neveselīgu. Nelielu īpatņu dominance noved pie zemas nārsta efektivitātes un zema izēšanas spiediena uz karpveidīgajām zivīm. Papildus tam šāds resurss ir ar zemu saimniecisko vērtību. Rekomendējams samazināt zvejas/makšķerēšanas spiedienu uz lielākajiem īpatņiem, kas paaugstinātu nārsta efektivitāti un celtu resursa ekoloģisko un ekonomisko vērtību.

### 5.2 Plaudis

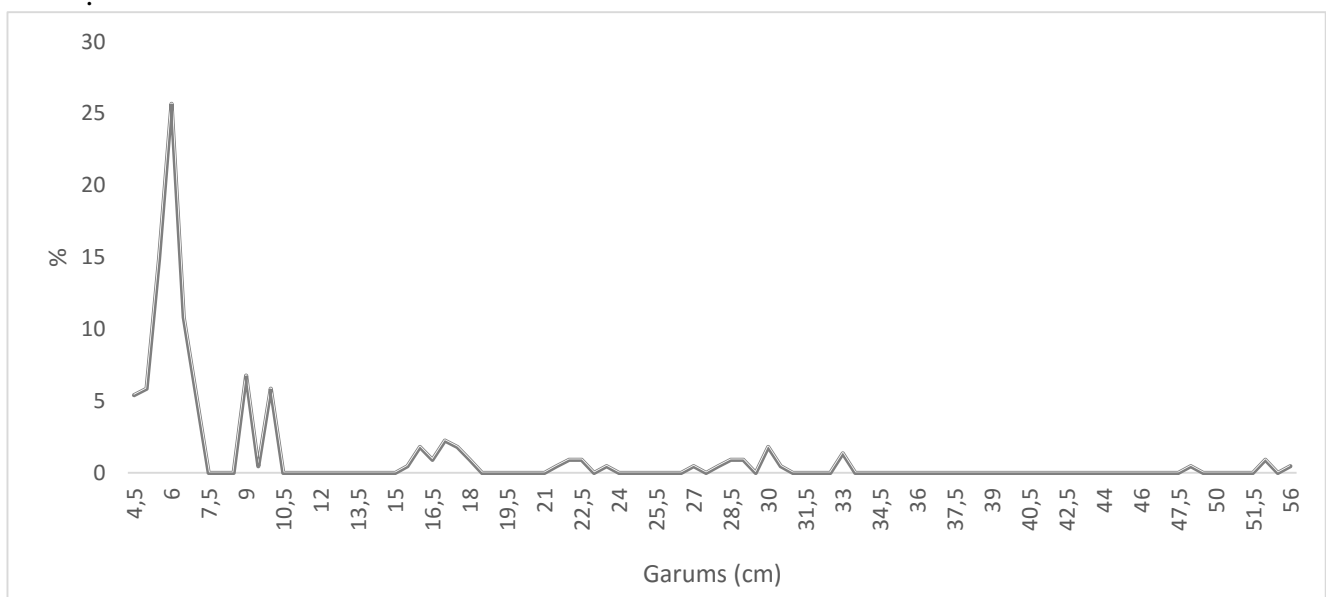
Spriežot pēc iegūtajiem datiem, plauža biomasas Burtnieka ezerā sastāda minimums 90,8 kg/ha, jeb aptuveni 354 tonnas. Augsts plaužu blīvums atstāj negatīvu ietekmi uz ūdens kvalitāti ezeros. Tas skaidrojams ar plaužu barošanās veidu - rokoties dūņās tie saduļķo ūdeni un iemaisa ūdens kolonnā tās barības vielas, kas izgulsnējušās ezera nogulumos. Jaunāki plauži barojas ar zooplanktonu, tiešā veidā ietekmējot tā daudzumu ezerā. Rezultātā ezerā pastiprinās fitoplanktona ziedēšana. Plaužu populācijā dominēja 22 – 28cm gari īpatņi, noķertas tikai atsevišķas 50 – 60cm garas zivis. Secināms, ka šāda plaužu populācija ir ar zemu zivsaimniecisko vērtību, jo tikai lieli plauži ir nozīmīgs zvejas un makšķerēšanas objekts.



10.att. Plauža īpatņu procentuālais sadalījums pa garuma grupām

### 5.3 Zandarts

Sprīžot pēc iegūtajiem datiem, zandarta biomasa Burtnieka ezerā sastāda minimums 16.2 kg/ha, jeb aptuveni 63 tonnas. Zandarta populācija Burtnieka ezerā sastāv galvenokārt no īpatņiem, kas mazāki par 40cm, noķertas tikai atsevišķas 50 – 60cm garas zivis. Lielais šīgadeņu blīvums norāda uz ļoti veiksmīgu zandarta pašatjaunošanos. Zemais lielu zivju procents daļēji skaidrojams ar to izvaiņšanos no zvejas rīkiem. Tomēr nenoliedzama ir arī lielā zvejnieku un makšķernieku ietekme uz zandarta resursu. Salīdzinājumam minami dati no Ylemiste ezera Tallinā, kur zandartu, kas lielāki par 15cm, vidū 47% sastādīja >50cm gari īpatņi.

