

Eesti Maaülikooli Limnoloogiakeskus

Saesaare paisjärve ökoloogilise seisundi hindamine - Saesaare Elektriijaama kinnistute ja nende lähiala detailplaneeringu (DP) keskkonnamõju strateegilise hindamise (KSH) raames



**Arvo Tuvikene, Anu Kisand, Tõnu Feldmann, Henn Timm, Katrit Karus,
Lea Tuvikene ja Priit Zingel**

Tartu 2017

Sisukord

Sisukord.....	2
Sissejuhatus	3
1. Füüsikalised ja keemilised näitajad.....	4
2. Heljum	5
3. Setteuuringud	6
4. Veetaimestik.....	11
5. Suurselgrootud	20
6. Kalastik.....	22
7. Arutelu, erinevad teemad	25
Kasutatud kirjandus.....	28
LISAD	30
LISA 1. Veetaimestiku liigiline koosseis ökoloogilistes vööndites ja ohtrused (9-pallises skaalas) proovipunktides (joonis 4.1) Ahja jõel ja Saesaare paisjärvel septembris 2017. ...	30
LISA 2. Veetaimestiku liigiline koosseis ja ohtrused (5-palline Braun-Blanquet ohtruse skaala; x – ohtrus määramata) ökoloogilistes vööndites Saesaare paisjärves septembris, 2017. aastal.	31

Sissejuhatus

Käesolev uuring valmis AS Generaator tellimisel. Töö teostasid ja aruande koostasid Eesti Maaülikooli Põllumajandus- ja keskkonnainstituudi töötajad: Anu Kisand (PhD) – setteuuringud; TõnuFeldmann (PhD) ja Katrit Karus (PhD) – taimestiku uuringud; Henn Timm (PhD) – põhjaloomade uuringud, Lea Tuvikene (MSc) – vee füüsikalised ja keemilised näitajad; Priit Zingel (PhD) ja Arvo Tuvikene (PhD) – kalastiku uuringud.

Kaanefoto: Priit Zingel

1. Füüsilised ja keemilised näitajad

Saesaare paisjärvel mõõdeti 12. septembril 2017 multisensori YSI Professional Plus abil veesamba erinevates kihtides temperatuur, hapnikusisaldus, hapniku küllastusprotsent, elektrijuhtivus ja pH. Andmetest on näha, et järv oli juba osaliselt segunenud ja temperatuurikihistus hakkas kaduma. Samas oli kõige paisupoolsema koha (tabel 1.1, joonis 3.1) põhjakihis hapnikupuudust. Hapnikupuudust põhjakihis tuleb kõige teravamalt ette suvise tugeva termilise kihistuse korral. Et saada täit pilti paisjärve hapnikurežiimist, sh võimalikust hapnikupuudusest temperatuurikihistuse ajal, tuleks teha põhjalikumaid hapnikusisalduse uuringuid soojadel suvepäevadel (juuli-august) ja talvel (veebbruar - märtsi esimene pool). Käesolevate uuringute valguses ei tundu järve hapnikurežiim olema takistuseks kalade rändele läbi paisjärve, sest suvise võimaliku halvema hapnikurežiimi ajal kalad kudemisrändeid ei soorita.

Tabel 1.1. Saesaare paisjärve hüdrokeemilised ja -füüsilised näitajad 12. septembril 2017

Proovivõtupunkt (Joonis 3.1)	Sügavus veepinnalt (m)	Temperatuur	O ₂ mg/l	O ₂ % küllastus- kontsentratsioonist	pH
"SETE 1"	pind	12,7	10,6	101,5	10,6
	1	11,7	9,12	85,7	8,08
	2	11,4	9,02	84,2	8,05
	3	11,3	8,11	75,3	7,97
	4	11,1	7,8	72,4	7,94
	5	10,9	6,77	62,6	7,89
	6	10,8	4,5	40,8	7,80
	6,5	10,7	0,5	4,9	7,70
	7	10,3	0,29	2,7	7,82
	7,5	9,3	0,19	1,7	7,81
	max 7,9	8,4			7,90
"SETE 2"	pind	14,8	14,0	140	8,67
	1	14,6	13,9	138,9	8,65
	2	13,5	11,7	114,7	8,39
	3	11,9	9,7	91,7	8,14
	4	11,4	8,77	82,0	8,07
	5	11,0	8,03	74,4	8,01
	6	10,9	7,27	67,0	7,97
	7	10,5	3,7	34,0	7,83
	max 7,5				7,81
"SETE 3"	pind	15,7	13,02	132,7	8,68
	1	15,3	12,9	131,5	8,62
	2	12,7	9,7	93,0	8,19
	max 2,4				
"Jõgi"	pind	13,2	9,42	91,3	8,15
	max 2,8				

Järve keskosas oli näha kerget vee õitsemist ja pinnakihis oli hapniku üleküllastus. Vee õitsemisele viitab ka vee klorofüllis sisaldus, mis oli 12. septembril 2017 pinnakihis 22,09 mg/m³. Klorofüllisisalduse järgi on järv on eutroofne (Tabel 1.2).

Tabel 1.2. Järvede jaotus troofsuse järgi (Ott, Maileht, 2012).

Klorofüll a sisaldus (mg/m³)

<3	oligotroofne
>3-10	mesotroofne
>10-40	eutroofne
>40	hüpertroofne

Biomass (g/m³)

<1	oligotroofne
>1-3	mesotroofne
>3-10	eutroofne
>10	hüpertroofne

2. Heljum

Veeproovid heljumi analüüsiks koguti 12. septembril 2017 batomeetriga. Üks liiter vett filtreeriti läbi GF/F klaasfiiberfiltrit (kuumutatud eelnevalt 550 °C 4 tunni jooksul). Filtrit kuivatati 24 tunni jooksul 105 °C juures. Jahtunud filtrid kaaluti analüütilisel kaalul ja heljumi kogus arvutati kaaluerisuste järgi. Heljumi orgaanilise/mineraalse aine määramiseks kuumutati filtrit 550 °C 4 h jooksul. Mineraalse heljumi jääk määrati kaalurisuse järgi.

Heljumi sisaldus Saesaare vees varieerus vahemikus 4,8 mg/l - 6,4 mg/l (Tabel 2.1). Mineraalne heljum kõikus vahemikus 0,6 mg/l - 2 mg/l. Kõige rohkem heljumi oli paisjärve paisu lähedal, peamiselt orgaanilise aine arvel. Mineraalset heljumi oli kõige rohkem Kiidjärvel ja paisjärve alguses, 1,6 ja 2 mg (Tabel 2.1). Liikudes paisu poole, sadeneb mineraalne heljum enamuses välja. Mineraalse heljumi osatähtsus oli kõrgem järve sissevoolupoolses osas, esimeses kolmandikus. Allavoolu mineraalse heljumi osatähtsus väheneb kiiresti (Tabel 2.1).

Tabel 2.1. Heljumisialdus Ahja jões ja Saesaare paisjärves 12. septembril 2017. Proovi-kohtade asetust vaata jooniselt 3.1.

Proovikohad	Kogu heljum mg/l	Mineraalne heljum mg/l	Mineraalse heljumi %
Kiidjärve	4,8	2	42
Paisjärve algus	4,4	2	45
Sete 3	4,2	1,6	38
Sete 2	5	0,6	12
Saesaare paisu lähedal (pind) Sete 1	6,4	0,6	9
Saesaare paisu lähedal (põhi, 8 m) Sete 1	4,2	0,8	19

3. Setteuuringud

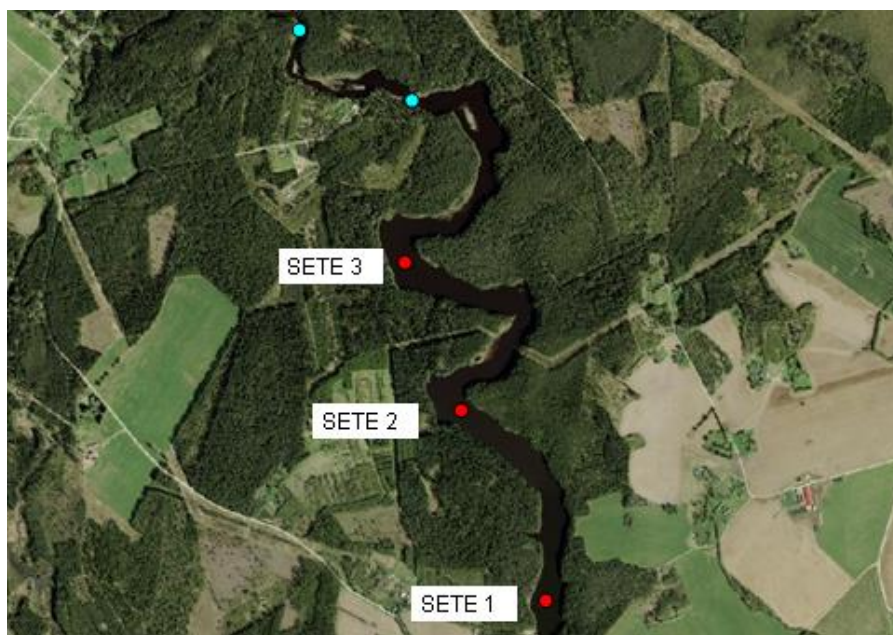
Setteproovide kogumine ja analüüs.

Setted koguti 12. septembril 2017 Willner-tüüpi settepuuriga läbipaistvatesse 60 cm pikkustesse ja 60 mm siseläbimõõduga akrüülitorudesse nii, settepuursüdamiku pikkus oleks vähemalt 25 cm ning torus oleks nii settepind kui ca 20 cm sette kohal olevat vett. Setteproovivõtupunktide asukoht on toodud joonisel 3.1.

Igast proovipunktist koguti 2-3 settetoru inkubatsioonikatseks, et hinnata fosfori leket settest vette, ning üks settepuursüdamik sette analüüsiks kihtide kaupa.

Sette kuivainesisaldus määrati sette kaaluerinevuse kaudu enne ja pärast sette kuivatamist 105 °C juures 24 h jooksul. Orgaanilise aine sisaldus määrati kaalukaona kuiva sette kuumutamisel 550 °C 4 h jooksul (Heiri jt., 2001), sellisel kuumutamisel orgaaniline aine oksüdeerub ja eraldub settest süsihappegaasi ja veena. Orgaanikavaba settejääki kuumutati omakorda 950 °C juures 2 h jooksul (Heiri jt., 2001), mille käigus kaltsiumkarbonaat laguneb kaltsiumoksiidiks (jääb settesse) ning süsihappegaasiks (eraldub gaasina settest). Kaaluerinevuse kaudu arvutati sette algne kaltsiumkarbonaadi sisaldus.

Lahustunud fosfaatide sisaldus settes määrati spektrofotomeetriliselt klassikalise (molübdeensinise) värvusreaktsiooni abil (Murphy ja Riley, 1962).



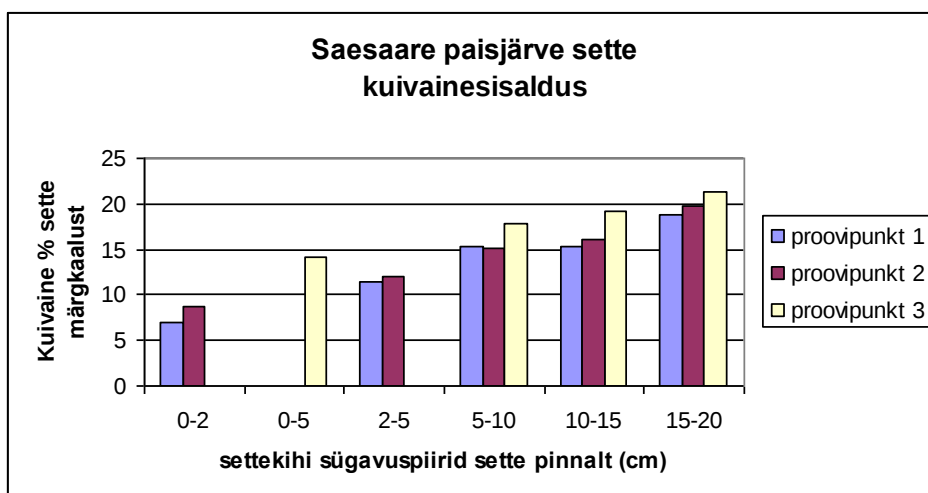
Joonis 3.1. Kolm setteproovivõtupunkti Saesaare paisjärvel (tähistatud punaste punktidega). Siniste punktidega on tähistatud jõelise osa veeproovivõtukoht ning paisjärve alguses Hainjärve oja suubumiskoht.

