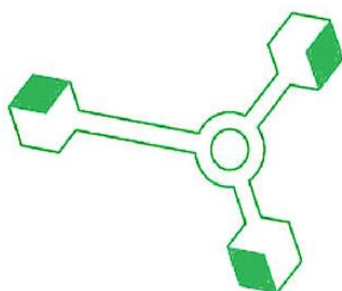


Võrtsjärve hüdrobioloogiline seire ja uuringud aastal 2023



Tartu 2024



Töö nimetus:

Võrtsjärve hüdrobioloogiline seire ja uuringud aastal 2023

Töö autorid

Helen Agasild (EMÜ, metazooplankton)

Tõnu Feldmann, hüdrobioloog

Merike Hindrikson, peaspetsialist

Katrit Karus, hüdrobioloog

Meelis Kask, hüdrobioloog

Martin Mandel, spetsialist

Kai Piirsoo (EMÜ, fütoplankton)

Siim Seller (EMÜ, suurselgrootud)

Tarmo Timm (EMÜ, suurselgrootud)

Henn Timm (EMÜ, suurselgrootud)

Sirje Vilbaste (EMÜ, fütobentos)

Margus Voode (EMÜ, suurselgrootud)

Priit Zingel (EMÜ, protozooplankton)

Kinnitas:

Hille Allemann

Töö tellija:

Kliimaministeerium

Töö teostaja:

Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ

Vaksali 17a

Tartu, 50410

Tel. 730 7279

mobiiil 5307 8981

tartu@klab.ee

www.klab.ee

Lepingu nr: 4-4/23/5 lisa 11

Tööde algus: 01.01.2023

Tööde lõpp: 01.03.2024

Töö valmimisaeg: 01.03.2024



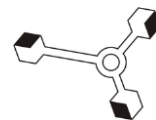
Annotatsioon

Aruandes esitatakse 2023. aasta Võrtsjärve seire töö tulemused. Füüsikalis-keemiliste näitajate ja bioloogiliste kvaliteedielementide seire toimus viies seirepunktis erinevate sagedustega. Samuti teostati kogu järve hõlmav veetaimestiku seire. Järvede ökoloogilise seisundiklassi määramisel kasutati bioloogilisi kvaliteedielemente, neid toetavaid füüsikalis-keemilisi üldtingimusi ja vesikonnaspetsiifiliste saasteainete sisaldusi. Bioloogilised kvaliteedielemendid järve seisundi hindamisel olid fütoplankton, suurselgrootud ja fütobentos. Samuti esitatakse töös võrdlevalt järve füüsikalis-keemiliste näitajate ja bioloogiliste kvaliteedielementide varasemad seisundihinnangud ning ajalised muutused.



Sisukord

Annotatsioon	3
Sisukord	4
Seiretööde kirjeldus	6
1. Seiretööde metoodika	6
1.1. Ökoloogilise seisundiklassi määramine	6
1.1.1. Füüsikalise-keemilised kvaliteedinäitajad	7
1.1.2. Vesikonnaspetsiifilised saasteained (VSPETS)	11
1.1.3. Fütoplankton ja pigmendid	11
1.1.4. Bakterplankton	13
1.1.5. Protozooplankton	14
1.1.6. Metazooplankton	14
1.1.7. Suurselgrootud	14
1.1.8. Veetaimestik	18
1.1.9. Fütobentos	21
1.2. Keemilise seisundiklassi määramine	23
2. Tulemused	24
2.1. Ökoloogiline seisund	24
2.1.1. Füüsikalise-keemilised kvaliteedinäitajad	24
2.1.2. Vesikonnaspetsiifilised saasteained (SPETS)	27
2.1.3. Fütoplankton ja pigmendid	32
2.1.4. Bakterplankton	40
2.1.5. Protozooplankton	41
2.1.6. Metazooplankton	44
2.1.7. Põhjloomastik	46
2.1.8. Veetaimestik	50
2.1.9. Fütobentos	53
2.1.10. Ökoloogilise seisundi koondhinnang	54
2.2. Keemiline seisundi koondhinnang	55
3. Kvaliteedinäitajate ajalised muutused	56



3.1. Füüsikalis-keemilised kvaliteedinäitajad	56
3.2. Vesikonnaspetsiifilised saasteained	65
3.3. Fütoplankton ja pigmendid	65
3.3. Bakterplankton	68
3.4. Protozooplankton	69
3.5. Metazooplankton	70
3.6. Põhjaloomastik	71
3.7. Veetaimestik	75
3.8. Fütobentos	76
3.9. Keemilise seisundi (KESE) kvaliteedinäitajad.	81
4. Kokkuvõte	82
Lisad	84
Lisa 1. Maismaa seisuveekogude ökoloogilise seisundi füüsikalis-keemiliste kvaliteedinäitajate (FÜKE), bioloogilise kvaliteedinäitaja ja spetsiifiliste saasteainete ning keemilise seisundi hindamise metoodika.	84
Lisa 2. Kala proovide ja kala koeproovide andmed	96
Lisa 3. Karpide proovide ja karpide koeproovide andmed	96
Lisa 4. Määratavate näitajate katsemeetodid, mõõteprintsiibid ja kasutatud vahendid	97
Lisa 5. Suurselgrootud	105
Lisa 6. Veetaimestik	114
Lisa 7. Fütobentos	116
Lisa 8. Ettepanekud Keskkonnaministri 24. aprilli 2020. a määruse nr. 19 täiendamiseks Võrtsjärve ökoloogilise seisundi parema hindamise huvides	118



Seiretööde kirjeldus

Seiretöö viis läbi Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ. Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ vastab EVS-EN ISO/IEC 17025:2017 nõuetele ja on EAK poolt akrediteeritud katselabor nr. L008. Akrediteerimisulatus kirjeldav akrediteerimistunnistuse lisa on leitav EAK kodulehelt (www.eak.ee).

Veekogumi ökoloogilise seisundi hindamisel lähtutakse keskkonnaministri 16.04.2020 määrusest nr. 19 "Pinnaveekogumite nimekiri, pinnaveekogumite ja territoriaalmere seisundiklasside määramise kord, pinnaveekogumite ökoloogiliste seisundiklasside kvaliteedinäitajate väärtused ja pinnaveekogumiga hõlmamata veekogude kvaliteedinäitajate väärtused", veepoliitika raamdirektiivist (VRD)¹ ja selle juhendmaterjalidest. Veekogumi keemilise seisundi hindamisel vee, põhjasetete ja elustiku analüüside põhjal lähtutakse seadusandliku alusena keskkonnaministri 24.07.2019 määrmuses nr. 28 "Prioriteetsete ainete ja prioriteetsete ohtlike ainete nimekiri, prioriteetsete ainete, prioriteetsete ohtlike ainete ja teatavate muude saasteainete keskkonna kvaliteedi piirväärtused ning nende kohaldamise meetodid, vesikonnaspetsiifiliste saasteainete keskkonna kvaliteedi piirväärtused, ainete jälgimisnimekirjaga seotud tegevused" esitatud nõuetest.

1. Seiretööde metoodika

1.1. Ökoloogilise seisundiklassi määramine

Keskkonnaministri 16. aprilli 2020. aasta määruse nr. 19 "Pinnaveekogumite nimekiri, pinnaveekogumite ja territoriaalmere seisundiklasside määramise kord, pinnaveekogumite ökoloogiliste seisundiklasside kvaliteedinäitajate väärtused ja pinnaveekogumiga hõlmamata veekogude kvaliteedinäitajate väärtused" (avaldamismärge: RT I, 21.04.2020, 61) järgi käsitletakse Võrtsjärve maismaa seisuveekogu tüübina S6 – veepeegli pindalaga 100-300 km², vee keskmise karedusega (üldaluselisus 80-240 HCO₃⁻ mg/l, elektrijuhtivus 165-400 µS/cm), kloriidivaene (kloriidide sisaldus kuni 25 mg/l), kihistumata veega, heledaveeline (neeldumiskoeffitsient 400 nm juures < 4 m⁻¹, värvus < 100⁰ Pt-Co skaalal) järv.

Maismaa seisuveekogumi ökoloogilise seisundiklassi määramisel kasutatakse bioloogilisi kvaliteedielemente ja füüsikalise-keemilisi üldtingimusi, mida toetavad vesikonnaspetsiifiliste saasteainete sisaldus ja hüdro-morfoloogilised kvaliteedielemendid (KKM määrus nr. 19 §28 lg 1).

¹ Euroopa parlamendi ja nõukogu direktiiv 2000/60/EÜ, 23. oktoober 2000, millega kehtestatakse ühenduse veepoliitika alane tegevusraamistik. Euroopa ühenduste teataja 22.12.2000.



Bioloogilised kvaliteedielemendid maismaa seisuveekogumi ökoloogilise seisundiklassi määramiseks on fütoplankton, fütobentos, suurtaimestik, suurselgrootud ja kalastik (KKM määrus nr. 19 §28 lg 2).

Kvaliteedielement "Füüsikalise-keemilised üldtingimused" maismaa seisuveekogumi ökoloogilise seisundiklassi määramiseks koosneb järgmistest kvaliteedinäitajatest: pH, üldlämmastik, üldfosfor ja vee läbipaistvus (KKM määrus nr. 19 §28 lg 3).

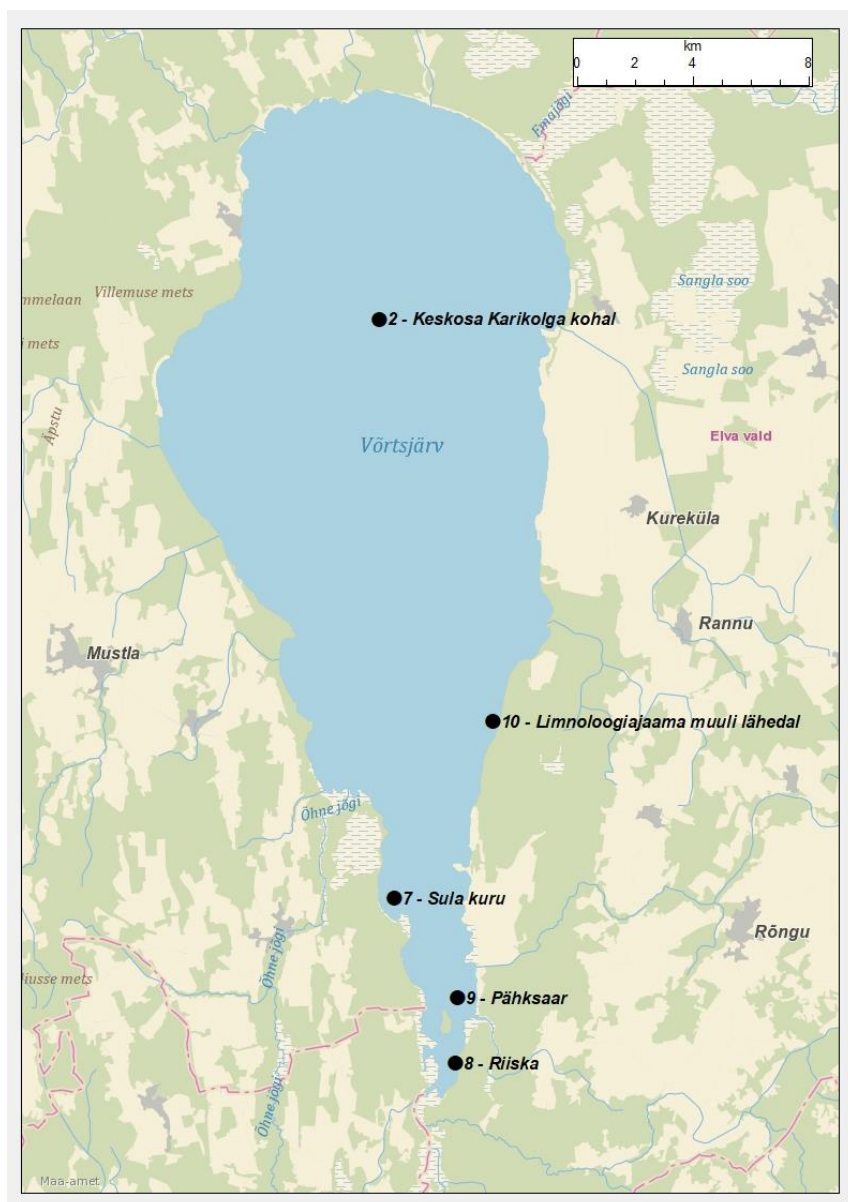
Maismaa seisuveekogumi ökoloogiline seisundiklass määratakse bioloogiliste kvaliteedielementide ökoloogiliste seisundiklasside ja bioloogilisi kvaliteedielemente toetavate füüsikalise-keemiliste üldtingimuste ökoloogilise seisundiklassi alusel halvima järgi, kasutades tabelit KKM määrusest nr. 19 §29 lg 2.

1.1.1. Füüsikalise-keemilised kvaliteedinäitajad

Vastavalt lepingule toimus 2023. aastal hüdrokeemiline seire viies seirejaamas (tabel 1, joonis 1). Seirepunktist nr. 10 (limnoloogiajaam) võeti proovid iga kuu, seirepunktidest 8 ja 9 võeti proovid üks kord aastas (augustis), seirepunktidest 2 ja 7 võeti proovid neli korda aastas.

Tabel 1. Hüdrokeemilise seire proovivõtukohad 2023. a.

Seirejaama nimi	KKR kood	X	Y
Võrtsjärv: 2 – Keskosa Karikolga kohal	SJB1550000	6468121,0	619795,8
Võrtsjärv: 7 – Sula kuru	SJB1561000	6448080,0	620340,9
Võrtsjärv: 8 - Riiska	SJB1563000	6442388,0	622448,0
Võrtsjärv: 9 - Pähksaar	SJB1564000	6444649,1	622509,0
Võrtsjärv: 10 - Limnoloogiakeskus	SJB1548000	6454273,3	623436,2



Joonis 1. Võrtsjärve hüdrokeemilise seire proovivõtukohad 2023. a.

Määratavad näitajad:

- FÜKE 1: elektrijuhtivus, lahustunud hapnik, läbipaistvus (Secchi ketta järgi), pH, temperatuur, värvus, klorofüll-a, hüdrokarbonaat, hõljuvaine, BHT₅, KHT_{Mn}, NH₄, NO₃, NO₂, üldN, PO₄, üldP, Cl, SO₄ ja üldkaredus.
- FÜKE 2: kõik FÜKE 1 näitajad ning Ca, Mg, Na, K, Si ja Fe.

Analüüsimetodite ning kasutatud seadmete nimekiri on toodud lisas 4.

Kõikidest augustis võetud proovidest määrati FÜKE 2, ülejäänud proovidest määrati FÜKE 1.



Võrtsjärve ökoloogilise seisundiklassi määramise aluseks füüsikalis-keemiliste üldtingimuste järgi on maist septembrini võetud proovid (KKM määrus nr. 19 §35 lg 1). Kvaliteedielement "Füüsikalis-keemilised üldtingimused" maismaa seisuveekogumi ökoloogilise seisundiklassi määramiseks koosneb järgmistest kvaliteedinäitajatest: pH, üldlämmastik, üldfosfor ja vee läbipaistvus (KKM määrus nr. 19 §28 lg 3). Füüsikalis-keemiliste üldtingimuste koondmäärang on väga halb kui Võrtsjärve pinnakihi ajavahemikus mai-september mõõdetud keskmine pH väärtus on suurem kui 9,0 või väiksem kui 7,0 (KKM määrus nr. 19 § 35 lg 2), sõltumata teistele füüsikalis-keemilistele kvaliteedinäitajatele määratud ökoloogilistest seisundiklassidest. Kui vee pH väärtus on kohases vahemikus, mis ei too kaasa väga halba füüsikalis-keemiliste üldtingimuste koondmäärangut, määratakse igale määruse § 28 lõikes 3 loetletud kvaliteedinäitajale, mis on veekogutüübi jaoks asjakohane, välja arvatud pH, määruse lisa 5 alusel ökoloogiline seisundiklass ja ökoloogiline kvaliteedisuhe. Füüsikalis-keemiliste üldtingimuste koondmäärang antakse kvaliteedinäitajate ökoloogiliste kvaliteedisuhete keskmise väärtuse alusel (KKM määrus nr. 19 § 35 lg 7). Käesolevas töös on hinnatud Võrtsjärve ökoloogilist seisundit füüsikalis-keemiliste kvaliteedinäitajate (pH, üldN, üldP, vee läbipaistvus) järgi vastavalt tabelis 2 toodud seisundiklasside piiridele (väljavõtte KKM määruse nr. 19 lisast 5). Tabelisse on lisatud ökoloogilise kvaliteedisuhte (ÖKS) valemid. Eesti Keskkonnauuringute Keskuse OÜ (EKUK) hinnangul on määruse lisas 5 ÖKS piirid ebatäpsed. Praeguses määruses on ÖKS piirid määratud protsendilise jaotuse järgi, mida kasutatakse ÖKS valemi leidmisel. Ebatäpsed piirid annavad ÖKS väärtusele paljudel juhtudel kvaliteedinäitaja seisundiklassi hinnangust erineva hinnangu. ÖKS piiride leidmiseks tuleks saadud ÖKS valemis asendada vastava kvaliteedinäitaja klassipiiride väärtused. Nii saab vastava näitaja ÖKS-i piirid. Seega on käesolevas töös esitatud EKUK spetsialistide poolt ümber arvutatud, määrusest erinevad ÖKS piirid.

**Tabel 2.** Veekogumitüübi S6 (Võrtsjärv) ökoloogiliste seisundiklasside piirid füüsikalise-keemiliste kvaliteedinäitajate järgi.

Kvaliteedinäitaja	Ühik	ÖKS 1 vastav väärtus	Väga hea klass	Hea klass	Kesine klass	Halb klass	Väga halb klass	ÖKS valem
pH	pH ühik	7.0-8.0	7.0-8.0	>8.0-8.3	>8.3-8.8	>8.8-9.0	<7.0 või >9.0	
pH ÖKS	-	-	0.9	0.6	0.4	0.2	0.1	
Üldlämmastik (üldN)	mg/l	0.80	≤0.88	>0.88-1.63	>1.63-2.3	>2.3-3.0	>3.0	$y=1.760e^{-0.69x}$
üldN ÖKS	-	-	≥0.96	<0.96-0.57	<0.57-0.36	<0.36-0.22	<0.22	
Üldfosfor (üldP)	mg/l	0.030	≤0.035	>0.035-0.06	>0.06-0.09	>0.09-0.12	>0.12	$y=1.634e^{-16.8x}$
üldP ÖKS	-	-	≥0.91	<0.91-0.60	<0.60-0.36	<0.36-0.22	<0.22	
Vee läbipaistvus	m	1,1	≥0.9	<0.9-0.7	<0.7-0.5	<0.5-0.4	<0.4	$y=1.097x-0.190$
Vee läbipaistvuse ÖKS	-		≥0.80	<0.80-0.58	<0.58-0.36	<0.36-0.25	<0.25	
FÜKE üldtingimuste ÖKS	-	-	≥0.89	<0.89-0.58	<0.58-0.36	<0.36-0.23	<0.23	



1.1.2 Vesikonnaspetsiifilised saasteained (VSPETS).

Seirepunktidest 2 ja 7 võetud veeproovidest määrati 4 korral aastas (veebuuar, aprill, august, oktoober) vesikonnaspetsiifilised saasteained.

Veeproovide analüüsiks võeti veeproov 0,3 m sügavuselt veepinnast. Proovivõtmisel registreeriti proovi võtmise aeg, koht ja sügavus ning koostati keskkonnaministri 03.10.2019 määruse nr. 49 "Proovivõtumeetodid" kohane proovivõtuprotokoll.

SPETS täisnimekiri: Vesikonnaspetsiifiliste saasteainete loetelu on esitatud eraldise kasutamise lepingu lisa 11 tabelis 2.

Vesikonnaspetsiifiliste saasteainete seisundihinnangu meetoodika on toodud lisa 1.

1.1.3. Fütoplankton ja pigmendid

Analüüsimeetodi standard: EN 15204:2006 *Water Quality – Guidance standard for routine analysis of phytoplankton abundance and composition using inverted microscopy (Utermöhl technique)*², mille järgi kasutati loendamiseks Utermöhli³ meetoodikat. Integraalsetele (200 ml) proovidele lisati 1 ml Lugoli lahust ja säilitati külmkapis. Suviseid ja sügiseid proove lahjendati veega 1:1 kuni 1:3, seejärel sadestati loenduskambris 3-10 ml ja loendati invertmikroskoobiga Olympus CK 40 suurendustel 10x40, 10x20 ja 10x10. Vetikad mõõdeti ja loendati vaateväljade kaupa suurendusel 10x40 nii mitmes vaateväljas, mis andis vajaliku loendusühikute arvu >400. Dominantliike mõõdeti igas proovis vähemalt 60 isendit. Suuremõõtmelisi vetikaid loendati suurendustel 10x10 ja 10x20 vähemalt poolel kambri põhjal. Lähendades vetikate kujud kõige sarnasemale geomeetrilisele kujundile (kera, silinder, ellipsoid, kaksikkoonus, prisma, rööptahukas) arvutati iga liigi isendite keskmine ruumala, mis arvukusega korrutamisel andis biomassi, võttes vetika erikaaluks 1⁴. Vetikaliikide määramiseks kasutati järgmisi määrajaid: Komárek⁵, Komárek & Fott⁶, Anagnostidis & Komárek⁷, Krammer & Lange-Bertalot⁸,

² EN 15204: (2006). Water Quality – Guidance standard for routine analysis of phytoplankton abundance and composition using inverted microscopy (Utermöhl technique). <https://www.evs.ee/et/evs-en-15204-2006>

³ Utermöhl, H. (1958). Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton Methodik. Mitteilung Internationale Vereinigung fuer Theoretische und Angewandte Limnologie, 9, 1-38.

⁴ Edler, L. (ed) (1979). Recommendations on Methods for Marine Biological Studies in the Baltic Sea. Phytoplankton and Chlorophyll. BMB Publ., 5, 1-38.

⁵ Komárek, J. (2013). Cyanoprokaryota. Teil 3. Heterocytous Genera. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Band 19/3. Springer-Spektrum. Berlin. Heidelberg.

⁶ Komárek, J., Fott, B. (1983). Das Phytoplankton des Süßwassers. Teil 7, Hälfte 1. Chlorophyceae. Chlorococcales. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.

⁷ Anagnostidis, K., Komárek, J. (1988). Modern approach to the classification system of cyanophytes. 3. Oscillatoriales. Arch. Hydrobiol. Suppl., 80, 327-472.

⁸ Krammer, K., Lange-Bertalot, H. (1991). Bacillariophyceae. 3. Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. In: Die Süßwasser-flora von Mitteleuropas, 2/3. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena.