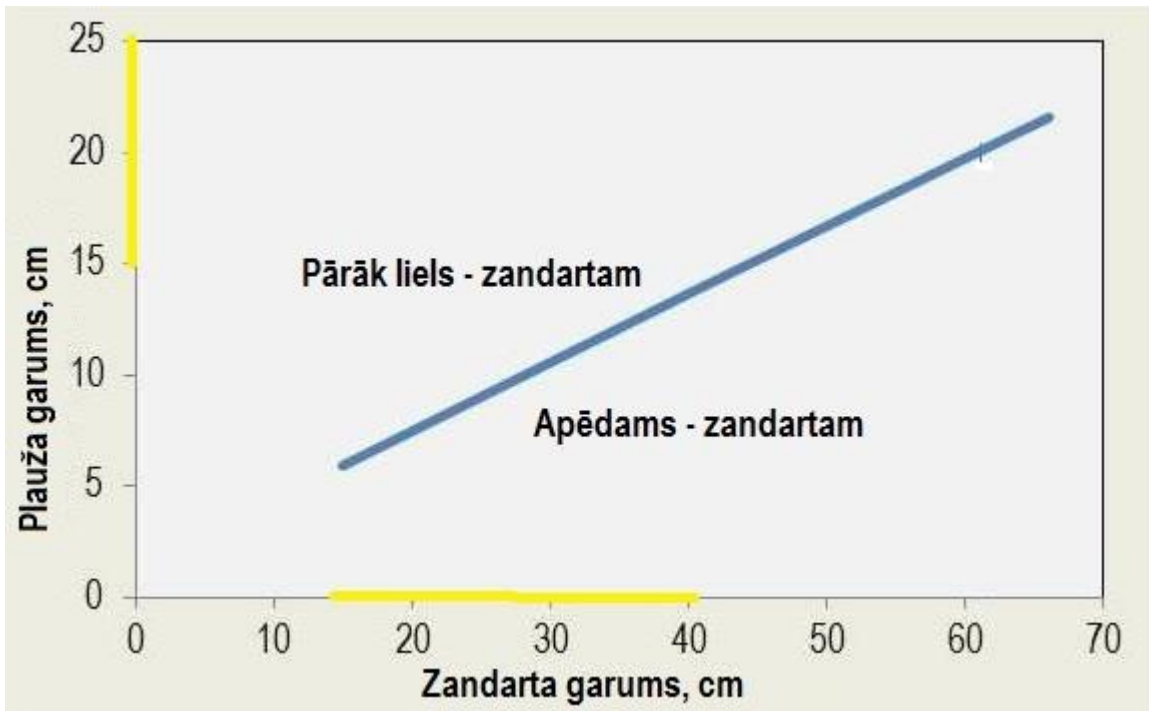


11.att. Zandarta īpatņu procentuālais sadalījums pa garuma grupām

### 5.4 Zandarta un plauža lieluma attiecības

Ezera atklātā ūdens daļā, kas sastāda 84% no tā platības, biomasas izteiksmē dominē plaudis un plēsīgo zivju vidū zandarts. Līdz ar to svarīgs ezera zivju sabiedrību raksturojošs parametrs ir zandarta/plauža lielumu attiecība. Plaužu vidū dominēja 15 – 28cm gari īpatņi, zandartu vidū 15 – 40cm gari īpatņi. Aptuveni 40cm garam zandartam ir neiespējami apēst aptuveni 15cm garu plaudī. Tas skaidrojams ar zandarta salīdzinoši mazo mutes atvērumu un plauža salīdzinoši augsto ķermeni. Tādējādi plaužu dabiskā mirstība strauji pazeminās tiklīdz tie sasniedz 15cm garumu. Novērots, ka

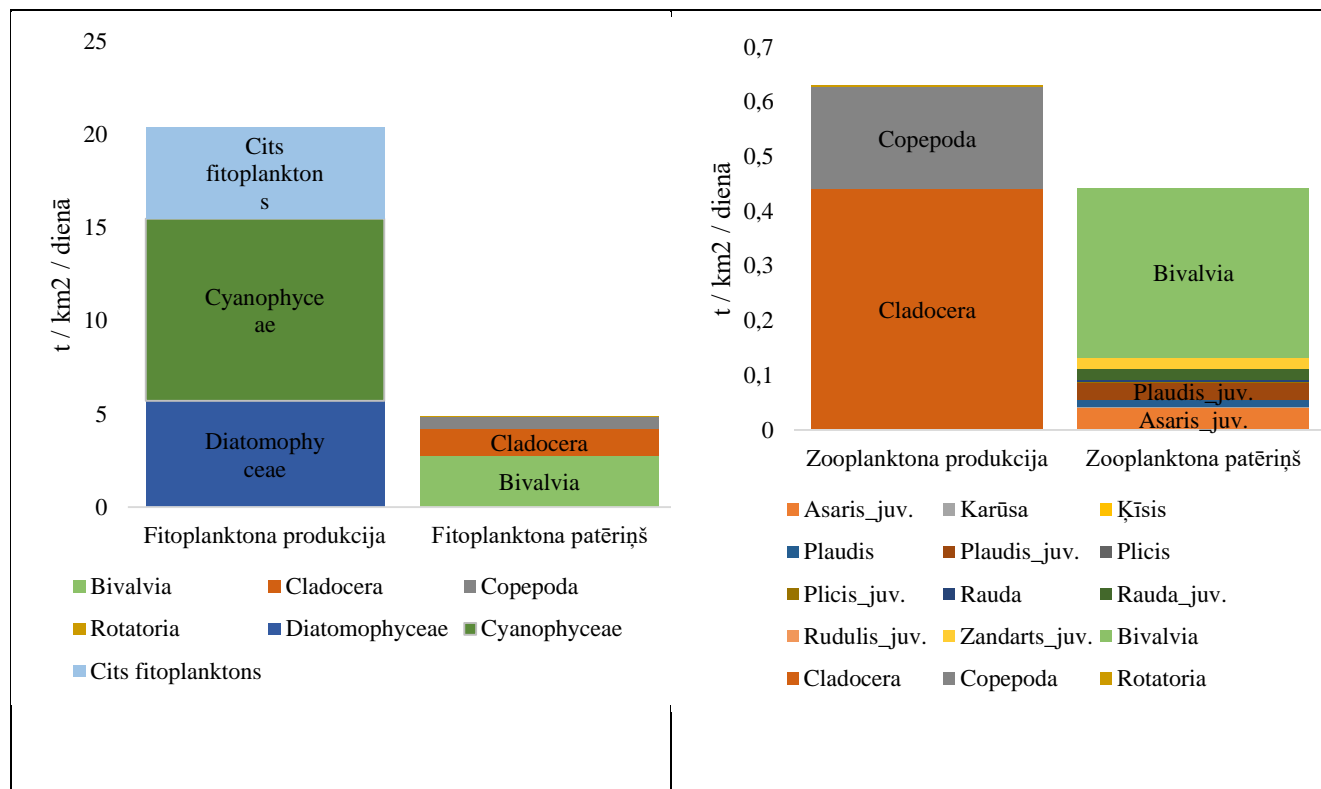
eutrofos apstākļos liels zandartu daudzums ir labvēlīgs plaudim, jo tas barojas ar slaidākām zivju sugām, samazinot konkurences ietekmi uz plaudi. Tas varētu skaidrot relatīvi zemu raudu biomasu Burtnieka ezerā. Ar plaužiem, kas lielāki par 15cm, var baroties vienīgi lielākas līdakas, kas pamatā apdzīvo ezera piekrastes zonu. Secināms, ka no ekoloģiskā viedokļa plauža populācija sastāv no bentosēdājām/planktonēdājām zivīm, kuras praktiski neapdraud plēsonības ietekme.



12.att. Zandarta izēšanas ietekme uz plaudi. Dzeltenā zona – dominējošās plauža/zandarta garuma grupas.