Setteproovivõtupunktis 1 olid settepuursüdamikus eristatavad heledamad ja tumedamad kihid. Punktides 2 ja 3 oli sete ühtlasem, heledam, kihtideta. Kihtide olemasolu näitab erineva settematerjali settimist erinevatel ajaperioodidel (võimalik, et aasta-ajati), aga samuti ka seda, et settes on puudunud põhjaloomastik – põhjaloomade elutegevus ja settes liikumine poleks võimaldanud eristatavatel settekihtidel säilida. Põhjaloomastiku puudumine viitab suure tõenäosusega hapniku valdavale puudumisele settes ja settepinnal proovipunktis nr. 1. Punktis

nr. 1 oli sette pindmine kiht tume, viidates samuti anaeroobsetele tingimustele (anaeroobsetes tingimustes moodustub settes musta värvusega raudsulfid).

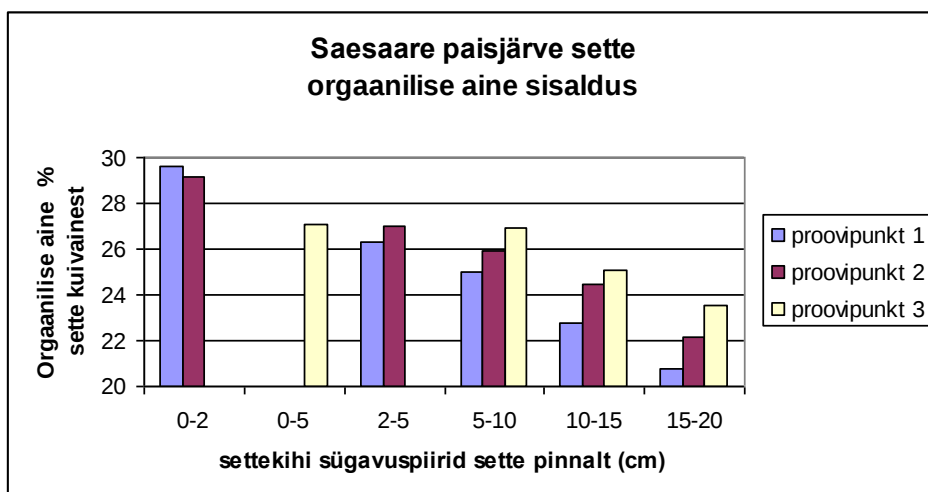
Põhjasette koostist uuriti 5 cm paksuste kihtide kaupa; punktides 1 ja 2 aga jagati settepuursüdamiku ülemine 5 cm pakune kiht veel detailsemalt pindmiseks 2 cm paksuseks kihiks ja selle all olevaks 3 cm paksuseks kihiks.

Uuritud kolmes proovipunktis moodustas Saesaare paisjärve sette järvemuda, mis pinnal oli väga vedel (kuivainet 5-10% sette kaalust, seega veesisaldus üle 90%), 20 cm sügavusel aga sisaldas sete juba ligikaudu 20% kuivainet (joonis 3.2). Sealjuures punktides 1 ja 2 kogutud setted olid väga sarnase veesisaldusega, punktist 3 kogutud sete oli samades sügavuskihtides 2-4 protsendi võrra suurema kuivainesisaldusega. Väikese kuivainesisaldusega ja seega väikese tihedusega järvemuda saabki koguneda järve sügavamatesse vaiksama veeliikumisega põhjapiirkondadesse. Punktis 3 oli veesügavus vaid 2,4 m, punktides 1 ja 2 aga vähemalt 7,5 m.



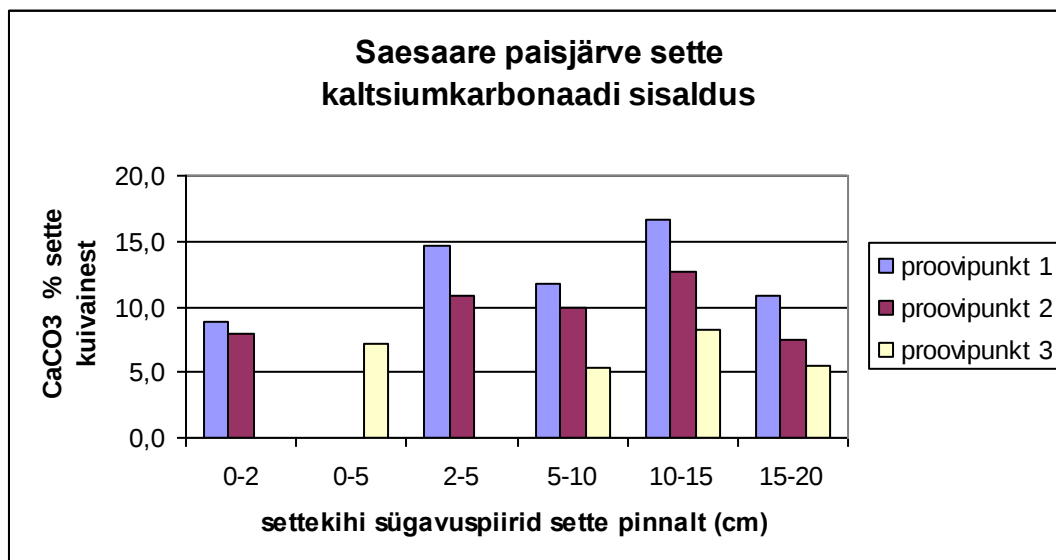
Joonis 3.2. Saesaare paisjärve sette kuivainesisaldus.

Paisjärve sette kuivaines sisaldub seda rohkem orgaanilist ainet, mida lähemal on sete paisule. Sügavuti on sette kuivaine kõige orgaanikarikkam pindmises kihis ning väheneb järkjärgult sügavuti (joonis 3.3).



Joonis 3.3. Saesaare paisjärve sette orgaanilise aine sisaldus.

Kaltsiumkarbonaadi sisaldus oli madalaim proovõtupunkti nr 3 settes, kõrgeim proovivõtupunktis nr 1 (5-8% kuivainest), kõrgeim aga proovivõtupunktis nr 3 (8-17 % kuivainest), punktis nr 2 jäi see vahemikku 7-13% kuivaine kaalust (Joonis 3.4). Samas oli just proovipunktides 2 ja 3 sette kuivainesisaldus madalam, andes proovipunktide võrdluses tulemuseks sarnasemad orgaanilise aine kaltsiumkarbonaadi sisaldused sette mahuühiku kohta.



Joonis 3.4. Saesaare paisjärve sette kaltsiumkarbonaadi sisaldus.

Seisukohad järve seisundi osas ning võimalikud edasised uuringud - pindmine sete on kerge, võrdlemisi orgaanikarikas, kergesti vooluga ärauhatav. Samas, kui soovitakse veetaset langetada ja seda tehakse aeglaselt, jaotub sete ära kanne pikemale ajaperioodile.

Settes sisalduva orgaanilise materjali lagunemine nõuab hapnikku, kuid kui setet satub paisjärvest allavoolu pikema aja jooksul väikeste koguste haaval ja on tagatud aeroobsed tingimused (sobiv aastaaja valik, settesuspensiooni aereerumine), siis jões ei teki ka vaiksema vooluga piirkondades paisjärve settematerjali settimise korral elustikule ebasoodsaid anaeroobseid tingimusi.

Kuna setet ei ole kogunenud Saesaare paisjärve põhja kuigi paksu kihina, ei kujuta setete paksus sügavamale järvelisele veekoguosal probleemi. Järve sügavus on piisavalt suur ja aeglane settekihi kasvamine ei suudaks põhjustada sellist probleemi nagu madalate järvede puhul, kus settekihi kiire kasvamine võib neis viia veemahu vähenemiseni ning järve kinnikasvamiseni.

Pigem on järve puhul probleemiks see, et kuna järv on piisavalt sügav, siis talvisel ja eelkõige suvisel perioodil tekib veemassiivi kihistus, mille puhul sügavamal asuv jahedam veekiht ei segune pindmise soojema veekihtiga. Seetõttu on õhuhapnikuga kontaktis vaid veemassiivi ülemine kiht, samuti toodavad fotosünteesivad vetikad hapnikku just ülemises valgustatud veekihis. Alumine veekiht jääb seega n.ö. hapnikuisolatsiooni, samas kui just alumisest veekihist tarvitatakse ära suur kogus hapnikku sette pinnale langenud orgaanilise aine lagundamisel. Tekib olukord, kus põhjalähedases veekihis hapnik kaob. Nüüd hakkab orgaaniline aine lagunema anaeroobselt, hapniku asemel kasutavad settemikroobid teisi oksüdeeritud ühendeid (nt. nitraate, oksüdeeritud (kolmevalentseid) rauaioone, sulfaate), mille redutseerumise tulemusel võivad veekogu põhjakihtidesse sattuda näiteks ammoniumioon,

redutseeritud rauaioonid, väävelvesinik. Nende ühendite olemasolu vees ning hapniku puudumine ei soodusta järvepõhja asustamist põhjaloomastiku poolt.

Ka juhul, kui setet oleks järvepõhjal vähem, ei hoiaks see tõenäoliselt ära alumise veekihi hapnikuvaegust, kuna ka tulevikus settiv orgaaniline aine hakkab järvepõhjal lagunema. Teadusuuringutes on leitud, et ainevahetus järvevee ja sette vahel toimubki vaid umbes 10 cm paksuse settekihi ulatuses, vanemad setted on mattunud nooremate settekihtide alla ja sealt lahustunud ained enam kuigi kergesti ei difundeeru läbi sette poorivee üles veesambasse.

Et setete eemaldamisel oleks Saesaare paisjärvele püsiv mõju ja välistatud oleks uue orgaanilise aine settimine, peaks välistama edaspidise biogeensete ainete (nt. fosfor, lämmastik) kandumise veekogusse, vähendades nii orgaanilise aine primaarproduktiooni järves. Praktiliselt on see võimatu, jõgi toob suurveega valgalalt kindlasti kaasa ka toiteaineid. Taoline järve seisundi oluline parandamine võiks kõne alla tulla eelkõige väikeste veekogude puhul, millest sette eemaldamine oleks majanduslikult teostatav ning uus toiteainete sissekanne kergemini kontrollitav. Saesaare paisjärve on settinud suhteliselt vähe orgaanilisi setteid ja juhul, kui paisjärv säilib, **ei ole otstarbekas vähemalt lähima 20 aasta jooksul setteid hakata eemaldama**. Praeguses olukorras tekitataks setete eemaldamisega rohkem kahju kui kasu. Elustiku seisukohast on oluline sette kohale jääva veekihi paksus, mis on Saesaare paisjärve puhul suur. Kui setet on ka paarkümmend cm rohkem, siis selle mõju elustikule poleks suurem kui praegu. Samas võib paisjärve sette sissekande vähendamiseks kaaluda sissevoolule settetaskute rajamist, et siis vajadusel sealt setteid mehaaniliselt eemaldada.

Edasistes uuringutes tuleks sesoonsete hapniku- ja temperatuurimõõtmiste kaudu kindlaks teha, kui pikalt kestab Saesaare paisjärves talvine ja suvine veekihistus, kui ruttu kaob hapnik isoleeritud sügavamast veekihist (hüpolimnionist) ja kas kaasnevalt rikastub see alumine veekiht anaeroobsetes oludes settest väljaimbuva fosforiga (mis kevadise ja sügisese vertikaalse veeringluse tulemusel annab tõuke mikrovetikate tugevaks kasvupuhanguks). Kuna käesoleva uurimuse teostamise ajal oli juba alanud sügisene veeringlus, on praegu ebaselge, kui suurt osa järve põhjaalast katab hapnikuvaene või hapnikuvaba veekiht ja kui suure osa see moodustab põhjaloomastiku/kalastiku potentsiaalsest biotoobist järves. Samuti on vaid sesoonsete mõõtmistega võimalik kindlaks teha, kui sügava veekihi (sellest sõltuv ka vastav veemaht) haarab enda alla kihistumise tulemusel tekkiv hüpolimnion.

