

Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituut



www.emu.ee
Eesti Maaülikool
Estonian University of Life Sciences
Põllumajandus- ja keskkonnainstituut
Institute of Agricultural and Environmental Sciences



Võnnu kahe paisjärve tervendamise eeltööd – limnoloogiline hinnang

..... I. Ott

Programmi vastutav täitja

RANNU

2011

Sisukord

Sissejuhatus	3
I Materjal ja meetodid	4
I 1. Vee füüsikalised ja – keemilised omadused	5
I 2. Koormus	7
I 3. Setted	8
I 4. Bakterplankton	10
I 5. Fütoplankton	11
I 6. Zooplankton	13
I 7. Suurtaimed	14
I 8. Põhjaloomad	16
II Veekogude limnoloogiline inventuur	20
II 1. Vee füüsikalised ja – keemilised omadused	20
II 2. Bakterplankton	21
II 3. Fütoplankton	22
II 4. Zooplankton	23
II 5. Suurtaimed	24
II 6. Põhjaloomad	27
III Paisjärvede setete uuring	31
IV Koormus veekogudele	35
V Ettepanekud majandamiseks	37
Kasutatud kirjandus	38
Lisad	

Sissejuhatus

Võnnu paisjärvi pole limnoloogiliselt varem uuritud. Nende seisund on tekitanud muret kohalikus omavalitsuses ja tervendamise eelduseks tuleks kindlasti inventeerida veekogusid – saada teada veekogude looduslikud ressursid, väärtused, talitluse eripära ja ökoloogiline seisund. Veekogude ökoloogilise seisundi parandamismeetodite valik ja läbiviimine saab olla seda edukam, mida rohkem on tehtud limnoloogilist eeltööd. Lisaks eelpoolnimetatud inventuurile oleks vaja tervendamiseks teada veekogude koormustaluvust, setete түsedust ja iseloomu. Nimetatud tööd viidi antud uuringus läbi, kuid erineval detailsustasemel. Praegu ei kuulunud tööde hulka sekundaarreostuse selgitamist. See on aga finantsiliselt sama mahukas, nagu juba tehtud tööd. Elustikust ei uuritud kalu, kahepaikseid, protiste, roomajaid ja linde. Vaatamata teatavatele puudustele igakülgse vajaliku uuringu tegemiseks, saadi olulist teavet, mida saab ettepanekutena esitada.

Võnnu järvede uurimisest võtsid osa järgmised EMÜ PKI Limnoloogiakeskuse töötajad ja üliõpilased: prof. I. Ott (tööde juhtimine, välitööd, aruande koostamine), MSc. T. Feldmann (välitööd, suurtaimed), MSc. K. Karus (välitööd, suurtaimed), PhD. H. Timm (välitööd, põhjaloomad), PhD. A. Kisand (välitööd, setted), üliõpilane M. Sepp (välitööd, setted), PhD. A. Lindpere (vee abiootilised omadused), H. Starast (vee abiootilised omadused), K. Ott (vee abiootilised omadused), R. Ott (välitööd), PhD. H. Tammert (välitööd, bakterplankton), MSc. K. Kübar (zooplankton), MSc. A. Rakko (välitööd, fütoplankton), MSc. K. Maileht (välitööd).

I Materjal ja meetodid

Võnnu järvi uuriti 2011. a. kasvuperioodil erinevatel aegadel (vooluveekogud 2. mail, põhjaloomad 5. mail; suurtaimed 13. juulil, järve plankton ja vee abiootilised omadused ning setted 5. aug., lisavaatlus 29. sept). Limnoloogilised üldandmed on esitatud tabelis 1, vee omaduste ja planktoni proovikohad joonisel 1. Üldandmetesse veidi süvenedes tunduvad paisjärvede pindalad võrreldes tegelikkusega liiga sarnased. Alumine järve peaks olema väiksem. Järvede sügavusi ei ole järvede nimestikus toodud. Meie vaatluste ajal olid need 1,4 ja 0,8 m vastavalt ülemises ja alumises järves.

Tabel 1. Võnnu järvede limnoloogilised üldandmed (Tamre, 2006).

Näitaja	Ülemine paisjärv	Alumine tehisjärv
Järve-kood	209482	209483
Nimi	Võnnu paisjärv	<i>nimetu</i>
Tüüp	Paisjärv	Tehisjärv
Asukoht	Võnnu v., Võnnu alevik	Võnnu v., Võnnu alevik
Keskpunkti x koordinaat	27° 2' 49"	27° 3' 34"
Keskpunkti y koordinaat	58° 17' 7"	58° 17' 30"
Pindala (ha)	2,3	2,2
Kaldajoone pikkus (m)	817	1908
Kaldajoone keerukus	1,52	3,63
Seos keskkonnaregistris olevate vooluveekogudega	Luutsna jõgi (vee1046100)	



Joonis 1. Võnnu paisjärvede sissevoolude (punane ruut, 2. mai) ja järve proovipunktid (punane ümmargune; planktoni vee abiootilised omadused, 8. aug.) 2011. a. Kasutatud on Maa-ameti kaarti.

I 1. Vee füüsikalised ja - keemilised näitajad

Eesti järved on jagatud 8 tüüpi (Pinnaveekogumite..., 2009). Vaatlusalused on Tamre järgi (2006) vastavalt ülesvoolu pais- ja allavoolu paiknev tehiskjärv. EL Veepoliitika Raamdirektiivi (VRD) järgi seisuveekogusid hinnates tuleb kasutada pais- ja tehiskjärvede puhul keskkonnatingimustelt looduslikele järvedele lähedasi tüüpe, mis antud juhul on II tüüp – keskmise karedusega heledaveelised madalad järved.

Järve vett uuriti 5. aug. 2011. a. Kohapeal määrati järgmised näitajad nii pinna- kui ka põhjalähedasest kihist: vee värvus, läbipaistvus (SD, ainult vee pinnalt), temperatuur (T), vees lahustunud hapnik (O_2), pH, aluselisus (HCO_3^-), elektrijuhtivus (E) ja lahustunud ainete sisaldus (TDS). Laboris määrati pinnakihi üldläämmastiku (üld-N), üldfosfori (üld-P), fosfaat- (PO_4^{3-}), ammonium- (NH_4^+), nitraat- (NO_3^-), nitrit- (NO_2^-), sulfaat- (SO_4^{2-}), kloriidiooni (Cl^-) ning kollase aine (Y) sisaldus. Orgaanilise aine üldsisaldus (keemiline

hapnikutarve) määrati dikromaatse oksüdeeritavusena (COD_{Cr}), selle kergesti oksüdeeruva fraktsiooni sisaldus permanganaatse oksüdeeritavusena (COD_{Mn}).

Vee läbipaistvus mõõdeti valge, 30 cm läbimõõduga Secchi kettaga ja väljendati täpsusega 0,1 m.

Vee temperatuur, vees lahustunud hapniku sisaldus (O_2), küllastusprosent ($\text{O}_2\%$), lahustunud ainete üldsisaldus, pH, lahustunud ainete hulk ja vee elektrijuhtivus määrati multisensoriga YSI – 6600.

Dikromaatne oksüdeeritavus määrati H_2SO_4 keskkonnas orgaanilise aine oksüdeerimisel $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ lahusega (Žizn'..., 1959). Viga 5%.

Permanganaatne oksüdeeritavus määrati H_2SO_4 keskkonnas orgaanilise aine oksüdeerimisel KMnO_4 lahusega (Žizn'..., 1959). Määramise viga oli oksüdeeritavuse 0-10 mg O/l korral kuni 0,1 mg O/l, üle 10 mg O/l korral kuni 1 mg O/l.

Üldfosfor ja ortofosfaadid määrati kolorimeetriliselt askorbiinhappe ja molübdaatreaktiiviga. Eeskiri põhineb F. Koroleffi meetodil (Reports..., 1977; Grasshoff *et al.*, 1981). Üld-P määramiseks proov eelnevalt mineraliseeriti kaaliumperoksodisulfaadiga. Määramise suhteline viga oli 5%.

Nitraatioon määrati nitritiks taandatuna (Cu-Cd-kolonnis) kolorimeetriliselt (543 nm) sulfanüüламиidi ja n-(1-naftüül)-etüleendiamiindihüdrokloriidiga. Nitritioon määrati F. Koroleffi meetodil (Koroleff, 1982). NO_3^- määramise täpsus oli 2%.

Üldlämmastiku määramiseks proov eelnevalt mineraliseeriti kaaliumperoksodisulfaadiga ja tekkiv NO_3^- määrati UV spektrofotomeetriliselt. Analüüsi mõõtemääramatus on 0,03 mg N/l. Ammooniumioon määrati kolorimeetriliselt indofenoolsinisega Koroleffi meetodil (Hansen & Koroleff, 1999). Määramise viga oli 5,5%.

Üldaluselisis (HCO_3^-) määrati tiitrimisel soolhappga (Unifitsirovannye..., 1977). Määramise viga oli 0,03 mg-ekv/l.

Kloriidioon määrati merkurimeetriliselt (Unifitsirovannye..., 1977). Määramise suhteline viga oli 4%.

Sulfaatioon määrati nefelomeetriliselt (Standard Methods...1980).

Järvede veekvaliteeti hinnati füüsikalise-keemiliste näitajate väärtuste põhjal. Vee orgaanilise aine sisalduse hindamisel juhinduti H. Simmi (1975) poolt Eesti pinnavete vee keemilise koostise võrdlevaks iseloomustamiseks esitatud piirväärtustest. Oksüdeeritavusprotsent ($\text{COD}_{\text{Mn}} : \text{COD}_{\text{Cr}} \times 100$) alla 40 viitab autohtoonse ja sissevoolust bioloogiliselt kergesti laguneva orgaanilise aine (orgaaniline reostus) ülekaalule vee keemilises koostises. Ka vee

värvuse, samuti kollase aine sisalduse järgi saab kaudselt hinnata orgaanilise aine päritolu. Teatavasti on vee roheline värvus tingitud fütoplanktonist (autohtoonne orgaaniline aine), kollakas, pruunikas ja punakas toon peamiselt huumusainetest (allohtoonne orgaaniline aine). On teada, et vee kvaliteet oleneb eelkõige fosfori- ja lämmastikuühendite sisaldusest vees. N:P suhe üle 16 näitab, et fütoplanktoni ja suurtaimede arengut limiteerib fosfor (Milius, Starast, 1996).

Järvede ökoloogiline seisundiklass esitati arvestades EL Veepoliitika Raamdirektiivi (VRD) nõudeid (Veepoliitika..., 2002) ja keskkonnaministri 28. juuli 2009.a. määruse nr. 44 lisa 5 (Pinnaveekogumite ..., 2009; tabel 2).

Tabel 2. Kvaliteedipiirid hüdrokeemiliste tunnuste järgi (Pinnaveekogumite..., 2009)

Kvaliteedi-näitaja	Ühik	Väga hea klass	Hea klass	Kesine klass	Halb klass	Väga halb klass
Tüüp II: vee keskmise karedusega madal järv (analüüsitulemuste aritmeetiline keskmine)						
pH ⁺	pH ühik	7–8	>8–8,3	>8,3–8,8	>8,8–9 või 6–<7	<6 või >9
Fosforisisaldus ⁺ (P _{üd})	mikrogrammi/l	<30	30–60	>60–80	>80–100	>100
Lämmastikuisaldus ⁺ (N _{üd})	mikrogrammi/l	<500	500–1000	>1000–1500	>1500–2000	>2000
Secchi ketta nähtavus	m	>3	2–3	1–<2	<1	<1

I 2. Koormus

Vooluveekogude režiimi uuriti 2. mail 2011. Vooluhulki mõõdeti ja veeproove koguti peamisest sissevoolust. Ei arvestatud Ülemise paisjärve paremkaldalt lähtuvaid kraave, mis olid kas väga väikese vooluhulgaga või siis kuivad. Ei arvestatud ka sama järve vasakkaldalt (vt. p. 1 joonisel 2) setteurijate poolt avastatud toru, mis oli sukeldatud veepinnast allapoole.