## 6. Barošanās tīkla uzbūve

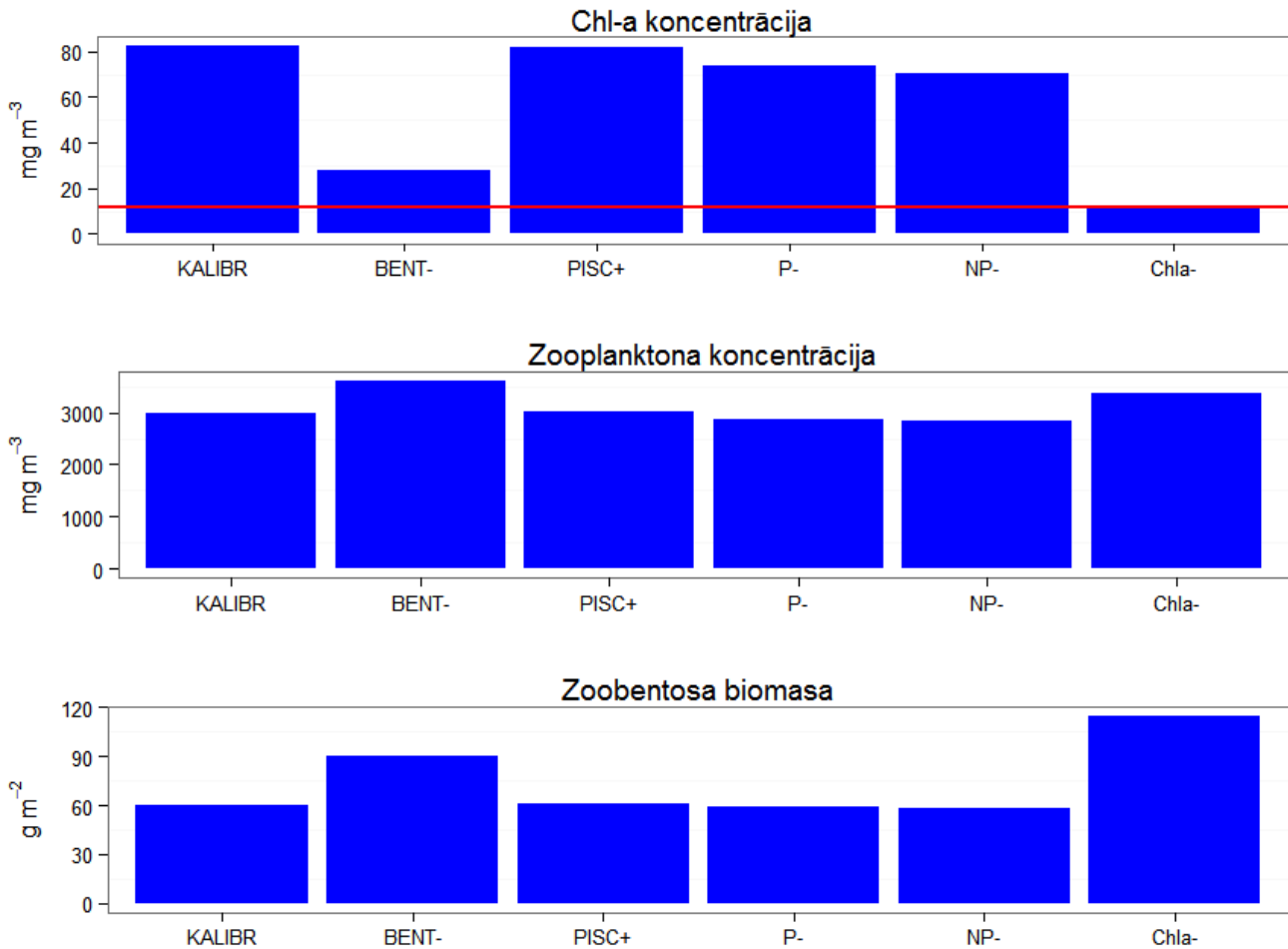
Barošanās tīkla uzbūve un mijiedarbības starp barības vielām, fitoplanktonu, zivīm un citiem barības ķēžu elementiem tika analizēti izmantojot divas ekosistēmu modelēšana pieejas: Ecopath, kas darbojas pēc “masas balansa” principa, analizējot organisko vielu plūsmu barošanās tīklos; PCLake, dinamisku modeli, kas savieno barības vielu ieplūdes ar vienkāršotu barošanās tīklu.



13.att. Fitoplanktona (pa kreisi) un zooplanktona (pa labi) produkcija un patēriņš Burtnieka ezerā

Abi modeļi rāda, ka nozīmīgu lomu barības tīkla funkcionēšanā spēlē moluski. Ecopath rezultāti liecina, ka moluski ir svarīgākie fitoplanktona patērētāji ezerā, kam seko Cladocera grupas zooplanktons. Tomēr kopējā izēšanas ietekme uz fitoplanktonu ir neliela un tikai ¼ no fitoplanktona produkcijas tiek patērēta barības tīkla ietvaros. Secināms, ka šobrīd izēšanas spiediens ir nepietiekams, lai kontrolētu fitoplanktona ziedēšanu ezerā. Novērojums, ka tikai neliela fitoplanktona daļa tiek patērēta barības tīkla ietvaros norāda arī uz to, ka zooplanktona un molusku daudzumu neierobežo barības objektu pieejamība, bet gan zivju izēšanas spiediens. Ecopath rezultāti liecina, ka moluski kopā ar zivju mazuļiem patērē arī ievērojamu daļu no zooplanktona produkcijas – galvenokārt izmēros mazākos īpatņus.

PCLake scenāriju simulācijas (14. att.) apstiprina bentivoro zivju izēšanas spiediena lielo ietekmi uz barības tīkla funkcionēšanu. Tikai scenārijos, kur tika samazināta arī bentivoro zivju biomasa, tādējādi palielinot molusku un zooplanktona daudzumu, izdevās simulēt fitoplanktona koncentrācijas samazināšanos.



14.att. Hlorofila-a vasaras perioda koncentrāciju, zooplanktona koncentrāciju un zoobentosa biomasas izmaiņas Burtniekā, atkarībā no pielietotā scenārija. ‘KALIBR’ – kalibrēts modeļa sākotnējais stāvoklis; ‘BENT-’ – bentosu un planktonu ēdošo zivju biomasas samazināšana, palielinot to zvejas mirstību; ‘PISC+’ – plēsīgo zivju biomasas palielināšana, pārtraucot to nozveju; ‘P-’ – ārējo fosfora slodžu samazināšana par 30%; ‘NP-’ – ārējo slāpekļa un fosfora slodžu samazināšana par 30%; ‘Chla-’ – zivju biomasu un ārējo barības vielu slodžu samazinājuma kombinācija, ar mērķi panākt izteiktu chl-a samazināšanos. Sarkanā līnija – sasniedzamais chl-a rādītājs saskaņā ar ūdens struktūrdirektīvu

## 7. Secinājumi

- 1) Barības vielu koncentrācijas ezerā uzskatāmas par ļoti augstām – ezers ir hipereitrofā stāvoklī
- 2) Daļa no barības vielām ezerā ieplūst ar ietekošajām upēm, bet nozīmīgs barības vielu avots ir arī ezera nogulumi, kur deponētās pagātnē ieplūdušas vielas.
- 3) Depozitētās barības vielas nokļūst atpakaļ ezera ūdenī vēja un zivju barošanās aktivitātes ietekmē.
- 4) Ezerā ir ļoti augsta fitoplanktona biomasas, kas būtiski samazina ezera piemērotību jebkādam rekreācijas aktivitātēm. Vasarā dominē potenciāli toksiskās zilaļģu sugas.
- 5) Mikroskopisko aļģu masveida ziedēšanu izraisa/veicina: a) barības vielu ieplūde no ezera sateces baseina b) barības vielu pievade no ezera nogulumiem c) samazinātais izēšanas spiediens no zooplanktona, pateicoties augstam zooplanktonu patērējošo zivju blīvumam
- 6) Zivju kopējā biomasa ezerā ir ļoti augsta. Dominē plaudis, zandarts, asaris, un rauda. . Plauža dominance skaidrojama ar a) lielu makšķernieku/zvejnieku spiedienu uz plēsējiem, kas to apdraud; b) mazu makšķernieku/zvejnieku spiedienu uz pašu plaudi; c) labiem barošanās apstākļiem.
- 7) Līdakas resurss vērtējams kā nelīdzsvarots, vēlams samazināt spiedienu uz lielākajiem īpatņiem.
- 8) Plauža barošanās veids, aktīvi rokoties dūņās, izraisa nogulsņējušos barības vielu iemaisīšanu ūdens kolonnā, kas pastiprina aļģu ziedēšanu
- 9) Augstais zooplanktonu patērējošo zivju īpatsvars noved pie paaugstināta izēšanas spiediena uz liela izmēra zooplanktona īpatņiem, kas savukārt samazina spiedienu uz fitoplanktonu, pastiprinot tā ziedēšanu
- 10) Gan PCLake, gan Ecopath modeļi norāda uz plauža biomasas akumulēšanos barības ķēdē, lielo ietekmi uz zooplanktonu, zoobentosu, kā arī biogēnu resuspensiju, prognozējot nepieciešamību tā biomasu samazināt.