Tikkanen & Willén⁹, Uherkovich *et al.*¹⁰, Komárek & Anagnostidis^{11 12}. Fütoplanktonis domineerivate ränivetikate liigi tasemeni määramiseks, kasutati püsipreparaatide tegemiseks rahvusvaheliselt tunnustatud meetodeid (EVS-EN 13946: 2014; EVS-EN 14407: 2014)^{13 14} ja meetoodilist juhendit (Timm ja Vilbaste¹⁵). Proovidele lisati H₂O₂ ja HCl, et eemaldada orgaaniline aine ning lahustada karbonaadid. Seejärel pesti proov destilleeritud veega, et vabaneda happejääkidest ning valmistati ränivetika pantsereid sisaldavast suspensioonist püsipreparaadid, sisestades need spetsiaalsesse vaiku "Naphrax". Liik määrati õli-immersioonobjektiiviga 1000x suurendusel. Vetikanime esitamisl järgiti rahvusvahelises andmebaasis AlgaeBase (<https://www.algaebase.org/>) aktsepteeritud nimesid. Harjumuspärased, kuid tänapäevases teaduskirjanduses vähem aktsepteeritud sünonüümid on toodud liigi nime esimesel nimetamisel sulgudes.

Valemid pigmentide määramiseks:

E – lainepikkus nanomeetrites

Klorofüll

$Chl\ a = 11,85 * (E_{Max} - E_{750}) - 1,54 * (E_{645} - E_{750}) - 0,08 * (E_{630} - E_{750})$ lahustatud (ekstraheeritud) proovi ruumala/filtreeritud proovi ruumala (1)

Karotinoidid

$Car = 7,6 * ((E_{480} - E_{750}) - 1,49 * (E_{510} - E_{750}))$ lahustatud proovi ruumala/filtreeritud proovi ruumala (2)

Feopigmendid

$Feop = 2,67 * ((1,7 * E_{664} - E_{750}) - (E_{664} - E_{750}))$ lahustatud proovi ruumala /filtreeritud proovi ruumala (3)

Klorofüll a (Chl a) määrati spektrofotomeetriliselt (skaneeriv spektrofotomeeter Hitachi U3010) ja arvutati Jeffrey & Humphrey (1975)¹⁶ poolt soovitatud võrrandite järgi, feopigmendid Lorenzen (1967)¹⁷

⁹ Tikkanen, T., Willén, T. (1992). Växtpanktonflora. Naturvårdsverket, Solna.

¹⁰ Uherkovich, G., Schmidt, A., Ács, É. (1995). A Scenedesmus zöldalga nemzetség (Chlorococcales, Chlorophyceae) különös tekintettel magyarországi előfordulású taxonjaira. Kiss, K.T. (ed.). Magyar Algológiai Társaság, Budapest.

¹¹ Komárek, J., Anagnostidis, K. (1999). Cyanoprocaryota. Teil 1. Chroococcales. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Band 19/1. Gustav Fischer, Jena, Stuttgart, Lübeck, Ulm.

¹² Komárek, J., Anagnostidis, K. (2005). Cyanoprocaryota. Teil 2. Oscillatoriales. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Band 19/2. Elsevier GmbH, Heidelberg.

¹³ EVS-EN 13946: (2014). Water quality – Guidance for the routine sampling and preparation of benthic diatoms from rivers and lakes. <https://www.evs.ee/et/evs-en-13946-2014>

¹⁴ EVS-EN 14407: (2014). Water quality – Guidance for the identification and enumeration of benthic diatom samples from rivers and lakes. <https://www.evs.ee/et/evs-en-14407-2014>

¹⁵ Timm, H., Vilbaste, S. (2010). Pinnavee ökoloogilise seisundi hindamise meetodika bioloogiliste kvaliteedielementide alusel. Bentiliste ränivetikate kooslus jõgedes. Suurselgrootute põhjaloomade kooslus jões ja järves. Lepingu nr. 4 - 1.1/166 Aruanne. EV Keskkonnaministeerium. EMÜ, Tartu.

¹⁶ Jeffrey, S.W., Humphrey, G.F. (1975). New spectrophotometric equations for determining chlorophyll a, b, c1 and c2 in higher plants, algae and natural phytoplankton. Biochemie und Physiologie der Pflanzen, 167, 191-194.

¹⁷ Lorenzen, G.J. (1967). Determination of chlorophyll and phaeopigments: spectrophotometric equations. Limnol. Oceanogr., 12, 343-346.



järgi, karotinoidid Strickland ja Parsons (1968)¹⁸ järgi. Pigmendid määrati vastavalt rahvusvahelisele standardile ISO 10260:1992¹⁹.

Andmeanalüüs. Fütoplanktoni analüüsil kasutati STATISTICA 13.2 Programmi (Dell Inc. 2022). Keskmistena kasutati aritmeetilisi keskmisi $\pm 95\%$ usalduspiiridega. Võrtsjärve ökoloogilist seisundit hinnati fütoplanktoni näitajate alusel keskkonnaministri määruses nr. 19²⁰ toodud klassipiiride järgi. Paralleelselt anti eksperthinnang Võrtsjärve ökoloogilisele seisundile fütoplanktoni aluses juhtivteadur Peeter Nõgese (2021)²¹ poolt täpsustatud klassipiiride järgi. Selleks kasutati P. Nõgese poolt välja töötatud Exceli töövahendit „Ökosüsteemi kalkulaator“.

1.1.4. Bakteriplankton

Veeproovide mikrobioloogilisel analüüsil määrati heterotroofsete veebakterite üldarv (BÜA). Heterotroofsete veebakterite analüüsiks koguti vertikaalselt integreeritud veeproove. Veeproovid koguti steriilsetesse proovivõtu pudelitesse ning enne proovide võtmist loputati pudelid uuritava veega. Veeproovid (15 ml) fikseeriti formaldehüdiga (37%-line vesilahus) ning hoiti +4°C juures analüüsimiseni. Heterotroofsete bakterite üldarv määrati otsesel loendamisel Leica DM2500 mikroskoobiga 1000-kordsel suurendusel õliimmersioonobjektiiviga. Fikseeritud veeproovid filtreeriti toonilt mustadele polükarbonaatsetele membraanfiltritele (Poretics) pooride läbimõõduga 0,22 µm. Enne bakterite filtreerimist värviti bakterite rakud fluorestsentsvärviga DAPI (4',6'-diamidiino-2-fenüülindool) 5 minutit kontsentratsioonil 1 µg ml⁻¹ kohta²². Filtreid hoiti -20 C° juures analüüsimiseni. Bakterirakkude loendamisel kasutati 1000x suurendust õliimmersioon-objektiiviga (N Plan 100x/1,25 Oil) ning DAPI-ga värvitud rakkude ergastamiseks kasutati UV valgusest (360 nm lainepikkust). Igalt filtrilt loendati vähemalt 200 rakku. Võrtsjärve mikrobioloogiliste näitajate seisundit hinnati vastavalt Eesti järvede andmete põhjal väljatöötatud hindamisskaalale (tabel 3).

Tabel 3. Järve seisundi hinnang mikrobioloogiliste näitajate alusel.

Seisundi hinnang	Bakterite üldarv 10 ⁶ rakku ml ⁻¹
Väga hea	0-3
Hea	3,1-6
Kesine	6,1-12
Halb	>12,1

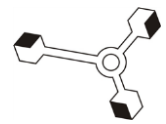
¹⁸ Strickland J. D. H., Parsons T. R. (1968). A Practical Handbook of Seawater Analysis. Bull. Fish. Res. Board Can., 167, 1-311.

¹⁹ ISO 10260. (1992). Water Quality – Measurement of Biochemical Parameters – Spectrometric Determination of the Chlorophyll a Concentration. International Organization for Standardization, Switzerland.

²⁰ Pinnaveekogumite nimekiri, pinnaveekogumite ja territoriaalmeri seisundiklasside määramise kord, pinnaveekogumite ökoloogiliste seisundiklasside kvaliteedinäitajate väärtused ja pinnaveekogumiga hõlmamata veekogude kvaliteedinäitajate väärtused. Vastu võetud 16.04.2020 nr 19.

²¹ Nõges P. (2021). Võrtsjärve ökoloogilise seisundi hindamisel kasutatavate fütoplanktoni näitajate klassipiiride täpsustamine võttes arvesse veetaseme mõju. Aruanne, EMÜ, Tartu.

²² Porter, K.G. & Feig, Y.S. 1980. The use of DAPI for identifying and counting aquatic microflora. – Limnol. Oceanogr. 25: 943-948.



1.1.5. Protozooplankton

Uurimaks Võrtsjärve protozooplanktoni e. planktiliste ripsloomade (*Ciliophora*) koosluse struktuuri ja sesoonset dünaamikat, koguti 2023. aastal veeproove kord kuus punktist nr 10. Lisaks võeti augustis proovid ka punktidest 8 ja 9 (joonis 1). Proovivõtt toimus vastavalt ISO 5667 (osad 1, 3, 4) standarditele ja Ameerika Suurjärvestu fütoplanktoni proovivõtu standardile LG400 „Standard Operating Procedure for Phytoplankton Sample Collection and Preservation Field Procedures”²³. Protozooplanktoni integraalse proovi kogumiseks võeti vett pinnast põhjani kihtide kaupa 1,5 liitrise Ruttneri batomeetriga. Võetud veeproovid segati kokku ja sellest võeti nn integraalne proov. Proov fikseeriti Lugoli lahusega. Kuni analüüsini säilitati proove külmutuskapis. Protozooplanktoni hulga- ja koosseisunäitajate määramine toimus Utermöhli meetodil standardi EVS-EN 15204:2006 järgi (Water Quality – Guidance standard for routine analysis of phytoplankton abundance and composition using inverted microscopy). Protozooplanktoni mikroskoopiliseks analüüsiks sadestati plankton mahuga 2,5 ml loenduskambris (HYDROBIOS) ja loendati invertmikroskoobiga NIKON Eclipse Ti-S. Loendus toimus suurendusel 600x, läbi vaadati kogu loenduskambri põhi, ettetulevad isendid loendati ja mõõdeti. Mõõtmiseks kasutati mikroskoobi okulaarmikromeetrit, mille vähim jaotus 600x suurendusel on 2,5 µm. Biomass, eeldades et 1,0 g/ml, leiti arvutuslikul teel läbi rakuruumala,.

1.1.6. Metazooplankton

Metazooplanktoni proovid koguti kord kuus seirepunktist nr 10. Lisaks koguti augustis proovid seirepunktidest 8 ja 9 (joonis 1). Integraalseks prooviks võeti batomeetriga 10 l vett ja valati läbi 48 µm silmasuurusega planktonivõrgu. Proovid fikseeriti Lugoli lahusega. Fikseeritud proovid analüüsiti Bogorovi kambris stereomikroskoobi Nikon AZ100 all. Domineerivaks loeti liike ning taksoneid, mis moodustasid 20% või enam metazooplanktoni arvukusest ja biomassist.

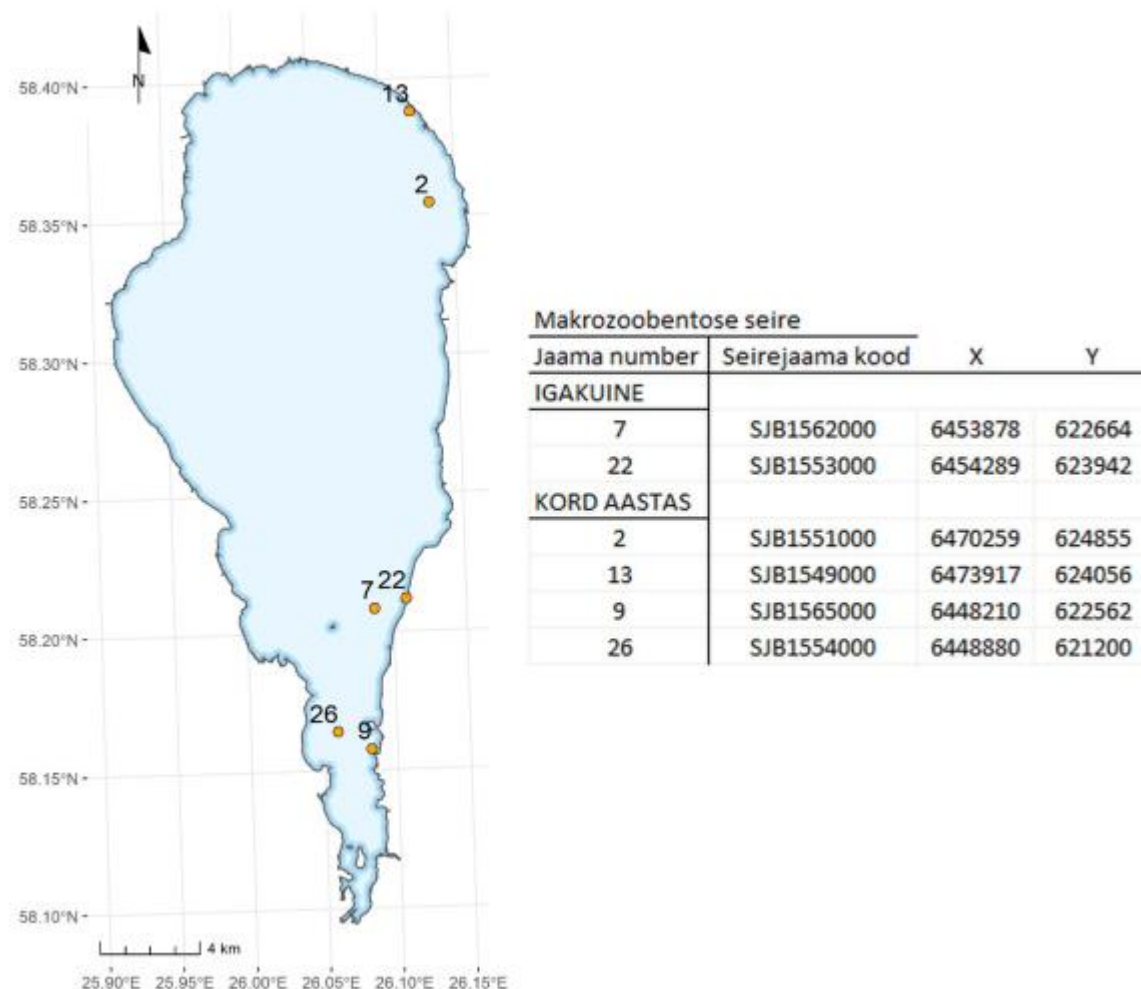
1.1.7. Suurselgrootud

I. Suurselgrootud ammutiproovidest. Aastal 2023 võeti sarnaselt eelmisele aastale Võrtsjärvest märtsist-oktoobrini makrozoobentose proove ühest litoraali (punkt 22, joonis 2) ja ühest profundaali punktist (punkt 7, joonis 2). Sesonseid proove võeti 2023. aastal aprillis 6 punktist. Kokku võeti 2023. aastal 60 kvantitatiivset proovi. Proovide võtmisel kasutati Borutski ja Zabolotski (mõlema haardepindala 225 cm²) tüüpi põhjaammuteid. Proovid pesti siidsõelal nr 14 (silmasuurus 0,3 mm) ning loomad nopiti sõelajäägist välja elusalt. Loomad sorteeriti kohe 4 rühma: *Chironomidae* (surusääsklaste vastsed ja nukud), *Oligochaeta* (väheharjasussid), *Mollusca* (limused) ja *varia* (kõik ülejäänud) ning fikseeriti 70% etanoolis.

²³ http://www.epa.gov/greatlakes/monitoring/sop/chapter_4/LG400.pdf



Loomad kaaluti hiljem märjalt, pärast nende kuivatamist filterpaberil välisest niiskusest, torsioonkaaludel 1 mg täpsusega (toorkaal). Suuri jõe- ja järvekarpe (*Unio* ja *Anodonta*) kaaluti elektroonilisel kaalul (KERN & Sohn GmbH EMB 200-1); neid käsitletakse allpool eraldi ning ei loeta üldise arvukuse ja biomassi hulka, kuna nende sattumine proovidesse on ühe aasta lõikes liiga juhuslik. Leitud põhjaloomadest määras Siim Seller rühma *Chironomidae*, *Mollusca* ja *Varia*; Tarmo Timm rühma *Oligochaeta* ning Margus Voode herneskarpe (*Pisidium*).



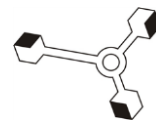
Joonis 2. Makrozoobentose seirepunktid Võrtsjärvel.

II. Litoraali suurselgrootud kahvaproovidest. Võrtsjärve litoraali (alla 1 m sügavuse kaldapiirkonna) selgrootute loomade seire ülesehituses on arvestatud EV keskkonnastrateegia ja keskkonnategevuskavaga²⁴ ning järgitakse Veepoliitika Raamdirektiivi nõudeid²⁵. Võrtsjärve seisundit litoraali suurselgrootute järgi hinnati järgmistes statsionaarsetes kohtades (joonis 3, tabel 4):

- 1) loodekallas Valma külast lõunas (kivine põhi),

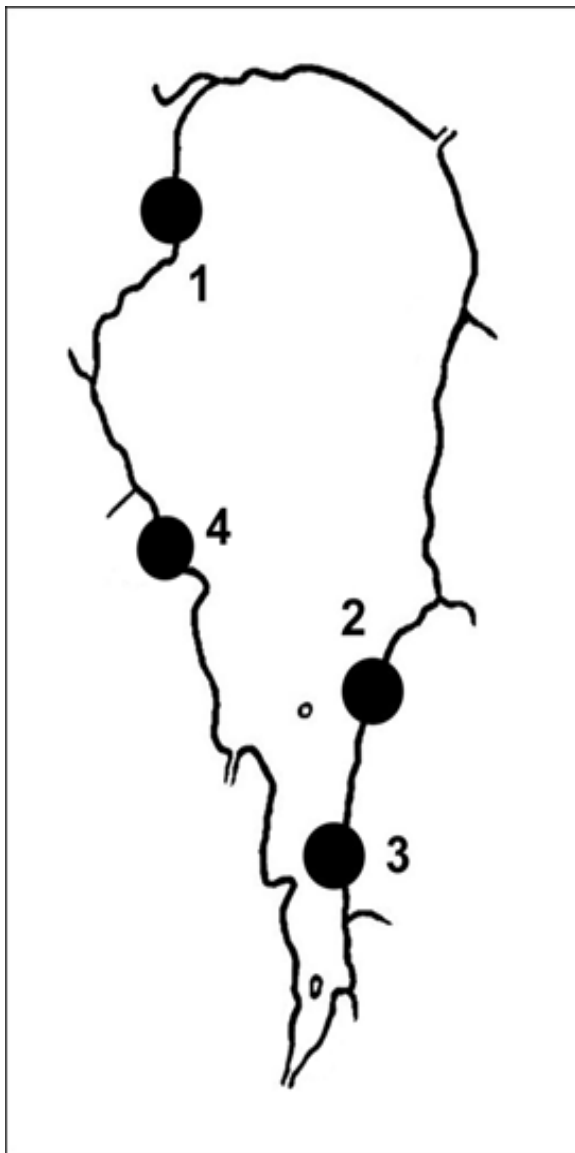
²⁴ Pinnaveekogumite nimekirj, pinnaveekogumite ja territoriaalmeri seisundiklasside määramise kord, pinnaveekogumite ökoloogiliste seisundiklasside kvaliteedinäitajate väärtused ja pinnaveekogumiga hõlmamata veekogude kvaliteedinäitajate väärtused. RT I, 21.04.2020, 61.

²⁵ Veepoliitika raamdirektiiv, 2002. Euroopa Parlamendi ja Euroopa Liidu Nõukogu direktiiv 2000/60/EÜ. Keskkonnaministeerium, 63 lk.



- 2) idakallas Sapi talu ja limnoloogiakeskuse vahelisel alal (kivine põhi);
- 3) kagukallas Arali talu kohal (liivane põhi),
- 4) läänekallas Tarvastu poldri puhkeala vaatetorni juures (liivane põhi).

Valma, Sapi ja Arali lõiku on varem seiratud 2008-2022 (igal aastal), Tarvastu lõiku 2010-2022.



Joonis 3. Litoraali suurselgrootute proovialad skemaatiline paiknemine Võrtsjärves.

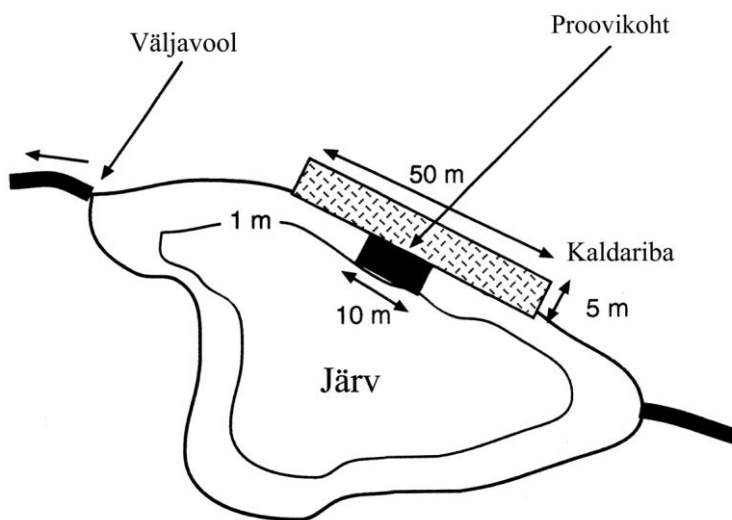
Tabel 4. Litoraali suurselgrootute proovialade iseloomustus Võrtsjärves.

Nr.	Koht	Laius-kraad (N)	Pikkus-kraad (E)	Põhja substraat
1	Valma	58,360981	25,966503	kivid
2	Sapi	58,215137	26,110676	kivid
3	Arali	58,156604	26,085887	liiv ja detriit
4	Tarvastu	58,254207	25,965638	liiv ja detriit

Proovid võeti sügisel (21. septembril), veetase järves oli madal, mis võimaldas proovialadele kergesti ligi pääseda. Suurselgrootuid püüti nelinurkse standardkahvaga (raami serva pikkus 25 cm, sõelaava



läbimõõt 0,5 mm) (EVS-EN 14996:2006)²⁶. Iga proov võeti ühelaadilise põhjaga kaldalõigu (proovia) keskmisest osast (proovikohast), mis oli ca 10 m pikk (joonis 4). Igast kohast võeti üks liitproov, mis koosnes viiest juhuslikult paigutatud jala- või (liivasel põhjal) tõmbeproovist, ning kvalitatiivsest proovist^{27 28}. Jalaproov seisneb jalaga põhja segamises vertikaalselt asetatud kahva ees ning järgnevas järsus kahvatõmbes madalal segatud ala kohal. Tõmbeproov on mõõduka survega kahvatõmme mööda põhja. Iga üksikproov kattis ligikaudu 1 m pikkuse osa (0,25 m²) järvepõhjast või -servast. Kvalitatiivne proov hõlmas nii proovia tüüpilisi kui ülejäänud elupaiku (kui neid oli). Selleks kasutati vajaduse järgi nii jalaproove, kahvatõmbeid kui käsitsi noppimist (näiteks taimedelt või kividelt). Püütud materjal fikseeriti kohapeal 96% piirituses; loomad loendati ja määrati laboris Timm järgi²⁹. Kahvaproovide loomad määrati stereomikroskoobi all (suurendus 7-40x) võimalust mööda enamasti liigini, välja arvatud surusääsklased, väheharjasussid ja vesilestad, kelle määramine nõuab suuremat suurendust.



Joonis 4. Litoraali suurselgrootute proovikoha näidis järves.