Seisuveekogudele langeva toitesoolade koormuse selgitamiseks on oluline mõõta ainete koguseid ja eriti vooluhulki suurvee perioodidel. Meie alal võib koormus suurvee lühikestel perioodidel (ca 1 kuu) moodustada umbes poole aastasest koormusest (Prede jt., 1999).

Seejuures peab rohkem tähelepanu pöörama vooluhulkadele ja vähem toitesoolade kontsentratsioonidele, sest eksimine vooluhulkades on määrava tähtsusega (Cooke *et al.*, 2005). Ühekordsel ainete koguste uuringul on küll suur viga, kuid antud olukorras, jättes meelde töö eesmärgi, polnud võimalik teha tihedamaid vaatlusi.

Oluline on teada nii koormust kui ka seisuveekogude koormustaluvust. Korrektne oleks vee- ja ainebilansi koostamiseks teha vaatlusi terve kalenderaasta jooksul. Meil on võimalus kasutada sademete dünaamikat vaatlusperioodil, millest tuletasime koormuse. Vooluhulkade

hindamise 5 tuntumast meetodist on paremuselt teisel kohal pisteline mõõtmine ja selle kandmine ajaskaalasse (Cooke *et al.*, 2005), suurema veaga on arvutused sademetest. Meie kasutasime nii pistelist mõõtmist kui ka sademete andmeid. Sademete andmed on pärit EV Statistikaametist (www.stat.ee) ja Tartu Ülikooli Füüsika Instituudi meteojaamast (<http://meteo.physic.ut.ee>). Vooluhulgad määrati voolukiiruste mõõtmistest ujukmeetodiga, mida on kirjeldanud A. Maastik (2006). Tulemused arvutati sujuva üleminekuga uuritavale perioodile. Ainete koguste väärtusi 2. mail vooluveekogudest arvestati varasema kevadise suurvee perioodi kohta. Seega on käsitletav perioodi pikkus kevadisest suurveest kuni 29. septembrini 2011. a.

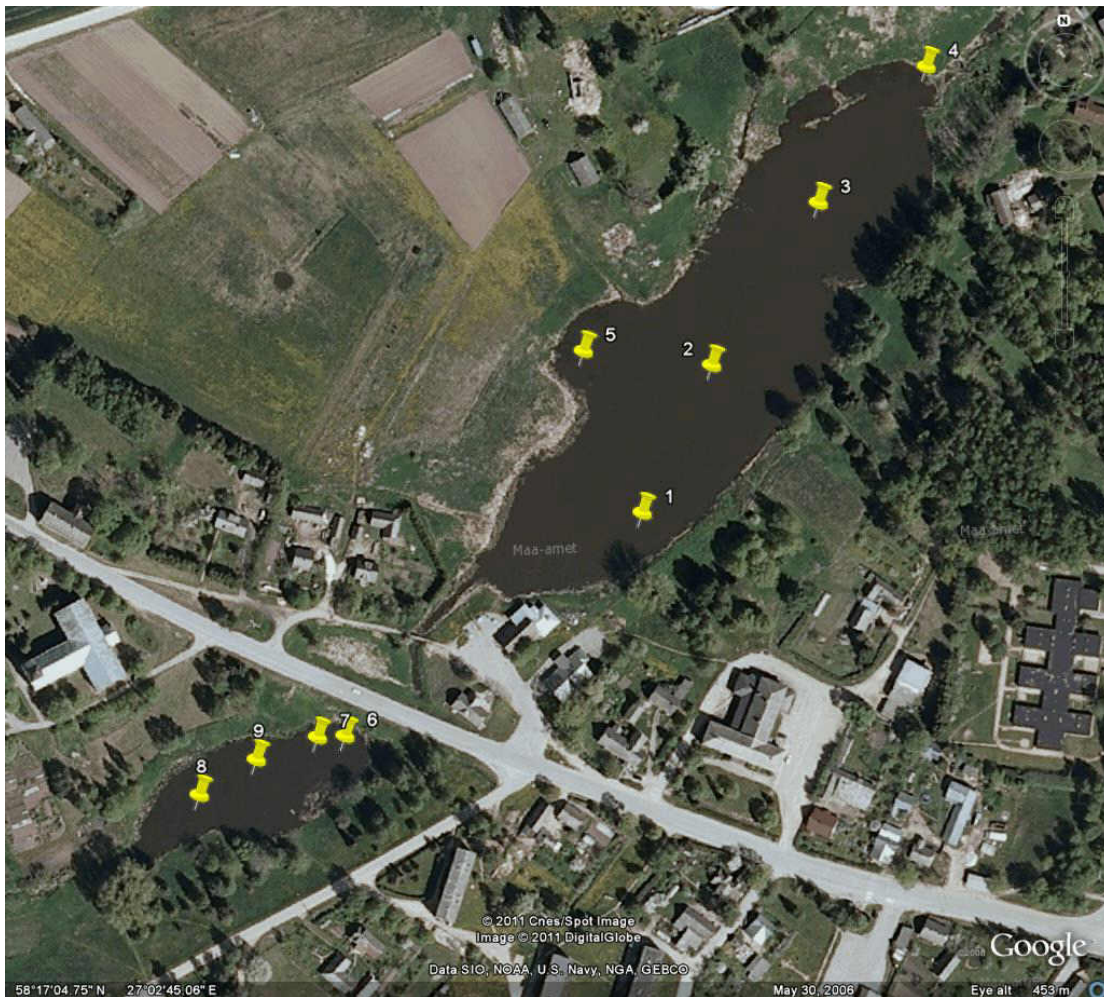
I 3. Setted

Võnnu paisjärvede setteuuringud viidi läbi 5. augustil 2011. a. Setteproovid visuaalseks vaatluseks võeti vene turbapuuriga, mis võimaldab koguda 50 cm pikkuseid settepuursüdamikke (**Foto 1**).



Foto 1. Setteproovide kogumine kummipaadist Võnnu ülemisel paisjärvel. Pildil on näha vene turbapuur.

Setet kirjeldati selle veesisalduse, värvuse, terasuuruse (liiv, savi, muda) ning lagunemata taimejäänuste esinemise alusel. Samuti määrati settekihi paksus settepinnalt kuni kõva (käsipuuriga läbistamatu) aluspinnani, Võnnu paisjärvedes oli selleks enamasti punakaspruuni värvusega savi või pruun tihe savi-turbasegune sete. Kokku teostati uuringud 9 setteproovipunktis, neist 5 Võnnu ülemises paisjärves ning 4 alumises tehisjärves (**Joonis 2**).



Joonis 2. Võnnu paisjärvede setteproovipunktide asukohad (kasutatud on Maa-ameti kaarti Google Earthi rakenduses).

I 4. Bakterplankton

Veeproovid mikrobioloogiliseks analüüsiks võeti Võnnu kahest paisjärvest 5. augustil 2011. aastal. Veeproovid koguti steriilsetesse pudelitesse 0,5 m sügavuselt vee pindmisest kihist. Mikrobioloogilisel analüüsil määrati järgmised näitajad:

1. Heterotroofsete bakterite üldarv (BÜA), mis iseloomustab veekogu troofsuse taset, määrati otsesel loendamisel epiflouresentsmikroskoobiga (Zeiss Axiovert 100) 1000 x suurendusel isopoorfiltritel pooride läbimõõduga 0,22 µm. Rakud värviti nukleiinhappevärvi DAPI'ga (kontsentratsioon 1 µg ml⁻¹; Porter & Feig, 1980). Filtreeritud proove säilitati kuni loendamiseni -21 °C juures. Heterotroofsete bakterite üldarvu hindamiseks kasutati Eest järvede andmete põhjal tehtud hindamissüsteemi (tabel 3).

2. Saprobakterite arvukus (SAPRO) leiti standardmeetodi agaril kasvatatud kolooniate loendamisel 7. päeval. Külvid inkubeeriti toatemperatuuril. Saprobakterite arvukuse hindamiseks kasutati Eest järvede andmete põhjal tehtud hindamissüsteemi (tabel 3).

3. BHT₅ (biokeemiline hapnikutarve), määramiseks mõõdeti orgaanilise aine lagunemisel neeldunud hapniku hulk 5 päeva jooksul. BHT₅ hindamiseks kasutati Eest järvede andmete põhjal koostatud hindamissüsteemi (tabel 4).

Tabel 3. Bakterite üldarvu ja saprobakterite arvukuse hindamise skaala.

Arvukuse tase	Bakterite üldarv 10 ⁶ rakku ml ⁻¹	Saprobakterite arvukus rakku ml ⁻¹
Madal	0-3	<400
Keskmine	3,1-6	400-1200
Kõrge	6,1-12	1201-3200
Väga kõrge	>12,1	>3201

Tabel 4. Järve toitelisuse hindamisskaala biokeemilise hapnikutarbe alusel.

Tase	BHT ₅ mg O ₂ l ⁻¹
Mesotroofsed	0,5-2
Eutroofsed	2,1-6
Hüpertroofsed	6,1-14

I 5. Fütoplankton

Kvantitatiivsed proovid võeti paadist van Dorni batomeetriga ning fikseeriti Lugoli lahusega (joodi ja kaaliumjodiidi lahus). Sellest 3 ml sadestati loenduskambris ja loendati invertmikroskoobi abil sõltuvalt rakkude suurusest suurendustel 10 x 40 või 10 x 10. Biomass arvutati vetikate ruumalade mõõtmise kaudu; erikaaluks võeti 1. Pigmentide: klorofüll (Chl_a, Chl_b, Chl_c), feopigmentide (Pheo) ja karotinoidide (Car) sisaldus määrati spektrofotomeetriliselt 96% etanooli ekstraktis (kaks paralleelproovi) ja arvutati Jeffrey & Humphrey (1975), Lorenzeni (1967) ja Stricklandi ning Parsons (1972) võrrandite järgi. Fütoplanktoni kogubiomassiga koos esitatakse tähtsamate vetikahõimkondade (sini-, räni-, rohe-, ikkes-, kold-, neel-, vaguvibur- ja silmviburvetikate ning rafidofüütide ja ksantofüütide) biomassid. Veekogude hindamine VRD nõuete järgi fütoplanktoni alusel on esitatud tabelis 5. Biomassi ja klorofüll sisalduse hindamisel (tabel 6) kasutati V. Kõvaski ja A. Miliuse (1982) kriteeriume, kuid veidi muudetud kujul, arvesse võttes varasemaid uurimistulemusi Eesti väikejärvedel. Kuna liikide arv ei kasva lineaarselt koos troofsusega ei saa seetõttu kohaldada hulga hinnangut koos troofsuse hinnanguga (tabel 6). Biomasside puhul on toodud keskmised, mitte maksimaalväärtused, mis vee õitsemise puhul võivad olla kümneid kordi suuremad. Üldtuntud Nygaardi fütoplanktoni koondindeks esitatakse siin modifitseeritud kujul (Ott & Laugaste, 1996), kohandatuna Eesti oludele. Fütoplanktoni koondindeks (FKI) arvutati järgmise valemi järgi:

$$FKI = \frac{Cy. + Chloroc. + Centr. + Eugl. + Cryp. + 1}{Desm. + Chr + 1}, \quad (1)$$

kus Cy. – sinivetikate liikide arv, Chloroc. – algrohevetikate liikide arv, Centr. – ketasränivetikate liikide arv, Eugl. – silmviburvetikate liikide arv, Cryp. – neelvetikate liikide arv, Desm. – ikkesvetikate liikide arv, Chr. – koldvetikate liikide arv.