## 8. Praktiskie apsaimniekošanas risinājumi

### 8.1 Sasniedzamie mērķa lielumi

Pirms uzsākt praktiskas darbības Burtnieka ezera ekoloģisko problēmu risināšanai, nepieciešams definēt sasniedzamos ūdens kvalitātes mērķus. Latvijai saistošā Eiropas Parlamenta un Padomes Ūdens Struktūrdirektīva 2000/60/EKT, kuras prasības iestrādātas Ūdens apsaimniekošanas likumā, nosaka, ka Burtnieka ezeram līdz 2027 jāasniedz laba ekoloģiskā kvalitāte. Gan šobrīd spēkā esošais Gaujas upes baseinu apsaimniekošanas plāns, gan mūsu iegūtie dati liecina, ka, saskaņā ar Ūdens Struktūrdirektīvas noteiktajām prasībām, ezera ūdens kvalitāte vērtējama kā sliktā. Tādējādi sekojošie praktiskie pasākumi plānoti ar mērķi uzlabot Burtnieka ezera ekoloģisko kvalitāti līdz labai (2.tab.).

2.tabula. Tagadējie un sasniedzamie (saskaņā ar Ūdens Struktūrdirektīvu) ūdens kvalitātes rādītāji Burtnieka ezerā

<i>Parametrs</i>	<i>Tagadējās vērtības</i>	<i>Sasniedzamās vērtības</i>
Kop. fosfors (vid. mg/l, mai. – okt.)	0.073	0.03 – 0.05
Kop. slāpekļis (vid. mg/l, mai. – okt.)	1.5	0.8 – 1.3
Hlorofils a (vid. µg/l vasarā)	55	7 - 12

### 8.2 Ezera piekrastes zonas aizaugšana. Praktiskie risinājumi

Šī pētījuma ietvaros kā papildus aktivitāte tika veikta ūdensaugu pārklājuma kartēšana, izmantojot attālās izpētes metodiku. Tika ievākti aerofoto dati par ūdensaugu telpisko izplatību ezerā un tie tika salīdzināti ar vēsturiskajiem satelītattēliem, lai fiksētu ezera aizauguma apjoma izmaiņas pēdējo 20 – 30 gadu periodā. Rezultāti rāda, ka kopš 1985. gada kopējā ezera piekrastes ūdensaugu joslas platība (909 ha) palielinājusies par 10%. Šāds pieaugums dotās antropogēnās slodzes apstākļos uzskatāms par vidēji lielu. Tomēr svarīgi uzsvērt, ka praktiskā problēma neslēpjas aizauguma apjomā, bet gan faktā, ka būtiski samazinājies piekļuves vietu ezeram skaits un piekrastes zonas piemērotība tādām rekreācijas aktivitātēm, kā makšķerēšana no krasta un peldēšanās. Tas saistīts ar niedru/krūmu joslas paplašināšanos. Sekli, eitrofi ezeri, kam tipiskas liela apjoma ūdens līmeņa svārstības, pastiprināti aizaug ar niedrēm. Tas galvenokārt skaidrojams ar a) palielinātām barības vielu ieplūdēm ezerā b) pazeminātu cilvēku darbību ezera krastos (mazāk tiek pļautas, noganītas pļavas). Pārējo ūdensaugu (lēpes, glīvenes u.c.) daudzums ezerā samazinājies vai palicis nemainīgs, jo zemā ūdens caurspīdība noved pie mazāka ūdenī iespiodošā gaismas daudzuma, kas kavē peldošo ūdensaugu augšanu un izplatību.

Niedres spēlē salīdzinoši mazu lomu ezera barības vielu apritē. Līdz ar to no **eзера ekosistēmas funkcionēšanas viedokļa nekādas apsaimniekošanas darbības attiecībā uz niedrēm nav nepieciešamas**. Tomēr ieteicams plānot stratēģisku niedru pļaušanu sekojošu mērķu sasniegšanai:

a) Ezera rekreācijas vērtības palielināšana.

Ar niedrēm un krūmiem apauguši krasti būtiski samazina piekļuves iespējas ezeram. **Līdz ar to, tāda tipa ūdenstilpē kā Burtnieka ezers nepieciešama regulāra niedru pļaušana un krastu attīrīšana vietās, kuras ir apdzīvotu vietu, laivu kanālu, peldvietu un citu piekļuves vietu tiešā tuvumā**. Šādu izpļaušanu papildinot ar smilšainu pludmaļu, makšķerēšanas laipu u.c. infrastruktūras elementu izveidi iespējams būtiski paaugstināt ezera rekreācijas vērtību. Svarīgi uzsvērt, ka pilnīga

niedru izpļaušana plašās teritorijā nav vēlama, jo tās pavasara un vasaras periodā veido svarīgu biotopu ūdensputniem un zivīm.

b) Līdaku nārsta teritoriju palielināšana.

Burtnieka ezeram raksturīgi daudzveidīgi piekrastes seklūdens biotopi un ļoti plašas pavasaros applūstošas pļavas, kas nodrošina līdaku ar pietiekamām teritorijām veiksmīgai nārsta norisei. Tomēr ļoti lielais zvejnieku/makšķernieku spiediens būtiski ietekmē šīs sugas resursu ezerā. Tas liek domāt, ka pieejamo nārsta teritoriju platības palielināšana novestu pie līdaku dabiskās produktivitātes paaugstināšanās. Blīvu niedru/meldru joslas daļēja izpļaušana un sekojoša ūdenskosu vai citu augu kolonizācija padara šīs teritorijas piemērotas līdaku nārstam un tās kalpo arī kā mazuļu uzturēšanās biotops. Niedru joslas fragmentēšana palielina šo teritoriju piemērotību līdakas nārstam 2 – 4 reizes. Tusulanjarvi ezerā Somijā tika novērots, ka maksimālo produktivitāti šāds biotops sasniedz 3 gadus pēc izpļaušanas. **Tādējādi ieteicams veikt daļēju piekrastes niedru/meldru joslas izpļaušanu atsevišķās ezera teritorijās** (15.att). Ieteicams šādas eksperimentālas darbības veikt atsevišķās teritorijās agrā pavasarī un sākot no nākamā gada vasaras īstenot zivju mazuļu monitoringu nolūkā izvērtēt darbību efektivitāti/nārsta vietu ražīgumu.



15.att. Niedru izpļaušana, lai palielinātu līdaku nārsta teritorijas. Kreisajā pusē bieza niedru audze; labajā izpļauta audze, kas piemērota nārstam.

### 8.3 Ezera eutrofikācija un masveida aļģu ziedēšana. Praktiskie risinājumi.

#### 8.3.1 Ieplūstošo barības vielu daudzuma samazināšana

Iegūtie dati ļauj salīdzināt barības vielu apjomu, kas Burtnieka ezerā ieplūst no sateces baseina un to, kas ūdenī nokļūst no ezera sedimentiem. Secināms, ka ieplūstošais apjoms vērtējams kā tāds, kas ļautu saglabāt tikai vidēju ezera ūdens kvalitātes stāvokli (saskaņā ar Gaujas baseina apsaimniekošanas plānā noteiktajām ūdens kvalitātes parametru vērtībām). Tātad arī caur barības vielu ieplūdes apjoma samazināšanu no upēm, grāvjiem un apkārtesošajām lauksaimniecības zemēm iespējams būtiski uzlabot ezera ekoloģisko stāvokli. Lai šīs ieplūdes samazinātu, iespējami sekojoši pasākumi:

a) Ezera sedimentu izsūkņēšana

Pasākuma ietvaros tiek izsūkņēti visi vai daļa no ezera nogulumiem, tādējādi samazinot nogulsņējušos barības vielu daudzumu ezerā. Šim nolūkam tiek lietoti sūkņi, kas novietoti piekrastē vai uz peldošām platformām. Iegūto un apstrādāto masu iespējams izmantot kā lauksaimniecības

mēslojumu. **Tomēr Burtnieka ezera nogulumu lielais apjoms, slīkšņainie, aizaugušie krasti un, galvenokārt, izsūknēšanas ļoti augstās izmaksas padara to par dotajos ekoloģiskajos un ekonomiskajos apstākļos nepiemērotu pasākumu identificēto problēmu risināšanai.**

b) Mākslīgu mitrāju izveide ieplūstošo upju grīvās.