Olles sesoonsete uuringutega kaardistanud järve termilise kihistumisega kaasneva olukorra, on rohkem alust otsustada, kas ja kui palju on mõistlik teha majanduslikke kulutusi sügavamate veekihtide hapnikuga varustatuse parandamiseks.

Fosforilekkekatse - setteuuringute käigus viidi läbi ka fosfori-inkubatsioonikatse: settetorusid hoiti korkidega suletult 10 nädalat jahedas (+4 °C) ja pimedas, ning sette kohal oleva vee fosfaatidesisalduse järgi arvutati üle settepinna vette imbinud fosfori hulk. Proovipunktis 1 ja 2 oli 10 nädala jooksul settest sette kohal olevasse vette difundeerunud lahustunud (fosfaatset) fosforit keskmiselt vastavalt 25,8 ja 26,6 mg PO₄-P m⁻² settepinna kohta, proovipunktis 3 mõnevõrra vähem: 15,5 mg PO₄-P/m². Fosforit difundeerub settest vette siis, kui sette poorivees on lahustunud fosfori kontsentratsioon kõrgem kui järvevees. Difusiooni aitab kiirendada igasugune sette segamine (ka näiteks gaasimullide liikumine settest vette või sette põhjaloomastiku liikumine), võimaldades poorivee paremat kokkupuudet järveveega. Sette poorivees on fosfaatide kontsentratsioon reeglina kõrgem kui järvevees. Üheks põhjuseks on orgaanilise aine lagunemine settes, mille tulemusena ka fosfaat mineraliseerub ning osaliselt jääb lahustunult setteosakeste vahelisse vette. Teine tuntud mehhanism on fosfori lahustumine

rauaühendite lahustumise tõttu. Rauaühendid on oksüdeeritud vormis lahustumatud (näiteks raud(III) hüdroksiid) ning võivad tahke osakese pinnale absorbeerida ka fosfaate. Kui aga selline osake satub settides anaeroobsesse keskkonda, siis raud redutseerub raud(II)iooniks ning see muudab rauaiooni lahustuvaks. Koos rauaga lahustub ka rauaühendiga seotud fosfaat. Seetõttu võib tihti anaeroobsetes tingimustes settest difundeeruda fosfaate järvevette. Kui settepind on hapnikurikas, toimib settepind raua-ja fosforilõksuna ning muudab need taas mittelahustuvateks. Seda eelkõige juhul, kui settes on piisavalt rauda fosfori sidumiseks.

Inkubatsioonikatses täheldatud fosforileke Saesaare põhjasettest järvevette võib tekitada olukorra, kus kihistunud järves alumisse isoleeritud veekihti hakkab settest kogunema fosforit, sügise ja kevadise vertikaalse veesegunemise käigus kanduvad fosfaadid kogu veesambasse ja võimaldavad ülemises valgustatud veekihi intensiivset primaarproduktide (peamiselt mikrovetikate) arengut. Käesoleva uuringu proovivõtu ajal oli järvevesi juba segunemas, mida näitas võrdlemisi ühtlane temperatuurijaotus veesambas, hapniku üleküllastus järvevee pinnakihtides viitab intensiivsele mikrovetikate fotosünteesile. Talvised ja suvised mõõtmised võimaldaksid saada lisateavet fosforiringe eripärade kohta Saesaare Paisjärves ja näidata, kuidas fosfori dünaamika selles järves mõjutab järve ökosüsteemi produktiivsust ning eutrofeerumisilminguid ning kas kihistumise perioodil alumise veekihi hapnikusisalduse vähenemine on otseselt seotud fosfori difundeerumisega settest veesambasse. See võimaldaks anda edasisi soovitusi järveökosüsteemi seisundi hoidmiseks ning kaaluda vajadust ja võimalusi hapnikusisalduse tõstmiseks järve sügavamates veekihtides.

Analüüsisime ka seda, milliste keemiliste vormidena esineb fosfor Saesaare paisjärve settes. Ökoloogiliselt huvipakkumateks settefosfori formideks on settes pooriveses lahustunud fosfor, orgaanilise aine ning redokstundlike metalliioonidega (raud, mangaan) seotud fosfor.

Lahustunud (või kergesti setteosakeste pinnalt absorbeeruva) fosfaatse fosfori hulk oli settes madal, alla 0,05 mg P/g. Orgaanilise ühenditega seotud fosfor moodustas enamasti 0,25-0,4 mg/g sette kuivainest, ületades seda väärtust vaid punktide 1 ja 2 pindmises 2 cm paksuses settekihis (vastavalt 0,6 ja 0,5 mg P/g kuivaines). Rauaga seotud fosfori osakaal oli väikseim proovipunkti nr. 1 settes, suurim proovipunktis nr. 3. Tõenäoliselt proovipunktes nr. 2 ja 3 suudab sete efektiivselt hoida settes kinni nii rauda kui fosforit, millele viitab ka hele aeroobne settepind settepuursüdames. Mitte-redokstundlike metallidega (nt. alumiiniumiga) seotud fosforit sisaldus sette kuivaine grammis 0,1-0,3 mg, kaltsiumiga seotud fosforit aga 0,1-0,2 mg. Neid kahte fraktsiooni peetakse ökoloogiliselt vähemtähtsateks, kuna looduslikes tingimustes enamasti neis vormides olev fosfor settest tagasi vette ei pöördu.

Üldiselt või järeldada, et võrdluses teiste Eesti väikejärvedega on Saesaare paisjärve fosforisisaldus mõõdukas.

Saesaare paisjärve põhjasettel puudub reostunud järvesetetele omane ebameeldiv lõhn, settetorudes ei esinenud ka pärast kümnenädalast inkubeerumist intensiivset gaaside eraldumist (mida võivad põhjustada orgaanilise aine intensiivsel lagunemisel tekkivad gaasid nagu süsihappegaas, metaan, lämmastik), puudus tugevalt redutseerunud keskkonnale viitav väävelvesiniku lõhn.

Saesaare paisjärve setteuuringute põhjal ei ilmne, et settled mõjutaksid järve tervikuna ökosüsteemi seisundit kahjustavalt, ainevahetus sette ja vee vahel on loomulik nähtus järve elutegevuses. Võimalik hapnikuvaese või täiesti hapnikuvaba järvepõhjaala esinemine ei ole

elustiku seisukohast soodne, kuid sellised keskkonnatingimused pole valdavad kogu järves ning ka aastaajati toob sellele leevendust kevadine ja sügisene veeringlus.

4. Veetaimestik

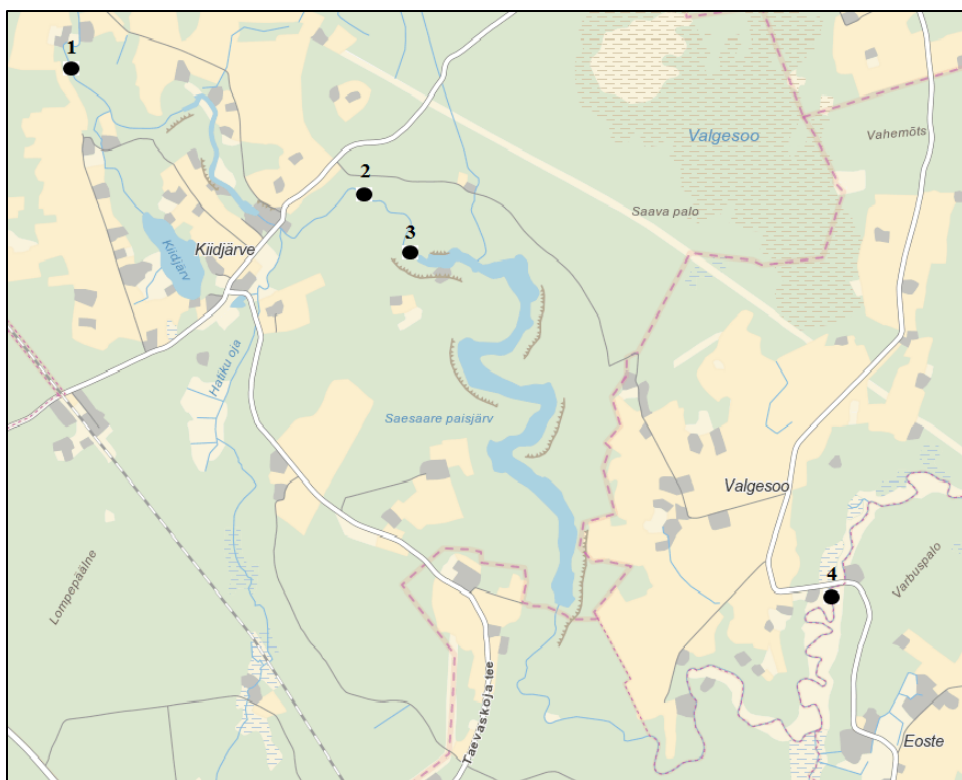
Käesoleva uuringu eesmärgiks oli anda Ahja jõe (VEE1047200) ning Saesaare paisjärve (VEE2110710) ökoloogilise seisundi hinnang veetaimestiku alusel. Hinnangu andmisel kasutati kahte erinevat vastavale veekogu tüübile väljatöötatud metoodikat - jõe puhul vooluveekogudele ning paisjärve puhul seisuveekogudele vastavat tüübiomast metoodikat. Lisaks hinnati Saesaare paisjärve ka vooluveekogude metoodika alusel, kuna puuduvad konkreetselt tehisveekogudele väljatöötatud ökoloogilise seisundi hindamiskriteeriumid. Vastavalt EL Vee Raamdirektiivile (2002) antakse elustiku komponentide alusel veekogudele hinnang skaalas - *väga hea, hea, kesine, halb, väga halb*.

Keskkonnaministeeriumi määruse nr. 44 (Pinnaveekogumite..., 2009) järgi kuulub Ahja jõgi vooluveekogu tüüpi IIB - heledaveelised ja vähese orgaanilise aine sisaldusega (KHT_{Mn} 90%-ne väärtus alla 25 mgO/l) jõed valgala suurusega $>100-1000 \text{ km}^2$. Saesaare paisjärv kuulub sama määruse järgi seisuveekogude tüüpi III - veepeegli pindalaga alla 10 km^2 , vee keskmise karedusega (üldaluselisus $80-240 \text{ HCO}_3^- \text{ mg/l}$, elektrijuhtivus $165-400 \mu\text{S/cm}$), kloriidivaesed (kloriidide sisaldus kuni 25 mg/l), kihistunud veega järved, sõltumata vee heledusest või tumedusest.

Veetaimestiku parameetreid loetakse küllaltki heaks seisundi ja muutuste indikaatoriteks, kuna veekogus valitsevad abiootilised ja biootilised tegurid peegelduvad veetaimestiku liigilises koosseisus ja selgetes levikumustrites. Kinnitunud eluviis ning suhteline tundlikkus keskkonnatingimuste osas muudab nad hinnatud indikaatoriteks keskmises ja pikas ajaskaalas. Seega liigiline koosseis, proportsioonid ning taimestiku kasvuvormid peegeldavad vastava veekogu ökoloogilist seisundit (Trempe & Kohler, 1995; Stelzer et al., 2005). Seepärast loetakse ka EL Veepoliitika Raamdirektiivi järgi (2000; 2002) veetaimestikku oluliseks elustiku komponendiks veekogu ökoloogilise seisundi hindamisel (Moss jt. 2003).

Metoodika - välitööd toimusid **Ahja jõel** septembris 2017 neljas proovipunktis (joonis 1), asukohaga Kiidjärve maantee sillast üles- (1) ja allavoolu (2), Saesaare paisjärve alguses (3) ning Eoste maantee silla juures (4). Uuritud jõelõikude algus- ja lõppkoordinaadid on fikseeritud ning toodud lisas 1. Saesaare paisjärves võeti seisundi hindamisel aluseks taimestiku parameetrid kogu veekogu ulatuses.

Proovivõtt vastas standardile EN 14184:2014 (Körs, 2012). Suurtaimestiku (makrovetikad, samblad ja soontaimed) seire toimub vähemalt 100 m pikkustes jõelõikudes, kus fikseeritakse järgmised näitajad: liigiline koosseis, taksonite arv, dominandid ning protsentuaalne üld- ja liigiline katvus (tabel 4.1). Vastavad andmed on toodud lisas 1 ning ülevaate andmiseks on taimestik jaotatud ökoloogilistesse rühmadesse - kaldavee-, uju- ja ujulehtedega ning veesisesteks taimedeks.