Ühtluse indeks J (i.k. *evenness*, Pielou, 1975) arvutati liigierisusindeksi kaudu. Väärtused jäävad vahemikku 0-1. Skaala on jaotatud võrdseks igas järvetüübis viide klassi. Ühetaolisuse indeksi väärtused on kõikide tüüpide kvaliteedi klassides samasugused (Tabel 5). J väheneb võrdeliselt ökoloogilise seisundi halvenedes. J arvutamisel kasutatakse Shannon'i liigierisust (H) ja teoreetilist liigierisust (Hmax). Teoreetiline liigierisus on biomass, mis jaguneks ühtlaselt proovis leitud liikide vahel: $J=H/H_{max}$. Mida suurem J väärtus, seda parem ökoloogiline seisund.

Tabel 5. Fütoplanktoni näitajate kriteeriumid. * - A - liigilise koosseisu arvukus on enam-vähem võrdne, pole võimalik eristada kindlaid dominante; B - arvukuses domineerivad 3-5 liiki (>80%); C - üks liik domineerib arvukuses (>80%); D - domineerivad tsüanobakterite perekondade *Microcystis*, *Woronichinia*, *Anabaena*, *Radiocystis*, *Plankothrix*, *Limnothrix*, *Aphanizomenon* esindajad või rohevetikad *Chlorococcales* ning Chl *a* sisaldus on >20 mg/m³. ** - liikide arv on hüpertroofsetes järvedes sageli madal

Tüübi nr.	Kvaliteedi-klass	Chl <i>a</i> , µg/l	Fütoplanktoni kooslus*	Fütoplanktoni Koondindeks (FKI)	Ühetaolisus (J)
II	väga hea	<10	A	<3,5	0,81-1
II	hea	10-20	A	3,5-6	0,61-0,80
II	kesine	20-30	B	>6-9	0,41-0,60
II	halb	30-50	C	>9	0,21-0,40
II	väga halb	>50	D	>9	0-0,20

Tabel 6. Fütoplanktoni alusel järvede seisundi hindamine (Kõvask ja Milius, 1982, muudetult)

Parameeter	Ühik	Madal, oligotroofne	Keskmine, mesotroofne	Kõrge, eutroofne	Ülikõrge, hüpertroofne
Biomass	g/m ³	< 3	3-15	15-30	> 30
Liikide arv					
loendusproovis		< 20	21-40	41-60	> 61

I 6. Zooplankton

Zooplanktoni proovid järve keskosast 5. augustil 2011. a. koguti van Dorni batomeetriga veesambast ja kurnati 20 l läbi 60 µm silmasuurusega planktoni võrgu (Apsteini võrgu). Proovis fikseeriti Lugoli lahuses. Analüüs toimus stereomikroskoobiga Zeiss Stemi 2000. Määrati taksonid, leiti dominantide keskmine pikkus. Bogorovi kambris 40 x suurendusega loendati 1/20 1/50 osa koguproovist. Arvutati zooplanktoni arvukus ja biomass veesamba kohta, leiti dominandid ja domineerivad rühmad.

Järvele hinnangu väga hea – hea – halb – kesine – väga halb - andmisel lähtuti järgmistest näitajatest, mis kõik on suunatud nõ. vasakult paremale – võtavad hinnangut alla:

- monodominantide (vähemalt 60% rühma arvukusest) esinemine zooplanktoni rühmades;
- keriloomaliikide *Keratella tecta* ja/või *Pompholyx sulcata* esinemine;
- keriloomade domineerimine arvukuses;
- keriloomade domineerimine biomassis, v.a. liigi *Asplanchna priodonta* domineerimise korral;
- väike zooplanktoni kogubiomassi / koguarvukuse suhe (keskmine kaal) – nt kui arvukus on kõrge ja biomass väike;
- väikesemõõtmeliste liikide domineerimine koorikloomade rühmades (aerjalgsed, vesikirbulised);
- koorikloomade liikide arv alla 8;
- liigilise koosseisu vaesustumine võrreldes varasemate aastatega

Arvukuse hindamisel kasutati järgmisi kriteeriume: <50000 is./m³ madal, 50000 100000 is. /m³ keskmine, >100000 is. /m³ kõrge. Biomassi vastavate hinnangute aluseks olid < 1g/m³, 1-3 g/m³ ja >3 g/m³.

Ekspert hinnangu andmisel järve seisundi kohta arvestati zooplanktoni arvukust ja biomassi, liigilist mitmekesisust (liikide arv), rühmade (aerjalgsed, vesikirbulised, keriloomad) osa zooplanktoni koguarvukuses ja kogubiomassis, dominantliikide olemasolu korral nende tundlikkust keskkonnatingimuste suhtes.

I 7. Suurtaimed

Seiratavatel järvedel läbitakse paadiga kogu kaldajoon ning tehakse iga ~50 meetri tagant profiile selgitamaks veetaimestiku võõndilisust ja sügavuslevi. Töövahendina kasutatakse mõõtudega nõõri otsas taimekonksu. Lisaks kantakse aluskaartidele taimestiku ligikaudsed levikuskeemid, mis varasematega võrreldes peegeldavad liigilise koosseisu ja liikide asukoha muutusi. Määratakse veetaimestiku koosseis ja ohtrus, mille hinnangud on antud skaalas 1-5.

See skaala on sarnane Braun-Blanquet omaga ning 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 esinev dominant.

Hindamisparameetrid

Tähtsamate taksonite all peetakse silmas olulisemaid veetaimerühmi (veesisesed taimed, ujulehtedega taimed ja ujutaimed), mis on järjestatud osatähtsuse alusel. Võrdusmärgid viitavad taksonite võrdsele ohtrusele, komaga eraldatud taksonid on eelnevaist väiksema ohtrusega. Tabelites 2-3 (tulemuste ptk.) on kasutusel järgmised lühendid: Lem – lemled (*Lemna*); Spir – vesilääts (*Spirodela*).

Liikide ohtruse hinnangud on antud eraldi kaldaveetaimede, ujulehtedega ja ujutaimede ning veesiseste taimede jaoks. Liiginimestikud on toodud lisas 1. Niitrohevetikate rohkus on antud eraldi, sest nad võivad katta ka järve põhja ja veesiseseid taimi. Rõhutatakse peamiselt neid ohtruste muutusi, kus kahe uurimiskorra erinevus on enam kui üks pall, sest väiksemad erinevused võivad olla tingitud erinevate uurijate isikupärast.

Hinnangud on antud järvede kaupa eraldi. Tabelites 2-3 (tulemuste ptk.) on toodud araabia numbriga vastava liigi ohtruse hinnang (1-5 palli, seletus eespool) ja selle järel rooma numbriga igale kvaliteedinäitajale vastav ökoloogiline seisundiklass: I – väga hea, II – hea, III – kesine, IV – halb, V – väga halb. Sõltuvalt järve tüübist kasutatakse erinevaid kvaliteedinäitajaid.

Järvede ökoloogilise seisundi hindamise aluseks kasutati tabelit **lisas 2**. Järve suurtaimestiku koondhinnang määrati veetaimede erinevate kvaliteedinäitajate alusel. Koondhinnangu määramisel arvestati kõiki näitajaid, kusjuures kuni 1/3 neist võis näidata koondhinnangust madalamat kvaliteeti.

Lisaks kvaliteedinäitajate ökoloogilistele seisundiklassidele esitati **tabeleis 2-3** ka kõikide kvaliteedinäitajate EQR väärtused. Ökoloogiline kvaliteedi suhe (ÖKS) ehk *Ecological quality ratio* (EQR) on arv vahemikus 0-1 ning väljendab numbriliselt veekogu ökoloogilise seisundi kõrvalekallet referentstingimustest. Lähtuvalt seisundiklassist anti igale kvaliteedinäitajale alljärgnev EQR väärtus:

1 – väga hea

0,7 – hea

0,4 – kesine

0 – halb

„Väga halva“ seisundiklassi jaoks pole EQR väärtust kehtestatud, sest Eestis on sellisesse seisundiklassi kuuluvaid järvi vähe ning väga halba seisundit iseloomustavad taimestiku andmed peaaegu puuduvad.

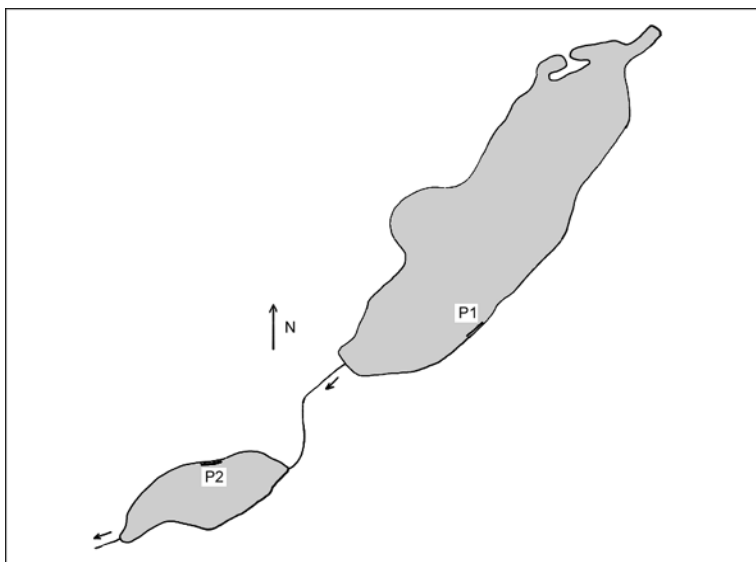
EQR-l põhineva koondhinnangu saamiseks summeeriti kõikide kvaliteedinäitajate EQR väärtused ning lähtuvalt järvetüübist ja kvaliteedinäitajate arvust kehtestati EQR väärtustel põhinevad järgmised seisundiklasside vahemikud, mis on toodud **tabelis 7**.

Tabel 7. Ökoloogilise kvaliteedi suhte (EQR) summa väärtuste vahemikud vastavalt järvetüüpidele, seisundiklassidele ja näitajate arvule.