Pasākumu ietvaros ieplūstošo upju grīvās tiek izveidoti mākslīgi mitrāji (7.att.). Upes tecējums palēninās, līdz ar to notiek daļiņu izgulsnēšanās un mitrāja ūdensaugu sabiedrība uzņem daļu no upes ūdenī esošajām barības vielām. Līdz ar to ezerā ietekošais ūdens satur zemākas barības vielu koncentrācijas. **Jāpiezīmē, ka šādi pasākumi ir ar augstām izmaksām un salīdzinoši sarežģīti īstenojami, līdz ar to, domājams, ka tie dotajos apstākļos varētu būt nepiemēroti Burtnieka ezeram.**

c) Neliela apjoma filtrēšanas ierīču izvietošana uz ieplūstošajām upītēm un grāvjiem.

Filtrēšanas ierīces sastāv no plastikāta/koka kastes, kas pildīta ar fosforu/slāpekli piesaistošām granulām un caur kuru lēnām sūcas ūdens. Šāda ierīce tiek novietota uz lēni tekošām upītēm/grāvjiem; daļa no ietekošajā ūdenī esošā fosfora/slāpekļa (50 – 80%) tiek piesaistīts granulū virsmai un tiek izvadīts attīrīts ūdens. Metode tiek plaši pielietota Somijā un tās efektivitāte neliela apmēra ūdenstecū attīrīšanā ir veiksmīgi pierādīta. **Ieteicams atsevišķas šādas ierīces uzstādīt uz ezerā ietekošajām ūdenstecēm un monitorēt to darbības efektivitāti.** Tas kalpotu gan kā demonstrācijas pasākums sabiedrībai, gan kā sākotnējā investīcija iespējamā plašāka mēroga darbībā nākotnē.

d) Lauksaimnieku izglītošana par lauku bagātināšanas ar barības vielām ietekmi uz ezeru.

Šādi pasākumi prasa plašu sabiedrības un zinātnieku iesaisti. Pasākumu ietvaros lauksaimnieki tiek informēti par pārlietas lauku mēslošanas negatīvo ietekmi uz ūdenstilpnēm. Papildus tiek realizēts apmācības process kā samazināt mēslošanas apjomu, nepazeminot lauku produktivitāti. **Šis ir laikietilpīgs process un īstenojams paralēli citām apsaimniekošanas aktivitātēm.** Ilgtermiņā lauksaimnieku un sabiedrības kopumā izglītošana var rezultēties būtiskos uzlabojumos.

e) Privātmāju ezera baseinā pieslēgšana centrālai kanalizācijas sistēmai un kanalizācijas ūdeņu attīrīšana. **Privātmājas, kas nav pieslēgtas centrālai kanalizācijas sistēmai bieži iepludina daļu no kanalizācijas ezera baseinu veidošajās upēs/ezeros, veicinot ezera eutrofikāciju.** Līdz ar to šo ieplūžu samazināšana samazinātu barības vielu pieplūdi ezeram. Mūsu dati rāda, ka vairākas ūdens attīrīšanas stacijas ezera baseinā ir mazefektīvas attiecībā uz biogēno vielu daudzuma samazināšanu attīrāmajā ūdenī. **Vēlams palielināt to efektivitāti, tādējādi samazinot ezerā ieplūstošo barības vielu daudzumu.**

### 8.3.2 Zivju sabiedrības biomanipulācija

Visbūtiskāk aļģu ziedēšanu un secīgi ezera ūdens kvalitāti ietekmē ezerā notiekošie procesi, kur nozīmīgāko lomu spēlē nesabalansētā zivju sabiedrība. Tādējādi efektīvākais ezera atveseļošanas pasākums būtu zivju sabiedrības biomanipulācijas veikšana. Kā aprakstīts iepriekšējās nodaļās, karpveidīgajām (baltajām) zivīm ir nozīmīga ietekme uz sedimentos ieslēgto barības vielu ievadīšanu ezera ūdenī un tās ir nozīmīgs zooplanktona patērētājs. Tādējādi karpveidīgo zivju lielais apjoms ezerā ir būtisks masveida mikroskopisko aļģu ziedēšanu veicinošs faktors. Ilggadīga pieredze daudzos Eiropas ezeros liecina, ka veiksmīgas biomanipulācijas (karpveidīgo zivju skaita samazināšana/plēsīgo zivju skaita palielināšana) rezultātā kopējā fosfora daudzums samazinās par 20 – 30%, fitoplanktona biomasa var samazināties par 30 – 50% un ūdens caurspīdība palielināties pat par 100%.

#### 8.3.2.1 Ieteikumi zivju sabiedrības biomanipulācijai Burtnieka ezerā

Aktivitāšu mērķi ir samazināt vasaras mikroskopisko aļģu ziedēšanas intensitāti un saglabāt veselīgas plēsīgo, komerciāli nozīmīgo zivju populācijas. Plēsīgo zivju populācijas ir nozīmīgas arī no ekoloģiskā viedokļa, jo tās nodrošina karpveidīgo zivju apjoma kontroli ezerā. Ilgtermiņā praktiskās

darbības būtu sadalāmas divās fāzēs: a) atjaunošanas fāze, kur tiek veikti intensīvi pasākumi, lai sasniegtu mērķi b) uzturēšanas fāze, kur sasniegtais stāvoklis tiek uzturēts, veicot mazāka apmēra pasākumus.

3.tabula. Galveno biomanipulācijas ietekmēto parametru tagadējie/mērķa lielumi

<i>Parametrs</i>	<i>Tagadējais</i>	<i>Mērķis</i>	<i>Mērvienība</i>
Zivju biomasa*	>150	<80	kg/ha
Plēsīgo zivju %*	16	30-50	% biomasas
Kop. fosfors**	0.073	0.03 – 0.05	mg/l
Chl-a**	55	7- 12	µg/l
Chl-a/KP attiecība*	>1	< 0.4	
Lieli Cladocera īp.*	nav	ir	
Ūdens caurspīd. vasarā*	<0.5	> 1.0	m

\*Saskaņā ar vēsturisko pieredzi līdzīgās ekosistēmās

\*\*Saskaņā ar Ūdens Struktūrdirektīvu

Praktiskās darbības ietver vadu un murdu zveju, kā arī darbības, kas palielina plēsīgo zivju daudzumu. Shematisks aktivitāšu laika grafiks atrodams 4. tabulā.