Joonis 4.1. Ahja jõe veetaimestiku proovipunktide asukohad 2017. aastal.

Tabel 4.1. Jõe taimestiku katvusskaala.

Skaala	Katvus (%)	Katvus (m ²)
1	<0,1	<0,6
2	0,1-1	0,6-6
3	1-2,5	6-15
4	2,5-5	15-30
5	5-10	30-60
6	10-25	60-150
7	25-50	150-300
8	50-75	300-450
9	>75	450-600

Jõe ökoloogilise seisundi hindamiseks kasutati vastavalt metoodikale (Kõrs, 2012) suurtaimestiku indeksit - MIR (*Macrophyte River Index*). Selle arvutamisel võetakse arvesse 93 indikaatorliiki/taksonit, mille hulka kuuluvad nii soontaimed, samblad kui ka makrovetikad (Jõgede hüdrobioloogiline..., 2011; Kõrs, 2012). Indeks arvutatakse järgmise valemi järgi:

$$MIR = \frac{\sum L_i * W_i * P_i}{\sum W_i * P_i} * 10 \quad (1)$$

Kus:

L – troofsusväärtus – 1 (hüpertroofne) kuni 10 (oligotroofne);

W – tolerantsusväärtus – 1 (eurütoopsed – lai tolerants) kuni 3 (stenotoopsed – kitsas tolerants)

P – liigi katvus.

Arvutatud indeksi väärtuse põhjal antakse hinnang uuritava jõelõigu ökoloogilisele seisundile vastavalt tabelis 2 toodud piirväärtustele (Szoszkiewicz et al., 2010).

Tabel 4.2. Eri jõetüüpide ökoloogilise seisundi klassifikatsioon vastavalt suurtaimestiku seisundi näitajale MIR (Szoszkiewicz et al., 2010 järgi).

Seisundiklass/Tüübiomane MIR indeks	Pehmepõhjalised jõed (liiv, orgaanika)	Kõvapõhjalised jõed (kivid, kruus)	Suured madalikujõed
„Väga hea“	≥44,5	≥47,1	≥37,9
„Hea“	44,5-35,0>	47,1-36,8>	37,9-35,0>
„Kesine“	35,0-25,4>	36,8-26,5>	35,0-32,1>
„Halb“	25,4-15,8>	26,5-16,2>	32,1-29,2>
„Väga halb“	<15,8	<16,2	<29,2

Saesaare paisjärv - suurtaimede hinnangu andmiseks järves läbitakse kogu veetaimestikuga asustatud piirkond. Lähemaks kirjeldamiseks ning mõõtmisteks tehakse iga ~ 150-200 meetri tagant transekte - uuritav ala, mis algab veepiirist ning ulatub veesisesse taimestiku maksimaalse levikusügavuseni. Registreeritakse veetaimestiku liigiline koosseis, liikide ohtrused ning nende maksimaalsed levikusügavused (lisa 2). Eraldi hinnatakse suurte niitvetikate ohtrust. Töövahendina kasutatakse mõõturega nõõri otsas taimekonksu. Tulemuste iseloomustamisel on taimed jagatud kolme ökoloogilisse rühma – kaldaveetaimed, ujulehtedega ja ujutaimed ning veesisesed taimed (Arber, 1920; Sculthorpe, 1967). Ohtrusi hinnatakse vastavalt Braun-Blanquet (1964) skaalale (1-5) ning see omab järgmisi väärtusi:

- 1 – kohati üksikud taimed või väikesed kogumikud;
- 2 – siin-seal mõõdukalt hulgal;
- 3 – sageli kohatav, keskmisel hulgal;
- 4 – palju, dominant või subdominant;
- 5 – massiliselt leviv dominant.

Liigid, mille ohtrus on määramata või < 1, tähistatakse tähega „x“. Vastavalt Veepoliitika Raamdirektiivi (2002) nõuetele kasutatakse järvede ökoloogilise seisundi hindamisel konkreetsele järvetüübile iseloomulikke veetaimestiku kriteeriume (Pinnaveekogumite..., 2009). Järve seisundi koondhinnang (märgitud rooma numbritega: I – väga hea, II – hea, III – kesine, IV – halb, V – väga halb) määratakse tüübispetsiifiliste taimestiku näitajate alusel. Ökoloogilise seisundi hindamisel kasutatakse taimestiku indikaatorliikidena ujulehtedega, uju- ja veesisesed taimi ning niitvetikaid. Indikaatorliigid järjestatakse nende ohtruse alusel (märgitud araabia numbritega) ning selleks kasutatakse järgmisi lühendeid:

- Ujutaimed: Hydr – konnakilbukas (*Hydrocharis*); Lem – lemlid (*Lemna*); Spir – vesilääts (*Spirodela*);
- Ujulehtedega taimed: Nu – vesikupud (*Nuphar*); Nym – vesiroosid (*Nymphaea*); Pot(nat) – ujuv penikeel (*Potamogeton natans* L.); Poly – vesi-kirburohi (*Polygonum amphibium* L.); Spar – jõgitakjad (*Sparganium*);
- Veesisesed taimed: Bry – sammaltaimed (*Bryophyta*); Char – mändvetiktaimed (*Charophyta*); Cer – kardhein (*Ceratophyllum*); Elo – vesikatk (*Elodea*); Iso – järvalahnarohi (*Isoetes lacustris* L.); Lob – vesilobeelia (*Lobelia dortmanna* L.); Myr – vesikuused (*Myriophyllum*); Pot – penikeeled (*Potamogeton*); Ran – särjesilmad (*Ranunculus*); Spar – jõgitakjad (*Sparganium*); Str – vesikarikas (*Stratiotes*); Utr – vesiherned (*Utricularia*).

Järvede seisundi hindamisel kasutatakse ka näitajat EQR (*Ecological quality ratio*) ehk ökoloogilise kvaliteedi suhet (ÖKS). See on arv vahemikus 0-1 ning väljendab numbriliselt veekogu ökoloogilise seisundi kõrvalekallet referentstingimustest. EQR väärtuse andmiseks on erinevatele seisundiklassidele omistatud järgmised väärtused:

- Väga hea – 1;
- Hea – 0,7;
- Kesine – 0,5;
- Halb – 0,3;
- Väga halb – 0.

Seisundiklasside piirideks väga halva ja halva; halva ja kesise; kesise ja hea; hea ja väga hea; vahel on vastavalt 0,2; 0,4; 0,6 ja 0,8. Koondhinnang saadakse erinevate taimestiku näitajate EQR väärtuste aritmeetilise keskmise arvutamisel.

Tulemused - Ahja jõgi - kokku registreeriti uuritud proovipunktidest 66 liiki veetaimi (lisa 1), nendest 49 kuulus kaldavee-, 7 uju- ja ujulehtedega ning 10 veesisesesse taimestikku. Punkt number 1 paiknes metsaste kallastega piirkonnas (foto 4.1; joonis 4.1) ning veetaimestikus olid esindatud kõik ökoloogilised võõndid (joonis 4.2, lisa 1). Ohtraim oli kaldaveetaimestik 15 liigiga, kus domineerisid harilik naat (*Aegopodium podagraria* L.), päideroog (*Phalaris arundinacea* L.) ja kilpjalg (*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn). Liikide arvult järgnes veesise taimestik 4 liigiga ning ohtramalt esines rusket penikeelt (*Potamogeton alpinus* Balb.). Uju- ja ujulehtedega taimed olid esindatud 3 liigiga ning ohtruselt domineeris liht-jõgitakjas (*Sparganium emersum* Rehm.). Sellest piirkonnast leiti ka haruldast Meinshauseni penikeelt (*Potamogeton x meinshausenii* Juz.).

Proovipunkt number 2 paiknes (joonis 4.1) samuti metsaste kallastega piirkonnas ning esindatud olid kõik veetaimestiku ökoloogilised rühmad. Liikide arvu järgi domineerisid kaldaveetaimed 27 liigiga (foto 4.2; joonis 4.2; lisa 1), millede ohtrused olid suhteliselt madalad, seega selged dominandid puudusid. Võib siiski öelda, et teistest veidi rohkem leidis seal harilikku sinilille (*Hepatica nobilis* Schreb.) ja soo-lõosilma (*Myosotis scorpioides* L.). Liikide arvult järgnesid uju- ja ujulehtedega taimed 5 liigiga, nendest ohtramalt esines väike lemmel (*Lemna minor* L.), kollane vesikupp (*Nuphar lutea* L.) ja vesilääts (*Spirodela polyrhiza* Schield.). Veesiseses taimestikus leiti vaid üks liik – ruske penikeel (*Potamogeton alpinus* Balb.).

Proovipunkt number 3 paiknes ajuti suurveega üleujutatava luha piirkonnas vahetult enne Saesaare paisjärve (foto 4.3). Veetaimestikus domineerisid kaldaveetaimed 23 liigiga, kuid teised ökoloogilised võõndid puudusid (joonis 4.2, lisa 1). Ohtruselt domineerisid konnaosi (*Equisetum fluviatile* L.) ja päideroog (*Phalaris arundinacea* L.).

Proovipunkt number 4 asus Eoste maantee ääres, kus kaldapiirkonnas asusid majandatud heinamaad. Veetaimestikus domineerisid samuti kaldaveetaimed 12 liigiga (foto 4.4; joonis 4.2; lisa 1) ning sarnaselt eelmisele punktile teised veetaimestiku ökoloogilised võõndid puudusid. Ohtramatest liikidest esines selles piirkonnas harilikku naati (*Aegopodium podagraria* L.), seaohakat (*Cirsium oleraceum* (L.) Scop.) ja päideroogu (*Phalaris arundinacea* L.).

Saesaare paisjärves registreeriti kokku 37 liiki veetaimi (lisa 2). Liikide arvult domineerisid ökoloogilistes võõndites kaldaveetaimed 27 liigiga, järgnesid küllaltki võrdselt uju- ja ujulehtedega ning veesisesed taimed, vastavalt 3 ja 7 liigiga. Täpsem taimestiku leviku kirjeldus on toodud peatükis 3.2.

Ahja jõe ja Saesaare paisjärve seisund (tabel 4.3) hinnatuna suurtaimestiku seisundiindeksi MIR (Macrophyte River Index) alusel oli uuritud jõelõikudes 1 ja 2 „hea“, lõigus 3 „väga hea“, lõigus 4 „kesine“ ning paisjärves „hea“. Ning kokku kõikide lõikude keskmisena „hea“.

Tabel 4.3. Uuritud jõelõikude seisundi hinnang suurtaimestiku MIR (Macrophyte River Index) indeksi alusel Ahja jõel ja Saesaare paisjärves 2017. aastal.

Näitaja/Proovipunkt	1	2	3	4	Saesaare	Kokku
MIR indeks	43,6	42,3	45,3	30,6	42,3	40,8
Hinnang	„Hea“	„Hea“	„Väga hea“	„Kesine“	„Hea“	„Hea“

Kokkuvõttes olid proovipunktid küllaltki erinevad liikide kattumise ja ökoloogiliste vööndite esinemise ja mitteesinemise osas. Kattuvaid liike, mis esinesid kõigis proovipunktides, ei olnud. Ka muutus allavoolu liikudes ökoloogiliste vööndite esinemine – päris jõe punktides kadusid uju- ja ujulehtedega ning veesisene taimestik, seda vahetult enne ja pärast Saesaare paisjärve.



Foto 4.1. Veetaimestiku proovipunkt number 1 Ahja jõel 2017. aastal (foto: Tõnu Feldmann).