Seisundi iseloomustamiseks kasutati standardset indeksi komplekti vastavalt keskkonnaministri määrusele nr. 19 (tabel 5). Arvutati taksonite üldarv koos kvalitatiivse prooviga (taksonirikkus), Shannoni erisusindeks H' ³⁰, ASPT indeks³¹ ning EPT indeks ehk *Ephemeroptera*, *Plecoptera* ja

²⁶ EVS-EN 14996:2006 Vee kvaliteet : juhend veekogude seisundi bioloogiliste ja ökoloogiliste hinnangute tagamiseks = Water quality : guidance on assuring the quality of biological and ecological assessments in the aquatic environment. Eesti Standardikeskus.

²⁷ 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.

²⁸ Medin M., Ericsson U., Nilsson C., Sundberg I., Nilsson P.-A., 2001. Bedömningsgrunder för bottenfaunaundersökningar. Medins Sjö- och Åbiologi AB. Mölnlycke, 12 pp.

²⁹ Timm H., 2015. Eesti sisevete suurselgrootute määraja. Identification guide to freshwater macroinvertebrates of Estonia. Kuma Print.

³⁰ 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.

³¹ Armitage P.D., Moss D., Wright J.F., Furze 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



Trichoptera (ühapäevikuliste, kevikuliste ja ehimestiivaliste) taksonite arv proovis³². Kõik nad on seisundiga võrdelised. Taksonierisust hinnati viie jala- või tõmbeproovi alusel, muude keskkonnaindeksite ning taksonirikkuse puhul arvestati ka kvalitatiivset proovi. Seisundi koondhinnang (korraga mitme indeksi põhjal) anti järgmiselt. Iga indeksile omistati saadud kvaliteediväärtusele vastav punktide arv: 5 (väga hea), 4 (hea), 2 (keskpärane) ja 0 (halb või väga halb). Halb ja väga halb seisund üksiku indeksi tasemel võrdsustati, sest nende eristamiseks polnud piisavalt andmeid. Seejärel iga proovikoha viie indeksi punktid summeeriti. Summa 18-20 tähistas kokkuvõttes väga head, 14-17 head, 8-13 kesist, 6-7 halba ja 0-5 väga halba seisundit. Võrtsjärv on oma suure pindala tõttu Eestis võrreldav ainult Peipsiga. Peipsi litoraali on aga peaaegu täies ulatuses asustatud võõrliigi, rändvähiga (*Gmelinoides fasciatus*). Seepärast on Võrtsjärve jooksvat seisundit võimalik võrrelda ainult tema enda "ideaalsete" andmetega (tabel 5).

Tabel 5. Suurselgrootute etalontingimused ja klassipiirid Võrtsjärvele. Tähistused: R – etalontase; värvid: sinine – väga hea, roheline – hea, kollane – keskine, oranž – halb, punane – väga halb seisund; n - proovide arv.

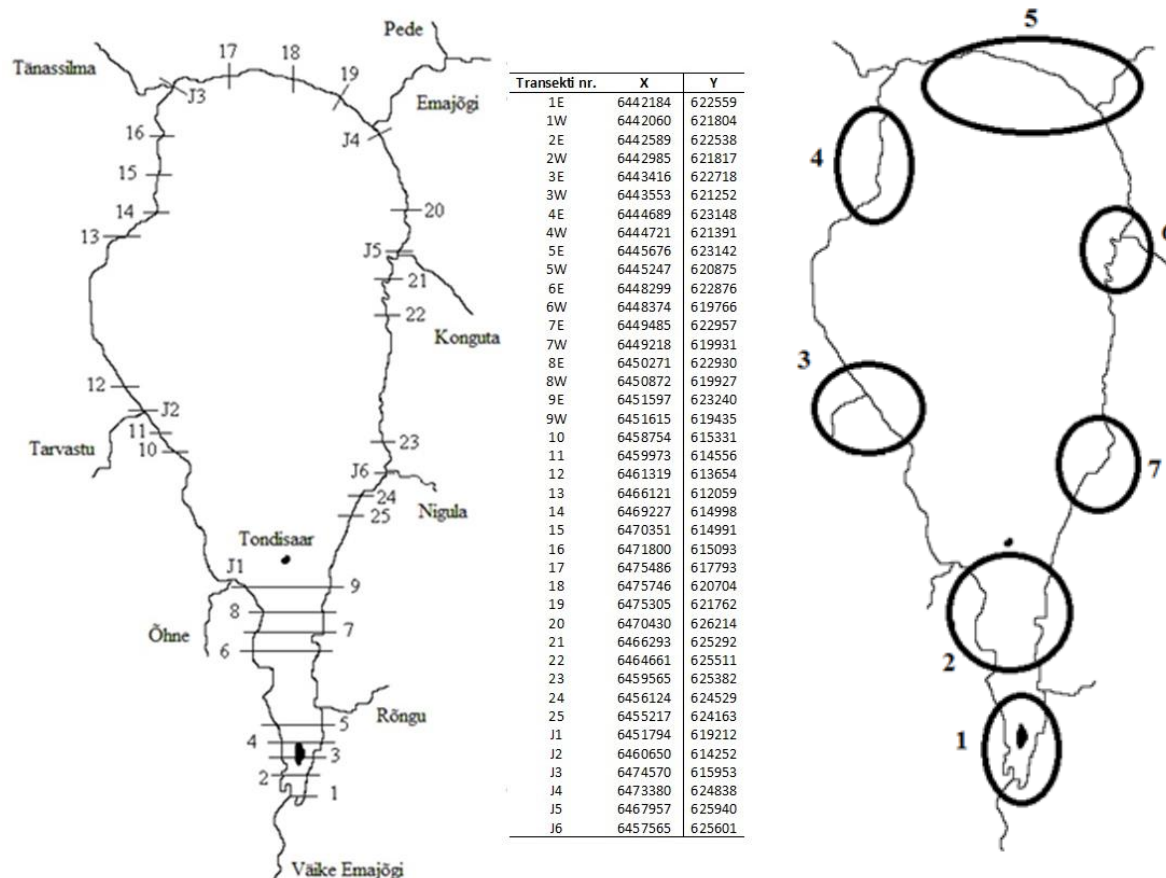
Tunnus	Tüüp/elupaik	R	Väga hea	Hea	Keskine	Halb	Väga halb
Taksonirikkus	keskmise karedusega, kivid, >100 km ²	16,5	>15	13-15	10-12	<10	
EPT	keskmise karedusega, kivid, >100 km ²	6,5	>6	5-6	4	4	
Shannoni indeks	keskmise karedusega, kivid, >100 km ²	1,7	>1,5	1,4-1,5	<1,4-1	<1	
ASPT	keskmise karedusega, kivid, >100 km ²	5,6	>5	4,5-5	<4,5-3,4	<3,4	

1.1.8. Veetaimestik

Veetaimestikku seiratakse Võrtsjärvel kogu järve katvatel seirealadel (kokku seitse) ning nende siseselt kasutatakse tansekti-prooviruudu meetodit (joonis 5). Transektidel (kokku 31), mõttelisel joonel kaldast veesiseste taimede leviku piirini, teostati taimestiku seiret iga 20 m järel prooviruutude näol (kokku 600). Viimaste suuruseks oli kaldaveetaimestiku puhul 1x1 m ning uju- ja ujulehtedega ning veesisese taimestiku puhul 2x2 m. Prooviruudus määrati taimestiku liigiline koosseis, loendati võsude arv ja hinnati katvus liigiti Ramenski³³ skaala järgi ning mõõdeti levikusügavused. Eraldi hinnati sama meetodikaga suuremate sissevoolude – Õhne, Tarvastu, Tänavassilma, Konguta ja Nigula oja ning ainsa väljavoolu, Emajõe taimestikku. Tulemuste esitamisel lähtutakse veetaimestiku jaotusest kolme ökoloogilisse vööndisse – kaldavee-, uju- ja ujulehtedega ning veesisesed taimed.

³² 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.

³³ Ramenski, LG. 1938. Introduction to the Complex Soil-Geobotanical Investigation of Lands (In Russian). Selkhozgiz, Moscow. 620 pp.



Joonis 5. Võrtsjärvel veetaimestiku seire transektide ja seirealade skemaatiline paigutus ning nende geograafilised koordinaadid.

Andmete analüüsimisel kasutati järgmisi veetaimesiku näitajaid:

1. Liigiline koosseis.

2. Liikide esinemissagedus transektidel:

$$F (\%) = N_A * 100 / N \quad (4)$$

Kus N_A – transektide arv, milles liik esineb

N – transektide koguarv

3. Liikide suhteline ohtrus prooviruutudes:

$$A (\%) = n_s * 100 / n \quad (5)$$

Kus n_s – liigi s võrsete arv prooviruudus

n – võrsete koguarv prooviruudus

4. Liikide protsentuaalne katvus hinnatuna Ramenski skaala järgi.

5. Võrsete arv ühel ruutmeetril.

6. Liikide keskmine, minimaalne ja maksimaalne leviku sügavus.



7. Mahu täituvuse protsent (PVI – *Precent Volime Infested*). Iseloomustab ujulehtedega ja veesisese taimestiku mahtu protsentides prooviruudus ning arvutatakse järgmise valemi abil:

$$PVI = \text{Katvus\%} * \text{Taimede kõrgus} / \text{Proovipunkti sügavus} \quad (6)$$

8. Kaldaveetaimestiku vööndi laius.

9. Ökoloogilise kvaliteedi suhe (ÖKS) ehk *ecological quality ratio* (EQR). See on arv vahemikus 0-1 ning väljendab numbriliselt veekogu ökoloogilise seisundi kõrvalekallet referentstingimustest e. looduslikust seisundist. Seisundit hinnatakse vana ja uues süsteemi järgi ehkki hetkel ei kehti kumbki. Vana süsteemi järgi sai iga veesisese taimestiku prooviruut vastavalt referentsliikidele ökoloogilise kvaliteedi suhte hinnangu ja kogu järve hinnangud keskmistati (tabel 6).

Tabel 6. Ökoloogilisele kvaliteedi suhte (ÖKS, ingl. EQR) referentstingimused ja sellele vastav Võrtsjärve ökoloogiline seisund.

Referentsseisund	EQR	Seisund
Esineb mändvetiktaimi (<i>Charophyta</i>)	1-0,81	Väga hea
Veesiseses taimestik domineerivad penikeeled (<i>Potamogeton</i> spp.)	0,8-0,61	Hea
Veesiseses taimestik domineerib tähk-vesikuusk (<i>Myriophyllum spicatum</i>)	0,6-0,41	Kesine
Ränikardhein (<i>Ceratophyllum demersum</i>) domineerib madalates varjatud lahtedes	0,4-0,21	Halb
Veesisene taimestik puudub või on ülirohke	0,2-0	Väga halb

10. Kollase vesikupu (*Nuphar lutea* (L.) Sm.) esinemissagedus transektidel ja keskmine võrsete tihedus ruutmeetril. Tegemist on Võrtsejärve jaoks pakutud uute kvaliteedinäitajatega³⁴, nende ökoloogilise kvaliteedi suhte piirid (tabel 7) on arvutatud lähtuvalt EL projekti REBECCA raames välja antud juhendist³⁵. Selle järgi kasutatakse ÖKS arvutamiseks näitajatele, mille väärtus surve suurenedes kasvab, valemit:

$$\text{ÖKS} = [\text{võrdlustingimus}] / [\text{möödetud väärtus}] \quad (7)$$

Tabel 7. Kollase vesikupu esinemissagedusele transektidel ja keskmine võrsete tihedusele vastavad referentstingimused ja sellele vastav Võrtsjärve ökoloogiline seisund.

Näitaja/Kvaliteet	Väga hea	Hea	Kesine	Halb	Väga halb
Esinemissagedus, %	0	1-30	31-61	62-92	>92
ÖKS esinemissageduse järgi	1	0,99-0,70	0,69-0,39	0,38-0,08	0,07-0
Võrsete tihedus, võrset/m ²	<2,92	2,93-7,41	7,42-9,66	9,67-11,58	>11,58
ÖKS võrsete tiheduse järgi	1-0,89	0,88-0,53	0,52-0,35	0,34-0,19	0,18-0

³⁴ Feldmann, T., Cremona, F. & Tuvikene, L. Uute suurtaimestiku kvaliteedinäitajate ja klassipiiride väljatöötamine Võrtsjärve ökoloogilise seisundi hindamiseks. 2021. Lõpparuanne. KIK 2019. aasta Veemajanduse programmi projekt nr 16356.

³⁵ Bund, W. van de & Solimini, A.G. 2007. Ecological Quality Ratios for Ecological Quality Assessment in Inland and Marine Waters. REBECCA Deliverable 10. European Commission, Joint Research Centre. EUR 22722 EN. 24 pp.



Näitajate väärtused on toodud seireperioodi 2005-2023 kohta ja käsitletakse ajaliste muutuste peatükis.

1.1.9. Fütobentos

Võrtsjärve litoraali punktides hinnati veekogu seisundit kolme ränivetikaindeksi järgi:

IPS – Indice Polluosensitivité Spécifique (*Specific Polluosensitivity Index*)³⁶

WAT – Watanabe indeks³⁷

TDI – *Trophic Diatom Index*³⁸

Kasutatud meetodika on kooskõlas Euroopa Liidu ja Eesti riigi standarditega fütobentose kasutamise kohta jõgede ja järvede seisundi hindamisel – Water quality - Guidance standard for the routine sampling and pretreatment of benthic diatoms from rivers and lakes. EN 13946: 2014; vastav Eesti standard on EVS-EN 13946: 2014; Water quality - Guidance standard for the identification, enumeration and interpretation of benthic diatom samples from rivers and lakes. EN 14407:2014; vastav Eesti standard on EVS-EN 14407: 2014. Võrtsjärve bentiliste ränivetikate proovid koguti 6. septembril neljast lõigust (joonis 6). Ilm oli pilvine ja tuuline. Proovid koguti väikestelt kividelt, ca 0,5 m sügavuselt veest. Üks proov koosnes vähemalt 5-lt erinevalt kivilt kogutud materjalist. Kui proovivõtukohas ei leitud piisaval arvul kive, siis koguti proov veesisestelt taimedelt ja liivalt. Kividelt eemaldati ränivetikad tugeva hambaharjaga hõõrudes. Taimedelt eraldati proov pigistades taimi käte vahel. Liiv koguti setete pinnalt. Saadud heljum fikseeriti etanooli lahusega (70%). Laboratooriumis töödeldi proove H₂O₂ ja HCl, et eemaldada orgaaniline aine ja lahustada karbonaatsoolad, ning pesti korduvalt destilleeritud veega, kuni vabaneti happe jääkidest. Saadud suspensioonist, mis sisaldas puhtaid vetikate ränipantsereid, valmistati püsipreparaadid. Kateklaasile tilgutati mõni tilk suspensiooni ning lasti kuivada. Seejärel kinnitati kateklaas kuivanud ränivetikatega spetsiaalse vaigu “Naphrax” abil alusklaasile. Igast proovist loendati ja määrati vähemalt 400 ränivetika raku süstemaatiline kuuluvus. Dominandiks loeti takson, mille suhteline arvukus on >25%, arvukas on takson, mille suhteline arvukus on >10%. Kasutatud ränivetikamäärajaid: Hustedt³⁹, Krammer⁴⁰,

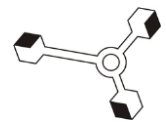
³⁶ Coste in CEMAGREF, 1982. Etude des méthodes biologiques d'appréciation quantitative de la qualité des eaux. Rapport Q.E. Lyon A.F. Bassin Rhône-Méditerranée-Corse, 218 p.

³⁷ Watanabe, T., Asai, K., Houki, A., 1990. Numerical simulation of organic pollution in flowing waters. In: Cheremisinoff P. N. (ed) Encyclopedia of Environmental Control Technology, 4. Hazardous Waste Containment and Treatment, Gulf Publishing Company, Houston, 251--284.

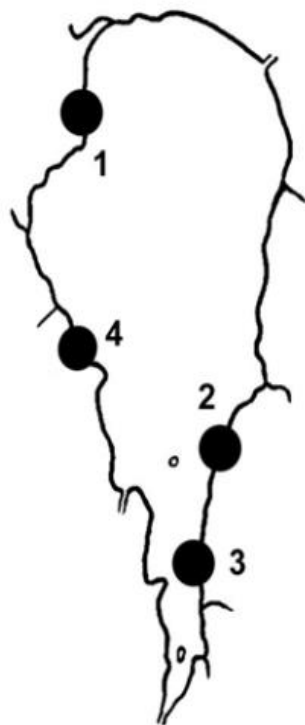
³⁸ Kelly M. G. & Whitton B. A., 1995. A new diatom index for monitoring eutrophication in rivers. Journal of Applied Phycology. 7: 433--444.

³⁹ Hustedt, F. (1985) The Pennate Diatoms (a translation of Hustedt's "Die Kieselalgen, 2. Teil" with supplement by Jensen, N.G. Koeltz Scientific Books, Koenigstein. 918 pp.

⁴⁰ Krammer, K. (1997) Die cymbelloiden Diatomeen. Eine Monographie der weltweit bekannten Taxa. Teil 1. Allgemeines und Encyonema part. Bibliotheca Diatomologica Band 36. J. Cramer, Stuttgart. 382 pp.



Krammer⁴¹, Krammer ja Lange-Bertalot⁴², Lange-Bertalot⁴³ ning Lange-Bertalot, Bak ja Witkowski⁴⁴. Indeksite arvutamiseks kasutati tarkvara OMNIDIA⁴⁵ 5.5 versiooni, mis arvestab ränivetikate liigilist koosseisu, liikide suhtelist arvukust ning erinevate liikide tundlikkust reostuse suhtes. Indeksid IPS ja WAT arvutatakse programmi poolt skaalasse 1-20 ja TDI indeks skaalasse 1-100. Kuna erinevalt kahest esimesest indeksist, mis on positiivses korrelatsioonis seisundiga (mida kõrgem indeksi väärtus, seda parem on veekogu ökoloogiline kvaliteet), näitab TDI olukorra paranemist indeksi väärtuse kahanedes, siis on viimati nimetatud indeks ümber arvutatud 100-TDI. Hinnangu andmisel seirelõigu ökoloogilisele seisundile lähtuti kehtivatest piirväärtustest (tabel 8). Lõplik hinnang seirepunkti ökoloogilisele kvaliteedile antakse fütobentose puhul kolme indeksi ÖKS-ide keskmistamise teel.



Joonis 6. Fütobentose proovikohad Võrtsjärves. 1. loodekaldal Valma külast lõunas; 2 idakaldal Sapi talu ja limnoloogiakeskuse vahelisel alal; 3 kagukaldal Arali talu kohal ja 4 läänekaldal Tarvastu poldri puhkeala vaatetorni juures.

⁴¹ Krammer, K. (1997) Die cymbelloiden Diatomeen. Eine Monographie der weltweit bekannten Taxa. Teil 2. Encyonema part., Encyonopsis und Cymbellopsis. Bibliotheca Diatomologica Band 37. J. Cramer, Stuttgart. 469 pp.

⁴² Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. (1986-1991). Bacillariophyceae. Teil 1-4. Süßwasserflora von Mitteleuropa. 2/1, 876 pp., 2/2, 596 pp., 2/3, 576 pp., 2/4, 437 pp. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena, Stuttgart, New York.

⁴³ Lange-Bertalot, H. (2001) Diatoms of Europe. Diatoms of the European Inland Waters and Comparable Habitats. Vol. 2. Navicula sensu stricto. 10 Genera Separated from Navicula sensu lato. Frustulia. A.R.G. Gantner Verlag K.G, Ruggell. 526 pp.

⁴⁴ Lange-Bertalot, H., Bak, M. & Witkowski, A. (2011) Diatoms of Europe. Vol.6. Eunotia and some related genera. A.R.G. Gantner Verlag K.G, Ruggell. 747 pp.

⁴⁵ Lecointe C., Coste M. & Prygel J., 1993. "Omnidia" software for taxonomy, calculation of diatom indices and inventories management. Hydrobiologia, 269/270: 509-513.

**Tabel 8.** Võrtsjärve fütobentose ökoloogilise seisundi (ÖKS) klassifikatsioon.

		Seisund				
	Vahemik	Väga hea	Hea	Kesine	Halb	Väga halb
IPS	0-18,2	≥15,5	15,4-12,0	11,9-9,1	9,0-5,5	<5,5
IPS ÖKS=IPS/18,2	-	≥0,85	0,84-0,65	0,64-0,50	0,51-0,30	<0,30
WAT	0-18,7	≥15,9	15,8-12,2	12,1-9,3	9,2-5,6	<5,6
WAT ÖKS=WAT/18,7	-	≥0,85	0,84-0,65	0,64-0,50	0,49-0,30	<0,30
TDI	35-100	≤46	45-59	60-67	68-80	81-100
TDI ÖKS (100-TDI)/65	-	≥0,80	0,79-0,61	0,60-0,51	0,50-0,31	<0,31
Fütobentos ÖKS	-	≥0,83	0,82-0,64	0,63-0,50	0,49-0,30	<0,30

1.2. Keemilise seisundiklassi määramine

Keemilise seisundi (KESE) hindamiseks võeti seirepunktide 2 ja 7 veeproovid neljal korral aastas, (veebruar, aprill, august, oktoober) 1 korral võeti sette- ja elustikuproovid.

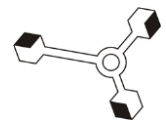
KESE täisnimekiri: keemilise seisundi hindamiseks seirataivate näitajate loetelu on esitatud eraldise kasutamise lepingu lisa 11 tabelis 3.

Veeproovide analüüsiks võeti veeproov 0,3 m sügavuselt veepinnast. Proovivõtmisel registreeriti proovi võtmise aeg, koht ja sügavus ning koostati keskkonnaministri 03.10.2019 määruse nr. 49 "Proovivõtumeetodid" kohane proovivõtuprotokoll.

Setteproovid võeti sette ülemisest kihist. Kasutati Limnos-setteproovivõtjat. Setteprooviks võeti ühest kohast vähemalt kolm osaproovi.

Elustiku seireks koguti kala (ahven – *Perca fluviatilis*) ja karpide proovid. Kõigi nõutud ainete määramiseks võeti kala lihaskoe ja maksa proovid, karpidest teostati PAH analüüs. Vahetult peale proovimaterjali kogumist määrati kalade pikkus ja kaal. Laboris määrati kalade sooline kuuluvus. Ohtlike ainete analüüsiks kasutati standardpikkusega (15-20 cm ilma sabata) emaseid ahvenaid (lisa 2). Karpide proovid koguti polüaromaatsete süsivesinike analüüsiks 13. augustil. Enim levinud liik oli kiiljas jõekarp (*Unio tumidus*). Prooviks kasutati 10 isendit, 75g (lisa 3). Veel esinesid harilik järvekarp (*Anodonta anatina*) ja piklik jõekarp (*Unio pictorum*).

Veeproovide võtmine ja käitlemine ohtlike ainete määramiseks toimus vastavalt keskkonnaministri 3. oktoobri 2019. a määrusele nr. 49 "Proovivõtumeetodid" ja standarditele "Vee kvaliteet. Proovivõtt. Osa 1: Proovivõtuplaanide koostamisjuhendid ja proovivõtumeetodid" (EVS-EN ISO 5667-1:2007), "Vee kvaliteet. Proovivõtt. Osa 3: Veeproovide konserveerimine ja käitlemine" (EVS-EN ISO 5667-



3:2012) ja “Vee kvaliteet. Proovivõtt. Osa 4: Juhised looduslikest ja tehislimest järvedest proovide võtmiseks” (EVS-ISO 5667-4:2016).