4.tabula Sākotnējais biomanipulācijas plāns

<b>Aktivitāte Īstenotājs</b>	<b>2016 / 1. gads</b>	<b>2017 / 2. gads</b>	<b>2018 / 3. gads</b>
	Sākotnējās aktivitātes un pētījumi. Zvejas izmēģinājumi: rudens vada zveja, vasaras murdu zveja.	Svarīgākais biomanipulācijas gads, plēsīgo zivju populāciju stāvokļa uzlabošana	Aktīvas zvejas pēdējais gads; uzturēšanas fāzes sākums
Ziemas vads Zvejnieki*		Plaužu zvejas izmēģinājums	Turpinājums, ja izmēģinājums izrādījies veiksmīgs
Pelaģiskais vads Zvejnieki	2 intensīvi rudens zvejas periodi; mērķis – plaužu un raudu bari.	Intensīva rudens zveja izmēģinājuma zveja agrā pavasarī un vasaras vidū	Aktīvā fāze beigusies 2017. gada rudenī. Iespējama nepieciešamības turpināt rudens zveju
Lieli murdi Zvejnieki un vietējie atbildīgie	Izmēģinājuma gads. Intensīvi – pavasara nārsta migrāciju laikā un vasaras barošanās migrāciju laikā	Turpinājums ar augstāku intensitāti	Turpinājums atkarībā no monitoringa rezultātiem. Praktiski īsteno vietējie atbildīgie
Zveja upju ietekās/seklumā Zvejnieki un vietējie atbildīgie	Iespējamo darbību izvērtēšana – zivju baru apsekošana upju ietecēs/seklumā. Zvejas	Zvejas turpināšana, ja pamatoti	Zvejas turpināšana, ja pamatoti
Nārsta apgrūtināšana Zvejnieki un vietējie atbildīgie	Nārsta vietu identificēšana. Plaužu/raudu zveja šajās vietās	Zvejas turpināšana, ja pamatoti	Zvejas turpināšana, ja pamatoti
Vietējo iedzīvotāju/pašvaldības iesaiste	Ūdens caurspīdīguma, temperatūras mērījumi. Iknedēļas mērījumi maijs – oktobris.	Turpinājums	Turpinājums

\*Sākotnēji pieaicināti profesionāli biomanipulācijas veicēji no Somijas, tālākajos posmos apmācīti vietējie zvejnieki/zinātnieki.

Tūlītēja plēsīgo zivju atbrīvošana zvejas laikā uzskatāma par ļoti svarīgu darbību, jo tā ir pamatā sociālas harmonijas saglabāšanai. Pasaules pieredze liecina, ka sabiedrība ļoti jūtīgi reaģē uz iespējamo biomanipulācijas aktivitāšu ietekmi uz plēsīgo zivju populācijām.

Sakarā ar lielo nozvejojamo zivju daudzumu nepieciešams veikt virkni loģistisku sagatavošanās pasākumu, nolūkā nodrošināt veiksmīgu zvejas norisi. Kā svarīgākie minami: kvalitatīvas un efektīvas zvejas nodrošināšana, loma transportēšana, loma pielietojamības nodrošināšana. Kvalitatīvu zvejas veikšanu ieteicams nodrošināt sākotnēji pieaicinot jomas profesionāļus no Somijas, Zviedrijas, Nīderlandes vai citām Eiropas valstīm.

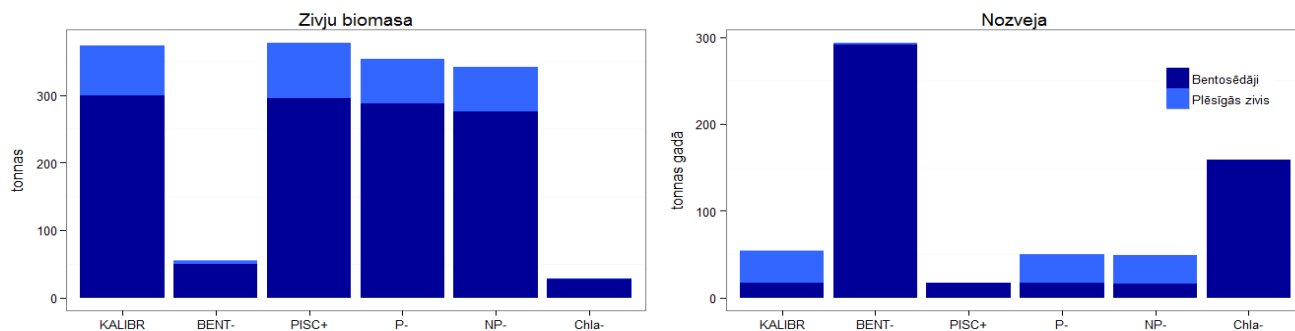
Rudens un ziemas vada zveja ir efektīvākās metodes karpveidīgo zivju baru apzvejai un ieteicama kā galvenā aktivitāte. Šīs metodes ir selektīvas attiecībā uz mērķa zivīm/zivju vecuma grupām. Karpveidīgo zivju mazuļi, kas vasarā atrodami viscaur ezeram, rudenī un ziemā kocentrējas piekrastes līčos, upju ietekās, kā arī ezera padziļinājumos. Ja šādi bari tiek atrasti piekrastes līčos, iespējams līčus atdalīt ar tīklu linuma sienām un sekojoši apzvejot ar vadu/elektrozvejas ierīci. Plaužu apzveja nārsta vietās iespējama, izmantojot murdus vai piekrastes vadus. Tā var būt efektīva, ja precīzi identificētas nārsta teritorijas. Tādi pasīvi zvejas rīki kā murdi var tikt veiksmīgi izmantoti, lai apzvejotu pieaugušas zivis pavasara nārsta migrāciju laikā; mazuļus diennakts migrāciju laikā; zivis to pārvietošanās laikā piekrastes ūdenszāļu joslā. Konkrētu metožu efektivitāte var tikt izvērtēta tikai tās izmēģinot Burtnieka ezerā.

Svarīgākās izzvejojamās zivju sugas ir: plaudis, rauda, ķīsis, plicis. Plaužu baru apzveja ar vadiem rudens un ziemas periodā rekomendējama kā svarīgākā aktivitāte. Parasti plauži baros sāk pulcēties otrajā rudens pusē, pirms ezeru aizsalšanas. Rudens zveja uzskatāma par ļoti svarīgu, jo atšķirībā no vasaras murdu zvejas, iespējams veiksmīgi samazināt arī karpveidīgo zivju mazuļu skaitu. Atjaunošanas fāzē ieteicams lietot gan pasīvas, gan aktīvas metodes; uzturēšanas fāzē pietiekama ir murdu lietošana un veselīgu plēsīgo zivju krājumu uzturēšana.

### 8.3.2.2 Nozvejas apjoms un monitorings

No pasaules pieredzes zināms, ka eitrofos, seklos ezeros ūdens kvalitātes uzlabošanas var panākt **samazinot karpveidīgo zivju biomasu par aptuveni 75%**. Burtnieka ezerā tas sastādītu aptuveni 90 kg/ha (350 t), tikai plaudim tas būtu 90 kg/ha (266 t). Šie skaitļi sakrīt ar PCLake simulācijām: lai samazinātu bentivoro zivju biomasu par 75%, katru gadu jānozvejo 99.6 kg/ha, kā arī ar Ecopath rezultātiem, kas rāda, ka pieļaujamā plauža nozveja ir līdz 72 kg/ha (280 t).

Savukārt, lai sasniegtu labu vides stāvokli raksturojošu chl-*a* vasaras koncentrāciju (7 – 12 mg/m<sup>3</sup>), karpveidīgo zivju biomasu ik gadu nepieciešams samazināt par 80% no kopējās to biomasas, kas pirmajā gadā veido 424 tonnas, bet nākamajos 6 gados šis apjoms samazinās, atbilstoši ezerā pieejamai zivju biomasai.



16.attēls. Bentisko un plēsīgo zivju biomasu un nozvejas izmaiņas, atkarībā no pielietotā apsaimniekošanas scenārija.