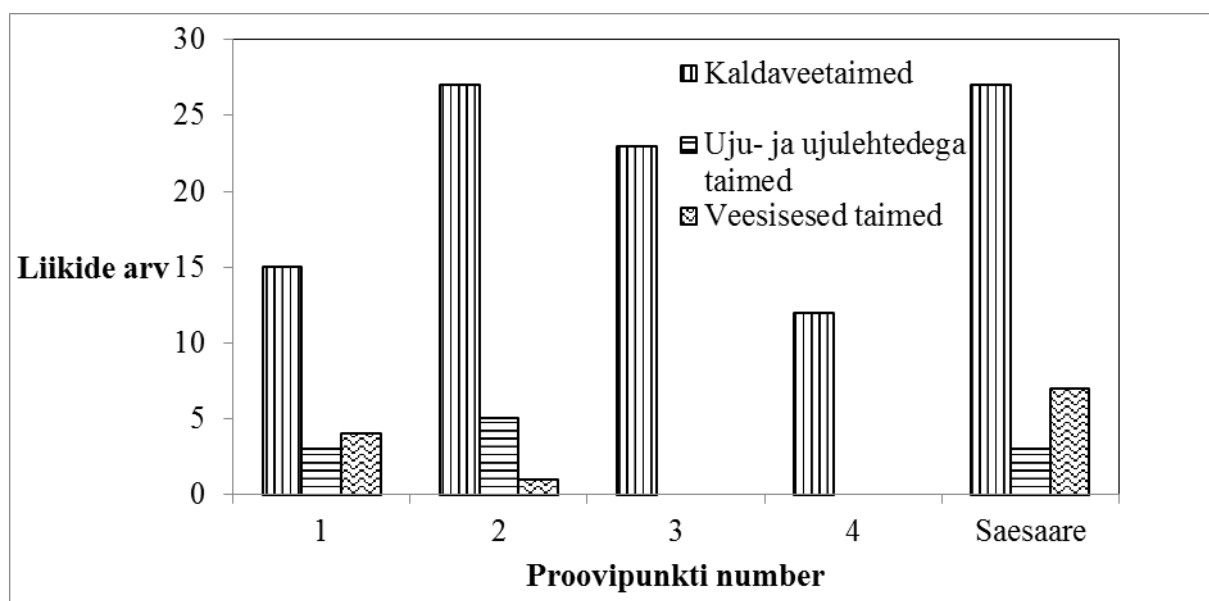
Foto 4.2. Veetaimestiku proovipunkt number 2 Ahja jõel 2017. aastal (foto: Tõnu Feldmann).



Foto 4.3. Veetaimestiku proovipunkt number 3 Ahja jõel 2017. aastal (foto: Tõnu Feldmann).



Foto 4.4. Veetaimestiku proovipunkt number 4 Ahja jõel 2017. aastal (foto: Tõnu Feldmann).



Joonis 4.2. Veetaimestiku liikide arvud ökoloogilistes võõndites 2017. aastal Ahja jõel ja Saesaare paisjärves.

Saesaare paisjärv - registreeriti 2017. aastal kokku 48 liiki veetaimi (lisa 2). Liikide arvult domineerisid ökoloogilistes võõndites kaldaveetaimed 35 liigiga, järgnesid küllaltki võrdselt uju- ja ujulehtedega ning veesisessed taimed, vastavalt 7 ja 6 liigiga. Üldiselt oli veetaimestiku levik järves suhteliselt piiratud ning ohtram oli see (seda eriti kaldaveetaimestiku osas) järve alguses (peale Kiidjärvet). Seal katsid kaldaveetaimestikuga kaetud alad kohati pea kogu järve avaveelise osa (foto 4.5), põhjuseks eelkõige madal veetase. Seega domineerisid järves

kaldaveetaimed, seda nii liikide arvu ja ohtruse kui ka visuaalse pindalade hinnangu järgi. Liikudes Saesaare elektrijaama paisu poole veetaimede levik vähenes, taimestik koondus kaldapiirkonda ning levikumuster omandas mosaiiksema ilme. Põhjuseks võib siin pidada metsast ja küllaltki järsku kaldapiirkonda (foto 4.6), kus madalakasvulistele kaldaveetaimede pole lihtsalt füüsiliselt ruumi või olid valgustingimused piiratud. Samuti võib pidada nn. pärisveetaimede puhul (uju-, ujulehtedega ja veesisesed taimed) takistuseks eelkõige järsust litoraali piirkonnast tingitud ebasobivaid valgustingimusi veesambas. Üldiselt oli maksimaalne levikusügavus kaldaveetaimestikus 1,5 m, kusjuures uju- ja ujulehtedega taimede ning veesiseste taimede puhul oli vastav näitaja vaid 2 m. Domineerivateks liikideks kaldaveetaimestikus (lisa 2) olid valdavalt madalakasvulised liigid - tarnad (*Carex* spp.) ning päideroog (*Phalaris arundinacea* L.). Uju- ja ujulehtedega taimestikulis leidus sagedasemalt ja võrdse ohtrusega kollast vesikuppu (*Nuphar lutea* L.) ja ujuvat penikeelt (*Potamogeton natans* L.). Veesiseses taimestikulis olid sagedasemad ja ohtramad tähk-vesikuusk (*Myriophyllum spicatum* L.) ning kaelus-penikeel (*Potamogeton perfoliatus* L.). Kaitsealustest liikidest leiti kahkjaspunast sõrmkäppa (*Dactylorhiza incarnata* (L.) Soó; III kategooria). Vastavalt seisuveekogude III tüübi hindamiskriteeriumidele oli Saesaare paisjärve seisund „kesine“ (tabel 4.4). Seda eelkõige selle järvetüübi karaktertaksonite mitteesinemise ja madala ohtruse tõttu. Ka oli madal ökoloogilise kvaliteedi suhe, mis näitab, et järv sarnaneb vaid veidi enam kui poole ulatuses (0,53) referentstingimustega järvetaimestikule.

Tabel 4.4. Saesaare paisjärve seisundi hinnang suurtaimede alusel (lühendite tähistused: “ = “ – taimeliikide võrdne ohtrus; “,” – liikide kahanev ohtrus; araabia numbritega on tähistatud indikaatorliigi ohtrus; rooma numbritega on tähistatud ökoloogilise seisundi koondhinnang) 2017. aastal.

Näitaja/aasta	2017
Veesisese taimestiku maksimaalne levikusügavus (m)/(EQR)	2,0:III (0,5)
Tähtsamad hüdrofüütide taksonid ohtruse järjekorras/(EQR)	Pot=Myr=Nu=Pot(nat), Lem=Cer=Ran=Spir:III (0,5)
Kaelus-penikeele või läik-penikeele ohtrus/(EQR)	2:III (0,5)
Mändvetiktaimede või sammalde liikide ohtrus/(EQR)	0:IV (0,3)
Kardheina või ujutaimede ohtrus/(EQR)	1:II (0,7)
Suurte niitrohevetikate rohkus/(EQR)	1:II (0,7)
Koondhinnang	III:kesine
Koondhinnangu EQR	0,53



Foto 4.5. Veetaimestiku levikumuster Saesaare paisjärve alguses septembris, 2017. aastal (foto: Tõnu Feldmann).



Foto 4.6. Veetaimestiku levikumuster Saesaare paisjärve keskosas septembris, 2017. aastal (foto: Tõnu Feldmann).

5. Suurselgrootud

Saesaare paisjärve tervendamise võimalikest mõjudest Ahja jõe suurselgrootutele - palja silmaga nähtavad selgrootud loomad e suurselgrootud asustavad sageli veekogude põhja, seepärast võib neid kutsuda ka põhjaloomastikuks. Et osa loomi ujub aktiivselt ringi või liigub veepinnal, on loogilisem kasutada nimetust suurselgrootud.

Pehmeid setteid asustavad teistsugused suurselgrootute liigid kui need, kes ronivad taimestikust või kividel. Ronijatel on kas pikad jalad (paljudel putukatel) või erilised kinnitusvahendid (kaanidel ja tigudel). Põhjas lebavate või põhjasettesse uuristunud loomade kehakuju on reeglina lihtsam ja pikkade jäsemeteta: kas usjas nagu sääsevastsetel ja väheharjasussidel, või lapik nagu karpidel. Madalas jõesängis paiknevad loomad ühtlasemalt kui sügavas. Sügavasse vette koguneb pehme sete, mis katab sealsed kõvad struktuurid (kivid, kruus, oksad). Samas ei saa seal valguse puudusel kasvada suured taimed. Niisiis jääb sügava veega jõesängis või paisjärves madala vee selgrootutel üle asustada ainult kaldaservi.

Pehme sette mõjusid suurselgrootutele - peeneteralise sette hulgaline kogunemine (näiteks paisjärvede põhja) ei sobi paljudele suurselgrootute liikidele. Eriti tundlikud on mudale ja liivale vooluveeloomad. Normaalses tingimustes hoolitseb veevool ise selle eest, et peened setted ei saaks koguneda. USA jõgedes on nende kuhjumine kõige levinum inimõju üldse, mis vähendab oluliselt suurselgrootute üldarvukust. Toitumistüüpidest suureneb kogujate, väheneb aga filtreerijate ja kraapijate arvukus. Setete äkiline vabastamine paisjärvest mõjutab omakorda oluliselt allpool asuva jõeosa elustikku. Mudast pääsemiseks on põhjaloomadel mõnikord võimalus kolida taimedele, kuid kõik liigid ei saa sellega hakkama ning taimed ei suuda kõva põhja kuigi kaua asendada. Selline olukord valitseb praegu tõenäoliselt suuremas osas Saesaare paisjärve põhjast.

Põhjasette eemaldamine (ükskõik, kas tervendamise käigus või muudel kaalutlustel) toob paratamatult kaasa selle pinnal või sees elavate loomade hävingu. Kui paisjärves sette eemaldamisele eelneb veetaseme kiire alandamine, jääb ühtlasi kuivale põhjaloomastiku kõige mitmekesisem osa: kaldaäärne madalvee-elustik, millega justkui polekski pidanud midagi juhtuma. Ka säilinud veepeegli osas on põhi pikaks ajaks rikutud, sest lõhuti pika aja jooksul väljakujunenud kiht ning asendati see põhjaga, millel esialgu puudub toitev vetikakile, rääkimata looduslikust suurtaimestikust.

Taastumisaeg pärast tervendamist või samalaadset füüsilist muutmist oleneb veekogu iseloomust ja muutuste ulatusest. Väikesed ojad taastuvad mõne aastaga, keskmise suurusega tervendatud jõelõik ca 4 aastaga. Tervendamisel on oluline, et kaduma kippuvate elupaikade taastatav hulk poleks liiga väike, kuid samas ei hävitataks seni säilinud viimaseidki isendeid, kellele need elupaigad tegelikult asustamiseks on mõeldud. Enamasti sarnaneb tervendatud veekogu elustiku väljakujunemine vastavale protsessile kunstlikult rajatud veekogus.

Muda eemaldamise korral satuvad löögi alla peamiselt vähenõudlikud liigid (näiteks surusääsevastsed), kes on niigi harjunud kasinate tingimustega. Isegi kui kogu mudakiht eemaldatakse, on tõenäoline, et osa neist pääseb eluga (välja arvatud siis, kui kogu ala veest tühjendatakse). Ühtlasi on nad head levijad (putukad levivad valmikutena lennates), mis kiirendab taasasustust. Kivise põhja ja taimestikuliikide taastumine võtab rohkem aega ning esialgu võivad mudase põhja pioneerliigid ka neid nende tavapärastes elupaikades asendada. Mida mitmekesisem ja paremaid varjetingimusi pakkuv on uus substraat, seda kiiremini ja

mitmekesisemalt seda ka asustatakse. Kõige kasulikum tervendamisviis suurselgrootutele on muda eemaldamine veetasel alandamata, nii et säiliks senine kõva põhi (kui seda on alles) ja ühtlasi taimestiku loomaliigid. Samas laieneksid nende võimalikud elupaigad.

Saesaare paisjärve tervendamise võimalikke mõjusid suurselgrootutele - Tõnissoni (2015) järgi on peamisi võimalusi kolm:

- a) senise olukorra säilitamine
- b) paisu eemaldamine ning veetaseme alandamine loodusliku tasemeni (kas muda eemaldamisega paisjärve põhjast või ilma)
- c) paisu säilitamine koos kalapääsu rajamisega (kas muda eemaldamisega paisjärve põhjast või ilma).

Praegu asustavad suurselgrootud paisjärve nii, et madalaveelistes kaldaservades elab küll palju liike, kuid need on oluliselt seisuveelisemad kui normaalses jõesängis (allpool paisu ja kaugel ülalpool paisu). Sügavate jõeosade elustiku uurimiseks pole tööde korraldajatel siiani huvi olnud. Kuni pole teada, kes ja millises koguses asustavad paisjärve ja jõge praegu (enne võimalikke tervendustöid), pole võimalik tulevikus väita, kuidas need tööd selgrootutele mõjusid. Näiteks Kiidjärve paisu lammutustöödega seoses ei toimunud selle mõju hindamist selgrootutele ning nüüd pole tagantjärele seda enam võimalik teha. Samuti ei saa enam hinnata, kuidas mõjus Kiidjärve paisjärvest vabanenud muda Saesaare paisjärve põhjaelustikule.