Setteproovide võtmine ja käitlemine keemiliste näitajate, sh ohtlike ainete sisalduse määramiseks toimus vastavalt standarditele “Vee kvaliteet. Proovivõtt. Osa 1: Proovivõtuplaanide koostamisjuhendid ja proovivõtumeetodid” (EVS-EN ISO 5667-1:2007), “*Water quality – Sampling – Part 12: Guidance on sampling of bottom sediments*” (ISO 5667-12:1995) ja “Vee kvaliteet. Proovivõtt. Osa 15: Juhised reoveesette- ja setteproovide säilitamiseks ja käsitlemiseks” (EVS-EN ISO 5667-15:2010).

Elustikuproovide kogumine ja käitlemine toimus vastavalt standardile “*Water quality – Biochemical and physiological measurements on fish – Part 1: Sampling of fish, handling and preservation of samples*” (ISO 23893-1:2007).

Analüüside teostamisel lähtuti keskkonnaministri 28.06.2019 määrusest nr. 23 “Nõuded vee füüsikalise-keemiliste ja keemiliste parameetrite uuringuid teostavale katselaborile, nende uuringu raames tehtavatele analüüsidele ja katselabori tegevuse kvaliteedi tagamisele ning analüüsi referentmeetodid”.

Keemilise seisundi hinnangumetoodika on toodud lisas 1.

2. Tulemused

Analüüsitulemused on esitatud elektroonselt keskkonnaseire infosüsteemis KESE (<https://kese.envir.ee/kese/>).

2.1. Ökoloogiline seisund

2.1.1. Füüsikalise-keemilised kvaliteedinäitajad

Võrtsjärvest määratud pH väärtused olid kohases vahemikus, seega määrati kvaliteedinäitajatele üldN, üldP ja vee läbipaistvus ökoloogilised seisundiklassid ja ökoloogilised kvaliteedisuhted (ÖKS). **Füüsikalise-keemiliste üldtingimuste koondmäärang on üldN, üldP ja vee läbipaistvuse ökoloogiliste kvaliteedisuhete keskmine.**

Tabelis 9 on esitatud 2023. aasta augustis võetud proovide kvaliteedinäitajate pH, üldN, üldP ja vee läbipaistvuse väärtused ja koondmäärangud seirejaamade kaupa ning maist kuni septembrini Võrtsjärve seirejaamast nr. 10 võetud proovide kvaliteedinäitajate pH, üldN, üldP ja vee läbipaistvuse keskmised ning koondmäärang. Viimases reas on toodud Võrtsjärve augustikuu proovide keskmised



väärtused. Ökoloogilised seisundiklassid on tähistatud järgmiselt: väga hea klass, hea klass, kesine klass ja halb klass. Lisaks illustreerib Võrtsjarve 2023. aasta augusti veekvaliteeti joonis 7.

Tabel 9. Võrtsjarve 2023. aasta kvaliteedinäitajate väärtused, nende ökoloogilised seisundiklassid ja füüsikalise-keemiliste üldtingimuste koondmäärangud

Seirejaam	Seireaeg	pH	üldN (mg/l)	üldP (mg/l)	Vee läbipaistvus (m)	Koondmäärang ÖKS
Seirejaam 2	august	8,6	1,1	0,039	0,40	0,64
Seirejaam 7	august	8,4	1,1	0,052	1,0	0,80
Seirejaam 8	august	8,6	1,2	0,039	1,1	0,88
Seirejaam 9	august	8,0	0,66	0,046	0,90	0,89
Seirejaam 10	august	8,0	0,74	0,060	0,40	0,63
Seirejaam 10	mai-september keskmine	8,5	1,3	0,050	0,51	0,60
Võrtsjärv	augusti keskmine	8,3	0,96	0,047	0,76	0,76

Augustikuu pH väärtus oli väga heas ökoloogilises seisundiklassis seirejaamade nr. 9 ja 10 veeproovides ning kesises seisundiklassis seirejaamade 2, 7 ja 8 veeproovides.

Üldlämmastiku sisaldused olid augustis seirejaamade nr. 9 ja 10 veeproovides väga heas ökoloogilises seisundiklassis. Ülejäänud seirejaamade veeproovides olid üldlämmastiku sisaldused heas ökoloogilises seisundiklassis.

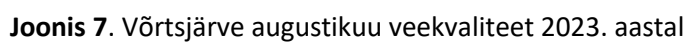
Üldfosfori sisaldus oli kõikides Võrtsjärve seirejaamades heas ökoloogilises seisundiklassis.

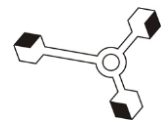
Vee läbipaistvus oli augustis halvas ökoloogilises seisundiklassis tuultele avatud seirejaamades 2 ja 10. Seirejaamades 7, 8 ja 9 oli vee läbipaistvus väga heas ökoloogilises seisundiklassis.

Füüsikalise-keemiliste üldtingimuste koondmääranguna oli augustis Võrtsjärve seirejaam 9 väga heas ökoloogilises seisundiklassis, ülejäänud järve seirejaamad olid heas ökoloogilises seisundiklassis.

Seirejaama nr. 10 mai kuni septembri keskmiste järgi olid pH ja vee läbipaistvus kesises ning üldlämmastik ja üldfosfor heas ökoloogilises seisundiklassis. Füüsikalise-keemiliste üldtingimuste koondmäärang (ÖKS) oli heas klassis.

Võrtsjärve 5 seirejaama augustikuu kvaliteedinäitajate keskmised olid: pH (8.3), üldlämmastik (0.96 mg/l), üldfosfor (0.047 mg/l) ja vee läbipaistvus (0.76 m) heas ökoloogilises seisundiklassis. Füüsikalise-keemiliste üldtingimuste koondmäärang (ÖKS) oli heas klassis.





2.1.2 Vesikonnaspetsiifilised saasteained (SPETS).

Vesikonnaspetsiifiliste saasteainete seisundiklass 2023. aasta seireandmete alusel on Võrtsjärve seirepunktis 2 **halb** (tabel 10) ja seirepunktis 7 **hea** (tabel 11). Halba seisundit põhjustab tsiingi sisaldus vees (15 µg/l), mis ületab keskkonna kvaliteedi piirväärtust (10 µg/l).

Sünteetiliste saasteained. Sünteetiliste saasteainete mõjuhinnang arvestab kõiki kogumis olevaid saasteaineid (va. KESE) ja seda võiks käsitleda kui eelhoiatussüsteemi saasteainete mõjude vähendamiseks.

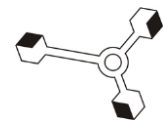
Vesikonnaspetsiifilistest saasteainetest oli **mõlemas seirepunktis** üle ökotoksikoloogilise mõju piiri (PNEC 17 µg/kg KA) **arseeni sisaldus põhjasettes** (tabelid 10-11). Üle määramispiiri oli arseeni sisaldus ka elustikus (elustiku proovi tulemused on kajastatud seirejaama 2 tabelites, iseloomustavad aga kogu kogumit). Sünteetilistest saasteainetest oli üle mõju piiri **püreeeni sisaldus seirepunkti 7 põhjasettes** (tabel 13). Kokku oli **seirepunktis 7** 11 sünteetilist saasteainet üle määramispiiri, see tähendab, et kogumile on **saasteainete surve**. Survet põhjustavad monooktüültina ja perfluorobutaansulfoonhape vees ning diklorofenoolid, perfluorobutaanhape ning PAH-id põhjasettes.

Võrtsjärve seirepunkt 2 on saasteainete survega, kokku oli üle määramispiiri 6 saasteainet (tabel 12). Survet põhjustavad boskaliid ja monooktüültina vees ning diklorofenoolid ja PAH-id põhjasettes.



Tabel 10. Võrtsjärve **seirepunkti 2** vesikonnaspetsiifiliste saasteainete hinnangud ja surve settes ning elustikus 2023. aasta seireandmete alusel.

Nr	Aine nimetus	CASI number	Proovide arv vesi	Vesi (max sisaldus) µg/l	Vesi (aasta keskmine) µg/l	Seisundi hinnang vesi	Põhjasetted µg/kg KA	Kala µg/kg
1	Arseen ja selle ühendid	7440-38-2	4	0.68	0.53	Väga hea	3500	0.039
2	Baarium ja selle ühendid	7440-39-3	4	89	81	Hea	120000	< 0.05
3	Kroom ja selle ühendid	7440-47-3	4	0.23	0.10	Väga hea	16000	< 0.05
5	Tsink ja selle ühendid	7440-55-6	4	42	15	Halb	53000	24000
6	Vask ja selle ühendid	7440-50-8	4	6.6	2.4	Hea	9000	2500
7	Fenool	108-95-2	4	<	0.30	Väga hea	NA	NA
8	o-kresool	95-48-7	4	<	0.30	Väga hea	NA	NA
9	p-/m-kresool	108-39-4; 106-44-5	4	<	0.30	Väga hea	NA	NA
10	2,3-dimetüülfenool	526-75-0	4	<	0.30	Väga hea	NA	NA
11	2,6-dimetüülfenool	576-26-1	4	<	0.30	Väga hea	NA	NA
12	3,4-dimetüülfenool	95-65-8	4	<	0.30	Väga hea	NA	NA
13	3,5-dimetüülfenool	108-68-9	4	<	0.30	Väga hea	NA	NA
14	Resortsiin	108-46-3	4	<	1.0	Väga hea	NA	NA
15	Naftasaadused (süsivesinikud C10 - C40)		4	<	20	Väga hea	NA	NA
17	Glüfosaat	1071-83-6	4	<	0.050	Väga hea	< 2	NA
18	MCPA	94-74-6	4	<	0.020	Väga hea	< 0.6	< 0.3
19	Metasakloor	67129-08-02	4	<	0.0020	Väga hea	< 0.2	< 0.4
20	Tebukonasool	107534-96-3	4	<	0.0020	Väga hea	< 0.3	< 0.2
21	Spiroksamiin	118134-30-8	4	<	0.0030	Väga hea	< 1	< 0.4
23	AMPA	1066-51-9	4	<	0.050	Väga hea	< 2	NA
24	Etüleentioüurea		4	<	0.10	Väga hea	NA	NA



Tabel 11. Võrtsjärve **seirepunkti 7** vesikonnaspetsiifiliste saasteainete hinnangud ja surve settes ning elustikus 2023. aasta seireandmete alusel.

Nr	Aine nimetus	CASi number	Proovide arv vesi	Vesi (max sisaldus) µg/l	Vesi (aasta keskmine) µg/l	Seisundi hinnang vesi	Põhjasetted µg/kg KA
1	Arseen ja selle ühendid	7440-38-2	4	0.80	0.59	Väga hea	6600
2	Baarium ja selle ühendid	7440-39-3	4	100	83	Hea	240000
3	Kroom ja selle ühendid	7440-47-3	4	0.24	0.11	Väga hea	23000
5	Tsink ja selle ühendid	7440-55-6	4	6.9	4.6	Hea	91000
6	Vask ja selle ühendid	7440-50-8	4	1.1	0.90	Väga hea	14000
7	Fenool	108-95-2	4	<	0.30	Väga hea	NA
8	o-kresool	95-48-7	4	<	0.30	Väga hea	NA
9	p-/m-kresool	108-39-4; 106-44-5	4	<	0.30	Väga hea	NA
10	2,3-dimetüülfenool	526-75-0	4	<	0.30	Väga hea	NA
11	2,6-dimetüülfenool	576-26-1	4	<	0.30	Väga hea	NA
12	3,4-dimetüülfenool	95-65-8	4	<	0.30	Väga hea	NA
13	3,5-dimetüülfenool	108-68-9	4	<	0.30	Väga hea	NA
14	Resortsiin	108-46-3	4	<	1.0	Väga hea	NA
15	Naftasaadused (süsivesinikud C10 - C40)		4	<	20	Väga hea	NA
17	Glüfosaat	1071-83-6	4	<	0.050	Väga hea	< 2
18	MCPA	94-74-6	4	<	0.020	Väga hea	< 0.6
19	Metasakloor	67129-08-02	4	<	0.0020	Väga hea	< 0.2
20	Tebukonasool	107534-96-3	4	<	0.0020	Väga hea	< 0.3
21	Spiroksamiin	118134-30-8	4	<	0.0030	Väga hea	< 1
23	AMPA	1066-51-9	4	<	0.050	Väga hea	< 2
24	Etüleentiuurea		4	<	0.10	Väga hea	NA



Tabel 12. Võrtsjärve **seirepunkti 2** saasteainete surve kokkuvõte 2023. aasta seireandmete alusel.

Saasteaine nimetus	CASi number	Vesi (aasta keskmine) µg/l	Vesi (max sisaldus) µg/l	Mõjupiir (PNEC) vesi µg/l	Põhjasetted µg/kg KA	Mõjupiir (PNEC) sete µg/kg KA	Kala, lihas µg/kg	Karp µg/kg	Mõjupiir (PNEC) elustik µg/kg
2,4-diklorofenool/2,5-diklorofenool	120-83-2	0.050	< 0.10	0.8 (1)	1.5	60 (1)	< 2.0	NA	
Boskaliid	188425-85-6	0.00063	0.0010	11.6 (1)	< 10	201 (2)	NA	NA	
Fenantreen	85-01-8	0.0025	< 0.0050	1.3 (1)	9.1	2707 (1)	< 5.0	< 5.0	
Krüseen	218-01-9	0.0025	< 0.0050	0.07 (1)	6.6	165 (1)	< 5.0	< 5.0	
Monooktüültina	15231-57-9	0.0039	0.0080	0.1 (1)	< 5.0	1.17 (1)	< 5.0	NA	
Püreen	129-00-0	0.0025	< 0.0050	0.0046 (1)	9.3	31.88 (1)	< 5.0	< 5.0	482 (2)

**Tabel 13.** Võrtsjärve seirepunkti 7 saasteainete surve kokkuvõte 2023. aasta seireandmete alusel.

Saasteaine nimetus	CASi number	Vesi (aasta keskmine) µg/l	Vesi (max sisaldus) µg/l	Mõjupiir (PNEC) vesi µg/l	Põhjasetted µg/kg KA	Mõjupiir (PNEC) sete µg/kg KA
2,4-diklorofenool/2,5-diklorofenool	120-83-2	0.050	< 0.10	0.8 (1)	4.0	60 (1)
Atsenaftüleen	208-96-8	0.0025	< 0.0050	3.8 (1)	7.7	2336 (1)
Benso(a)antratseen	56-55-3	0.0025	< 0.0050	0.3 (1)	9.4	27.7 (1)
Dibenso(a,h)antratseen	53-70-3	0.0025	< 0.0050	0.0014 (1)	11	36.6 (1)
Fenantreen	85-01-8	0.0025	< 0.0050	1.3 (1)	8.7	2707 (1)
Fluoreen	86-73-7	0.0025	< 0.0050	2.5 (1)	8.0	2826 (1)
Krüseen	218-01-9	0.0025	< 0.0050	0.07 (1)	30	165 (1)
Monooktüültina	15231-57-9	0.0036	0.0070	0.1 (1)	< 5.0	1.17 (1)
Perfluorobutaanhape	375-22-4	0.00050	< 0.0010	27.8 (2)	0.65	166 (2)
Perfluorobutaansulfoonhape	375-73-5	0.0019	0.0060	<	0.20	
Püreen	129-00-0	0.0025	< 0.0050	0.0046 (1)	35	31.88 (1)

Tähistused/viited:

Üle määramispiiri, kuid alla mõjupiiri (PNEC)

Ületab mõjupiiri (PNEC)

Üle määramispiiri. Mõjupiir (PNEC) puudub

(1) -

https://circabc.europa.eu/webdav/CircaBC/env/wfd/Library/framework_directive/thematic_documents/priority_substances/supporting_substances/monitoring-based/07_Annex%20VII_PNEC_Candidate-substances.pdf

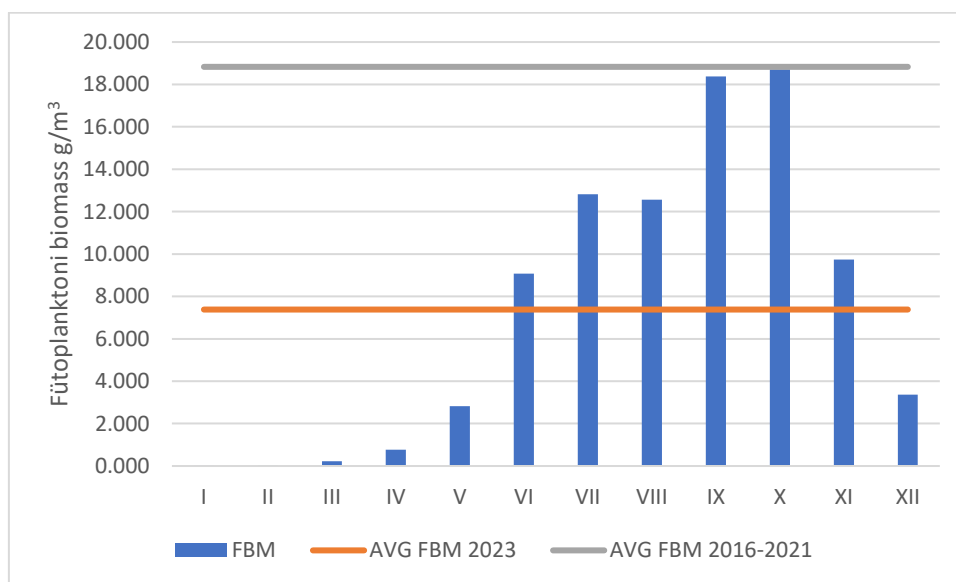
(2) - Vesi: NORMAN Substance Database – NORMAN SusDat <https://www.norman-network.com/nds/susdat/susdatSearchShow.php>



2.1.3. Fütoplankton ja pigmendid

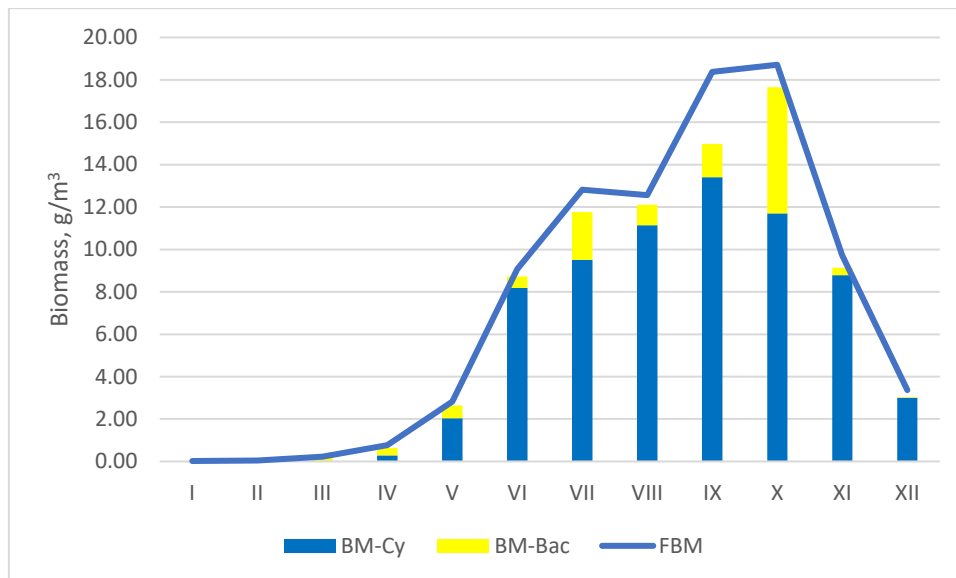
Fütoplankton on keskkonnaministri määruse⁴⁶ alusel üks Võrtsjärve seisundihinnangu komponent. Seisundiklassi määramisel fütoplanktoni näitajate puhul kasutatakse nende väärtuste aritmeetilisi keskmisi. 2023.a. Võrtsjärve fütoplanktoni tulemusi võrreldakse eelneva seisundihindamise perioodiga (2016-2021).

Sesoonne dünaamika. Fütoplanktoni biomass kasvas 2023.a. jaanuarist oktoobrini ning kahanes järsult novembris-detsembris. Aasta keskmine väärtus ($7,4 \text{ g/m}^3$) oli üle kahe korra madalam eelmise perioodi keskmisest ($18,8 \text{ g/m}^3$, joonis 8). Valdava enamuse fütoplanktoni biomassist moodustasid sinivetikad maksimumiga septembris ($13,4 \text{ g/m}^3$) ja ränivetikad maksimumväärtusega oktoobris ($6,0 \text{ g/m}^3$) (joonis 9).



Joonis 8. Võrtsjärve (punkt 10) fütoplanktoni biomass (FBM, g/m^3) jaanuarist detsembrini 2023, aasta keskmine (AVG FBM 2023) ja eelmise seireperioodi keskmine (AVG FBM 2016-2021) biomass.

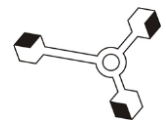
⁴⁶ Pinnaveekogumite nimekiri, pinnaveekogumite ja territoriaalmere seisundiklasside määramise kord, pinnaveekogumite ökoloogiliste seisundiklasside kvaliteedinäitajate väärtused ja pinnaveekogumiga hõlmamata veekogude kvaliteedinäitajate väärtused. Vastu võetud 16.04.2020 nr 19.



Joonis 9. Fütoplanktoni (FBM) ning kahe arvukama vetikarühma, sini- (BM-Cy) ja ränivetikate (BM-Bac) biomass (g/m^3) Võrtsjärves (punkt 10) jaanuarist detsembrini 2023.

Talveperioodi (jaanuar-veebruar) iseloomustas fütoplanktoni väga väike biomass, mis oli põhjustatud rohke lumega kaetud paksust jääkattest Võrtsjärvel. Samuti oli jaanuaris-vebruaris päikesepaistet normist vähem (<https://www.ilmateenistus.ee/>). Mõlemate ilmastikunäitajate tõttu olid vetikate fotosünteesiprotsessid tugevasti pidurdunud, mis väljendus fütoplanktoni väga väikeses biomassis (jaanuaris $0,02 \text{ g/m}^3$; veebruaris $0,05 \text{ g/m}^3$). Jaanuaris domineeris sinivetikas *Limnothrix planctonica*. Lisaks esinesid veesambas üksikud vetikaliigid erinevate aastaegade kooslustest, kes ilmselt talusid talviseid olusid – kevadisest aspektist ränivetikad perekondadest *Cyclostephanus* ja *Stephanodiscus* ja suvisest aspektist rohevetikad perekonnast *Pseudopediastrum* (*Pediastrum*). Sinivetikate suhtarv oli jaanuaris 38 %, ränivetikate oma 14 % üldbiomassist. Veebruaris tõusis juhtivasse rolli planktiline ketasränivetikas *Aulacoseira ambigua*, subdominant oli jaanuarikuine dominant *L. planctonica*. Sinivetikate suhtarv oli 30 %, ränivetikate suhtarv oli tõusnud 50 % üldbiomassist.