Tüüp	Näitajate arv	EQR summa vahemikud				
		Klass „Väga hea“	Klass „Hea“	Klass „Kesine“	Klass „Halb“	Klass „Väga halb“
II tüüp – Vee keskmise karedusega madal järv	5	5-3,76	3,75-2,6	2,5-1,26	1,25-0	-

I 8. Põhjaloomad

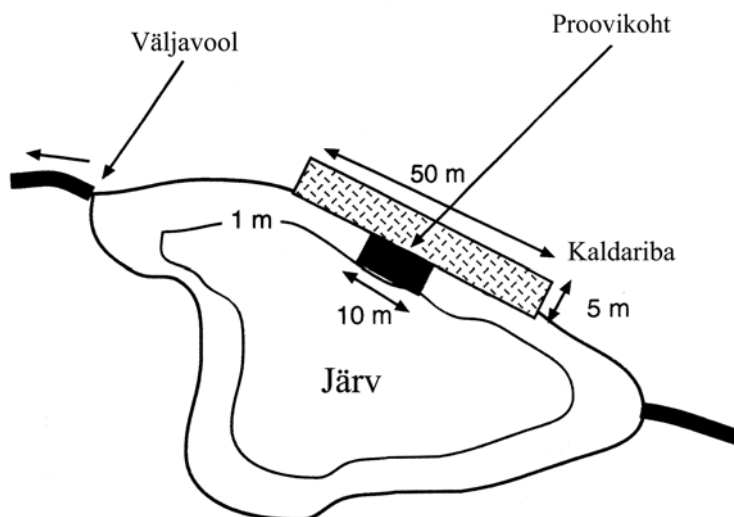
Võnnu paisjärvedest võeti kummastki üks suurselgrootute liitproov 5. mail 2011, vastavalt sellekohasele juhendile (Timm & Vilbaste, 2010; **joonis 3**).



Joonis 3. Suurselgrootute proovialad: P1 - ülemises, P2 - alumises järves

Ülemise järve proovikohas oli põhi liivane või mudane, kaldal kasvas tihe taimestik (peamiselt tarn). Alumise järve kallas oli õõtsikuline.

Proovid võeti sarnaselt ühele Rootsis omaksvõetud viisile (Medin *et al.*, 2001). 5 juhuslikult paigutatud ühesuurst osaproovi võeti ühelaadilise põhjaga kohast, mis oli ca 10 m pikk (**joonis 4**). Iga osaproov kattis ligikaudu 1 m pikkuse osa ($0,25 \text{ m}^2$) põhjast. Kuuendaks osaprooviks oli kvalitatiivne liigiotsing, mis hõlmas kõik tähtsamad proovialal esinevad põhjatüübid ning elupaigad.



Joonis 4. Prooviala ja proovikoha üldistatud skeem.

Seisundi iseloomustamiseks arvutati taksonirikkus (koos kvalitatiivse prooviga), Shannoni erisusindeks H (Johnson 1999), ASPT indeks (Armitage *et al.*, 1983), Taani vooluvete fauna indeks DSFI (Skriver *et al.*, 2000; lisa 4) ning EPT indeks ehk *Ephemeroptera*, *Plecoptera* ja *Trichoptera* taksonite arv proovis (Lenat, 1988). Kõik nimetatud tunnused on seisundiga võrdelised. Peale selle hinnati ka keskmine isendite arv ruutmeetril (arvukus).

Viie ühesuuruse osaproovi alusel hinnati isendite ja taksonite keskmist arvu pinnaühikul ning taksonierisust; muude tunnuste puhul arvestati ka kvalitatiivset proovi.

Taksonirikkus tähendab taksonite üldarvu kõigis kuues osaproovis kokku. Shannoni erisus sõltub nii taksonite üldarvust kui nende omavahelisest domineerimisastmest. ASPT näitab taksoni keskmist tundlikkust. DSFI on mõeldud orgaanilise reostuse hindamiseks. EPT indeks on tundlikesse rühmadesse (*Ephemeroptera*, *Plecoptera* ja *Trichoptera*) kuuluvate taksonite arv.

Paisjärved on rajatud Luutsna jõkke suubuvale ojale. Et tegu on kunstlike veekogudega, tuleb neid seisundi hindamise mõttes käsitleda mitte järvede, vaid jõeosadena, millele aga kehtivad järvedest erinevad seisundinormid, osalt ka erinevad indeksid.

Suurselgrootute seisundi hindamiseks vooluvetes on olulised tegurid valgala, voolukiirus ning Shannoni erisuse puhul ka vee ligikaudne karedus aluskivimi tüübi järgi (tabel 8). Tabelis esitatakse viie vaadeldud indeksi etalonväärtused ja klassipiirid, mis tuginevad Eesti vooluvetest 2000.-2006. a. kogutud proovidele (Pinnaveekogumite... 2009, Timm & Vilbaste 2010). Väga heas seisundis olevateks on loetud kohti, kus inimõju suurselgrootute kooslustele võis lugeda ebaoluliseks.

Tabel 8. Suurselgrootute etalontingimused ja klassipiirid Eesti vooluvetele. R - etalontase, H - väga hea (sinine), G - hea (roheline), M - kesine (kollane), P - halb (oranž) ja B - väga halb (punane) seisund

Tunnus	Tüüp/elupaik	R	H	G	M	P	või B
Taksonirikkus	<100 km ² , kiire	29	>26	23-26	17-22	<17	
Taksonirikkus	<100 km ² , aeglane	18	>16	14-16	11-13	<11	
Taksonirikkus	100-1000 km ² , kiire	35	>32	28-32	21-27	<21	
Taksonirikkus	100-1000 km ² , aeglane	29	>26	23-26	17-22	<17	
Taksonirikkus	>1000 km ²	33,5	>30	27-30	20-26	<20	
EPT	<100 km ² , kiire	13	>12	10-12	8-9	<8	
EPT	<100 km ² , aeglane	9	>8	7-8	5-6	<5	
EPT	>100 km ²	16,5	>15	13-15	10-12	<10	
EPT	Emajõgi allpool	7	>6	6	4-5	<4	
	Võrtsjärve, kiire						
Shannoni erisus	<100 km ² , lubjakivi	2,4	>2,1	1,9-2,1	<1,9-1,4	<1,4	
Shannoni erisus	<100 km ² , liivakivi ning	3	>2,7	2,4-2,7	<2,4-1,8	<1,8	
	>100 km ²						
ASPT	<100 km ² , aeglane	6,1	>5,5	4,9-5,5	<4,9-3,7	<3,7	
ASPT	<100 km ² , kiire	6,6	>5,9	5,3-5,9	<5,3-4	<4	
ASPT	>100 km ²	6,9	>6,2	5,5-6,2	<5,5-4,1	<4,1	
DSFI	DSFI <10000 km ² ,	7	6-7	5	4	<4	
	v.a. Emajõgi allpool						
	Võrtsjärve						
Koondhinnang			23-25	18-22	10-17	<10	

Läbivoolu kauguse järgi selle lähtmest (1-2 km) on valgala mõlema paisjärve proovikohas kindlasti väiksem kui 100 km². Veekogud asuvad liivakivi-aluspõhjal. Eeldati, et vool oleks selles lõigus peamise inimõju (paisu) puudumisel tõenäoliselt kiire. Oluline on arvestada ka seda, et kehtiv hindamissüsteem pole tegelikult mõeldud nii väikeste ojade jaoks. Kui seda kasutada, siis võiks eeldada tabelis toodust pigem kehvemat seisundit.

Seisundi koondhinnang (mitme indeksi põhjal kokku) anti järgmiselt. Igale indeksile omistati saadud seisundiväärtusele vastav punktide arv: 5 (väga hea), 4 (hea), 2 (kesine) ja 0 (halb või

väga halb). Seejärel iga proovikoha viie indeksi punktid summeeriti. Summa 23-25 tähistab kokkuvõttes väga head, 18-22 head, 10-17 kesist, 6-9 halba ja <6 väga halba seisundit.

II Veekogude limnoloogiline inventuur

II 1. Vee füüsikalised ja - keemilised näitajad

Paisjärvede vee omaduste (tabel 9) eripäraks on väga kare vesi, mis pole tavaliselt seisundi, vaid keskkonnatingimuste näitajaks. VRD-s kasutatavad kvaliteedi näitajad on kõik iseloomulikud väga halvale kvaliteedi klassile. Lisaks neile (üldlämmastik, üldfosfor, läbipaistvus, pH) viitavad väga halvale seisundile ka väga suur orgaaniliste ainete sisaldus, suur hapnikuküllastus. Nii suurt hapnikuküllastuse protsenti on Eesti järvedes üliharva ja näitab väga tugevat veeõitsengut. See omakorda on seotud ka väga väikese vee läbipaistvusega. Viimase väärtus, 15 cm, on juba üsna lähedane Eesti miinimumrekordile, mis on 6 cm. Eesti järvede keskmine väärtus on 2 m.

Tabel 9. Vee abiootilised omadused 8. aug. 2011. a. Võnnu paisjärvedes.

	Võnnu paisj.	Võnnu paisj.	Võnnu paisj.	Võnnu paisj.
Järv	Ülemine	Ülemine	Alumine	Alumine
Sügavus (m)	1		0,8	
Kiht	pind	põhi	pind	põhi
Kiht m	0,3	0,8	0,2	
Värvus	roheline		roheline	
Läbipaistvus (m)	0,15		0,3	
Temperatuur (°C)	21	18,7	20,2	18,9
O ₂ (mg/l)	21	11,7	19,1	13,4
O ₂ %	237,3	126,7	212	144
pH	9,8	9,4	9,2	8,8
Elektrijuhtivus (µS/cm)	343	338	484	481
Lahustunud ainete sisaldus (mg/l)	238	246	346	354
Aluselisus HCO ₃ ⁻ (mgekv/l)	4		4,8	
Keemiline hapnikutarve, COD _{Cr} (mgO/l)	137		119	
Keemiline hapnikutarve, COD _{Mn} (mgO/l)	37		28	
Kollane aine, mg/l	12,39		9,65	
Üldlämmastik N (mg/l)	6,438		3,246	
NH ₄ ⁺ (mg/l)	0,014		0,012	
NO ₃ ⁻ (mg/l)	0,003		0,004	

NO ₂ ⁻ (mg/l)	0	0
Üldfosfor, P (mg/l)	1,1	0,78
PO ₄ ³⁻ (mg/l)	0,48	0,185
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	< 5	< 5
Cl ⁻ (mg/l)	10	37

II 2. Bakterplankton

Heterotroofseid baktereid oli Võnnu kahes paisjärves väga palju (tabel 10). Vastavalt Eesti järvede bakterplanktoni andmete põhjal välja töötatud hindamisskaalale oli Võnnu ülemises paisjärves heterotroofsete bakterite üldarv väga kõrgel tasemel ($16,5 \cdot 10^6$ rakku ml⁻¹) ja Võnnu alumises paisjärves kõrge taseme ülemisel piiril ($11,8 \cdot 10^6$ rakku ml⁻¹).

Heterotroofsete bakterite rohkus viitab järvede kõrgele lahustunud orgaanilise aine sisaldusele. Biokeemiline hapnikutarve, mis näitab orgaanilise aine lagunemiseks kulunud hapniku hulka oli Võnnu ülemises paisjärves hüpertroofsete järvede tasemel (9,4 mg O₂ ml⁻¹) ning Võnnu alumises paisjärves eutroofsete järvede ülemisel piiril (5,4 mg O₂ ml⁻¹). Kõrged BHT₅ väärtused viitavad sarnaselt heterotroofsete bakterite üldarvule paisjärvede lahustunud orgaanilise aine rohkusele. Saprobaktereid, kes viivad läbi orgaanilise aine lagundamise protsesse ning on võimelised standardsöötmetel kasvama, oli paisjärvedes madalal tasemel (tabel 10). Arvatavasti erines laboris kasutatud söötme toiteainete sisaldus Võnnu paisjärvede lahustunud orgaanilise aine koostisest ja järves orgaanilist ainet lagundavad bakterid sellel ei kasvanud.