Kui veetasel peaks maksimaalselt ning kiiresti langetatama, tekib suurselgrootutele kaks põhilist "väljakutset". Kõigepealt taastub veevool paisjärve põhjas (vanas sängis, mis praegu on muda ja liivaga kaetud). See vool uuristab kiiresti uue sängi ning uhub pehmed setted sealt allavoolu. Need ummistavad jõepõhja mõneks aastaks seal, kus see praegu on enam-vähem normaalses seisus. Samas hakkab kitsas sängis taastuma normaalne liigistik, mis kandub sinna vooluga ülaltpoolt. Lammile kogunenud muda, mida tõenäoliselt pole võimalik oluliselt eemaldada, vajub raskusjõu mõjul ning vihmavee kaudu samuti kitsasse säilinud sängi. See aeglustab voolulembese elustiku taastumist ning ummistab samuti paisust allapoole jäävaid jõeosi. Üleminekuperiood kestab, kuni vool pole sängimuda minema kandnud ning lammimuda pole taimejuurtega kinnistunud.

Niisiis, kui veetasel alandada, siis jõesängi tervise mõttes (mitte ainult selgrootutele mõeldes) tuleks seda teha võimalikult aeglaselt, et jõgi suudaks lisanduvaid setteid paremini fikseerida.

Kalapääsu rajamise mõju ulatus suurselgrootutele jääb tõenäoliselt kahe eelmise stsenaariumi vahele. Ta sõltub sellest, kui palju ehituse käigus setteid allavoolu liikuma pääseb.

Edaspidised tegevused - kas Saesaare paisjärvel teha edaspidi suurselgrootute uurimisi, sõltub sellest, kas tööde korraldajad soovivad teada, milline elustik asustab nii sügavaid kui madalaid (< 1 m) jõeosi. Seda nii enne suuremate tööde korraldamist, vahetult pärast töid, kui taastumisperioodi lõpuni. Seni selgrootutega seotud tegevus (Hendrikson & Ko töö koosseisus 2016) oli ühekordne – hinnata madala vee seisundit suurselgrootute järgi (kokku 5 kohas) ning kindlaks teha, kas piirkonnas leidub kaitsealust liiki paksu jõekarpi (*Unio crassus*). Proovialad olid vastavalt ülalpool Saesaare paisjärve (1), paisjärves (2) ning allpool paisjärve (2). Kiidjärve paisu lammutamisega seoses ei toimunud midagi.

Viimati hinnati Saesaare paisjärve ökoloogilist seisundit suurselgrootute järgi 2015. aastal (Timm, 2015). Selle uuringu järgi olid küll mitmed indeksid (ASPT, PSFI) olid heal

tasemel (Table 5.1), kuid kokkuvõttes hinnati seisundit kesiseks. Kesist seisundit põhjustas peamiselt taksonite vähesus (Timm, 2017).

Tabel 5.1. Indeksid suurselgrootute järgi (Timm, 2015). N-asustustihedus (isendit/m²), T-üldine taksonirikkus, H-Shannoni erisus, ASPT-Average score per taxon, EPT-Ephemeroptera, Plecoptera ja Trichoptera taksonirikkus, DSFI-Danish stream fauna index, MESH-Macroinvertebrates in Estonia: Score of hydromorphology. Sinine-väga hea, roheline-hea, kollane-kesine, oranž-halb või väga halb ökoloogiline seisund.

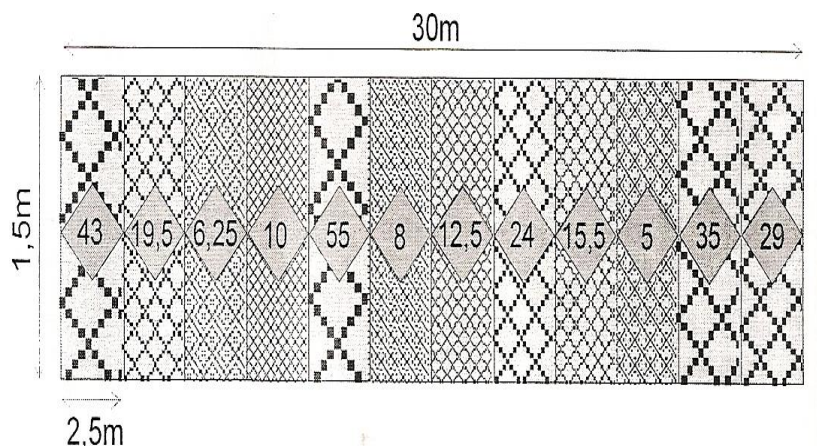
Indeks	N	T	H	ASPT	EPT	DSFI	MESH
Sõnajala	330	23	1,79	5,21	8	4	1,75
Saesaare pj. Idakallas	290	26	1,67	5,65	11	5	1,29
Saesaare pj. lõunakallas	419	25	2,41	5,86	10	5	1,61
Allpool Saesaare paisu	859	16	1,65	4,67	8	4	2,43

6. Kalastik

Metoodika - Saesaare paisjärve kalastiku uuringud viidi läbi 19-20. oktoobril 2017 (joonis 6.1). Püügid teostati multisektsioonsete nakkevõrkudega (Nordic scientific multimesh gillnet) mis on kujundatud vastavalt kehtivale Euroopa Standardile EN 14757:2005 ja selle alusel 29.09.2005 kehtestatud Eesti standardile EVS-EN 14757:2005 (joonis 6.2). Kalu püüti paisjärve kolmes piirkonnas, igas ühe ujuva ja ühe uppuva võrguga. Võrgud asetati püügile ca öhtul kell 18.00 ja võeti välja järgmise päeva hommikul ca 9.00. Kõikidel püütud kaladel mõõdeti täispikkus, standardpikkus ja täiskaal. Arvutati kaaluline ja arvuline CPUE iga võrgu kohta ja keskmine järve kohta.



Joonis 6.1. Kalapüügi piirkonnad Saesaare paisjärves 19.-20. oktoobril 2017.

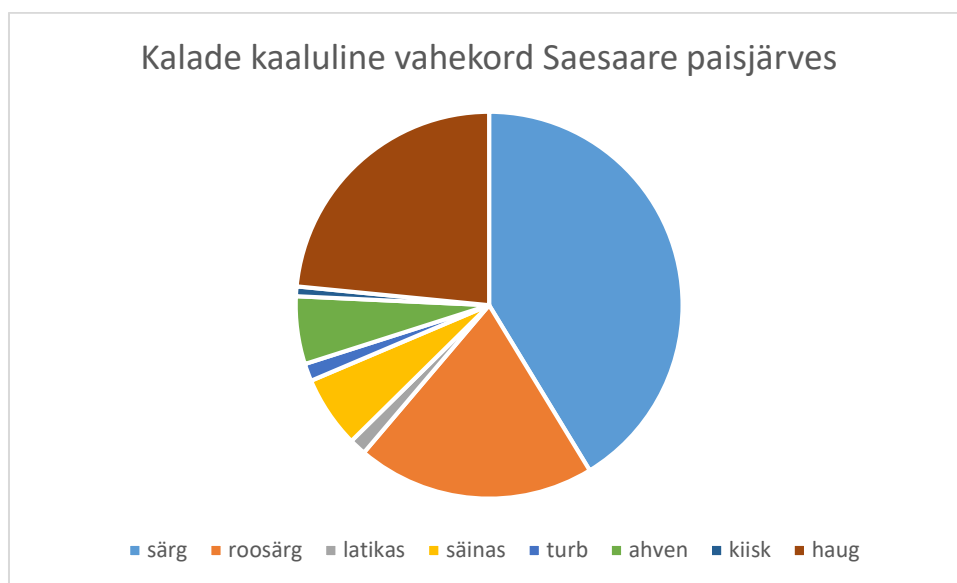


Joonis. 6.2. Multisektsioonvõrgu skeem.

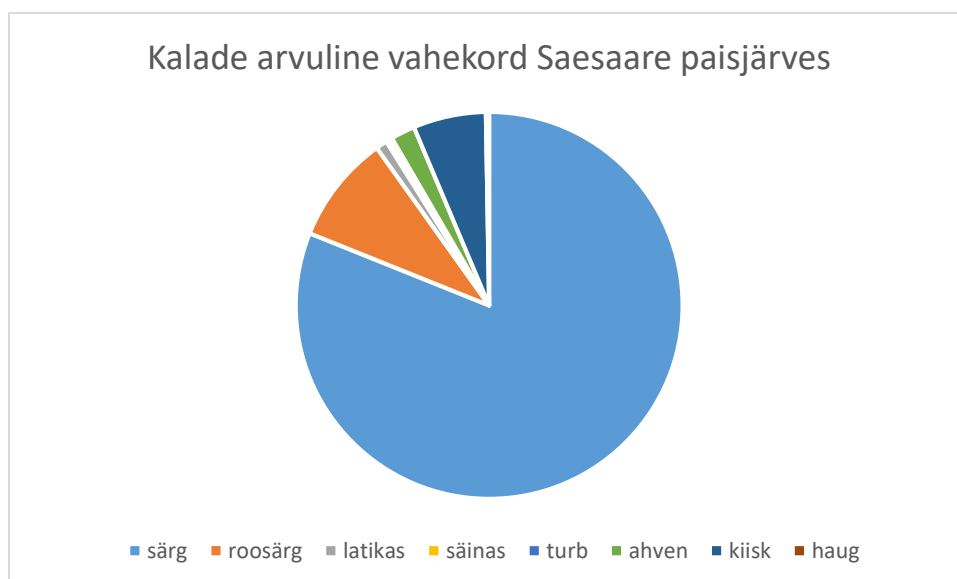
Tulemused - Ahja jõgi on kalarikas jõgi, kus on registreeritud 29 liigi esinemine (Eesti jõed, 2001). Meie saime katsepuükidel kokku 8 liiki kalu: särge, roosärge, latikas, säinas, turb, ahven, kiisk ja haug. Nii kaaluliselt kui ka arvuliselt domineeris järves särge (joonised 6.2 ja 6.3). Arvuliselt on järves palju ka roosärge. Negatiivseks näitajaks võib pidada seda, et järves on vähe röövkalu. Mida suhteliselt rohkem on röövkalu (eelkõige haugi ja suurt ahvenat), seda paremas seisus üldiselt järv on. Haugi väike arvukus võib olla põhjustatud kahest asjaolust: järves napib haugile sobivaid koelmualasid ning haugi püütakse harrastuskalameeste poolt rohkem valikuliselt välja. Samuti võib mõjutada tulemusi see, et enamasti hindavad võrgupüügid haugi arvukust alla.

Järves on suuri ahvenaid, kuid ahvena järelkasvu arvukus pole kiita. Järv sobib igati ahvenale, kuid miks väikseid ahvenaid vähe on, ei ole päris selge. Üheks põhjuseks võib olla kiisk, kes meelsasti toitub teiste kala marjast.

Paisjärv on väga kalarikas kalade suhtelise biomassi järgi. Võrgu kohta saadi keskmiselt 3200 g kala (Tabel 6.1) ja selle näitaja alusel on ta võrreldav parimate Eesti väikejärvedega. Kalade biomass kasvas ülavoolult paisu poole (Tabel 6.1).



Joonis 6.2. Kalade kaaluline vahekord Saesaare paisjärves 19.-20. oktoobril 2017 (kuue võrgu keskmine).



Joonis 6.3. Kalade arvuline vahekord Saesaare paisjärves 19.-20. oktoobril 2017 (kuue võrgu keskmine).

Tabel 6.1. Kalade kaalud (g) ja arvud (tk) sektsioonvõrkudes võrkude kaupa.

Jaam	1 Ujuv	1 Uppuv	2 Ujuv	2 Uppuv	3 Ujuv	3 Uppuv
särg	883,6	730,4	1772,9	4017,5	484,1	37
roosärg	515,5	1953,3	23	549,8	778	
latikas		64,3		159,7		48,6
säinas					1152,4	
turb					283,7	
ahven		81,5	74,9	910,1		18,5
kiisk		40,5	29,8	80,3		7,5
haug					4500	
Kokku	1399,1	2870	1900,6	5717,4	7198,2	111,6
Arvud						
Jaam	1 Ujuv	1 Uppuv	2 Ujuv	2 Uppuv	3 Ujuv	3 Uppuv
särg	103	29	83	104	38	2
roosärg	4	12	2	5	17	
latikas		1		1		2
säinas					1	
turb					1	
ahven		4	1	3		1
kiisk		4	5	16		2
haug					1	
Kokku	107	50	91	129	58	7



Foto 6.1. Kalade püügipiirkond nr. 1 paisjärve alguses (foto: Priit Zingel).