Kevadperioodi (märts-mai) esimest poolt iseloomustas fütoplanktoni biomassi mõõdukas suurenemine ja ränivetikate domineerimine, teist poolt aga biomassi järsk suurenemine ja fütoplanktoni koosluse struktuuri muutus: ränivetikad loovutasid oma juhtpositsiooni sinivetikatele. Märtsis oli fütoplanktoni biomass $0,2 \text{ g/m}^3$. Juhtpositsiooni säilitas veebruarikuine dominant *A. ambigua*. Lühikeseks ajaks ilmus kooslusesse oligo-mesotroofsetele veekogudele iseloomulik külmalembene ränivetikas *Aulacoseira islandica*, kes positsioneerus subdominandiks. Sinivetikate suhtarv oli märtsis langenud äärmiselt madalale (3%), ränivetikate suhtarv tõusnud 80 % üldbiomassist. Jääkate lagunes Võrtsjärvel 29. märtsil (<https://www.ilmateenistus.ee/>). Sellega kaasnes aprillis fütoplanktoni biomassi suurenemine ($0,8 \text{ g/m}^3$). Juhtpositsiooni säilitas küll *A. ambigua*, kuid külmaveeline *A. islandica* oli kooslusest kadunud. Subdominandiks tõusis sinivetikas *L.*



planctonica. Sinivetikate suhtarv oli aprillis 37 %, ränivetikate oma 45 % üldbiomassist. Mais toimus biomassi järsk suurenemine ($2,8 \text{ g/m}^3$) ja koosluse struktuuri järjekordne muutus: *A. ambigua* kaotas oma juhtpositsiooni, dominandiks tõusis uuesti *L. planctonica* ja subdominandiks *Limnotherix redekei*. Sinivetikate suhtarv mais tõusis (72%), ränivetikate oma langes (21%) üldbiomassist.

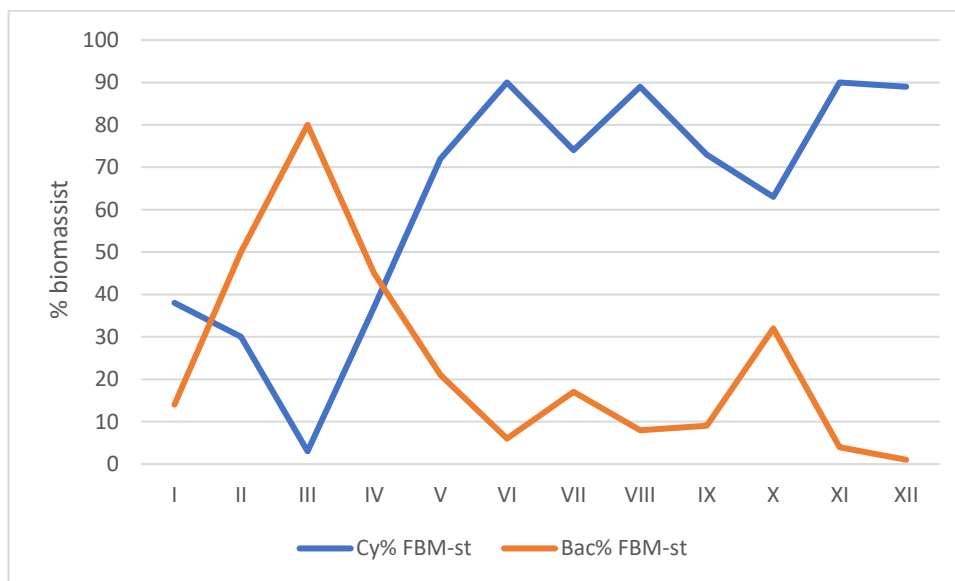
Suveperioodi (juuni-august) iseloomustas fütoplanktoni biomassi edasine suurenemine ja sinivetikate jätkuv domineerimine: *L. planctonica* dominandina ja *L. redekei* subdominandina. Sinivetikate suhtarv oli suhteliselt stabiilne, varieerudes juunist augustini 74-90 %. Ränivetikate suhtarv varieerus samal perioodil 6-17 %. Fütoplanktoni biomass suurenes: juunis $9,1 \text{ g/m}^3$, juulis $12,8 \text{ g/m}^3$, augustis $12,6 \text{ g/m}^3$. Juunis lisandusid kooslusesse kokkoidse ehitusega sinivetikad perekondadest *Aphanocapsa*, *Aphanothece*, *Cyanodictyon* ja *Microcystis* ning niitjad vormid *Dolichospermum* sp. ning *Aphanizomenon skujae*. Juunis-juulis esines koosluses vaguviburvetikas *Ceratium hirundinella*.

Sügisperioodi (september-november) esimest poolt iseloomustas fütoplanktoni biomassi jätkuv suurenemine, teist poolt biomassi järsk vähenemine. Koosluses jätkasid juhtpositsioonil *L. planctonica* dominandina ja *L. redekei* subdominandina. Septembris oli fütoplanktoni biomass $18,4 \text{ g/m}^3$. Sinivetikate suhtarv oli 73 %, ränivetikate oma oli 9 % üldbiomassist. Biomassi suurenemist soosis erakordselt soe ja päikseline september (<https://www.ilmateenistus.ee/>), millega kaasnes kõrge veetemperatuur ($18,4 \text{ C}^\circ$). Oktoobris jäi biomass peaaegu samale tasemele kui septembris ($18,7 \text{ g/m}^3$). Sinivetikate suhtarv muutus vähe (63%), kuid veetemperatuuri suure languse foonil ($7,3 \text{ C}^\circ$) tõusis lühikeseks ajaks nii ränivetikate biomass ($6,0 \text{ g/m}^3$) kui ka nende suhtarv (32%). Novembris fütoplanktoni üldbiomassi vähenemise ($9,7 \text{ g/m}^3$) foonil tõusis uuesti sinivetikate suhtarv väga kõrgele (90%), ränivetikate oma seevastu väga madalale (4%). Detsembris jätkus fütoplanktoni biomassi vähenemine veelgi. Koosluses jätkas juhtpositsiooni *L. planctonica*, kaasdominandiks tõusis *Planktolyngbya limnetica*, subdominandina jätkas *L. redekei*. Sinivetikate suhtarv oli väga kõrge (89%), ränivetikate oma aga väga väike (1%).

Ruumiline dünaamika. Võrtsjärve lõunaosa fütoplankton erines kardinaalselt Limnoloogiakeskuse muuli juurest (P. 10) võetud proovist: mõlemas punktis (Pähksaare, P. 9 ja Riiska, P. 8) puudusid peaaegu täielikult niitjad sinivetikad. Seevastu esines arvukalt silmiviburvetikaid perekondadest *Euglena*, *Phacus* ja *Trachelomonas*. Kui üldiselt on Võrtsjärv hästi läbisegunenud, siis järve kitsas lõunaotsas vohab taimestik, mis takistab veevahetust muude järve osadega. Samas avaldub selles piirkonnas Võrtsjärve suurima vooluhulgaga sissevoolu, Väikese Emajõe mõju. Kahe litoraali punkti vahel esines ka erinevusi. Pähksaare juures oli biomass ja chl *a* sisaldus suhteliselt väike, vastavalt $1,5 \text{ g/m}^3$ ja $11,5 \text{ µg/l}$ ning domineerisid vaguviburvetikad perekonnast *Protoperdinium*; taksonite arv oli 48. Riiska punktis oli biomass ja chl *a* sisaldus suuremad, vastavalt $8,4 \text{ g/m}^3$ ja $36,7 \text{ µg/l}$. Domineerisid suuremõõtmelised rohevetikad; taksonite arv oli 38.

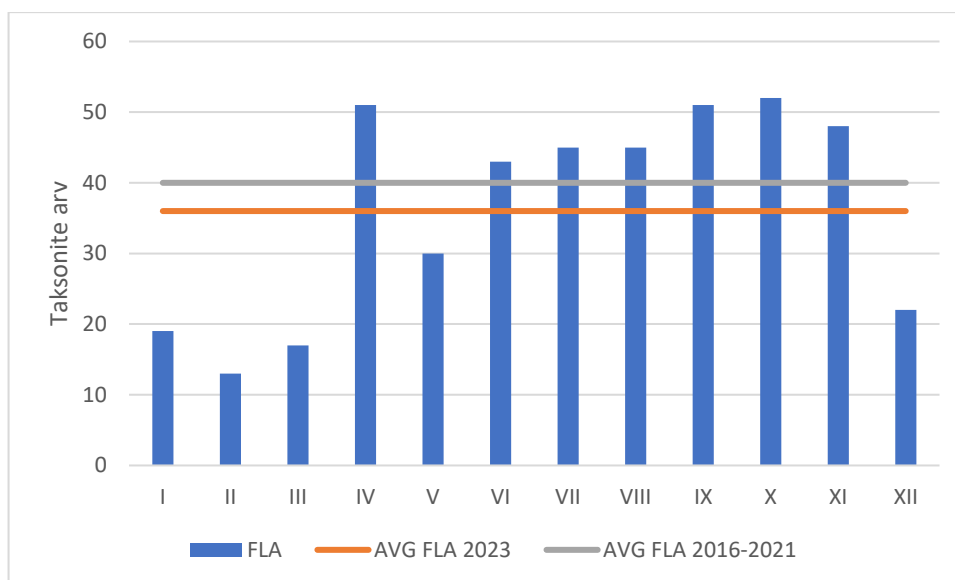


Kokkuvõttes esinesid Võrtsjärve fütoplanktoni sesoonses dünaamikas 2023.a. mõned iseärasused. Esiteks, rekordiliselt sooja septembrikuu (<https://www.ilmateenistus.ee/>) tõttu pikenes fütoplanktoni kasvuperiood ja biomassi suur langus toimus alles detsembris. Teine iseärasus oli seotud ränivetikate sesoonse dünaamikaga: fütoplanktoni väikese biomassi foonil saavutasid ränivetikad juhtpositsiooni juba märtsis (80 % biomassist, joonis 10). Kogu ülejäänud perioodil, v.a. väike tõus oktoobris, oli ränivetikate suhtarv koosluses väike. Ränivetikate kevadise arengu maksimum parasvöötme veekogudes on tavaliselt pärast jääminekut aprillis-mais, kuid erandlikel aastatel võib see olla ka jääkatte all. Sinivetikate suhtarv oli väga väike üksnes lühikest aega enne jääminekut märtsis ja ühtlaselt suur kogu suve- ja sügisperioodil.



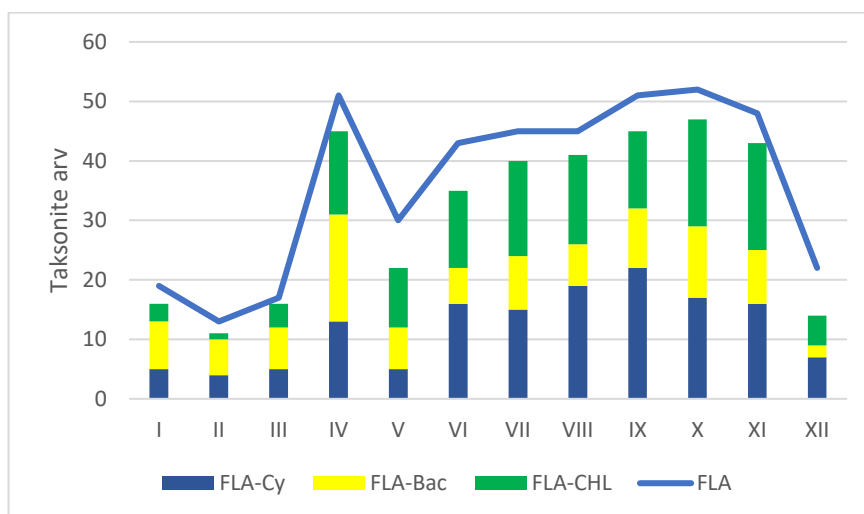
Joonis 10. Sini- (Cy% FBM) ja ränivetikate (Bac% FBM-st) suhtarvu dünaamika Võrtsjärves (punkt 10) jaanuarist detsembrini 2023.

Fütoplanktoni taksonite arv ja vähemusrühmad. Aasta keskmine taksonite arv (36) oli üsna lähedane eelmise seireperioodi keskmisele (40) (joonis 11). Taksonite üldarv suurenes aastaaegade lõikes talv-kevad-suvi-sügis. Aprillikuise liigirikkuse tõusu (51) põhjuseks oli asjaolu, et pärast jääminekut ja sellega kaasnenud veetemperatuuri tõusu (7,3 C°) lisandus vegetatsiooniperioodile startinud fütoplanktoni kooslusesse palju planktilisi sini- ja rohevetikaliike. Teisalt esines proovis arvukalt bentilise eluviisiga ränivetikaliike perekondadest *Cymbella*, *Iconella* (osaliselt *Surirella*), *Navicula*, *Nitzschia* ja *Surirella*.



Joonis 11. Võrtsjärve (punkt 10) fütoplanktoni taksonite arv (FLA) jaanuarist detsembrini 2023, aasta keskmine (AVG FLA 2023) ja eelmise seireperioodi (AVG FLA 2016-2021) keskmine väärtus.

Liigirikkamad vetikarühmad oli sini-, räni- ja rohevetikad. Nii varieerus aasta lõikes sinivetikataksone arv 4-22 maksimumiga septembris, rohevetikataksone arv 1-18 maksimumiga oktoobris-novembris ja ränivetikataksone arv 2-18 maksimumväärtusega aprillis (joonis 12).

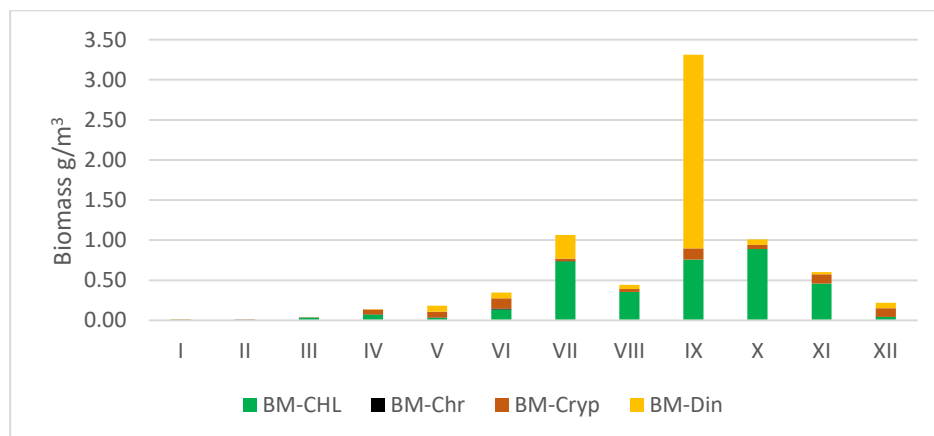


Joonis 12. Taksonite üldarv (FLA) ning sini- (FLA-Cy), räni- (FLA-Bac) ja rohevetikataksone (FLA-CHL) arv Võrtsjärves (punkt 10) jaanuarist detsembrini 2023.

Vähemusrühmadest (rohe-, kold-, neel- ja vaguviburvetikad) olid Võrtsjärves suurema biomassiga rohe- ja vaguviburvetikad ehk dinofüüdid (joonis 13). Rohevetikate biomass oli mõnevõrra suurem suve teisel poolel ja sügisel, mil kooslusesse ilmusid perekondade *Coelastrum*, *Golenkinia*, *Pediastrum*, *Pseudopediastrum*, *Tetradismus*, *Scendesmus* ja *Pandorina* esindajad. Koldvetikad esinesid koosluses väga tagasihoidlikult: talvel ja varakevadel perekonna *Chrysococcus*, suvel aga perekondade *Dinobryon* ja *Mallomonas* üksikute esindajatena. Neelvetikatest oli esindatud perekonnad *Rhodomonas* ja

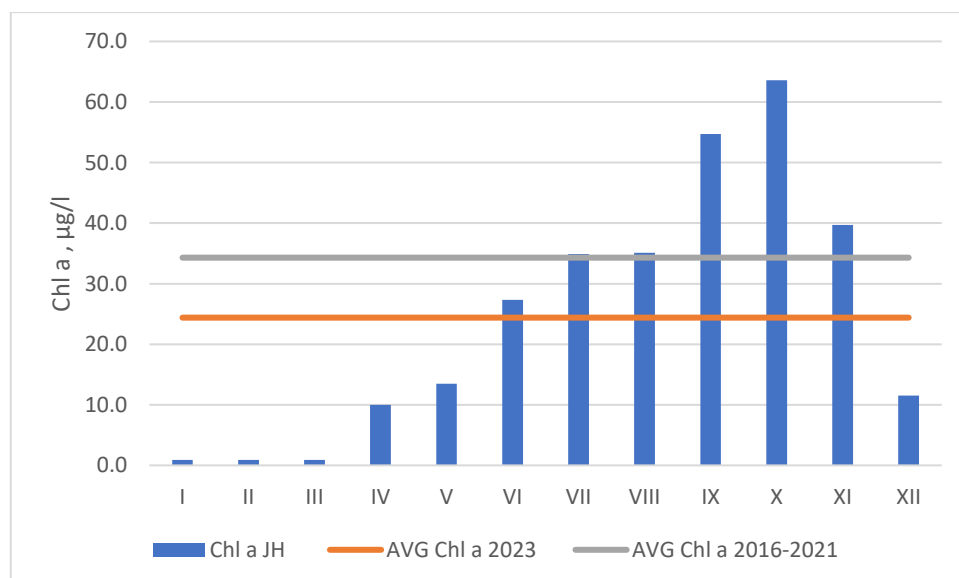


Cryptomonas, kelle biomass oli suurem suvel ja sügisel. Dinofüütidest olid esindatud *Ceratium hirundinella* juunis-juulis ning perekonnad *Peridinium*, *Peridiniopsis* ja *Protodinium*, kelle biomassi lühiajaline ja järsk suurenemine toimus septembris (joonis 12).



Joonis 13. Rohe-(BM-CHL), kold- (BM-Chr), neel- (BM-Cryp) ja vaguviburvetikate (BM-Din) biomass (g/m^3) Võrtsjärves (punkt 10) jaanuar-detsember 2023.

Klorofüll ja teised pigmendid. Klorofüll *a* sisaldus tõusis jaanuarist oktoobrini, langes mõnevõrra novembris ja järsult detsembris. Aasta keskmine väärtus ($24,4 \mu\text{g/l}$) oli väiksem kui eelmise seireperioodi keskmine ($34,3 \mu\text{g/l}$, joonis 14).

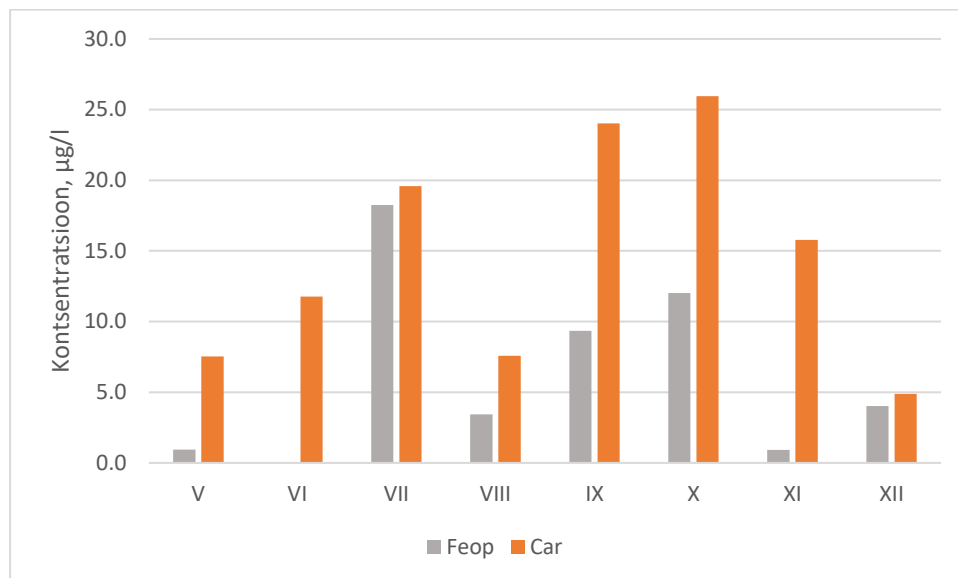


Joonis 14. Võrtsjärve (P.10) klorofüll *a* ($\text{Chl } a \text{ JH}$, $\mu\text{g/l}$) jaanuarist detsembrini, 2023.a. keskmine (AVG FLA 2023) ja seireperioodi 2016-2021 keskmine väärtus.

Feopigmentide (Feop) ja karotinoidide (Car) dünaamika on toodud joonisel 15. Üldiselt väljendab feopigmentide osakaal pigmentide üldhulgas kaudselt produktsiooni ja laguprotsesside vahekorda vetikakoosluses. Feopigmentide suhteliselt kõrget kontsentratsiooni ($18,3 \mu\text{g/l}$) juulis on raske seletada. Karotinoidide (Car) kui fotosünteesi kaaspigmentide hulk sõltub suuresti fütoplanktoni



liigilisest koosseisust. Võrtsjärve fütoplanktoni liigiline koosseis oli 2023.a. aasta lõikes võrdlemisi ühtlane ning Car sesoonne kõikumine järgis üldjoontes Chl *a* dünaamikat (joonis 14).



Joonis 15. Feopigmentide (Feop) ja karotinoidide (Car) hulk (µg/l) Võrtsjärves (P. 10) 2023.a.

Ökoloogilise seisundi hinnang. Keskkonnaministri määruse järgi kasutatakse Võrtsjärve ökoloogilise seisundiklassi määramisel fütoplanktoni puhul kahte näitajat: a) veesamba klorofüll *a* sisaldus ajavahemikul maist septembrini; b) ränivetikate biomass septembris. Võrtsjärve seisund 2023. a. klorofüll *a* andmete alusel langes kvaliteediklassi hea (tabel 14). Ränivetikate septembrikuise biomassi alusel langes Võrtsjärve seisund kvaliteediklassi väga hea (tabel 15). Siinkohal tuleb hinnangusse väga hea suhtuda teatud reservatsiooniga, sest 2023.a. esines ränivetikatel eripärane sesoonne dünaamika: kevadine domineerimine koosluses toimus väikese biomassi foonil juba märtsis jää-alustes tingimustes (tavapäraselt aprillis-mais) ning sügisene domineerimine pikenenud vegetatsiooniperioodi tõttu oktoobris. Seega, ränivetikate septembrikuine biomassi tase 2023.a. ei peegelda järve seisundit ja tulemust väga hea võiks lugeda pigem ülehinnatuks.

Tabel 14. Võrtsjärvele kehtestatud Chl *a* sisalduse (µg/l) klassipiirid ja nende ÖKS vastavalt kehtivale määrusele ning Võrtsjärve seisundi hinnang 2023.a.

Aritm. keskmine (mai-sept.)	Võrdlus- väärtus (RC)	Väga hea	Hea	Kesine	Halb	Väga halb
Veesamba chl <i>a</i> sisaldus, µg/l	19,2-...	≤25	26-40	41-50	51-65	>65
Chl <i>a</i> 2023			33,1			
Chl <i>a</i> ÖKS	1,0	≥0,8	0,79-0,5	0,49-0,3	0,29-0,16	<0,16
Chl <i>a</i> ÖKS 2023			0,58			



Tabel 15. Võrtsjärvele kehtestatud septembrikuise ränivetikate biomassi (g/m^3) klassipiirid vastavalt kehtivale määrusele ja seisundi hinnang 2023.a.