Võnnu paisjärvede bakterplanktonit uuriti 2011. aastal esmakordselt ning bakterite arvukuse pikemaajalist dünaamikat pole võimalik hinnata. Käesolevas uuringus tehti kindlaks äärmiselt kõrged heterotroofsete bakterite üldarvu ja biokeemilise hapnikutarbe väärtused võrreldes looduslike järvedega. Saadud tulemused viitavad järvede tugevale inimõjule.

Tabel 10. Võnnu paisjärvede bakterplanktoni näitajad.

Parameeter	Võnnu paisjärv, ülemine	Võnnu paisjärv, alumine
Kuupäev	05.08.11	05.08.11
BÜA, 10 ⁶ rakku l ⁻¹	16,5	11,8
SAPRO, rakku ml ⁻¹	248	303
BHT ₅ , mg O ₂ l ⁻¹	9,4	5,4

II 3. Fütoplankton

Fütoplanktoni liikide arv loendusproovides oli mõlemas paisjärves keskmine, biomass alumises paisjärves kõrge, ülemises ülikõrge (Tabel 11). Nii kõrgeid biomasse esineb looduses harva, pigem vaid kunstlikus keskkonnas, näiteks laborites olevates vetikakultuurides. See on ilmne märk väga tugevast reostusest. Fütoplanktoni koondindeks (FKI) oli mõlemal proovivõtu korral ülikõrge, hüpertroofselt tasemel.

Tabel 11. Võnnu paisjärve fütoplanktoni näitajad 5. aug. 2011. a.

Parameeter	Võnnu ülemine	Võnnu alumine
Kiht	Pind	Pind
Horisont, m	0,5	0,5
Biomass, g/m³	245,9	45,6
Liike proovis	30	36
FKI	24	15,5
J (ühetaolisuus)	0,22	0,59
Värvus	kollane	kollane

Fütoplanktoni rühmade osas domineeris mõlemas paisjärves sinivetikas *Planktothrix aghardii*. Tegemist on potentsiaalselt toksilise sinivetikaga, mis võib eritada nii maksa kui närvimürke. 2007. aasta septembris alumisest paisjärvest võetud proovist tehti kindlaks maksamürgi mikrotsüstiin YR esinemine. Tol korral liigilist koosseisu ei määratud, kuid kuna olukord on seal püsinud sellisel tasemel üsna pikka aega, siis ilmselt on ka dominandid samad.

Järve fütoplankton on iseloomulik väga reostunud veekogule. Biomassi ja FKI järgi võttes on halvemas seisus ülemine paisjärve osa. Seisundi parandamiseks tuleks esmalt kindlaks teha ja lõpetada välisreostus, seejärel puhastada järv toiteaineterikastest setetest. **Järve kasutamine ujumiseks ning loomadele joogivee võtmiseks on toksiinide esinemise tõttu ohtlik.**

II 4. Zooplankton

Liigiline koosseis

Võnnu paisjärve veeproovidest määrati 8 zooplanktoni taksonit.

Paisjärve ülemise osa veeproovis esines aerjalgne *Mesocyclops oithonoides*. Alumise osa veeproovis olid aerjalgsetest *Copepoda* vaid vähikvastsed *nauplii* ja noorjärgud *Cyclopoida juv.* Vesikirbulisi *Cladocera* Võnnu paisjärve veeproovit ei leitud.

Keriloomade *Rotatoria* faunas domineerivad arvukuselt väikesemõõtmelised *Pompholyx sulcata*, *Filinia longiseta*, *Keratella tecta* ja *Polyarthra sp.*

Arvukus ja biomass

Zooplanktoni arvukus (tabel 12) on nii ülemise kui alumise osa veeproovis kõrge (vastavalt 103,4 is/l ja 3153,3 is/l). Alumises osas oli zooplankton üliarvukas, isendeid oli üle kolme korra rohkem kui ülemises osas.

Tabel 12. Võnnu paisjärve ülemise ja alumise osa zooplanktoni rühmade arvukus ja biomass 05.08. 2011.a.

Rühm	Arvukus 10 ³ is./m ³		Biomass g/m ³	
	Ülemine osa	Alumine osa	Ülemine osa	Alumine osa
Aerjalgsed Copepoda	38,6	478,1	0,1972	0,2628
Keriloomad Rotatoria	64,8	3153,3	0,5078	0,7794

Zooplanktoni biomass oli ülemise osa veeproovi alusel keskmine, alumise osa veeproovis keskmine.

Keriloomade rühm domineeris nii arvukuselt kui biomassilt (ülemises osas vastavalt 62,7% ja 72% ning alumises osas 86,8% ja 74,8%). Arvukuselt domineerisid alumises osas väikesemõõtmelised liigid – *Pompholyx sulcata* 1615,6 is/l ja *Filinia longiseta* 709,4 is/l.

Väärib märkimist, et Võnnu paisjärves olid nende liikide isendid keskmisest väiksemad (*Pompholyx sulcata* keskmine isendi märgkaal 0,007 mg ja *Filinia longiseta* puhul 0,03 mg)..

Ülemises osas domineeris nii arvukuselt kui biomassilt suuremõõtmeline keriloom *Asplanchna priodonta* (rühma arvukusest 53,1% ja biomassist 97,3%). Ülemise osa keriloomade fauna oli suhteline vaene ja vähearvukas.

Ka alumisest osast võetud veeproovis domineeris biomassilt *Asplanchna priodonta* (91,6% rühma biomassist).

Zooplanktoni liikide ja koosluste olukord Võnnu paisjärves on väga halb. Järves esinevad üliarvukalt järve kõrgele troofsusele viitavad liigid *Pompholyx sulcata* ja *Keratella tecta*. Arvukuses ja ka biomassis domineerib keriloomade rühm, koorikloomade osakaal on väga väike - neile on järve keskkonnatingimused sobimatud.

Võnnu paisjärve zooplanktonit teadaolevalt varem uuritud ei ole, seega võrdlusmoment varasemaga puudub.

II 5. Suurtaimed

Tugevalt muudetud veekogu, mis koosneb 2 erinevast osast: suuremast ja sügavamast (maksimaalselt 1,4 m) kirdepoolsest ning väiksemast loodepoolsest järvest. Mõlema paisjärve taimestikku uuriti käesoleval aastal esmakordselt.

Ülemine paisjärv

Kirdepoolses paisjärves registreeriti 2011. aastal 36 liiki veetaimi – 32 kaldavee-, 2 kaldataime ja 2 ujutaimet (Lisa 1). Kaldaveetaimestikus domineerisid tarnad (*Carex* spp.), ohtruselt järgnesid laialehine hundinui (*Typha latifolia* L.), päideroog (*Phalaris arundinacea* L.) ja karvane pajulill (*Epilobium hirsutum* L.). Mõõdukalt hulgal leiti ka harilikku parkheina (*Lycopus europaeus* L.), harilikku metsvitsa (*Lysimachia vulgaris* L.), harilikku pilliroogu (*Phragmites australis* (Cavan.) Trin ex Steud.), kalmust (*Acorus calamus* L.), metškõrkjat (*Scirpus sylvaticus* L.) ja harulist jõgitakjat (*Sparganium erectum* sl. L.).

Laialehine hundinui, harilik pilliroog, kalmus ja haruline jõgitakjas moodustasid kitsa, hõreda ning lünkliku võõndi, levides maksimaalselt 0,8 m sügavusele. Harilik metsvits, metškõrkjas, harilik parkhein, päideroog ja tarnad levisid veepiirisist kaugemal koos muude kaldataimedega (kõrvenõges (*Urtica dioica* L.), väikeseõiene lemmalts (*Impatiens parviflora* DC.)).

Ujutaimestikust domineeris vesilääts (*Spirodela polyrrhiza* (L.) Schleid.), ohtruselt järgnes väike lemmel (*Lemna minor* L.), levides kaldaveetaimede võõndi servas või sees.

Ujulehtedega ja veesisene taimestik paisjärves puudus, eeldatavasti seetõttu, et veeläbipaistvus oli väga väike (~ 15 cm). Niitjaid vetikaid esines 2 palli väärtuses. Hinnates järve ökoloogilist seisundit II tüübi alusel oli järve seisund suurtaimede põhjal 2011. aastal halb (Tabel 13), kuna tõeline veesisene taimestik järves puudus ning esines vaid niitjaid vetikaid ning ujutaimi, mis viitavad kõrgele toiteainete kontsentratsioonile vees. Ka kaldaveetaimestikus domineerisid toiteainete lembesed liigid – kalmus, laialehine hundinui ja haruline jõgitakjas (Mäemets, A. 1991). Keemiliste analüüside tulemused kinnitasid, et üldfosfori (1,1 mg/l) ja üldlämmastiku (6,4 mg/l) kontsentratsioon on väga kõrge ning iseloomulik järve väga halvale seisundile.

Tabel 13. Võnnu Ülemise paisjärve seisundi hinnang

Näitaja/näitaja EQR väärtus/aasta	2011	Kommentaariid
Tähtsamad taksonid ohtruse järjekorras/(EQR)	Spir, Lem:IV (0)	Veesisene taimestik puudus
Kaelus-penikeele või läik-penikeele ohtrus/(EQR)	0:IV (0)	
Mändvetiktaimede või sammalde liikide ohtrus/(EQR)	0:IV (0)	
Kardheina või ujutaimede ohtrus/(EQR)	3:III (0,4)	
Suurte niitrohevetikate rohkus/(EQR)	2:III (0,4)	
Koondhinnang	IV:halb	
EQR väärtuste summa	0,8	

Alumine tehisjärv

Loodepoolses paisjärves, mida uuriti käesoleval aastal samuti esmakordselt, registreeriti 19 liiki veetaimi – 16 kaldavee-, 1 kaldataim ja 2 ujutaim (Lisa 1).

Kaldaveetaimestiku koosseis ning ohtrused olid sarnased kirdepoolsele paisjärvele, kus levisid võrdse ohtrusega tarnad (peamiselt sootarn (*Carex acutiformis* Ehrh.)), harilik pilliroog, laialehine hundinui ja kalmus, ohtruselt järgnesid karvane pajulill, harilik parkhein, päideroog ning kaldataimedest kõrvenõges. Kaldaveetaimestiku maksimaalseks levikusügavuseks mõõdeti 0,8 m, mis oli ka järve maksimaalseks sügavuseks. Ujulehtedega ja veesisene taimestik puudus sarnaselt kirdepoolsele paisjärvele. Ujutaimedest levisid vesilääts (4 palli) ja väike lemmel (2 palli). Niitjaid vetikaid esines 1 palli väärtuses.

Hinnates järve ökoloogilist seisundit II tüübi alusel oli järve seisund suurtaimede põhjal 2011. aastal halb (Tabel 14.). Halba seisundit näitasid nii taimestiku näitajad (kaldaveetaimestik, ujutaimestik, niitjad vetikad) kui keemilised näitajad (veeläbipaistvus, üldfosfor, üldlämmastik).