Mis juhtub kaladega, kui käivituvad erinevad stsenaariumid - paisjärve seisundit kalade järgi on raske hinnata, kuna jõgede jaoks kasutatav standard kasutab elektripüüki, aga mis paisjärve heaks ei sobi. Ilmselt oleks mõistlik kasutada suurtele jõgedele mõeldus metoodikat, kuid see on alles väljatöötamisel. Saesaare paisjärve kalastik sarnaneb kõige rohkem Ahja jõe alamjooksu omaga. Ahja jõe alamjooks on särje- haugi-turva tüüpi jõgi (Eesti jõed, 2001).

Kui paisjärv säilib, siis võiks kaaluda haugi asustamist järve. See soodustab surve suurenemist planktonitoidulistele kaladele (eelkõige särjele), aitab seeläbi vee kvaliteeti tõsta ja suurendab ka järve harrastuskalanduslikku väärtust.

Kui pais lammutatakse ja veetase läheb alla, siis tekkinud jõelised elupaigad ei sobi enam sellistele tüüpilistele järvekaladele nagu roosärg, latikas ja kiisk.

7. Arutelu, erinevad teemad

Alljärgnevalt on esitatud, mh läbiviidud tööde alusel, vastuseid küsimustele, mis olid üleval enne vastava töö teostamist.

Kuidas on Kiidjärve paisu likvideerimine mõjutanud Saesaare paisjärve setete paksust ja orgaanikarikka sette osakaalu paisjärve põhjapoolses osas?

Otseselt kaldaveetaimestikule kantud setteid Saesaare paisjärve alguspiirkonnas ei täheldanud.

Kiidjärve paisu likvideerimine võib olla mõjutanud paisjärve seisundiklassi suurselgrootute alusel negatiivses suunas (vaata seletusi suurselgrootute osas).

Meie analüüsid näitavad, et pigem on orgaanikarikas paisjärve paisupoolne osa ja ilmselt mängib siin rolli autohtoonne orgaaniline aine, mis tekib kohapeal arenenud vetikatest.

Kas täheldati setete kuhjumisalasid paisjärve ülesvooluotsas kallastel?

Taimestiku uuringu käigus selgeid ja otseseid märke setete kuhjumisest ei täheldatud ja ei täheldatud ka täiendavaid paisutusi.

Milline oleks järve areng olukorras, kui rajatakse kalapääs ning pais jääb alles?

Eeldatavasti toimub intensiivne settekuhjumine rohkem paisjärve alguses, kus jõevool aeglustub ning voolusäng on looklev. Intensiivsem oleks see protsess suurvee- ja sajuperioodidel ning jätkuks praegusele sarnane olukord. Järve sügavamates kihtides, eriti paisupoolses otsas tekib siis, kui vesi on kihistunud, põhjas hapnikupuudus. See on looduslike järvede puhul samuti loomulik protsess.

Hapnikupuudus põhjakihtides saab siin tekkida ainult suvel, kui vesi on tugevalt kihistunud. Sellel ajal olulisi kalade rändeid ei toimu. Kalad teevad rändeid peamiselt kudumise ajal – kevadel või sügisel. Ahja jõel koeb harjus kevadel aprilli keskelt kuni mai keskpaigani (Järvekülg, 2003a), forell oktoobri keskelt kuni jaanuari keskpaigani (Järvekülg, 2003b). Seega, kui järve põhjakihtides valitsevad halvad hapnikuolud, siis olulisi rändeid ei toimu. Kuna paisjärves on setteid suhteliselt vähe, siis need ei sega kalade rännet.

Võiks kaaluda settelähedaste veekihtide aereerimist suvekuudel, kui veesammas on kihistunud. Selle käigus lõhutakse kihistus ja leevendatakse suvist hapnikupuudust põhjakihtides.

Kuna setet ei ole kogunenud Saesaare paisjärve põhja kuigi paksu kihina, ei kujuta setete selline paksus sügavamale järvelisele veekoguosal probleemi. Järve sügavus on piisavalt suur ja aeglane settekihi kasvamine ei suudaks põhjustada sellist probleemi nagu madalate järvede puhul, kus settekihi kiire kasvamine võib neis viia veemahu vähenemiseni ning järve kinnikasvamiseni. Ka juhul, kui setet oleks järvepõhjal vähem, ei hoiaks see tõenäoliselt ära alumise veekihi hapnikuvaegust, kuna ka tulevikus settiv orgaaniline aine hakkab järvepõhjal lagunema. Saesaare paisjärve on settinud suhteliselt vähe orgaanilisi setteid ja **juhul, kui paisjärv säilib, ei ole otstarbekas järgneva 20 aasta jooksul setteid hakata eemaldama**. Praeguses olukorras tekitataks setete eemaldamisega rohkem kahju kui kasu. Praktiliselt on võimatu välistada edaspidist biogeensete ainete (nt. fosfor, lämmastik) kandumist veekogusse, sest jõgi toob suurveega valgalalt kindlasti kaasa ka toiteaineid. Kaaluda võiks paisjärve sissevoolule settee sissekande vähendamiseks settetaskute rajamist.

Seisundi järgimiseks - nt viie aastase hooldusvälba ajal tuleb vähemalt ühe aasta jookusul, iga kuu, jälgida - pH, BHT₅, Nüld, Püld, NH₄-N (fikseerimaks mh seisundit, mis tuleb hoida hea). Võttes siinkohal arvesse ka juhismaterjali ECOSTAT (2017), siis sama hooldusvälba raames fikseerida ka paisutatud jõelõigu ränivetikakooslus ning meetmed, millega saab vajadusel parandada ränivetikate ja kalda suurtaimestiku olukorda.

Kas orgaanikarikas sete avaldab elustikule juba praegu mõju (elutingimuste halvendamine)?

Meie setteanalüüsid näitavad, et Saesaare paisjärve on settinud suhteliselt vähe orgaanilisi setteid. Suvised ja ka talvised temperatuurikihistuse oludes võib orgaaniliste põhjasetete lagunemise tagajärjel paisjärve sügavates põhjapiirkondades tekkida hapnikupuudus ja järgneva anaeroobsele lagunemisele lülitumise tulemusena võivad veekogu sügavad kohad muutuda elustikule ebasoodsaks. Kõige otsesemat mõju

avaldab orgaanikarikas sete põhja suurselgrootutele, kus hapnikutundlikumad liigid kaovad. Kirjeldatud protsessid toimuvad loomulikult viisil ka looduslikes kihistunud järvedes, kuid kui käsitleda paisjärve tugevasti muudetud veekogumi (jõe) osana, siis võib küll öelda, et sügavates põhjakihtides ei vasta suvised ja talvised hapnikutingimused tõenäoliselt hea seisundi kriteeriumidele. Suvine hapnikupuudus tekib ka looduslikes kihistunud järvede põhjakihis, seega ei ole see ka midagi erakorralist. Lisaks, hetketeadmiste alusel ei saa kindlalt väita, et need alad on väga ulatuslikud ja mõjutavad seega elustiku ja kogu veekogumi seisundihinnangut. Selgust aitaks tuua täiendavad sesoonsed hapnikurežiimi uuringud.

Orgaanilise aine kandumist paisjärve on raske ära hoida, nagu on võimatu ka vältida orgaanilise ainet tekkimist järves endas juhul kui järv jääb endiselt toimima. Orgaanikarikas sete avaldab elustikule mõju igal juhul, kuid arvestades paisjärve sügavust ei oma setete hulk lähemas tulevikus suurt tähtsust (juhul kui paisu ei likvideerita). Kui aga veetaset alandada, siis jõesängi tervise mõttes (mitte ainult selgrootutele mõeldes) tuleks seda teha võimalikult aeglaselt, et jõgi suudaks lisanduvaid setteid paremini fikseerida.

Täiendavalt toome siinkohal välja lisainfo üldise setteteema osas, tööst - Saesaare paisjärve põhjasetete hulga arvutus perioodi 1953–2015 kohta (A. Järvet, 2017). Nimelt - Saesaare paisjärve pikaajaline aastakeskmise sissevool on 2,92 m³/s. Kasutades uurimisperioodi 1979–1987.a sissevoolu keskmist hõljuvainete sisaldust 7,8 mg/l ning väljavoolul 4,2 mg/l, saame paisjärve 63 aasta pikkuse perioodi sissevoolavaks hõljuvainete hulgaks 45 tuh tonni ja väljavoolavaks hulgaks 24 tuh tonni. Paisjärves akumuliseerunud sette hulk on sisse- ja väljavoolu vahet arvestades 21 tuh tonni. See moodustab KMH uuringute käigus mõõdistatud põhjasete hulgast 11%. Järelikult ülejäänud 89% põhjaseteks hinnatud materjal seda tegelikult ei ole ja kujutab endast 1950ndate aastate alguses paisjärve põhja jäänud lammisetet.

Tehtu koondkokkuvõte - käesolev uuring valmis AS Generaator tellimisel. Töö teostasid ja aruande koostasid Eesti Maaülikooli Põllumajandus- ja keskkonnainstituudi töötajad: Anu Kisand (PhD) – setteuuringud; TõnuFeldmann (PhD) ja Katrit Karus (PhD) – taimestiku uuringud; Henn Timm (PhD) – põhjaloomade uuringud, Lea Tuvikene (MSc) – vee füüsikalised ja keemilised näitajad; Priit Zingel (PhD) ja Arvo Tuvikene (PhD) – kalastiku uuringud.

Teostatud tööde alusel ei fikseeritud probleeme või asjaolusid, mis peaksid andma selge eelistuse ühe või teise stsenaariumi (järve säilitamine või likvideerimine) eelistamisele. Mõlemad variandid tagavad piisavalt head eeldused pikaajaliste keskkonnanäitajate täitmiseks. Otsuse langetamiseks on vaja arvesse võtta ka ökosüsteemiteenuste muid aspekte, kindlasti sotsiaalset tausta.

Kasutatud kirjandus

- Arber, A., 1920. Water plants. A study of aquatic angiosperms. Cambridge University Press, Cambridge: 436 pp.
- Braun-Blanquet, J., 1964. Pflanzensoziologie. Springer, Wien, New York.
- Cooke, G. D., Welch, E. B., Peterson, S. A., Nichols, S. A., 2005. Restoration and management of lakes and reservoirs. Third edition. CRC Taylor and Francis. 591 lk.
- ECOSTAT 2017. https://circabc.europa.eu/sd/a/dd314fc2-c79a-4669-ac2a-622898d18bc3/GEP%20Water%20storage_Technical%20Annex.pdf
- Eesti jõed (2001). Koostaja A. Järvekülg. Tartu Ülikooli Kirjastus
- European Commission. 2000. Directive of the European Parliament and of the Council 2000/60/EC Establishing Framework for Community Action in the Field of Water Policy. European Commission PE-CONS 3639/1/00 REV 1, Luxembourg.
- Heiri O, Lotter AF, Lemcke G (2001). Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results. J Paleolimnol; 25: 101–110.
- Hendrikson & Ko OÜ, 2016. Saesaare paisu likvideerimise teatise keskkonnamõju hindamine.
- Järvekülg, R. (2003b). Brown trout, *Salmo trutta moepha fario*. In: E. Ojaveer, Ervin. Pihu, T. Saat (eds.). Fishes of Estonia. Estonian Academy Publishers.
- Järvekülg, R. (2003b). Grayling, *Thymallus thymallus*. In: E. Ojaveer, Ervin. Pihu, T. Saat (eds.). Fishes of Estonia. Estonian Academy Publishers.
- Kõrs A. 2012. Jõgede ökoloogilise seisundi hindamine kaldataimestiku järgi: proovide võtmise ja analüüsi meetodilise juhendi koostamine, klassipiiride täpsustamine. Lepingu 4-1.1/43 aruanne EV keskkonnaministeeriumile.
- Moss B., Stephen D., Alvarez C., Becares E., Van de Bund W., Collings S.E., Van Donk E., De Eyto E., Feldmann T., Fernández-Aláez C., Fernández-Aláez M., Frankeng R.J.M., García-Criado F., Gross E., Gyllström M., Hansson L.-A., Irvine K., Järvalt A., Jenssen J.-P., Jeppesen E., Kairesalo T., Kornijów R., Krause T., Künnap H., Laas A., Lill E., Lorens B., Luup H., Miracle M.R., Nöges P., Nöges T., Nykänen M., Ott I., Peczula W., Peeters E.T.H.M., Phillips G., Romo S., Russell V., Salujõe J., Scheffer M., Siewertsen K., Smal H., Tesch C., Timm H., Tuvikene L., Tönno I., Virro T. and Wilson D. 2003. The determination of ecological quality in shallow lakes - a tested system (ECOFRAME) for implementation of the European Water Framework Directive. Aquatic Conservation: Mar. Freshw. Ecosys., 13: 507-549.
- Murphy J, Riley JP (1962) A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. Anal Chim Acta 27: 31–36.
- Ott, I; Maileht, K. (2012). Järvede ökoloogilise seisundi hindamise üldprintsipiibid. Aruanne. Eesti Maaülikool.
- Pinnaveekogumite moodustamise kord ja nende pinnaveekogumite nimestik, mille seisundiklass tuleb määrata, pinnaveekogumite seisundiklassid ja seisundiklassidele vastavad kvaliteedinäitajate väärtused ning seisundiklasside määramise kord, 2009. Keskkonnaministri 28. juuli 2009. a. määrus nr 44 (RTL, 06.08.2009, 64, 941)
- Saesaare paisjärve põhjasetete hulga arvutus perioodi 1953–2015 kohta. A. Järvet, 2017.
- Sculthorpe, C. D., 1967. The biology of aquatic vascular plants. St. Martins Press, New York: 610 pp.
- Szoszkiewicz K., Zbierska J., Jusik S., Zgoła, T. 2010. Makrofitowa Metoda Oceny Rzek: Podręcznik metodyczny do oceny i klasyfikacji stanu ekologicznego wód