Ränivet. biomass sept.-s g/m^3	Väga hea	Hea	Kesine	Halb	Väga halb
Ränivet. Biomass sept.-, g/m^3	≤ 2	2,1-7,0	7,1-13	13,1-19	>19
Ränivet. biomass sept.-s, g/m^3 2023	1,57				

Paralleelselt hinnati Võrtsjärve seisundit juhtivteadur P. Nõgese (2021)⁴⁷ poolt täpsustatud klassipiiride alusel, kus võeti arvesse looduslikke mõjusid. Autor soovib nihutada fütoplanktoni hindamiskaala klassipiire, s.t. hindamise aluseks on loodusliku muutlikkuse suhtes korrigeeritud chl a aritmeetiline keskmine mitte maist septembrini, vaid maist oktoobrini. Teise näitajana soovitatakse septembrikuise ränivetikate biomassi asemel kasutada ränivetikate suhtarvu (Bac %) aritmeetilist keskmist, samuti maist oktoobrini. P. Nõges andis võimaluse kasutada tema poolt Excelis väljatöötatud abivahendit, n.n. „Ökoseisundi kalkulaatorit“, kuhu pärast seireandmete (chl a , kuu keskmine veetase, vee värvus, permanganaatne hapnikutarve, ränivetikate suhtarv biomassis) sisestamist teeb programm arvutused ja annab vastava hinnangu. Fütoplanktoni koondseisundi hindamine chl a ja Bac % põhjal toimub nende keskmistatud ÖKS väärtuste alusel. Kalkulaatori antud hinnangutest (tabel 16) selgub, et 2023.a. oli Võrtsjärve seisund chl a alusel hea (ÖKS=0,44), ränivetikate suhtarvu järgi väga hea (ÖKS=1). Viimane seisundihinnang on üle hinnatud ka kalkulaatori järgi; põhjused on eespool selgitatud. Seetõttu ei ole 2023.a. mõistlik hinnata fütoplanktoni koondseisundit kahe näitaja aritmeetilise keskmisena. Kokkuvõttes võib öelda, et nii praegu kehtivad klassipiirid kui ka täpsustatud klassipiirid andsid sama seisundiklassi hea. Teisalt, ränivetikate kasutamisel seisundiklassi hindamisel tuleb arvestada selle vetikarühma sesoonse dünaamika eripära mõnel erandlikul aastal. Fütoplanktoni näitajate alusel loeti Võrtsjärve seisund heaks ka 2020., 2021. ja 2022. aastal^{48 49 50}.

Tabel 16. Soovitatud võrdlustulemused (RC), seisundiklassi piirid ja neile vastavad ÖKS väärtused ning nendest lähtudes Võrtsjärve seisundi hinnang 2023.a.

Näitaja	Võrdlus-tingimus (RC)	V. hea/hea	Hea/kesine	Kesine/halb	Halb/v. halb
Chl a , $\mu\text{g/l}$ mai-okt.	20	34	54	67	87
ÖKS chl a mai-okt.	1,0	0,60	0,4	0,3	0,23
Bac % mai-okt.	16	20	31	44	56
ÖKS Bac% mai-okt.	1,0	0,79	0,5	0,36	0,28
ÖKS FÜPLA	1,0	0,7	0,44	0,33	0,26

⁴⁷ Nõges P. (2021). Võrtsjärve ökoloogilise seisundi hindamisel kasutatavate fütoplanktoni näitajate klassipiiride täpsustamine võttes arvesse veetaseme mõju. Aruanne, EMÜ, Tartu.

⁴⁸ Võrtsjärve hüdrobioloogiline seire ja uuringud 2020. Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituut. Tartu 2021.

⁴⁹ Võrtsjärve hüdrobioloogiline seire ja uuringud 2021. Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituut. Tartu 2022.

⁵⁰ Võrtsjärve hüdrobioloogiline seire ja uuringud 2022. Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituut. Tartu 2023.

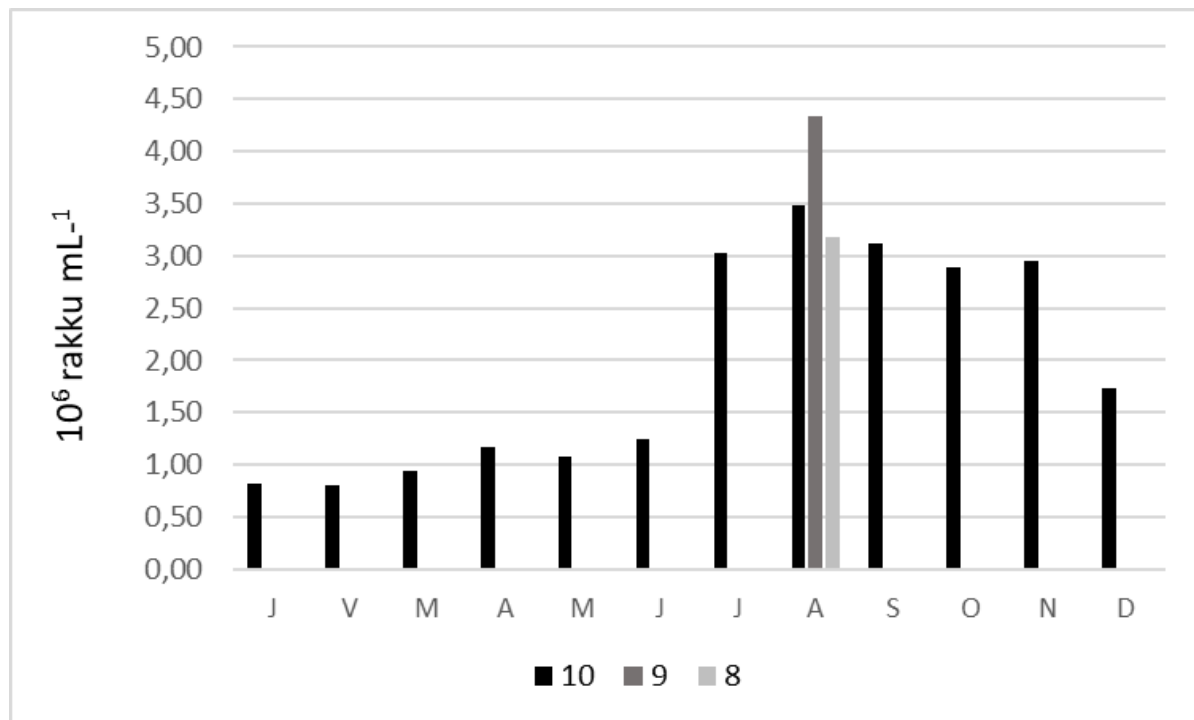


Näitaja	Võrdlus- tingimus (RC)	V. hea/hea	Hea/kesine	Kesine/halb	Halb/v. halb
ÖKS Chl <i>a</i> 2023			0,44		
ÖKS Bac% 2023	1				

2.1.4. Bakterplankton

Heterotroofsete bakterite üldarvu (BÜA) väärtused oli 10. seirepunktis vahemikus 0,81-3,49 mln. rakku/ml (mediaan 1,49), tase madal kuni keskmine (joonis 16). Bakterplanktoni arvukus oli madalaim (0,81-1,24 mln. rakku/ml) aasta esimeses pooles (jaanuarist juunini), kuid kasvas märkimisväärselt (kuni 3,49 mln. rakku/ml) aasta teises pooles (juulist detsembrini). Bakterplanktoni sesoonne dünaamika oli sarnane 2021. aasta bakterite sesoonsele dünaamikale. Bakterite üldarv oli eriti madal jääkatte perioodil (jaanuarist märtsini), mil bakterplanktoni arvukus jäi alla 1 miljoni raku milliliitris. Madalseis püsis juunikuuni. Maikuine ülikerge arvukuse langus (võrrdlus aprilli ja juuniga) võib olla tingitud ripsloomade toitumissurve (kevadine arvukuse tõus) bakterplanktonile. Juulikuus bakterite arvukus kasvas järsult (3x vahe võrdluses juuniga) ning saavutas maksimumi augustikuuks (3,49 mln. rakku/ml). Bakterite üldarv püsis juulist novembrini üsna samal tasemel ning vähenes märgatavalt alles detsembris. Erinevalt 2021 ja 2022. aasta sesoonsest dünaamikast ei langenud bakterite arvukus ka novembris (2,95 mln. rakku/ml) ning püsis juulikuise maksimumtaseme lähedal. Oktoobris esines kerge arvukuse langus (2,88 mln. rakku/ml), mis võib olla tingitud jällegi ripsloomade toitumissurve (sügisene arvukuse tõus) bakterplanktonile. Võrtsjärve seisund on bakterplanktoni alusel 10. seirepunktis 2023. aastal väga hea, keskmine bakterite üldarvukus 1,94 mln. rakku/ml. Lisaks koguti augustikuus bakterplanktoni proove ka Võrtsjärve 8. ja 9. proovivõtupunktist ning võrreldes 10. punktiga (3,49 mln. rakku/ml), esinesid kõrgeimad arvukused augustikuus 9. punktis (4,34 mln. rakku/ml) ning madalaimad 8. punktis (3,18 mln. rakku/ml). Ka varemalt on kõige kõrgemad bakterplanktoni arvukuse väärtused leitud just järve lõunaosas paiknevast 9. proovipunktist⁵¹. Kui arvesse võtta ka 8. ja 9. seirepunkti üldarvukusi, siis ka sel juhul Võrtsjärve üldseisund bakterplanktoni alusel väga hea, kõikide proovipunktide keskmine arvukus aasta lõikes 2,20 mln. rakku/ml.

⁵¹ Tammert, H. & Kisand, V. 2004. Lake Võrtsjärv. Estonian Encyclopaedia Publishers. Tallinn.



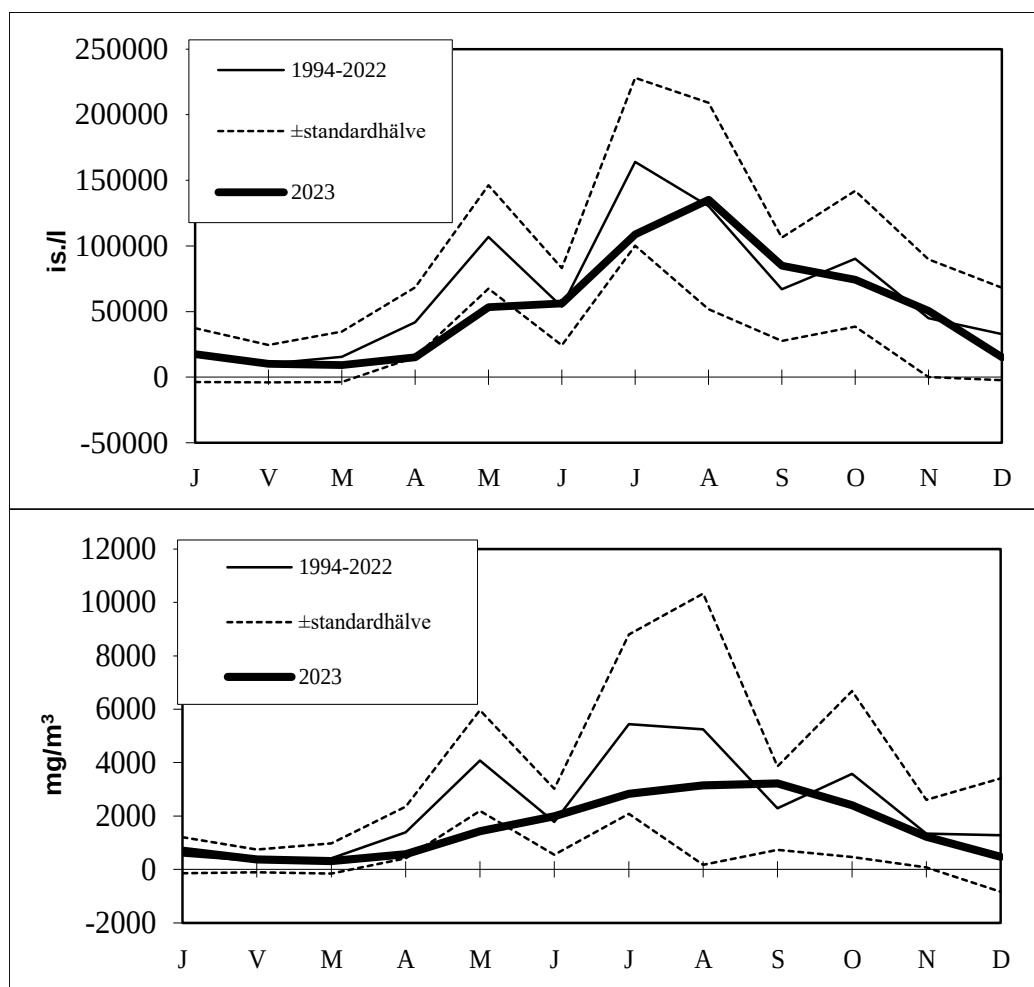
Joonis 16. Bakteriplanktoni üldarvukus 2023. a. jaanuarist detsembrini Võrtsjärve erinevates proovivõtupunktides (8, 9, 10).

2.1.5. Protozooplankton

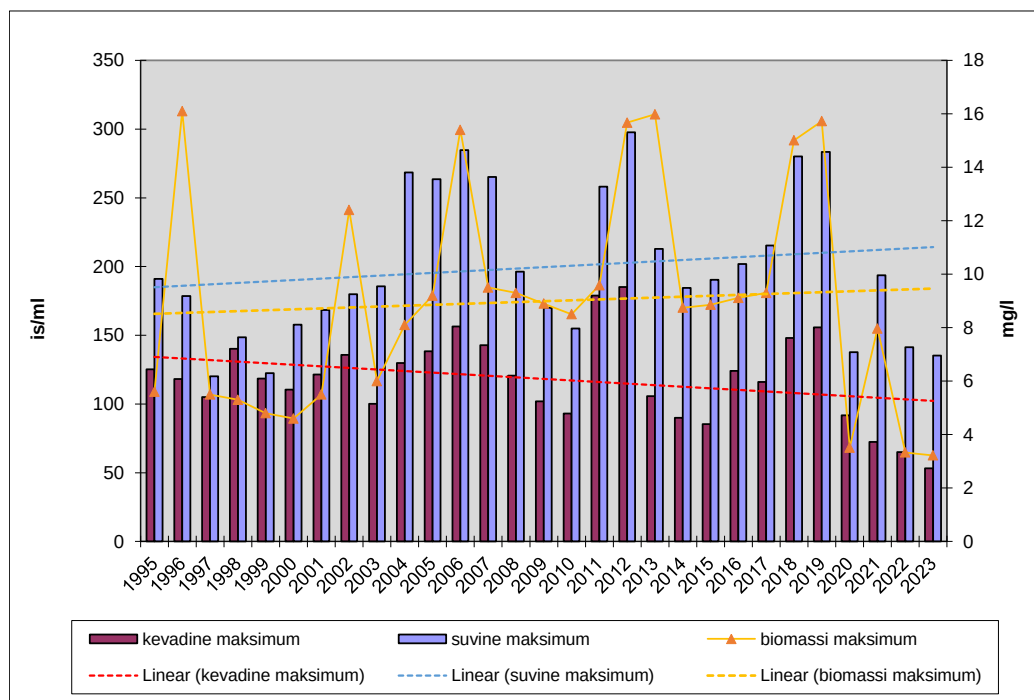
Aastat 2023 iseloomustas taas väga lihtne ripsloomade sesoonne dünaamika ja keskmisest madalam arvukus ning biomass. Jaanuaris olid ripsloomade arvukus ja biomass madalad (18 is/ml ja 0,7 mg/l). Ripsloomade arvukus oli miinimumis veebruaris ja märtsis (joonis 17) (9-10 is/ml), mil koosluses domineerisid eelsuulised, haardsuulised ja ratasripsmelised (tavalisemad perekonnad *Coleps*, *Urotricha*, *Mesodinium*). Domineerivad liigid olid põhiliselt kas rööv- või bakteritoidulised, mis viitab toiduks sobivate vetikate vähesusele. Vetiktoiduliste areng oli kevadel tagasihoidlik, aprillis suurenes vähesel määral kurvripsmeliste arvukus (peamiselt *Trithigmostoma cucullulus* ja *Phascolodon vorticella*). Mais need liigid taandusid ja domineerivaks said pigem väiksemad bakteritoidulised ripsloomad. Kevadine arvukuse maksimum jäi mais erakordselt madalaks (53 is/ml). Suuremate vetiktoiduliste liikide puudumise tõttu jäi madalaks ka biomass (1,4 mg/l) ning mõlemad näitajad väljusid ka pikaajalise (1994-2022) standardhälbe piiridest. Ripsloomade kevadine arvukus on viimastel aastatel järjepidevalt langenud (eelmised arvukuse miinimumid olid vastavalt aastatel 2021 ja 2022) (joonis 17). Seetõttu võib täheldada selgelt jätkuvat trendi, et kevadine ripsloomade kogus järves väheneb. Reeglina domineerivad Võrtsjärves kevadel suuremad vetiktoidulised liigid, juunis see kooslus aga taandub. Viimastel aastatel on mais aga domineerinud pigem väiksemad bakterivoorid (piugsuulised perekondadest *Uronema* ja *Cyclidium*). Sama võis täheldada aastal 2023. Bakteritoidulised taandusid juunis ja asendusid



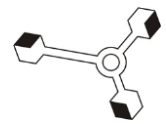
suuremate vetiktoidulistega (väheripsmelised perekondadest *Pelagostrombidium*, *Limnostrombidium* ja *Codonella*). Kevadist madalat ripsloomade arvukust võis põhjustada kas otsene ärasöömine või toitumiskonkurents hulkrakse metazooplanktoniga. Sarnaselt eelmise aastaga langes arvukuse maksimum augustisse (135 is/ml) (joonis 17). Sellest madalamaid suviseid arvukusi pole varem (1994-2022) registreeritud. Ka suvised arvukused näitavad viimastel aastatel langustrendi (joonis 17). Suvises aspektis olid arvukuses domineerivateks väiksemad pikoplanktonist toituvad liigid perekondadest *Cyclidium*, *Uronema*, *Rimostrombidium* ja *Halteria*. Kui tavaliselt leidub samaaegselt planktonis ka suuri röövtoidulisi liike (näiteks haardsuulised - *Dilepus* sp. jt), siis aastal 2023 neid peaaegu ei olnud. Seetõttu jäi ka biomass suve kohta väga madalaks (3,1 mg/l). Lõunapoolsetes proovipunktides (Riiska ja Pähksaar) olid arvukused augustis veidi kõrgemad (143-154 is/l). Domineerisid, sarnaselt sisejärvele, väikesed bakteritoidulised liigid (*Uronema*, *Balanion*, *Rimostrombidium*). Seetõttu oli ka biomass sarnane (3,3 mg/l). Septembris ripsloomade arvukus (proovipunktis nr. 10) vähenes ning langus jätkus sujuvalt detsembrini (joonis 17). Biomass aga septembris tõusis ning saavutas 2023. aasta maksimumi – 3,2 mg/l. Selle tingis suuremate liikide ilmumine planktonisse (peamiselt suuremad liigid perekonnast *Urotricha*). Täielikult puudus tavapärane oktoobrikuine arvukuse maksimum. Sügisises koosluses (oktoober) domineerisid tavapäraselt bakteri-herbivoorsed liigid (peamiselt eelsuulised perekondadest *Urotricha* ja *Balanion*). Samas olid koosluses olulised ka röövtoidulised haardsuud (peamiselt *Lacrymaria* sp.). Samad liigid, mis oktoobris, domineerisid ka novembris ja detsembris, mil arvukused langesid jaanuariga sarnasele talvisele tasemele. Kokkuvõtvalt iseloomustas 2023. aastat ripsloomade tavalisest palju madalam biomass ja arvukus (eriti kevadel ja suvel). Tagasihoidlikult olid esindatud vetiktoidulised liigid – neid leidis rohkem üksnes aprillis ja juunis. Röövtoiduliste liikide arvukus oli suvises aspektis väga madal. Kogu aasta vältel ei esinenud teravaid biomassi piike ja sesoonne dünaamika oli pigem sujuv (joonis 18). Bakteritoidulised liigid olid hästi esindatud peaaegu kogu aasta. Bakteritoiduliste ripsloomadele soodsat aastat võib seletada suhteliselt madala veetasemega, mis soodustab setete ülessegamist. Kuna ripsloomad on väga kiirekasvulised liigid, siis sobib neile hästi toitainete lisandumine tormist tingitud impulssidena, mis soodustab nende toidulaua (bakterid) kiiret kasvu. Üldiselt võib väita, et mikroobse lünga osatähtsus püsis Võrtsjärves aastal 2023 endiselt väga suur (kui arvestada bakteritoiduliste liikide ohtrust).



Joonis 17. Ripsloomade arvukus ja biomass Võrtsjärves aastal 2023.

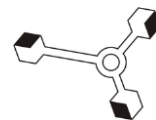


Joonis 18. Ripsloomade arvukuse ja biomassi maksimumid Võrtsjärves 1995-2023.