Tabel 14. Võnnu Alumise tehisjärve seisundi hinnang

Näitaja/näitaja EQR väärtus/aasta	2011	Kommentaariid
	Spir,	
Tähtsamad taksonid ohtruse järjekorras/(EQR)	Lem:IV (0)	Veesisene taimestik puudus
Kaelus-penikeele või läik-penikeele ohtrus/(EQR)	0:IV (0)	
Mändvetiktaimede või sammalde liikide ohtrus/(EQR)	0:IV (0)	
Kardheina või ujutaimede ohtrus/(EQR)	4:IV (0)	
	1:II	
Suurte niitrohevetikate rohkus/(EQR)	(0,7)	

Koondhinnang**IV:halb**

EQR väärtuste summa**0,7**

II 6. Põhjaloomad

Proovist leitud suurselgrootute taksonid on tabelis 15.

Tabel 15. Võnnu paisjärvede suurselgrootud

Järv: Võnnu ülemine

paisjärv

Koht: SE kallas

Aeg: 5.05.11

Det.: H. Timm

Takson	Isendite arv proovides					Summa	Keskmine	%	Leidumine kvalit. proovis
	1	2	3	4	5				
OLIGOCHAETA Gen. sp.			1	1		2	0,4	1,6	
HIRUDINEA									
Helobdella stagnalis		1				1	0,2	0,8	
EPHEMEROPTERA									
Baetis sp.				1		1	0,2	0,8	
Cloeon dipterum					3	3	0,6	2,4	
HETEROPTERA									
Ilyocoris cimicoides									*
TRICHOPTERA									
Limnephilus flavicornis/sp.									*
DIPTERA									
Chironomidae Gen. sp.	42	6	45	20	4	117	23,4	94,4	*
								100,0	

Isendite arv proovis	42	7	46	22	7	124	24,8
Taksonite arv proovis	1	2	2	3	2	10	2,0

Keskmine isendite arv ruutmeetril	99,0
Taksonite koguarv (koos kvalitatiivse prooviga)	7
Shannoni erisusindeks	0,42
ASPT indeks	3,67
Taani indeks	4
EPT indeks	3

Järv: Võnnu alumine paisjärv

Koht: N kallas

Aeg: 5.05.11

Det.: H. Timm

Takson	Isendite arv proovides					Summa	Keskmine	%	Leidumine kvalit. proovis
	1	2	3	4	5				
NEMATODA									
Mermithidae Gen. sp.	1					1	0,2	0,2	*
OLIGOCHAETA Gen. sp.	2	8	13		2	25	5,0	3,9	*
HIRUDINEA									
Erpobdella octoculata	1	1	7	3	11	23	4,6	3,6	
CRUSTACEA									
Asellus aquaticus	10	23	13	4	23	73	14,6	11,4	*
ARACHNIDA									
Argyroneta aquatica		1				1	0,2	0,2	
EPHEMEROPTERA									
Caenis horaria/sp.	3	2	5	1		11	2,2	1,7	*
Cloeon dipterum	8	9	10	3	25	55	11,0	8,6	*
ODONATA									
Aeshna cyanea					1	1	0,2	0,2	

Aeshna grandis/sp.		1			1	0,2	0,2	
Coenagrion hastulatum/sp.	1	5	3		6	15	3,0	2,3 *
Cordulia aenea					2	2	0,4	0,3
Erythromma najas	2		1		1	4	0,8	0,6
Libellulidae Gen. sp.	1					1	0,2	0,2 *
Somatochlora flavomaculata								*
Somatochlora metallica					1	1	0,2	0,2
HETEROPTERA								
Ilyocoris cimicoides					1	1	0,2	0,2
Sigara striata/sp.	3			2	1	6	1,2	0,9
COLEOPTERA								
Elodes sp.					2	2	0,4	0,3
Hydrobius fuscipes					2	2	0,4	0,3
Noterus clavicornis					2	2	0,4	0,3
TRICHOPTERA								
Grammotaulius nigropunctatus/sp.	3	3	2		3	11	2,2	1,7 *
Limnephilus flavicornis/sp.		4	2	1	2	9	1,8	1,4
DIPTERA								
Antocha sp.					1	1	0,2	0,2
Chaoborus sp.	2	4	1	1		8	1,6	1,3
Chironomidae Gen. sp.	75	58	75	50	125	383	76,6	59,9 *
								100,0
Isendite arv proovis	112	119	132	65	211	639	127,8	
Taksonite arv proovis	13	12	11	8	18	62	12,4	
Keskmine isendite arv ruutmeetril								
				511,0				
Taksonite koguarv (koos kvalitatiivse prooviga)								
				25				
Shannoni erisusindeks								
				2,29				
ASPT indeks								
				5,13				
Taani indeks								
				4				
EPT indeks								
				4				

Tabelist selgub, et kaks prooviaala erinesid üksteisest loomastiku poolest päris palju. Ülemine paisjärv osutus vaatamata väliselt sobivale elupaigale väga liigivaeseks. Üle 90% isenditest

moodustasid surusääsklaste (*Chironomidae*) vastsed, kes pole elutingimuste suhtes eriti nõudlikud. Niisugust olukorda võib põhjustada näiteks veetaseme oluline muutmine lähemas minevikus, kuid autoril tegelik sellekohane info puudub. Alumine paisjärv meenutas loomastikult rohkem tüüpilist Eesti paisjärve. Selleski valdasid siiski seisuveelised liigid, mis on vooluvete paisutamise tavaliseks tagajärjeks. Mingeid haruldasi või kaitsealuseid liike kummastki veekogust ei tabatud. Bioloogilise seisundi hinnangud on tabelis 16.

Tabel 16. Võnnu paisjärvede seisund suurselgrootute järgi eeldusel, et paisu puudumisel oleks tegu kiirevoolulise ojaga.

Tunnus	Ülemine paisjärv	Alumine paisjärv
Taksonite koguarv	7	25
Shannoni erisusindeks	0,42	2,29
ASPT indeks	3,67	5,13
Taani indeks	4	4
EPT indeks	3	4
Kokku	2	10

Tabelist nähtub, et ülemine paisjärv oli suurselgrootute järgi väga halvas, alumine aga napilt kesises seisundis, halva seisundi piiril. Hea seisund taksonite koguarvu järgi alumises järves (rohelise värviga) tähendab tegelikult seda, et voolulembesi liike asemele on asendanud seisuveelised liigid. Tulemuste tõlgendamisel meenutame veelkord, et paisjärvi moodustav oja on siiski nii väike, et ei sobi hästi senisesse hindamissüsteemi, kus nii pisikesi vooluvesi pole nende suure varieeruvuse tõttu eriti arvestatud. Sellele vaatamata näitab proov ülemisest paisjärvest, et selle elustikuga on alumise järvega võrreldes midagi oluliselt valedi.

III Paisjärvede setete uuring

Kokkuvõtlikult võib ütelda, et Võnnu paisjärves lasub punakaspruunil savisettel enamasti turvasjas sete, mille peal lasub omakorda suhteliselt vedela rohekasmusta järvemuda kiht. Enamasti läheb turvasjas sete mudasetteks üle ühtlaselt, ilma selge kihipiiri esinemiseta. Samuti on savi ja turbasette vaheline üleminek sujuv, turvas sisaldab savilisandit.

Kui turbasette teke on aset leidnud varasemal perioodil, kus antud kohal puudus veekogu, siis rohekasmust muda on järvetekkeline; selle ühtlane plastiline konsistents viitab sette tekkimisele kergestilagunevast planktilisest materjalist. Rohekasmusta muda esineb kõige rohkem ülemise paisjärve keskosas (proovipunktid 2, 3) ja alumise tehisjärve kirdepoolses otsas proovipunktis nr. 6. Neis piirkondades ulatub muda paksus ligikaudu 75 sentimeetrini, jätkudes sügavamal veel kuni 25 cm ulatuses segatuna turvasja settega. Seega järvemuda ja turbase muda kogupaksuseks on kuni 1 meeter (kui settes on mudasisaldus suurem kui turbasisaldus, nimetatakse setet turbaseks mudaks, vastasel juhul mudaseks turbaks). Järvede kaldapoolsetes (alumise paisjärve puhul ka edelapoolsetes punktides on mudakiht väga õhuke või puudub hoopis, seal on tegu peamiselt savisettega või turbase saviga (proovipunktid 4 ja 5 ülemises paisjärves, 7,8 ja 9 alumises paisjärves).

Allpool on toodud uuritud proovipunktide detailsem settekihtide kirjeldus.

Võnnu Ülemine paisjärv

1. Proovipunkt

0-10 cm: vedel rohekaspruun kergelt sültjas muda.

10-30 cm: järjest tihenev muda turbatükkidega, ei sisalda liiva ega savi.

30-35 cm: väikese lagunemisastmega turvas (heintaimede jäänused).

35-45 cm: muda, sisaldab turbatükke

45-50 cm: turvas.

50-75 cm: mudane turvas.

75-100 cm: kuiv turvas, sisaldab suuremaid lagunemata taimsete jäänuste tükke; samuti sisaldab punakaspruuni savi.

2. Proovipunkt

0-50 cm: tumeroheline sültjas muda, millest pealmine 5 cm väga vedel (voolas turbapuuri kogumiskannust välja). Alumises 5 cm sisaldub turbatükke.

50-75 cm: sügavuse kasvades järjest turbasemaks muutuv muda.

75-100 cm: mudane turvas.

Sügavamal turbane punakaspruun savi.

3. Proovipunkt

0-5 cm: vedel muda, ei jäänud turbapuuri.

5-10 cm: vedel rohekaspruun muda.

10-70 cm: plastilisem, vetruvam muda, tumepruun, vähehaaval ühtlaselt tihenev.

70-85 cm: helepruun turbatükkidega sete, suhteliselt vedel.

85-95 cm: pruun savi.

4. Proovipunkt

Sete: tihe savi.

5. Proovipunkt

0-20 cm: muda.

>20 cm: tihe punakaspruun savi

Võnnu alumine tehisjärv

6. Proovipunkt

0-90 cm: rohekasmust plastiline vetruva konsistentsiga muda, millest pealmine 10 cm vedel, sügavuse kasvades ühtlaselt tihenev.

90-100 cm: pruun savikas sete (Foto 2).



Foto 2. Settepuursüdamik Võnnu alumise paisjärve proovipunktist nr. 6 (50-100 cm settesügavusel). Vasakul puurkannu alumises osas näha 10 cm ulatuses punakaspruuni savi kihti.

7. Proovipunkt

0-40 cm: rohekasmust muda, ülaosas vedelam, sügavuse kasvades ühtlaselt tihenev, kihilisus puudub

40-75 cm: kastanpruuni värvusega savine turvas.

8. Proovipunkt

0-20 cm: tihe turbane pruun savi.

9. Proovipunkt

0-35 cm: rohekasmust muda.

35-60 cm: kastanpruun savine turvas.

Võnnu paisjärved vajaksid tervendamist, sest praegu on asula südames asuvate järvede esteetiline väärtus äärmiselt madal. Järv on reostunud ja prahti täis loobitud (Foto 3), järvel esineb erakordselt tugev veeõitseng, vesi on peaaegu täiesti läbipaistmatu (läbipaistvus alla 10 cm), järvel puudub igasugune rekreatiivne väärtus. Järve seisundi parandamisel on eelduseks järve reostamise lõpetamine (näiteks tuvastasime otse järve suubuva ca 10 cm läbimõõduga toru proovipunkti nr. 1 lähedal); soovitatavalt tuleks eemaldada järvepõhjas lasuv mudasete (mille kogupaksus koos turbaseguse mudasettega on ca 1m, eemaldatava settekihi hulka võib lisaks lugeda ka turbasette).