5. tabula. Aptuvenais zvejas apjoms

	2016	2017	2018
Rudens vads, dienas	<10	20-30	20
Ziemas/pavasara vads, dienas		5-10	jāizvērtē
Murdi, murdu skaits	5	10-20	10-20

Svarīgi panākt arī zooplanktonu patērējošu zivju skaita samazinājumu (zivis/ha). Aptuveni 2000 zivis/ha (280 t) uzskatāms par sasniedzamo mērķi. **Ieteicama esošā monitoringa turpināšana mazākā apmērā, kas ļautu sekot līdzi ezera ekosistēmas parametru izmaiņām biomanipulācijas ietekmē.**

6.tabula. Ieteicamie monitorējamie parametri, lai izvērtētu biomanipulācijas efektivitāti Burtnieka ezerā

Parameters	Kāpēc jānosaka	Biežums/metode
Temperatūra, skābeklis, pH	Pamatinformācija par ūdens kvalitātes izmaiņām	Maijs – septembris 2x mēnesī, pārējā gadā 1x divos mēnešos
Kopējais fosfors/slāpeklis	Biomanipulācijas ietekme uz barības vielu apjomu, kas izdalās no nogulumiem	Maijs – septembris 2x mēnesī, pārējā gadā 1x divos mēnešos
Fitoplanktona biomasas; sugu sastāvs	Biomanipulācijas ietekme uz zooplanktona izēšanas spiedienu; fitoplanktona sugu izmaiņas	Maijs – septembris 2x mēnesī, pārējā gadā 1x divos mēnešos
Zooplanktona daudzums; cladocera īpatņu lielums	Netieši norāda uz zivju blīvuma izmaiņām, spiedienu uz fitoplanktonu	Maijs – septembris 2x mēnesī, pārējā gadā 1x divos mēnešos
Zvejas lomu uzskaitē	Tiešs biomanipulācijas ietekmes, apjoma, selektivitātes izvērtējums	Visu lomu uzskaitē: sugas, kopsvars, skaits, atlaisto plēsīgo zivju izmēri.
Zandarta, asara, plauža, raudas augšana.	Biomanipulācijas ietekme uz plēsīgo/karpveidīgo zivju augšanas parametriem	Pēc atjaunošanas perioda beigām.
Kontrolzveja ar žauntīkliem	Zivju sugu/ekoloģisko grupu relatīvā apjoma izmaiņas biomanipulācijas ietekmē	2017. gada jūlijs; zveja ar Nordic tīkliem

PCLake simulāciju rezultāti liecina, ka tikai biomanipulācijas veikšana būtiski samazinās aļģu ziedēšanas apjomu, bet ne pietiekami, lai sasniegtu labu ezera ekoloģisko kvalitāti saskaņā ar Ūdens struktūrdirektīvu. Nolūkā sasniegt struktūrdirektīvā noteiktos mērķus, iespējams, būtu jāsamazina arī no ezera baseina ieplūstošo barības vielu apjoms par aptuveni 30%.

Sakarā ar to, ka biomanipulācijas ietekme uz ūdens kvalitāti visticamāk būs redzama jau pēc 2 – 3 gadiem, monitoringa rezultāti ieviešanas fāzes noslēgumā var tikt izmantoti, lai pieņemtu lēmumu par to vai nepieciešams veikt arī ieplūstošo barības vielu apjoma samazināšanu.

### 8.3.2.3 Ieteikumi uzturēšanas fāzei

Ezera nākotnes apsaimniekošanai būtu jābalstās uz zināšanām par biomanipulācijas ietekmi uz ezera ekosistēmu. Jāturpina arī ezera ekosistēmas parametru un to mijiedarbību monitorings. Konkrēts plāns var tikt izveidots, kad pabeigta ezera atjaunošanas fāze, jo nav iespējams pilnīgi precīzi prognozēt kā ezera ekosistēma reaģēs uz biomanipulāciju.

Domājams, ka biomanipulāciju nelielā apjomā (pasīvie zvejas rīki) būs nepieciešams turpināt ilgā laika periodā. Prognozējams, ka ezerā samazinoties karpveidīgo zivju skaitam un palielinoties plēsīgo zivju īpatsvaram, palielināsies zandartu un asaru atražošanās apjoms. Zandartu un asaru mazuļi daļēji nodrošinās ar barību pieaugušas plēsīgās zivis. Tomēr pārlieta zooplanktonu patērējošo zivju mazuļu savairošanās var novest pie vajadzības pēc neliela apjoma vadu zvejas, lai samazinātu to iespējamo ietekmi uz ūdens kvalitāti. Kopumā ir augsta iespējamība, ka pēc biomanipulācijas veikšanas pieaugs plēsīgo, komerciāli nozīmīgo zivju īpatsvars Burtnieka ezerā. Tas savukārt ļaus būtiski celt ezera socio-ekonomisko vērtību.

**Ļoti svarīgi ir turpināt uzturēt veselīgu plēsīgo zivju populāciju ezerā.** Tas izdarāms: a) turpinot ilglaicīgu mazāka apjoma biomanipulāciju b) regulējot un uzskaitot nozvejoto/nomakšķerēto zivju apjomu. **Saredzama vajadzība veikt ticamu makšķernieku lomu uzskaiti, lai kvantificētu šīs resursu patērētāju grupas ietekmi uz ezera plēsīgo zivju resursiem.** Nojaušams, ka makšķernieku ietekme ir augsta un prognozējama vajadzība ierobežot nozvejoto plēsīgo zivju apjomu. Tas izdarāms, piemēram, ierobežojot lomā paturamo zivju skaitu, izmēru, makšķerēšanas rīkus vai veidus. Iespējams arī samazināt komerciālās zvejas apjomu vai to pārtraukt pilnībā, kas celtu ezera kā makšķerēšanas vietas vērtību sabiedrības acīs.

7.tabula. Plēsīgo zivju sugu loma un prognozes par biomanipulācijas ietekmi uz tām

Suga	Loma/ietekme
Zandarts	Svarīgākais plēsējs ekonomiski un ekoloģiski. Saura mute; neietekmē plaudi. Visticamāk uzlabosies augšanas, barošanās apstākļi
Līdaka	Svarīga litorāles suga, sagaidāma salīdzinoši neliela uzlabošanās resursa apjomā. Jāizvērtē iespējamā nārsta vietu uzlabošana. Mazuļu ielaišana tikai, ja nepietiekams dabiskais nārsts/liels spiediens.
Asaris	Sobrīd salīdzinoši mazsvarīgs. Sagaidāms, ka būtiski palielināsies apjoms biomanipulācijas ietekmē un paaugstinās kopējo plēsīgo zivju apjomu aptuveni 3 gadu laikā.

Ilgspējīga ezera apsaimniekošana būs iespējama tikai tad, ja visas ieinteresētās grupas (zvejnieki, makšķernieki, pašvaldība, vietējie iedzīvotāji u.c.) spēs vienoties par kopējiem biomanipulācijas un tālākas apsaimniekošanas mērķiem. Ieteicams, ņemot vērā, ka Latvijā liela apmēra, intensīva ezeru atveseļošana līdz šim nav notikusi, pirms jebkādu aktivitāšu uzsākšanas plaši informēt sabiedrību par to mērķiem, norisi. Gan informēšanai, gan pašām aktivitātēm jānotiek sadarbojoties visām ieinteresētajām pusēm. Pēc biomanipulācijas pabeigšanas ieteicams pārskatīt ezera lietošanas noteikumus (tehniskos, zivsaimnieciskos). Pasaulē praksē zināmi daudz piemēri, kur ezera dabas resursus vienlīdz veiksmīgi izmanto gan atpūtnieki, gan makšķernieki un zvejnieki.