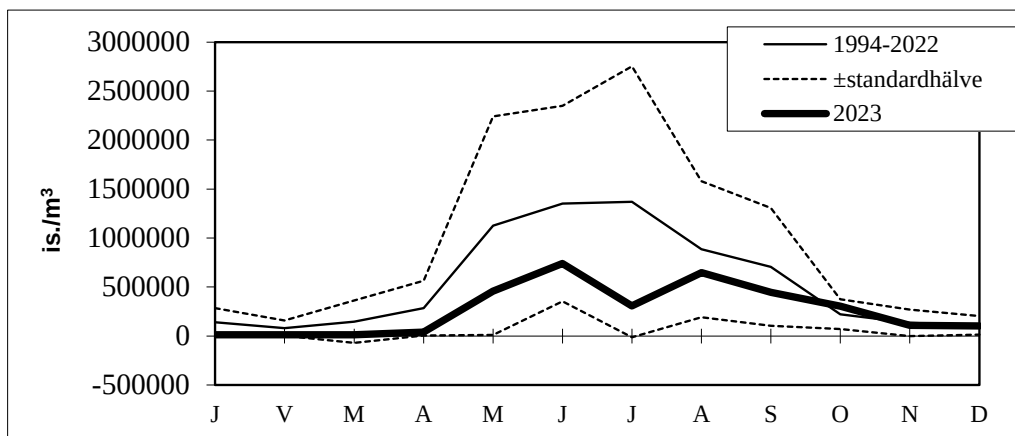


2.1.6. Metazooplankton

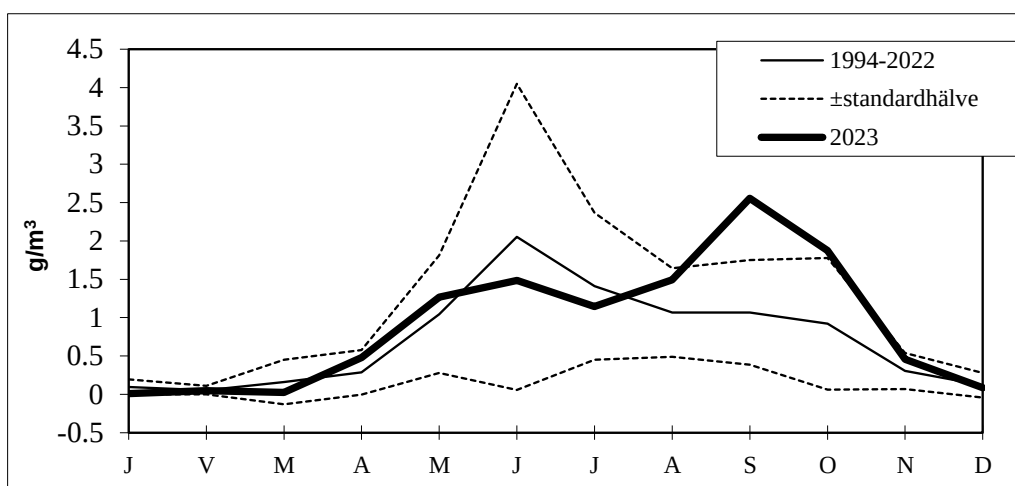
Aastal 2023 jäi metazooplanktoni arvukus oluliselt madalamaks kui samal ajal mõõdetud pikaajalised keskmised väärtused (1994-2022; joonis 19). Metazooplanktoni biomass oli suve algul madalam kui pikaajaline keskmine, kuid ületas sügisel standardhälbe piiri (1994-2022; joonis 20), mil moodustus ka biomassi maksimum (septembris, $2,56 \text{ g m}^{-3}$). Metazooplanktoni arvukuse maksimum esines juunis (740 ind. L^{-1}), kuid arvukusepiik jäi oluliselt madalamaks võrreldes tavapäraste maksimumidega (enamasti üle 1000 ind. L^{-1}). Keriloomad on metazooplanktonis arvukaimalt esinev rühm. Nende vähene esinemine 2023. aastal tingiski madala metazooplanktoni arvukuse pea kogu aasta vältel. Suvises planktonis tavapäraselt domineeriva *Anuraeopsis fissa* arvukus jäi väga tagasihoidlikuks, samuti perekond *Keratella* liigid (*K. cochlearis* ja *K. tecta*) esinesid madalama arvukusega. Eriti tagasihoidlikuks kujunes keriloomade ja koos sellega kogu metazooplanktoni arvukus juulis (309 ind. L^{-1}). Kuna veetemperatuur sellel ajal oli küllalki kõrge ja keriloomade arenguks soodne ($22,3 \text{ C}^\circ$), siis võib vähese esinemise põhjuseks pidada toidukonkurentsi arvukalt esinevate vesikirbuliste poolt. Erinevalt keriloomadest, oli 2023. aasta vesikirbuliste ja aerjalgsete arenguks soodne. Talvises ja kevadises planktonis esines suur aerjalgne *Cyclops kolensis*, milline arvatavasti avaldus keriloomadele tugevat söömissurvet. Keriloomade arvukus oli aasta esimeses pooles väga madal. Soojalembesemate vesikirbuliste aktiivne areng algas juunis, mil moodustus ka nende rühma arvukuse maksimum (295 ind. L^{-1}). Koosluses domineerisid *Chydorus sphaericus* ja *Bosmina* spp. Vesikirbuliste biomass oli suurim septembris ($2,018 \text{ g m}^{-3}$), peamine moodustaja oli *Daphnia cucullata* (46% metazooplanktoni biomassist). Kui tavapäraselt esineb vesikirbuliste koosluses suve keskel noorkalade toitumise tõttu märgatav arvukuse langus, siis 2023. aastal oli nende arvukus suhteliselt suur kogu vegetatsiooniperioodi vältel (mai-oktoober). Ka vegetatsiooniperioodi lõpus, oktoobris, esines planktonis veel arvukalt vesikirbulisi (196 ind. L^{-1} ; peamiselt *C. sphaericus*), mistõttu oli ka metazooplanktoni biomass kõrgem kui enamustel aastatel samal ajal (joonis 20). Vesikirbulisi leidis planktonis arvukalt veel novembriski. Augustikuus hinnati metazooplanktoni arvukust ja biomassi ka järve lõunapoolsetes proovipunktides. Biomass oli kõrgeim järve keskosas (punkt nr 10; $1,494 \text{ g m}^{-3}$), arvukus oli aga kõrgeim punktis 8 (Riiska; 1065 ind. L^{-1}), kus esines arvukalt keriloomi perekonnast *Synchaeta*. Kokkuvõtteks võib öelda, et 2023. aastat iseloomustab tavapärasest oluliselt madalam arvukus, mis oli tingitud väga tagasihoidlikust keriloomade esinemisest. Eriti märgatav oli suvise dominandi, *Anuraeopsis fissa* madal arvukus. Ka Võrtsjärve metazooplanktoni pikaajalises dünaamikas on näha jätkuvat suvise arvukuse vähenemise trendi (joonis 21). Tavapärasest rohkem esines planktonis vesikirbulisi, *Chydorus sphaericus*'e kõrval esines rohkem ka suuremat *Daphnia cucullata*'t. Vesikirbuliste rohkus võis läbi toidukonkurentsi mõjutada keriloomade esinemist aga ka



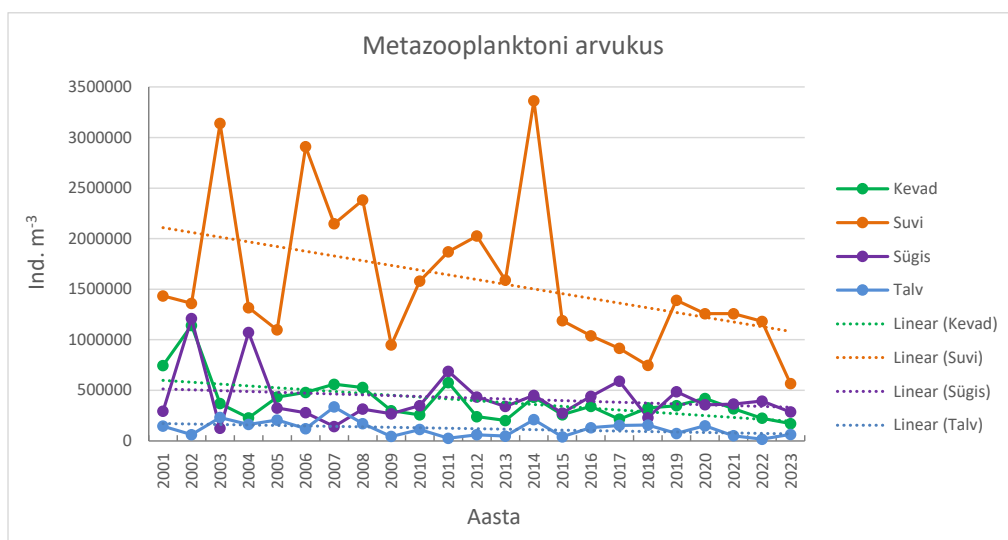
protozooplanktonit nii kiskluse kui toidukonkurentsi läbi. Aerjalgsete rühmas ei esinenud märkimisväärsed erinevusi võrreldes varasemate aastatega.



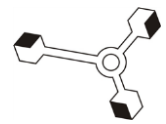
Joonis 19. Metazooplanktoni arvukus Võrtsjärves 2023. aastal.



Joonis 20. Metazooplanktoni biomass Võrtsjärves 2023. aastal.



Joonis 21. Pikaajalsed muutused Võrtsjärve metazooplanktoni arvukuses.



2.1.7. Põhjaloostik

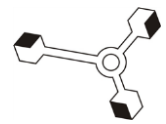
I. Suurselgrootud ammutiproovidest.

Liigiline koosseis. Võrtsjärve põhjaloostiku liigilises koosseisus ja koosluste levikus viimastel aastatel olulisi muutusi pole toimunud. Põhjafaunas on jätkuvalt esindatud põhiliselt eutroofsetele järvedele iseloomulikud liigid. Enamuse moodustavad kaks suurt rühma: surusääsklased ja väheharjasussid. Hariliku surusääse (*Chironomus plumosus*) esinemine järves on teada juba Mühlens ja Schneiders⁵² uuringutest ja ta domineerib profundaalis siiani. Alates 1950. - 1960. aastatest on järve ökoloogilistes võõndites säilinud samad tüüpilised ja domineerivad liigid. Mõningaid 1950. aastatel leitud liike enam Võrtsjärves ei esine, näitaks külmalembene puhtaveeline hironomiidiliik *Corynocera ambigua* oli varem rohkelt esindatud, kuid nüüd näeb proovides haruharva ühte isendit. Külmalembeste liikide tugev vähenemine võib viidata kliima soojenemisele. Võrtsjärve, nagu ka Peipsi profundaalis, domineerivad surusääsk *C. plumosus* ja väheharjasuss *Potamotrix hammoniensis*, nagu see on tüüpiline madalate eutroofsete järvede mudapõhjale. Kuid sügavamas Peipsi järves on profundaali mudapõhjal säilinud siiski kaks-kolm liiki rohkem kui Võrtsjärves. Peipsi profundaalist võib leida ka herneskarplasi (*Pisidiidae*) ja tiguseid (*Gastropoda*), kes Võrtsjärvest on alates 1960. aastatest taandunud, samas on viimastel aastatel leitud rohkem tiguseid Võrtsjärve profundaalis (lisa 5, joonis 7). Kokku leiti järvest 48 liiki/taksonit põhjaloomi (lisa 5, tabel 1). See on viimase 10 aasta kõige taksonirikkam seire. Võrdluseks, 2014-2018. aastal leiti 39-42 taksonit/liiki, 2019-2021. aastal leiti 29-34 taksonit/liiki, 2013. aastal ja veel varasematel aastatel üle 50 liigi ja taksoni põhjaloomi. Leitud taksonite arvu vähenemist viimastel aastatel võib suure tõenäosusega panna proovipunktide ja proovikorduste arvu vähenemise arvele, kus proovikohti ei ole piisavalt, et saada täpne ülevaade liigilisest koosseisust väljaspool profundaali⁵³. Seetõttu 48 taksonit ja liiki aastal 2023 on tugev näitaja, kuna see on võrreldav aastatega, kus võeti palju rohkem proove. Kõige arvukamalt olid 2023. aastal esindatud surusääsklased 25 taksoniga, mis on samuti viimase 10 aasta parim näitaja. Ka 2023. aastal sattus proovidesse üksikuid klaasiksääse (*Chaoborus*, tugeva reostuse indikaatorliik) vastseid. Klaasiksääskede vastsed võivad üksikult proovidesse sattuda, ilma veekogu halba seisundit indikeerimata. Klaasiksääskede vastsed viitavad reostusele, kui neid satub proovidesse rohkem kui üksik isend. Suurtest limustest sattus 2023. aastal proovidesse piklik jõekarp (*Unio pictorum*) ja rändkarp (*Dreissena polymorpha*). Üldiselt peegeldab liigiline mitmekesisus profundaalis eutrofeerumise ja litoraalis inimtegevuse mõju⁵⁴. Sel korral ei leitud profundaalist ühtegi puhta vee indikaatorliiki. Võrtsjärve lõunaosa taimerikas punkt oli liigirikkam, kuid sealgi domineerisid eutroofsete vetega

⁵² Mühlens, L. von zur & G. Schneider, 1920. Der See Wirzjerw in Livland. Biologie und Fischerei. Archiv für die Naturkunde des Ostbaltikums. Zweite Serie 14(1). Dorpat, 156 pp.

⁵³ Ntislidou, C.; Bobori, D.; Lazaridou, M. Suggested Sampling Methodology for Lake Benthic Macroinvertebrates under the Requirements of the European Water Framework Directive. Water 2021, 13, 1353. <https://doi.org/10.3390/w13101353>

⁵⁴ Jonasson, P. M. 1972. Ecology and production of the profundal benthos in relation to phytoplankton in Lake Esrom. Oikos 14:1–148



kohanenud taimede vahel elavad liigid nagu Võrtsjärve litoraalis üldiselt. Aprilli proovid olid mitmekesised ja leiti mitmeid Võrtsjärves harva esinevaid liike (*Paratanytarsus austriacus*, *Cricotopus intersectus*, *Glyptotendipes pallens*, *Tanytarsus punctipennis*). Eelnev demonstreerib üle järve proovide võtmise olulisust, et näha järve liigilises mitmekesisuses toimuvaid muutusi. Litoraali liigilise koosseisu vaesumist tuleb jälgida, kuna see võib viidata inimõjule, näiteks hajureostuse koormuse suurenemisele⁵⁵. Samuti on üle Euroopa täheldatud litoraali liigilist homogeniseerumist eutrofeerumise ja inimõju tagajärjel⁵⁶, mistõttu Võrtsjärve litoraali liigilist mitmekesisust on oluline jälgida. Endiselt ei leitud litoraalset ehmeistiivalisi (*Trichoptera*) ega ühepäevikulisi (*Ephemeroptera*), kes vajavad puhtamat keskkonda. Herneskarpe leiti proovidest neli liiki või vormi: *Pisidium amnicum* (Müller), *P. henslowanum* (Sheppard), *P. casertanum* f. *ponderosa* (Stelfox) ja *P. supinum* Schmidt. Neist on reostustundlikud *P. amnicum* ja *P. supinum*. Nii arvukuselt kui ka biomassilt domineeris *P. amnicum*. Võrreldes eelmise aastaga on taksonite arv suurenenud. Keraskarpe proovides ei leidunud. Kaitsealuseid liike ei leitud. Varasematel aastatel on määratud liike, kelle tunnuseid on vastsetel väga raske või võimatu määrata. Näitkes *Chironomus muratensis* ja mõned teised *Chironomus* sp. liigid on eristatud kariotüüpide järgi (geneetika) ning üritada määrata neid vastsete morfoloogiliste tunnuste järgi, võib olla ebausaldusväärne või lausa väär⁵⁷. *C. muratensi*'st peetakse praegu litoraali *Chironomus* liigiks, kuna ta ei ole käesolevates määrajates, aga on eristatav *C. plumosus*'est. *Stictochironomus histrio* (sünonüüm *S. stictus*'ega) ja *Stictochironomus rosenchoeldi*, mida varem on määratud, on kaks teist liiki, mis eristuvad ainult kariotüüpide järgi, seetõttu on varasemad andmed nende kahe liigi kohta ebausaldusväärsed või väärad^{58 59}. *S. histrio* on eutroofsete vete liik ja *S. rosenchoeldi* mesotroofsete vete indikaatorliik. Tegemist on tõenäoliselt olnud viimastel kümnetel ainult *S. histrio*'ga, kes on eutrofeerunud veekogude indikaatorliik⁶⁰. Täpseteks andmeteks oleks vaja teha geneetilisi uuringuid.

Sessoonsed muutused. Põhjaloostastiku arvukuse ja biomassi sesoonsed muutused Võrtsjärve litoraalis 2005–2023 on ära toodud lisa 5 joonistel 1 ja 2 ning profundaalis lisa 5 joonistel 3 ja 4. Põhjaloostastiku arvukus oli aastal 2023 väike ja biomass suur (tabel 17). Arvukuselt domineerisid litoraalis enamasti surusääseliik *Stictochironomus* sp. ja *Endochironomus albipennis* (eutroofse järve litoraali takson). Väheharjasussidest domineeris litoraalis arvukuselt ja biomassilt taas *Tubifex newaensis*, vähem oli esindatud *Potamothenis hammoniensis* ja *Limnodrilus hoffmeisteri*. Reostustundlikke väheharjasusse endiselt ei leitud ja väheharjasusside kooslus oli keskpärane koos kahe harva esineva liigiga (*Limnodrilus*

⁵⁵ McGoff, E., and L. Sandin. 2012. Catchment land-use effects on littoral macroinvertebrates in response to local habitat structure and trophic state. *Fundamental and Applied Limnology* 180:111–121.

⁵⁶ McGoff, E., A. G. Solimini, M. T. Pusch, T. Jurca, and L. Sandin. 2013. Does lake habitat alteration and land-use pressure homogenize European littoral macroinvertebrate communities? *Journal of Applied Ecology* 50:1010–1018.

⁵⁷ Kiknadze I.I., Shilova A., Kerkis I., Shobanov N., Zelentsov N., Grebenjuk N., Istomina A. and Praslov B., 1991 — Karyotype and morphology of larvae in Chironomini. Atlas. Nauka, Novosibirsk. 1-117 (Vene keeles).

⁵⁸ Moller Pillot, H. K. M. 2009. Chironomidae Larvae: Biology and Ecology of the Chironomini: Vol. 2: Chironomini. Published by KNNV Publishing, 288 pp

⁵⁹ Rubinskij, A. O. 1991. [Karyotypes and morphology of larvae tribes Chironomini. Atlas]. Akademiia Nauk SSSR, Sibir - skoye otdelenie, Institut Citologii i Genetiki, Novosibirsk "Nauka", 115 pp. (Vene keeles).

⁶⁰ Saether O.A., 1979. Chironomid communities as water quality indicators. *Holarctic Ecology* 2: 65-74.



claparedeanus ja *Psammoryctides albicola*), kes on levinud puhtamas Peipi järves. Väikeste limuste (*Mollusca*) arvukus ja biomass oli pikaajalise keskmise lähedane. Ülejäänud põhjaloomastiku (*Varia*) isendeid leiti keskmisest märgatavalt vähem, mis võib viidata liigivaesemale litoraale. Kui Peipsi järve litoraali ammutirpoovidest leitakse pidevalt ehimestiivalisi (*Trichoptera*), ühepäevikulisi (*Ephemeroptera*) ja teisi putukaid, siis Võrtsjärves neid ei esine või esineb üksikult. See võib viidata tugevamale eutrofeerumisele. Profundaali igakuises proovipunktis (nr 7; lisa 5 joonised 3 ja 4) domineerisid arvukuselt, nagu tavaliselt, surusääsevastsed (*Chironomus plumosus*) ja väheharjasussid (*Potamothenix hammoniensis*). Profundaalipunktidest leiti mitmeid harilikke sulgtiguseid (*Valvata piscinalis*), kes tavaliselt ebasobivate elutingimuste tõttu profundaali ei kipu.

Tabel 17. Põhjaloomade keskmine arvukus ($\pm$ standardviga) ja biomass ($\pm$ standardviga) Võrtsjärves 1964–2023.

Loomarühm	1964–2021		2022		2023	
	is. m ⁻²	g m ⁻²	is. m ⁻²	g m ⁻²	is. m ⁻²	g m ⁻²
<i>Chironomus plumosus</i>	107 $\pm$ 4	3,29 $\pm$ 0,2	185 $\pm$ 47	4,23 $\pm$ 1	201 $\pm$ 49	4,66 $\pm$ 1
<i>Chironomidae</i> (kokku)	808 $\pm$ 25	4,90 $\pm$ 0,1	638 $\pm$ 115	5,32 $\pm$ 1	783 $\pm$ 123	6,20 $\pm$ 1
<i>Oligochaeta</i>	242 $\pm$ 6	0,75 $\pm$ 0,03	140 $\pm$ 23	0,89 $\pm$ 0,2	128 $\pm$ 25	0,71 $\pm$ 0,18
<i>Mollusca</i> (väikesed)	28 $\pm$ 2	0,87 $\pm$ 0,06	33 $\pm$ 13	1,13 $\pm$ 0,4	23 $\pm$ 8	0,83 $\pm$ 0,3
<i>Varia</i>	117 $\pm$ 8	0,54 $\pm$ 0,05	34 $\pm$ 9	0,05 $\pm$ 0,02	56 $\pm$ 19	0,07 $\pm$ 0,03
Kokku (ilma suurte limusteta)	1199 $\pm$ 31	7,10 $\pm$ 0,16	845 $\pm$ 139	7,39 $\pm$ 1	990 $\pm$ 136	7,82 $\pm$ 1
Suured limused	5 $\pm$ 0,4	30 $\pm$ 3	3 $\pm$ 2	19 $\pm$ 12	3 $\pm$ 2	5 $\pm$ 4

II. Litoraali suurselgrootud kahvaproovidest.

2023. a. olid dominandid varasemaga võrreldes osalt muutunud (tabel 18). Surusääsklased prevaleerisid mudastuvates Valma ja Tarvastu lõikudes. Sapi lõigus domineerisid ühepäevikulised (*Caenis luctuosa*), mis on positiivne näitaja, Arali aga taimerikkaid seisuveekogusid iseloomustavad ehimestiivalised (*Mystacides* sp.).

Tabel 18. Litoraali suurselgrootute arvilised dominandid (%) Võrtsjärves 2023. a.

Aasta	1. Valma	2. Sapi	3. Arali	4. Tarvastu
2008	<i>Chironomidae</i> (32)	<i>Oligochaeta</i> (34,5)	<i>Asellus aquaticus</i>	-
2009	<i>Chironomidae</i> (24)	<i>Chironomidae</i> (31)	<i>Cloeon dipterum</i> (53)	-
2010	<i>Chironomidae</i> (59)	<i>Chironomidae</i> (43)	<i>Cloeon dipterum</i> (91)	<i>Micronecta</i>
2011	<i>Chironomidae</i> (73)	<i>Chironomidae</i> (75)	<i>Cloeon dipterum</i> (56)	<i>Chironomidae</i> (85)
2012	<i>Chironomidae</i> (44)	<i>Chironomidae</i> (44)	<i>Asellus aquaticus</i>	<i>Chironomidae</i> (55)
2013	<i>Chironomidae</i> (57)	<i>Chironomidae</i> (91)	<i>Chironomidae</i> (47)	<i>Micronecta</i>
2014	<i>Chironomidae</i> (79)	<i>Chironomidae</i> (38)	<i>Cloeon dipterum</i> (31)	<i>Chironomidae</i> (67)
2015	<i>Chironomidae</i> (96)	<i>Chironomidae</i> (33)	<i>Cloeon dipterum</i> (36)	<i>Chironomidae</i> (83)

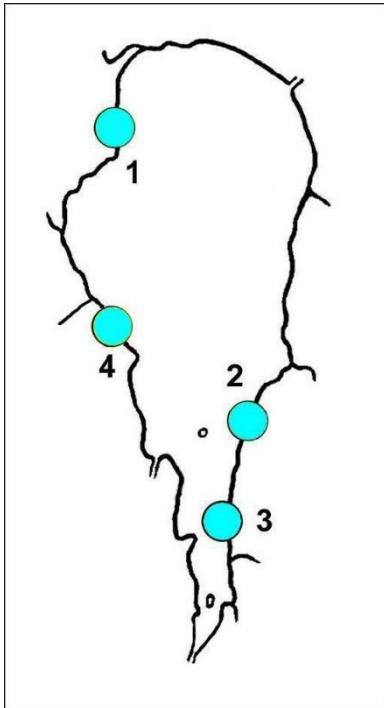
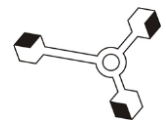


Aasta	1. Valma	2. Sapi	3. Arali	4. Tarvastu
2016	<i>Oligochaeta</i> (56)		<i>Chironomidae</i> (85)	<i>Micronecta</i>
2017	<i>Oligochaeta</i> (44)	<i>Oligochaeta</i> (22)	<i>Cloeon dipterum</i> (45)	<i>Micronecta</i>
2018	<i>Chironomidae</i> (41)	<i>Oligochaeta</i> (18)	<i>Cloeon dipterum</i> (62)	<i>Chironomidae</i> (81)
2019	<i>Chironomidae</i> (85)	<i>Chironomidae</i> (45)	<i>Cloeon dipterum</i> (47)	<i>Chironomidae</i> (86)
2020	<i>Heptagenia</i>	<i>Caenis luctuosa</i>	<i>Chironomidae</i> (57)	<i>Chironomidae</i> (67)
2021	<i>Chironomidae</i> (28)	<i>Caenis luctuosa</i>	<i>Mystacides</i> sp. (34)	<i>Micronecta</i>
2022	<i>Chironomidae</i> (60)	<i>Caenis luctuosa</i>	<i>Cloeon dipterum</i> (43)	<i>Chironomidae</i> (87)
2023	<i>Chironomidae</i> (65)	<i>Caenis</i> spp. (66)	<i>Mystacides</i> sp. (28)	<i>Chironomidae</i> (52)

Valma proovikohas olid põhjas kivid, läheduses leidus roostikku. Seisund oli väga hea (tabel 19, joonis 22). Sapi proovikohas olid põhjas peamiselt kivid, läheduses asusid pillirookogumikud. Kõik indeksid näitasid väga head seisundit. Arali proovikohas oli järvepõhjas liiv ja pilliroodetriit, läheduses oli tihe roostik. Kaks indeksit näitasid väga head, kaks head seisundit, kokkuvõttes on hinnang väga hea. Tarvastu proovikohas oli järvepõhjas peamiselt liivale kogunenud muda, läheduses kasvas tihe roostik. Sellegipoolest oli kolm seisundiindeksit väga heal, üks heal tasemel. Kokkuvõttes oli väga hea seisund.