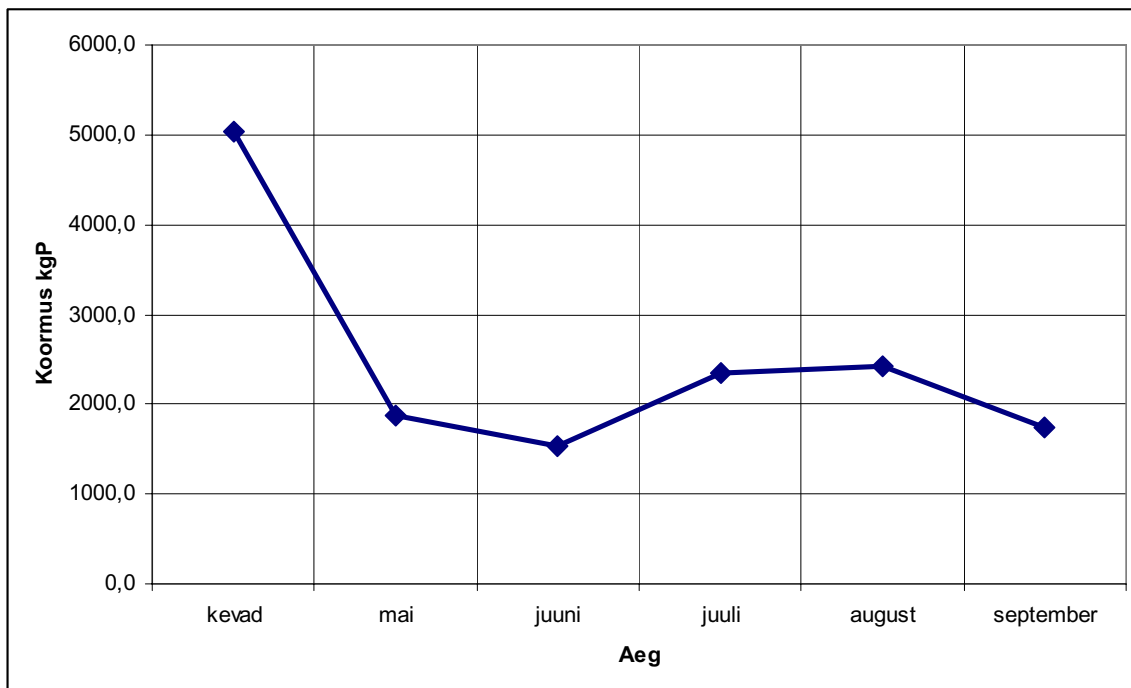
Foto 3. Vohav vetikamass ja ulpiv praht Võnnu suures paisjärves 5. aug. 2011. a.

IV Koormus veekogudele

Koormustaluvuse hindamiseks kasutatakse P koormust, järve keskmist sügavust ja vee viibeaega. Vollenweideri (1975) mudeli järgi peaks seejuures mudeli arvutamiseks kasutama aastast koormust. Meie saame seda teha vaid lühema perioodi kohta. Veevahetuse kohta puuduvad ametlikud andmed ja ka seda saame ainult teatava tõenäosusega hinnata.

Võnnu paisjärvede talutav koormustaluvus Vollenweideri mudeli järgi võiks olla maksimaalselt 5 g/m^2 aastas. See on teoreetiline, arvestades võimalikult intensiivset veevahetust. Tulemused arvutatuna sissevoolu koormuste dünaamikast on esitatud **joonisel 4**.

Uurimisperioodil oli peamise toitesoola, fosfori, koormus paisjärvedele 663 gP/m^2 , mis on lubatust palju kordi suurem väärtus. Meie arvutustes on kasutatud palju eeldusi, mis võivad olla suure veaga. Sellele vaatamata toetavad nende eelduste õigsust ka järvede elustiku ja abiootiliste näitajate väärtused. Näiteks üldfosfori kontsentratsioon järve vees 1100 mg/m^3 , mõõdetud 5. aug. 2011, ületab Eesti looduslike järvede „rekordi“ kahekordselt (Savalduma järv 1987. a.).



Joonis 4. Fosfori koormus Võnnu paisjärvedele kevadisest suurveest kuni 30. septembrini 2011. a.

Võnnu paisjärvede sisse- ja väljavoolu vee abiootiliste näitajate väärtused on tabelis 17. Andmetest on näha, et paisjärved töötavad senini, vaatamata väga suurele ainete koormusele, siiski ainete talletajatena, st. väljavoolu väärtused on väiksemad, va. hapniku küllastus ja pH. Viimased iseloomustavad kaudselt elustiku produktiooni veekogudes. Seega toimivad järved intensiivse esmasproduktiooni tingimustes. Sissevalgust lämmastikust talletati järvedes mais ca pool ja fosforist üle kolmandiku. Väljavoolu kaudu järvedest allavoolu kanduvad toitesoolade kontsentratsioonid ja arvatavasti ka kogused on tegelikult üsna suured, vaatamata paisjärvede puhastusefektile. Paisjärvede vooluveekogudes sisalduvad lahustunud orgaaniliste ainete kogused on ka päris suured (kollane aine, keemiline hapnikutarve). Permanganaatse - (COD_{Mn}) ja dikromaatse oksüdeeritavuse COD_{Cr}) suhte väike väärtus näitab bioloogiliselt kergesti laguneva orgaanilise aine rohkust vees. See tähendab, et paisjärvedesse ei kandu mitte üksnes liigset mineraalset koormust, vaid ka reostust orgaanilisest ainest.

Tabel 17. Võnnu paisjärvede sissevoolu – ja väljavoolu vee omadused 2. mail 2011. a.

Näitaja	Võnnu paisjärve sissevool	Võnnu paisjärve väljavool
Elektrijuhtivus, $\mu S/cm$	299	231
Mineraalainete sisaldus, mg/l	298	213
O ₂ %	85	123,5
pH	7,6	9
Aluselisus, HCO ₃ mgekv/l	4,15	2,85
Kollane aine, mg/l	7,6	6,8
N-NH ₄ mg/l	0,041	0,006
N-NO ₂ mg/l	0,017	0,029
N-NO ₃ mg/l	0,705	0,571
Üldlämmastik, N mg/l	4,29	2,286
Üldfosfor, P mg/l	0,38	0,23
P-PO ₄ mg P/l	0,23	0,016
Keemiline hapnikutarve, COD_{Mn} mgO/l	14	15
Keemiline hapnikutarve, COD_{Cr} mgO/l	37	41
SO ₄ mg/l	18	17
Cl mg/l	7,9	12

V Ettepanekud majandamiseks

Kõikide kasutatud limnoloogiliste näitajate alusel olid järved kas kesises, halvas või väga halvas seisundis. Koondhinnangu väärtus on halb. Ülemine paisjärv on veidi paremas olukorras kui alumine. See on ka mõistetav, sest osa valgala koormusest jääb sinna püsima. Peab ka rõhutama, et järvedes on pidev veeõitseng ja veest on määratud kõrge kontsentratsiooniga vetikatoksiine, mis on ohtlikud nii loomadele kui ka inimestele.

Praegu valgalalt lähtuv koormus ületab kordades veekogude taluvuspiiri. Lisaks võib oletada sekundaarreostust setetest.

Esmalt tuleb kindlaks teha ja lõpetada reostust valgalalt.

Veekogud vajavad kapitaalset tervendamist. Kui paljude järvede puhul võivad kõne alla tulla ka lihtsamad korrastustööd, siis siin need ei aita. Veekogude põhi peab olema täiesti puhastatud orgaanilisest settest. Selleks on mitmeid võimalusi, kuid keskkonnakaitseliselt peaks silmas pidama, et setted ei kanduks allavoolu ja setteid ei või ladustada ka kaldanõlvale. Parem oleks tööde ajal ala piirata geotekstiiliga. Tervendamist vajavad mõlemad järved.

KASUTATUD KIRJANDUS

Armitage P.D., Moss D., Wright J.F., Furse M.T., 1983. The performance of a new biological water quality score system based on a wide range of unpolluted running-water sites. - *Water Research* 17: 333-347

Cooke, G. D., Welch, E. B., Peterson, S., A. Nichols, S. A. 2005. Restoration and management of lakes and reservoirs. Taylor & Francis Group. 588 pp.

Czensny, R., 1960. Wasser-, Abwasser- und Fischereichemie. Veb Verlag Technik Berlin, 429 S.

Jeffrey, S.W. & Humphrey, G.F., 1975. New spectrophotometric equations for determining chlorophylls a, b, c1 and c2 in higher plants, algae and natural phytoplankton. - *Biochemie und physiologie der Pflanzen* 167: 191-194

Hansen, H. P. & Koroleff, F., 1999. Determination of nutrients. In Grasshoff, K., Kremling, K. & M. Ehrhardt (eds), *Methods of Seawater Analysis*. WILEY-VCH, Weinheim. New York. Chichester. Brisbane. Singapore. Toronto, 600 pp

Johnson R.K., 1999. Benthic macroinvertebrates. In: *Bedömningsgrunder för miljökvallitet. Sjöar och vattendrag. Bakgrundsrapport 2. Biologiska parametrar* (Ed. by Torgny Wiederholm). Naturvårdsverket Förlag, 85-166.

Koroleff, F., 1982. Total and organic nitrogen. In: K. Grasshoff (ed.). *Methods of Seawater Analysis*. Verlag Chemie, 162-168

Kõvask, V. & Milius, A., 1982. Lõuna-Eesti järvede fütoplankton. - *Eesti NSV järvede nüüdiseisund*. Tartu, 75-85

Lenat D.R., 1988. Water quality assessment of streams using a qualitative collection method for benthic macroinvertebrates. - Journal of North American Benthological Society 7: 222-233.

Lorenzen, C.J., 1967. Determination of chlorophyll and pheopigments: Spectrophotometric equations. - Limnol. Oceanogr. 12: 343-346

Maastik, A. 2006. Hüdroloogia ja hüdromeetria. Eesti Maaülikool. Metsandus- ja Maaehitusinstituut. 108 lk.

Medin M., Ericsson U., Nilsson C., Sundberg I., Nilsson P.-A., 2001. Bedömningsgrunder för bottenfaunaundersökningar. Medins Sjö- och Åbiologi AB. Mölnlycke, 12 pp.

Milius, A., Starast, H., 1996. Response of chlorophyll a concentration to total phosphorus decrease in SE Estonian small lakes. Proc. Estonian Acad. Sci., Ecol., 6, 79-88

Mäemets, Aime, 1991. Suurtaimestik kui järvede hindamise informatsiooniallikas. - L. Saarse (toim.) Inimene ja geograafiline keskkond. Vabariikliku geograafia-alase nõupidamise materjalid, Tallinn: 93-97.

Nöges, P. ja I. Ott, 2003. Eesti järveteadus Euroopa tõmbetuultes. Kaasaegse ökoloogia probleemid. Eesti globaliseeruv maailmas. Eesti IX Ökoloogiakonverentsi lühiartiklid, 159-172

Ott, I., Laugaste, R., 1996. Fütoplanktoni koondindeks (FKI). Üldistus Eesti väikejärvede kohta. - Eesti Keskkonnaministeeriumi Infoleht nr. 3

Pielou, E. C., 1975. Ecological diversity. New York

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)

<https://www.riigiteataja.ee/ert/act.jsp?id=13210253&replstring=33>

Porter, K.G. & Feig, Y.S., 1980. The use of DAPI for identifying and counting aquatic microflora. *Limnol. Oceanogr.* 25: 943-948

Prede, M.; Ott, I.; Kisand, A.; Laugaste, R.; Mäemets, H.; Timm, H.; Järvalt, A.; Kirt, E.; Oja, T. (1999). Lakescape of Otepää: past, present and future. Otepää: PHARE/TACIS Project

Reports of the Baltic Intercalibration Workshop, 1977. Kiel

Simm, H., 1975. Eesti pinnavete hüdrokeemia. Tallinn, "Valgus", 150 lk.