płynących w oparciu o rośliny wodne. Poznań: Bogucki Wydawnictwo Naukowe, s. 60-68.

- Stelzer D., Schneider S. & Melzer A. 2005. Macrophyte-based assessment of lakes – a contribution to the implementation of the European Water Framework Directive in Germany. *International Review of Hydrobiology*, 90: 223–237.
- Tremp, H. & Kohler, A. 1995. The usefulness of macrophyte monitoring-systems, exemplified on eutrophication and acidification of running waters. *Acta Bot. Gallica*, 142: 541-550.
- Tõnisson, H., 2015. Saesaare hüdroelektrijaama veehoidla põhjas settinud mudakihi paksuse määramine kasutades Georadarit, Chirp-i ja Sidescan sonarit. TLÜ Ökoloogia Instituut.
- Veepoliitika raamdirektiiv, 2002. Euroopa Parlamendi ja Euroopa Liidu Nõukogu direktiiv 2000/60/EÜ. Keskkonnaministeerium, 63 lk.

Määrajad:

- Toom M, Liira J. Kull T. 2016. Tarnad. The genus *Carex* L. in Estonia. TÜ loodusmuuseum ja botaanikaaed. Tartu, 303 lk.
- Ingerpuu N, Vallak K. 1998. Eesti sammalde määraja. EPMÜ ZBI, Eesti Loodusfoto. Tartu, 239 lk.
- Leht M. (toim). 2010. Eesti taimede määraja. EMÜ, Eesti Loodusfoto. Tartu, 447 lk.

LISAD

LISA 1. Veetaimestiku liigiline koosseis ökoloogilistes vööndites ja ohtrused (9-pallises skaalas) proovipunktides (joonis 4.1) Ahja jõel ja Saesaare paisjärvel septembris 2017.

Liik/Proovipunkt/Ohtrus	1	2	3	4
Alguspunkti koordinaadid	58°08'59,4" 26°59'44,8"	58°08'22,0" 27°01'23,0"	58°08'16,1" 27°02'06,6"	58°06'55,8" 27°05'09,7"
Lõpp-punkti koordinaadid	58°09'02,2" 26°59'44,0"	58°08'24,4" 27°01'30,8"	58°08'18,9" 27°02'07,9"	58°06'55,0" 27°05'04,0"
Kalda- ja kaldaveetaimed				
<i>Aegopodium podagraria</i> L. - harilik naat	6	2		7
<i>Alisma plantago-aquatica</i> L. - harilik konnarohi		1	1	
<i>Angelica sylvestris</i> L. - harilik heinputk	4	2		
<i>Caltha palustris</i> L. - harilik varsakabi		1	2	
<i>Calystegia sepium</i> (L.) R. Br. - tara-seatapp				3
<i>Carex acutiformis</i> Ehrh. - sootarn		1		
<i>Carex lasiocarpa</i> Ehrh. - niitjas tarn			2	
<i>Carex rostrata</i> Stokes - pudeltarn		1		
<i>Carex</i> spp - tarnad		2	2	
<i>Cicuta virosa</i> L. - harilik mürkputk	1	1	4	
<i>Cirsium oleraceum</i> (L.) Scop. - seaohakas	5	2	2	6
<i>Epilobium angustifolium</i> (L.) Scop. - ahtaleheline põdrakanep		1		1
<i>Epilobium paluste</i> L. - soo-pajulill			1	
<i>Equisetum fluviatile</i> L. em Ehrh. - konnaosi			5	
<i>Equisetum hyemale</i> L. - raudosi		2		
<i>Filipendula ulmaria</i> (L.) Maxim - angervaks	5	1	2	4
<i>Glyceria maxima</i> (Hartm.) Holmb. - suur parthein	5	1	2	
<i>Hepaticanobilis</i> Schreb. - harilik sinilill		4		
<i>Impatiens noli-tangere</i> L. - õrn lemmalts	5	3		2
<i>Iris pseudacorus</i> L. - kollane võhumõök		1		
<i>Lycopus europaeus</i> L. - harilik parkhein			2	
<i>Lysimachia vulgaris</i> L. - harilik metsvits	2	1	3	2
<i>Lythrum salicaria</i> L. - harilik kukesaba			2	
<i>Myosotis scorpioides</i> L. - soo-lõosilm	5	4		
<i>Naumburgia thyrsiflora</i> (L.) Rchb. - ussilill		1	4	
<i>Phalaris arundinacea</i> L. - päideroog	6	3	7	6
<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud. - harilik pilliroog			2	
<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn - kilpjalg	6	2		
<i>Rorippa amphibia</i> L. - vesikerss		1	1	
<i>Rumex aquaticus</i> L. - vesioblikas	2		1	2
<i>Sagittaria sagittifolia</i> L. - jõgi-kõõlusleht		1	1	
<i>Scirpus sylvaticus</i> L. - metskõrkjas	5		1	

Liik/Proovipunkt/Ohtrus	1	2	3	4
<i>Scutellaria galericulata</i> L. - tihashain		1		
<i>Sium latifolium</i> L. - harilik jõgiputk				1
<i>Solanum dulcamara</i> L. - harilik maavits		1		
<i>Sparganium erectum</i> L. s.str. - haruline jõgitakjas		1		
<i>Stachys palustris</i> L. - soo- nõianõges			1	
<i>Thelypteris palustris</i> Schott - harilik soosõnajalg			1	
<i>Urtica dioica</i> L. - kõrvenõges	4	2	3	5
<i>Valeriana officinalis</i> L.- harilik palderjan	4			1
Uju- ja ujulehtedega taimestik				
<i>Hydrocharis morsus-ranae</i> L. - konnakilbukas		1		
<i>Lemna minor</i> L. - väike lemmel	3	2		
<i>Nuphar lutea</i> (L.) Sm. - kollane vesikupp		2		
<i>Potamogeton natans</i> L. - ujuv penikeel		1		
<i>Sparganium emersum</i> Rehm. - liht-jõgitakjas	4			
<i>Spirodela polyrhiza</i> Schleid. - vesilääts	3	2		
Veesisene taimestik				
<i>Fontinalis antipyretica</i> Hedw. - harilik vesisammal	2			
<i>Potamogeton alpinus</i> Balb. - ruske penikeel	4	2		
<i>Potamogeton x meinshausenii</i> Juz. - meinshauseni penikeel	2			
<i>Ranunculus trichophyllus</i> Chaix - jõgi-särjesilm	3			

LISA 2. Veetaimestiku liigiline koosseis ja ohtrused (5-palline Braun-Blanquet ohtruse skaala; x – ohtrus määramata) ökoloogilistes vööndites Saesaare paisjärves septembris, 2017. aastal.

Liik	Ohtrus
Kalda- ja kaldaveetaimed	
<i>Acorus calamus</i> L. - harilik kalmus	x
<i>Alisma plantago-aquatica</i> L. - harilik konnarohi	1
<i>Caltha palustris</i> L. - harilik varsakabi	2
<i>Cardamine</i> sp. - jürilill	x
<i>Carex acutiformis</i> Ehrh. - sootarn	1
<i>Carex pseudocyperus</i> L. - kraavtarn	1
<i>Carex rostrata</i> Stokes - pudeltarn	2
<i>Carex</i> spp - tarnad	3
<i>Cicuta virosa</i> L. - harilik mürkputk	3
<i>Cirsium oleraceum</i> (L.) Scop. - seaohakas	1
<i>Comarum palustre</i> L. - soopihl	x
<i>Dactylorhiza incarnata</i> (L.) Soo - kahkjaspunane sõrmkäpp	x
<i>Eleocharis palustris</i> (L.) Roem. et Schult. - soolss	x

Liik	Ohtrus
<i>Epilobium angustifolium</i> (L.) Scop. - ahtaleheline põdrakanep	1
<i>Equisetum fluviatile</i> L. em Ehrh. –konnaosi	3
<i>Filipendula ulmaria</i> (L.) Maxim - angervaks	2
<i>Glyceria maxima</i> (Hartm.)Holmb. - suur parthein	1
<i>Impatiens noli-tangere</i> L. - õrn lemmalts	1
<i>Iris pseudacorus</i> L.- kollane võhumõök	2
<i>Lycopus europaeus</i> L. - harilik parkhein	1
<i>Lythrum salicaria</i> L. - harilik kukesaba	1
<i>Menyanthes trifoliata</i> L. - ubaleht	1
<i>Myosotis scorpioides</i> L. - soo-lõosilm	1
<i>Naumburgia thyrsiflora</i> (L.) Rchb. - ussilill	3
<i>Oenanthe aquatica</i> (L.) Poir - harilik vesiputk	1
<i>Peucedanum palustre</i> (L.) Moench - soo-piimputk	x
<i>Phalaris arundinacea</i> L. - päideroog	4
<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud. - harilik pilliroog	2
<i>Rumex aquaticus</i> L. - vesioblikas	2
<i>Schoenoplectus lacustris</i> (L.) Palla - järvkaisel	x
<i>Scirpus sylvaticus</i> L. - metaskörkjäs	x
<i>Sium latifolium</i> L. - harilik jõgiputk	x
<i>Sparganium erectum</i> L. s.str. - haruline jõgitakjas	3
<i>Stachys palustris</i> L. - soo- nõianõges	x
<i>Typha angustifolia</i> L. - ahtalehine hundinui	1
<i>Typha latifolia</i> L. - laialehine hundinui	2
Uju- ja ujulehtedega taimestik	
<i>Hydrocharis morsus-ranae</i> L. - konnakilbukas	x
<i>Lemna minor</i> L. - väike lemmel	1
<i>Nuphar lutea</i> (L.) Sm. - kollane vesikupp	2
<i>Polygonum amphibium</i> L. - vesi-kirburohi	x
<i>Potamogeton natans</i> L. - ujuv penikeel	2
<i>Sparganium emersum</i> Rehm. - liht-jõgitakjas	x
<i>Spirodela polyrhiza</i> Schleid. - vesilääts	1
Veesisene taimestik	
<i>Ceratophyllum demersum</i> L. - räni-kardhein	1
<i>Myriophyllum spicatum</i> L. - tähk-vesikuusk	2
<i>Potamogeton lucens</i> L. - läik-penikeel	x
<i>Potamogeton pectinatus</i> L. - kamm-penikeel	x
<i>Potamogeton perfoliatus</i> L. - kaelus-penikeel	2
<i>Ranunculus trichophyllus</i> Chaix - jõgi-särjesilm	1
Epifüütsed vetikad	2
Ökoloogiliste vööndite maksimaalsed levikusügavused (m)	
Kaldaveetaimed	1,5
Uju- ja ujulehtedega taimed	1,5
Veesisesed taimed	2