## 9. Izmantotā literatūra

- Backx, J. J. G. & Grimm, M. P. (1994) Mass removal of fish from Lake Wolderwijd, The Netherlands. Part II: Implementation phase. In *Rehabilitation of freshwater fisheries*, ed. I. G. Cowx, pp. 401-414. Oxford: Fishing News Books.
- Breukelaar, A. W., Lammens, E. H. R. R., Klein Breteler, J. P. G. & Tatrai, I. (1994). Effects of benthivorous bream (*Abramis brama* L.) and carp (*Cyprinus caprio* L.) on sediment resuspension and concentration of nutrients and chlorophyll a. *Freshwater Biology*, 32, 113-121.
- Eklöv, P. & van Kooten, T. 2001. Facilitation among piscivorous predators: effects of prey habitat use. *Ecology* 82, 2486-2494.
- Grimm, M. P. & Backx, J. (1990). The restoration of shallow eutrophic lakes and the role of northern pike, aquatic vegetation and nutrient concentration. *Hydrobiologia*, 200/201, 557-566.
- Hansson, L.-A., Annadotter, H., Bergman, E., Hamrin, S. F., Jeppesen, E., Kairesalo, T., Luokkanen, E., Nilsson, P.-Å., Søndergaard, M. & Strand, J. (1998). Biomanipulation as an application of food chain theory: constraints, synthesis and recommendations for temperate lakes. *Ecosystems*, 1, 558-574.
- Horppila, J., Peltonen, H., Malinen, T., Luokkanen, E. & Kairesalo, T. (1998). Top-down or bottom-up effects by fish – issues of concern in biomanipulation of lakes. *Restoration Ecology*, 6, 1-10.
- Hrbáček, J., Dvorakova, M., Korinek, V. & Prochazkova, L. (1961). Demonstration of the effect of the fish stock on the species composition of zooplankton and the intensity of metabolism of the whole plankton association. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 14, 192-195.
- Jeppesen, E., Jensen, J. P., Søndergaard, M., Lauridsen, T. L., Pedersen, L. J. & Jensen, L. (1997). Top-down control in freshwater lakes: the role of nutrient state, submerged macrophytes and water depth. *Hydrobiologia*, 342/343, 151-164.
- Jeppesen, E., Sammalkorpi, I. 2002. Lakes. In: Perrow, M.R. & Davy, A.J. (eds.). *Handbook of ecological restoration. Volume 2. Restoration in practice*. Cambridge, Cambridge University Press. P. 297-324. ISBN 0-521-79129-4.
- Keskinen, T. & Marjomäki, T. 2004. Diet and prey size spectrum of pikeperch in lakes in central Finland. *J. Fish Biol.* 65:1147-1165.
- Lammens, E., van Nes, E.H. & Mooij, W.M. 2002. Differences in the exploitation of bream in three shallow lake ecosystems. *Freshw. Biol.* 47, 2435-2442.
- Lepistö, L., Sammalkorpi, I., Jokipii, R. & Niemelä, M. 2003. Effects of destratification and fish removal on the genus *Microcystis* in a shallow hypertrophic lake. *Algological Studies* 109: 375–386
- Mazumder, A (1994). Phosphorus-chlorophyll relationships under contrasting herbivory and thermal stratification: predictions and patterns. *Can. J. Fish. Aq. Sci* 51: 390-400.
- Meijer, M.-L., de Boois, I., Scheffer, M., Portielje, R. & Hosper, H. (1999). Biomanipulation in shallow lakes in the Netherlands: an evaluation of 18 case studies. *Hydrobiologia*, 408/409, 13-30.
- Meijer, M.-L., de Haan, W., Breukelaar, A. W. & Buiteveld, H. (1990). Is reduction of the benthivorous fish an important cause of high transparency following biomanipulation in shallow lakes? *Hydrobiologia*, 200/201, 303-316.
- Moss, B., Madgwick, J. & Phillips, G. (1996). A guide to the restoration of nutrient enriched shallow lakes. Environment Agency. Broads Authority.
- Olin, M., Rask, M., Ruuhijärvi, J., Keskitalo, J., Horppila, J., Tallberg, P., Taponen, T., Lehtovaara, A. & Sammalkorpi, I. 2006. Effects of biomanipulation on fish and plankton communities in ten eutrophic lakes of southern Finland. *Hydrobiologia* 553: 67–88.



- Pedusaar, T., Sammalkorpi, I., Hautala, A. & Järvalt, A. 2008. Biomanipulating the drinking water reservoir of Estonia's capital city: prospects for success. *Lakes & Reservoirs: Research and Management* 13: 289-300.
- Pedusaar, T., Sammalkorpi, I., Hautala, A., Salujoe, J., Järvalt, A. & Pihlak, M. 2010. Shifts in water quality in a drinking water reservoir during and after the removal of cyprinids. *Hydrobiologia* 649: 95-106.
- Perrow, M. R., Meijer, M.-L., Dawidowicz, P. & Coops, H. 1997. Biomanipulation in shallow lakes: state of the art. *Hydrobiologia*, 342/343, 355-365.
- Persson, L. 1986. Effects of Reduced Interspecific Competition on Resource Utilization in Perch (*Perca Fluviatilis*). *Ecology* 67:655-364.
- Rask, M., Ruuhijärvi, J., Olin, M., Lehtovaara, A., Vesala, S. & Sammalkorpi, I. 2005. Responses of zoo- plankton and fish to restoration in a eutrophic Lake Tuusulanjärvi, southern Finland. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 29: 545–549.
- Roozen, F.C.J.M., Lüring, M., Vlek, H. van der Pouw, E., Ibelings, B.W. & Scheffer, M. 2007. Resuspension of algal cells by benthivorous fish boosts phytoplankton and alters community structure in shallow lakes. *Freshw. Biol.* 52: 977-987.
- Sammalkorpi, I. (2000). The role of fish behaviour in biomanipulation of a large lake. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 27, 1464-1472.
- Sarvala, J., Helminen, H. & Karjalainen, J. (2000). Chlorophyll-to-phosphorus relationship as a useful guide in lake restoration. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 27, 1473-1478.
- Skov, C., Perrow, M., Berg, S. & Skovgaard, H. 2002. Changes in the fish community and water quality during seven years of stocking piscivorous fish in a shallow lake. *Freshw. Biol.* 47, 2388-2400.
- Søndergaard, M., Jeppesen, E., Lauridsen, T., Skov, C., van Nes, E., Roijackers, R., Lammens, E. & Portielje, R. 2007. Lake restoration: successes, failures and long-term effects. *J. Appl. Ecol.* 44: 1095-1105.
- Søndergaard, M., Liboriussen, L., Pedersen, A.R. & Jeppesen, E. 2008. Lake Restoration by Fish Removal: Short- and Long-Term Effects in 36 Danish Lakes. *Ecosystems* 11: 1291-1305.
- Turunen, T., Sammalkorpi, I. & Suuronen, P. 1997. Suitability of motorized under-ice seining in selective mass-removal of coarse fish. *Fish. Res.* 31: 73-82.
- Uusitalo, L., Horppila, J. et al. 2003. *Leptodora kindti* and the flexible behavior of fish: factors behind the delayed peak biomass of Cladocera in Lake Hiidenvesi. *Int. Rev. Hydrobiol.* 88: 34-48.
- van Densen, W.L.T. & Grimm, M.P. 1988. Possibilities for stock enhancement of pikeperch (*Stizostedion lucioperca*) in order to increase predation on planktivores. *Limnologica* 19, 45-49.
- Ventelä, A.-M., Tarvainen, M., Helminen, H., Sarvala, J., 2007. Long-term management of Pyhäjärvi (southwest Finland): eutrophication, restoration—recovery? *Lake Reserv. Manag.* 23: 428–438.
- Wissel, B., Freier, K., Müller, B., Koop, J. & Benndorf, J. 2000. Moderate planktivorous fish stabilizes biomanipulation by suppressing large invertebrate predators of *Daphnia*. *Arch. Hydrobiol.* 149: 177-192.