Skriver J., Friberg N., Kirkegaard J., 2000. Biological assessment of watercourse quality in Denmark: Introduction of the Danish Stream Fauna Index (DSFI) as the official biomonitoring method. - *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 27: 1822-1830

Strickland, J.D.H. & Parsons, T.R., (1972). A practical handbook of seawater analysis. - *Bull. Fish. Res. Board. Can.* 167: 1-310

Žizn' presnyh vod SSSR, 1959. 4. Moskva-Leningrad (vene k.)

Tamre, R. (koostaja.) 2006. Eesti järvede nimestik. Looduslikud järved ja tehisjärved. Keskkonnaministeeriumi Info- ja Tehnokeskus. Tallinn. 165 lk.

Timm H., Vilbaste S., 2010. Pinnavee ökoloogilise seisundi hindamise metoodika bioloogiliste kvaliteedielementide alusel. Bentiiliste ränivetikate kooslus jões. Suurselgrootute põhjaloomade kooslus jões ja järves. Lepingu 4 – 1.1/166 aruanne EV Keskkonnaministeeriumile

Vollenweider, R.A., 1975. Input – output models with special reference to the phosphorus loading concept in limnology. *Schweizerische Zeitschrift für Hydrobiologie*, 37, 53–84.

LISAD

Lisa 1. Veetaimestiku koosseis ja liikide ohtrused (1-5) erinevatel uurimisaastatel

(x – määramata ohtrus; uurimisaasta* - osaline vaatlus)

I. Võnnu Ülemine paisjärv (kirdepoolne paisjärv)

Liik/uurimisaasta	13. 07. 2011
Kaldaveetaimestiku sügavuspiir, m	0,8
Ujulehtedega taimestiku sügavuspiir, m	
Veesisese taimestiku sügavuspiir, m	
Kaldaveetaimed	
<i>Acorus calamus</i> L. - harilik kalmus	2
<i>Agrostis stolonifera</i> L. - valge kastehein	1
<i>Alisma plantago-aquatica</i> L. - harilik konnarohi	1
<i>Bidens cernua</i> L. - longus ruse	x
<i>Carex acutiformis</i> Ehrh. - sootarn	3
<i>C. pseudocyperus</i> L. - kraavtarn	1
<i>C. rostrata</i> L. - pudeltarn	x
<i>C. vesicaria</i> L. - põistarn	2
<i>Carex</i> spp. - tarnad	4
<i>Eleocharis palustris</i> (L.) Roem. et Schult. - soolss	x
<i>Epilobium hirsutum</i> L. - karvane pajulill	3
<i>E. palustre</i> L. - soo-pajulill	1
<i>Equisetum fluviatile</i> L. em Ehrh. - konnaosi	1
<i>Filipendula ulmaria</i> (L.) Maxim. - angervaks	x
<i>Geranium palustre</i> L. - soo-kurereha	2
<i>Impatiens parviflora</i> DC. - väikeseõiene lemmalts	2
<i>Iris pseudacorus</i> L. - kollane võhumõök	1
<i>Juncus effuses</i> L. - harilik luga	x
<i>Lycopus europaeus</i> L. - harilik parkhein	2
<i>Lysimachia thyrsiflora</i> L. - ussilill	x
<i>L. vulgaris</i> L. - harilik metsvits	2
<i>Lythrum salicaria</i> L. - harilik kukesaba	1
<i>Mentha aquatica</i> L. - vesimünt	x
<i>Myosotis scorpioides</i> L. - soo-lõosilm	x
<i>Phalaris arundinacea</i> L. - päideroog	3
<i>Phragmites australis</i> (Cavan.) Trin ex Steud. - harilik pilliroog	2
<i>Rorippa amphibia</i> (L.) Besser. - vesikerss	x
<i>Rumex aquaticus</i> L. - vesioblikas	1
<i>Scirpus sylvaticus</i> L. - metskõrkjas	2
<i>Scutellaria galericulata</i> L. - harilik tihashein	1
<i>Sparganium erectum</i> coll. L. - haruline jõgitakjas	2
<i>Stachys palustris</i> L. - soo-nõianõges	x
<i>Stellaria aquatica</i> (L.) Scop. - vesitähthein	x
<i>Typha latifolia</i> L. - laialehine hundinui	3
<i>Urtica dioica</i> L. - kõrvenõges	2
Ujutaimed	

<i>Lemna minor</i> L. - väike lemmel	2
<i>Spirodela polyrrhiza</i> (L.) Schleid. - vesilääts	3
Veesisesed taimed	
<i>Niitvetikad</i>	2

II. Võnnu Alumine paisjärv (edelapoolne paisjärv)

Liik/uurimisaasta	13. 07. 2011
Kaldaveetaimestiku sügavuspiir, m	0,8
Kaldaveetaimed	
<i>Acorus calamus</i> L. - harilik kalmus	3
<i>Alisma plantago-aquatica</i> L. - harilik konnarohi	x
<i>Bidens tripartitus</i> L. - kolmisruse	x
<i>Carex acutiformis</i> Ehrh. - sootarn	2
<i>C. pseudocyperus</i> L. - kraavtarn	1
<i>C. rostrata</i> L. - pudeltarn	x
<i>C. vesicaria</i> L. - põistarn	x
<i>Carex</i> spp. - tarnad	3
<i>Epilobium hirsutum</i> L. - karvane pajulill	2
<i>Galium palustre</i> L. - soomadar	x
<i>Iris pseudacorus</i> L. - kollane võhumõök	1
<i>Lycopus europaeus</i> L. - harilik parkhein	2
<i>Phalaris arundinacea</i> L. - päideroog	2
<i>Phragmites australis</i> (Cavan.) Trin ex Steud. - harilik pilliroog	3
<i>Scutellaria galericulata</i> L. - harilik tihashein	x
<i>Sparganium erectum</i> coll. L. - haruline jõgitakjas	x
<i>Typha latifolia</i> L. - laialehine hundinui	3
<i>Urtica dioica</i> L. - kõrvenõges	2
Ujutaimed	
<i>Lemna minor</i> L. - väike lemmel	2
<i>Spirodela polyrrhiza</i> (L.) Schleid. - vesilääts	4
Veesisesed taimed	
<i>Niitvetikad</i>	1

Lisa 2. Järvede ökoloogilise seisundi klassifikatsioon vastavalt taimestiku kvaliteedinäitajatele.

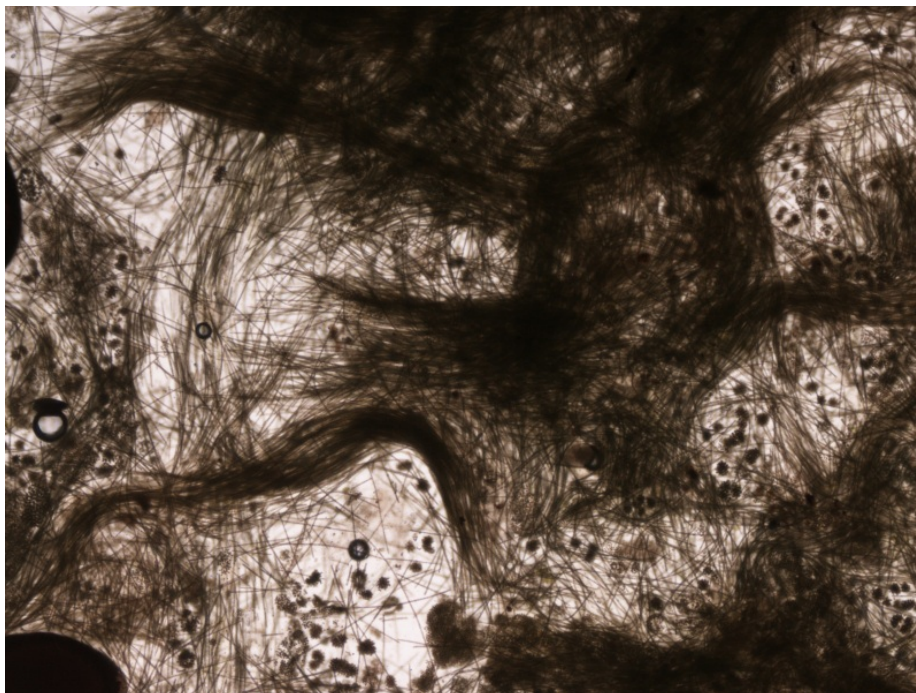
Kvaliteedinäitaja/ element	Ühik	Väga hea klass	Hea klass	Kesine klass	Halb klass	Väga halb klass
Tüüp II: vee keskmise karedusega madal järv						
Taimekooslus (= tähendab kodominantsust või alternatiivi)	Tähtsamad hüdrofüütide taksonid ohtruse järjekorras kogu järve kohta	Sammaltaimed (Bryophyta), Mändvetiktaimed (Charophyta), penikeeled* (<i>Potamogeton</i>),	Mändvetiktaimed (Charophyta) = penikeeled (<i>Potamogeton</i>), sammaltaimed (Bryophyta) = vesikatkud (<i>Elodea</i>) = vesikuused (<i>Myriophyllum</i>) = kardheinad (<i>Ceratophyllum</i>)	Kardheinad (<i>Ceratophyllum</i>) = särjesilmad (<i>Ranunculus</i>) = ujulehtedega taimed, vesikuused (<i>Myriophyllum</i>) = ujutaimed = penikeeled (<i>Potamogeton</i>) = mändvetiktaimed (Charophyta)	Ujutaimed = ujulehtedega taimed = kardhein	Puudub info
Kaelus-penikeele <i>Potamogeton perfoliatus</i> või läik-penikeele <i>P. lucens</i> suhteline ohtrus VST rühmas	<i>Braun-Blanquet</i> skaalas (0–5)	≥4	2-3	1	0	0
Mändvetiktaimede või sammalde liikide suhteline ohtrus VST rühmas	<i>Braun-Blanquet</i> skaalas (0–5)	3	4-5	2	0	0
Kardheina või ujutaimede ohtrus VST või ULT & UT rühmas	<i>Braun-Blanquet</i> skaalas (0–5)	0	1–2	3	4–5	–
Suurte niitvetikate (ka epifüütsete) rohkus eraldi	Rohkus skaalas (0–5)	0	1	1-2	3–4	5



Võnnu Ülemine paisjärv 2. mai 2011.a.



Võnnu paisjärve fütoplankton 5. aug. 2011. Domineeriv liik *Planktothrix agardhii*.



Võnnu paisjärve fütoplankton 5. aug. 2011. 300 x suurendus



Võnnu paisjärve veeõitseng 5. aug. 2011. A.



Võnnu alumine tehisjärv 29. sept. 2011. a.



Võnnu Ülemine paisjärv 29. sept. 2011. a.



Veeõitseng Võnnu Ülemises paisjärves 29. sept. 2011.