Tabel 19. Võrtsjärve seisund litoraali suurselgrootute järgi proovipunktides 2023. a. T – taksonirikkus, H' – Shannoni taksonierisus, ASPT – taksoni keskmine tundlikkus, EPT – *Ephemeroptera*, *Plecoptera* ja *Trichoptera* taksonite rikkus. Koondseisund (MMQ) – hinnang 4 indeksi alusel, ÖKS – suhe etalonväärtusesse. Väga hea seisund – sinine, hea seisund – roheline.

Nr	Koht	Põhi	T	H'	ASPT	EPT	MMQ	ÖKS
1	Valma	kivid	23	1,95	5,44	9	20	1
2	Sapi	kivid	21	2,00	5,56	8	20	1
3	Arali	liiv	32	2,90	4,76	6	18	0,9
4	Tarvastu	liiv	30	1,82	5,16	5	19	0,95



Joonis 22. Võrtsjärve litoraali suurselgrootute koond seisund 2023. a.

2.1.8. Veetaimestik

1. Liigiline koosseis. Kokku registreeriti Võrtsjärvel 84 liiki veetaimi (lisa 6), milledest valdav enamus (81) kuulus katteseemnetaimede hõimkonda, mändvetiktaimi oli kaks ja sõnajalgtaimi üks liiki. Prooviruutudes registreeriti kokku 42 erinevat liiki (tabel 20). Liigirikkaimaks osutus kaldaveetaimede vöönd, kus registreeriti 29 liiki taimi, järgnesid veesiseste ja uju- ning ujulehtedega taimede vööndid vastavalt 7 ja 6 liigiga. Seiratud viies suuremas sissevoolus ja ühes väljavoolus registreeriti prooviruutudes 20 liiki taimi (tabel 21), millest 12 kuulus kaldaveetaimestikku, uju- ja ujulehtedega ning veesiseste taimede vööndis oli mõlemas 4 liiki.

2. Liikide esinemissagedus transektidel. Sarnaselt varasemate aastatega domineeris esinemissageduse järgi kaldaveetaimestikus (tabel 20) harilik pilliroog (*Phragmites australis* (Cavan) Trin. ex. Steud), mis registreeriti 29 transektil 31-st; ujulehtedega taimestikust kollane vesikupp – 16 transektil ja veesisestes taimestikust tähk-vesikuusk (*Myriophyllum spicatum* L.) – 26 transektil. Lisaks kohtab kaldaveetaimestikus sagedasti veel järvkaislat (*Schoenoplectus lacustris* L.) ja saledat tarna (*Carex acuta* L.). Uju- ja ujulehtedega taimestikust olid sagedasteks liikideks veel valge vesiroos (*Nymphaea alba* L.) ja vesi-kirburohi (*Polygonum amphibium* L.) ning veesisestes taimestikust läikpenikeel (*Potamogeton lucens* L.). Ka sissevooludes domineerisid veetaimestiku ökoloogilistes vööndites kogu järves tavalised (tabel 21) liigid. Sagedasemad kaasdominandid jõgede suudmete kaldaveetaimestikus olid vesikerss (*Rorippa amphibia* (L.) Besser) ja järvkaisel. Teistes ökoloogilistes vööndites ei saanud seekord kaasdominante välja tuua.



3. Liikide suhteline ohtrus prooviruutudes. Näitaja keskmiste väärtuste järgi (tabel 20) domineeris kaldaveetaimestikus harilik pilliroog, läikviljane luga (*Juncus articulatus* L.) ja sale tarn; uju- ja ujulehtedega võõndis kollane vesikupp ning veesiseses taimestikis kaelus- (*Potamogeton perfoliatus* L.) ja läik-penikeel ning tähk-vesikuusk. Sisesevoolude kaldaveetaimestikus olid suurimad suhtelised ohtrused (tabel 21) harilikul pillirool, saledal tarnal ja järvkaislal. Uju- ja ujulehtedega taimestikis olid teistest ohtramad kollane vesikupp ja valge vesiroos. Veesiseses taimestiku liikidest oli jõgede suudmeis ohtraimad tähk-vesikuusk ja kaelus-penikeel ning räni-kardhein (*Ceratophyllum demersum* L.).

4. Liikide katvus prooviruutudes. Näitaja sõltub taime ehitustüübist ning ohtrusest prooviruudus. Suurimaid katvused (tabel 20) kaldaveetaimestikus kogu järves olid kasteheinal (*Agrostis* sp.) ja harilikul pillirool. Ujulehtedega taimestikis oli suurim katvus kollasel vesikupul ja valgel vesiroosil ning veesiseses taimestikis räni-kardheinal, männas-vesikuusel (*Myriophyllum verticillatum* L.) ja kaelus-penikeelel. Sisesevooludes olid suurimad katvused (tabel 21) kaldaveetaimestikus harilikul pillirool ja saledal tarnal; uju- ja ujulehtedega võõndis valgel vesiroosil ja kollasel vesikupul ning veesiseses taimestikis kaelus-penikeelel.

5. Keskmine võrsete arv ruutmeetril. Kaldaveetaimestikus olid suurimad võrsete tihedused ühel ruutmeetril (tabel 20) kogu järves läikviljasel loal, vesikersil ja saledal tarnal. Ujulehtedega taimestikis oli see näitaja suurim kollasel vesikupul ja valgel vesiroosil ning veesiseses taimestikis hein-penikeelel (*Potamogeton gramineus* L.). Sisesevooludes olid suurimad võrsete tihedused (tabel 21) kaldaveetaimestikus vesikersil, saledal tarnal ja harilikul pillirool; uju- ja ujulehtedega taimestikis valgel vesiroosil ning veesiseses taimestikis räni-kardheinal.

6. Liikide levikusügavused. Vastavalt järve madalale veetasemele augustis levisid paljud kaldaveetaimed kuival maal (tabel 20) ning leviku algus on tabelis tähistatud nulliga. Kaldaveetaimestiku võõndis oli suurim keskmine levikusügavus harulisel jõgitakjal (*Sparganium erectum* L. s.str.), uju- ja ujulehtedega taimestikis kollasel vesikupul ja veesiseses taimestikis tähk-vesikuusel. Sisesevoolude suudmetes olid uju- ja ujulehtedega ja veesiseses taimestikis samad liigid, kaldaveetaimestikus omas suurimat keskmist näitajat järvkaisel (tabel 21).

Tabel 20. Liikide esinemissagedus (F) transektidel, keskmine suhteline ohtrus (A) ja katvus prooviruutudes, võrsete arv ruutmeetril ning leviku sügavuspiirid (sulgudes näitaja minimaalne ja maksimaalne väärtus) Võrtsjärve veetaimestiku ökoloogilistes rühmades 2023. aastal.

Ökoloogiline rühm/Liik	F, %	A, %	Katvus, %	Võrsete arv, m ²	Levikupiirid, m
Kaldaveetaimed					
<i>Equisetum fluviatile</i>	16,1	27,7 (0,8-73,9)	13,9 (3-50)	13,2 (1-51)	0,15 (0-0,6)
<i>Ranunculus lingua</i>	6,5	15,9 (1-30,8)	15 (10-20)	5 (2-8)	0,05 (0-0,1)
<i>Rorippa amphibia</i>	32,3	30,9 (2,8-94,3)	16,5 (5-55)	28,7 (1-215)	0,05 (0-0,4)
<i>Lythrum salicaris</i>	9,7	3,3 (1,2-7,7)	10 (5-20)	1,8 (1-3)	0



Ökoloogiline rühm/Liik	F, %	A, %	Katvus, %	Võrsete arv, m ²	Levikupiirid, m
<i>Hippuris vulgaris</i>	3,2	24,9 (19-30,8)	7,5 (5-10)	8	0,2 (0,1-0,3)
<i>Sium latifolium</i>	22,6	5,6 (0,8-17,2)	7,5 (5-20)	2,1 (1-5)	0,02 (0-0,1)
<i>Calystegia sepium</i>	9,7	22,5 (12,5-36,4)	13,3 (10-20)	7,8 (5-12)	0
<i>Lysimachia vulgaris</i>	25,8	8,3 (0,8-37,9)	9,6 (5-30)	4,4 (1-19)	0
<i>Stachys palustris</i>	22,6	7,7 (1,6-30,8)	8,6 (5-20)	3,3 (1-8)	0,02 (0-0,3)
<i>Solanum dulcamara</i>	9,7	5,5 (2-9,7)	6,7 (5-10)	2 (1-3)	0,05 (0-0,15)
<i>Sagittaria sagittifolia</i>	3,2	6,7	5	1	0,2
<i>Alisma plantago-aquatica</i>	9,7	6,7 (3,2-15,8)	5	2,3 (1-6)	0,08 (0-0,2)
<i>Butomus umbellatus</i>	3,2	13,2	10	9	0,2
<i>Phragmites australis</i>	93,5	64,6 (2,8-100)	42,3 (5-95)	19,5 (3-66)	0,22 (0-1,1)
<i>Glyceria maxima</i>	6,5	18,2 (4,8-41,4)	13,3 (5-30)	5,3 (2-12)	0
<i>Scolochloa festucacea</i>	3,2	40 (25,9-54,2)	12,5 (5-20)	16,5 (7-26)	0
<i>Acorus calamus</i>	3,2	7,7	10	2	0
<i>Sparganium erectum</i>	12,9	20,3 (2,9-100)	20 (5-70)	11 (1-65)	0,46 (0-1)
<i>Typha latifolia</i>	3,2	13,1 (4,4-21,7)	25 (20-30)	4 (3-5)	0,3 (0,2-0,4)
<i>T. angustifolia</i>	25,8	34,1 (2,4-88,9)	24,4 (3-60)	9,1 (1-25)	0,3 (0-1,1)
<i>Schoenoplectus lacustris</i>	45,2	48,5 (5-100)	10,2 (5-30)	21,4 (2-62)	0,28 (0-1,1)
<i>Carex acuta</i>	38,7	51,7 (2,6-98,4)	23,7 (5-60)	37,1 (1-91)	0,01 (0-0,1)
<i>C. pseudocyperus</i>	6,5	21,4 (19,4-23,1)	8,3 (5-10)	8 (7-9)	0
<i>Lysopus europaeus</i>	12,9	6,2 (2,6-13,9)	6,7 (5-10)	2,3 (1-5)	0
<i>Lysimachia thyrsoiflora</i>	6,5	22,8 (17,9-27,8)	12,5 (5-20)	7,5 (5-10)	0
<i>Caltha palustris</i>	3,2	3,6	5	1	0
<i>Juncus articulatus</i>	12,9	61 (29,7-78,8)	6,3 (5-10)	47,5 (11-82)	0
<i>Agrostis sp.</i>	3,2	*	43,3 (30-50)	*	0
<i>Eleocharis acicularis</i>	3,2	31,1	5	14	0,05
Uju- ja ujulehtedega taimed					
<i>Polygonum amphibium</i>	22,6	8,5 (2-23,9)	7,7 (5-20)	5,5 (1-27)	0,02 (0-0,2)
<i>Nymphaea alba</i>	22,6	34,7 (4,4-96)	32,9 (10-90)	6,6 (1-19)	0,59 (0,1-1,1)
<i>N. candida</i>	16,1	17,5 (3,8-45,9)	22,3 (5-50)	5,3 (1-17)	0,66 (0-1,1)
<i>Nuphar luteum</i>	51,6	68 (4-100)	46,6 (5-95)	8,9 (1-30)	0,82 (0,1-1,5)
<i>Hydrocharis morsus-ranae</i>	6,5	13,6 (1,9-25)	3,7 (2-5)	7 (1-10)	0,37 (0,1-0,6)
<i>Potamogeton natans</i>	3,2	8,2 (4,8-11,5)	7,5 (5-10)	1,8 (1-3)	0,8
Veesisesed taimed					
<i>Ceratophyllum demersum</i>	12,9	39,8 (2,1-100)	16,8 (5-60)	5,6 (1-76)	0,95 (0,5-1,15)
<i>Myriophyllum spicatum</i>	83,9	97,6 (2,7-100)	6,4 (5-30)	1,5 (1-9)	1,57 (0,4-2,2)
<i>M. verticillatum</i>	19,4	29,9 (2,2-100)	13,8 (5-50)	4,1 (1-48)	0,83 (0,3-1,2)
<i>Potamogeton lucens</i>	32,3	81,1 (8,5-100)	10,8 (5-40)	0,9 (1-3)	1,32 (0,6-2,5)
<i>P. perfoliatus</i>	9,7	100	13 (5-20)	3,9 (1-7)	1 (0,4-1,8)
<i>P. gramineus</i>	16,1	20,5 (20,8-70,7)	9,3 (5-30)	12,6 (1-58)	0,05 (0-0,2)
<i>Hottonia palustris</i>	3,2	12,5	10	4	0

*- näitaja määramata, võrsete arv loendamatu.



Tabel 21. Liikide esinemissagedus (F) transektidel, keskmine suhteline ohtrus (A) ja katvus prooviruutudes, võrsete arv ruutmeetril ning leviku sügavuspiirid (sulgudes näitaja minimaalne ja maksimaalne väärtus) Võrtsjärve sissevooludes ja väljavoolus veetaimestiku ökoloogilistes rühmades 2023. aastal.

Ökoloogiline rühm/Liik	F, %	A, %	Katvus, %	Võrsete arv, m ²	Levikupiirid, m
Kaldaveetaimed					
<i>Ranunculus lingua</i>	16,7	1	10	2	0
<i>Rorippa amphibia</i>	66,7	31 (2,8-94,3)	20 (5-55)	54,1 (1-215)	0,03 (0-0,15)
<i>Sium latifolium</i>	33,3	4,1 (0,8-10,6)	6,3 (5-10)	2,3 (1-5)	0
<i>Calystegia sepium</i>	16,7	25,7 (17-34,3)	15 (10-20)	10 (8-12)	0
<i>Lysimachia vulgaris</i>	16,7	6,8 (2-22,1)	9,2 (5-20)	4,8 (1-19)	0
<i>Stachys palustris</i>	16,7	5,8 (2,9-9,8)	9,2 (5-20)	3,3 (1-7)	0
<i>Solanum dulcamara</i>	33,3	5,8 (2-9,7)	7,5 (5-10)	2 (1-3)	0,08 (0-0,15)
<i>Phragmites australis</i>	100	64,5 (2,8-100)	48,9 (5-95)	24,6 (5-66)	0,2 (0-1)
<i>Schoenoplectus lacustris</i>	50	35,8 (7,1-60,4)	9,2 (5-30)	14,5 (8-32)	0,13 (0-0,3)
<i>Carex acuta</i>	16,7	49,7 (23,5-66,7)	16,3 (5-30)	43 (12-84)	0
<i>Lysopus europaeus</i>	16,7	6,4	5	3	0
<i>Eleocharis acicularis</i>	16,7	31	5	14	0,05
Uju- ja ujulehtedega taimed					
<i>Polygonum amphibium</i>	33,3	6,9 (2-13)	8,3 (5-20)	7,5 (1-27)	0
<i>Nymphaea alba</i>	16,7	29,2 (19,2-37,3)	25 (10-50)	11,8 (5-19)	0,29 (0,1-0,7)
<i>Nuphar luteum</i>	50	61,2 (4-100)	17,3 (5-60)	5,5 (1-30)	0,70 (0,2-1,5)
<i>Hydrocharis morsus-rana</i>	16,7	1,9	5	1	0,1
Veesisesed taimed					
<i>Ceratophyllum demersum</i>	16,7	59,4	30	76	0,5
<i>Myriophyllum spicatum</i>	100	100	6,7 (5-30)	1,7 (1-9)	1,63 (0,4-2,1)
<i>Potamogeton perfoliatus</i>	16,7	100	15 (10-20)	5 (5-6)	0,45 (0,4-0,5)
<i>P. gramineus</i>	16,7	6,7	5	3	0,05

7. Mahu täituvuse protsent (PVI). Ujulehtedega ning veesise taimestiku iseloomustamiseks arvatav näitaja oli prooviruutudes kogu järves keskmiselt 16,7 %, varieerudes 5-38 %.

8. Kaldaveetaimestiku vööndi laius. Keskmine vööndi laius oli 94,7 m, varieerudes 0 kuni 275 m.

9. Ökoloogiline seisund. Aastal 2023 oli järve seisund veetaimestiku alusel vanema süsteemi järgi kesine (ÖKS=0,56) (tabel 6), põhjuseks tähk-vesikuuse domineerimine veesiseses taimestikus.

2.1.9. Fütobentos

Võrtsjärve neljast proovipunktist määrati 2023. a 80 taksonit bentilisi ränivetikaid, millest 21 taksonit esines kõigis proovides ja 29 taksonit leiti ainult ühes uurimiskohas (lisa 7, tabel 1). Valma proovikoha setetes domineerisid kruus ja kivid. Vesi oli sogane ja veeseis oli madal. Suurtaimedest leidis harilikku pilliroogu ja järvkaislat. Proovist määrati 55 taksonit bentilisi ränivetikaid, dominant ei eristunud, arvukamalt esines *Fragilaria construens*. Kuna kõik kolm ränivetikaindeksit näitasid head seisundit, saab kokkuvõttes seisundi lugeda heaks (tabel 22). Sapi proovikohas domineerisid setetes kivid. Eemal



oli näha pillirookogumikke. Veeseis oli madal, vesi sogane. Proovist määrati 51 taksonit bentilisi ränivetikaid, dominant ei eristunud. Arvukalt olid esindatud *Achnanthes minutissima s.l.* ja *Mastogloia smithii*. Indeksitest näitasid IPS ja WAT head ja TDI väga head seisundit, kokkuvõttes võib seisundi lugeda heaks. Arali proovikohas oli veeseis madal ning järvepõhi oli liivane, kus esines ka väiksemaid kive. Läheduses oli tihe roostik. Suurtimeedest esinesid veel järvkaisel ja kamm-penikeel. Arali seirepunktis määrati 44 taksonit bentilisi ränivetikaid, dominant ei eristunud. Arvukalt olid esindatud *Achnanthes minutissima s.l.*, *Amphora pediculus* ja *Fragilaria construens*. Ränivetikaindeksitest näitas IPS väga head ja WAT ning TDI head seisundit. Kokkuvõttes võib seisundi lugeda heaks. Tarvastu polderi proovikohas domineeris setetes liiv, leitud ka üksikuid kive. Läheduses laius pilliroog, esines veel järvkaislat, harilikku kuuskheina, luigelille ja alssi. Veeseis oli madal ja vesi sogane. Proovist määrati 33 taksonit bentilisi ränivetikaid, domineeris *Achnanthes minutissima s.l.* ja *Fragilaria construens* ning *F. construens* var. *venter* esinesid arvukalt. Indeksitest näitasid IPS ja TDI väga head seisundit ja WAT head seisundit. Kokkuvõttes saab seisundi lugeda väga heaks.

Tabel 22. Võrtsjärve ökoloogilise seisundi hinnang fütobentose indeksite põhjal 2023. a

Punkt/Näitaja	Taksonite arv	IPS	IPS ÖKS	WAT	WAT ÖKS	TDI	TDI ÖKS	FÜBE ÖKS	Koond- hinnang
Valma	55	15.2	0.84	12.2	0.65	52.4	0.73	0.74	hea
Sapi	51	14.4	0.79	12.5	0.67	42.8	0.88	0.78	hea
Arali	44	15.7	0.86	13.4	0.72	55.0	0.69	0.76	hea
Tarvastu	33	16.4	0.90	14.2	0.76	38.8	0.94	0.87	väga hea

2.1.10. Ökoloogilise seisundi koondhinnang

Järvetüübi S6, mida esindab Võrtsjärv, ökoloogilise seisundi hindamisel vastavalt kehtivale määrusele arvestatakse füüsikalise-keemiliste näitajatega ning kolme bioloogilise kvaliteedielemendiga – fütoplankton, fütobentos ja suurselgrootud. Neljast kvaliteedielemendist näitasid kolm head ja üks väga head järve seisundit (tabel 23). Võrtsjärve ökoloogilise seisundi koondhinnang 2023. a. on hea. Hinnang vesikonnaspetsiifiliste saasteainete alusel on halb

Tabel 23. Võrtsjärve ökoloogilise seisundi kvaliteedielemntide hinnagud ja järve seisundi koondhinnang 2023. a. keskkonnaministri määruse nr 19 §17 lg 4 järgi.

Järv	FÜKE	Fütoplankton	Fütobentos	Suurselgrootud	VSPETS	Koondhinnang
Võrtsjärv						



2.2. Keemiline seisundi koondhinnag

Keemilise seisundi (KESE) kvaliteedinäitajad. Võrtsjärve keemilise seisundi hindamiseks määrati 2023. aastal KKM määruses nr. 28 toodud prioriteetsete ained, prioriteetsed ohtlikud ained ja teatavad muud saasteained seirepunktide 2 ja 7 veeproovidest 4 korda aastas (veebruar, aprill, august, oktoober) ning 1 kord aastas põhjasettest. Elustiku proovid koguti 1 kord aastas. Elustikuproovide tulemused on koondatud seirepunkti 2 alla.

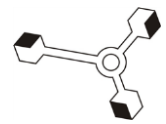
Tabelites 24 ja 25 on toodud keemilise seisundi survet põhjustavad kvaliteedinäitajad seirepunktide kaupa. **Võrtsjärv on 2023. aasta seiretulemuste alusel halvas keemilises seisundis.** Halba keemilist seisundit põhjustab **elavhõbe elustikus**. Kokku on üle määramispiiri mõlema seirepunkti üleselt 17 keemilise seisundi kvaliteedinäitajat.

Tabel 24. Võrtsjärve seirepunkti 2 keemilise seisundi survet põhjustavad kvaliteedinäitajad 2023. aasta seireandmete alusel.

Nr	Aine nimetus	CASi number	Vesi (aasta keskmine) µg/l	Vesi (max sisaldus) µg/l	Elustik µg/kg	Sete µg/kg KA
5	Bromodifenüüleetrid	32534-81-9	NA	NA	0.0036	0
6	Kaadmium (Cd)	7440-43-9	0.0073	0.014	50	290
9	Kloropürifoss	2921-88-2	0.00025	0.0010	0	0
12	Di-2-etüülheksüülfataat	117-81-7	0.15	< 0.30	< 30	70
15	Fluoranteen	206-44-0	0.00050	< 0.0010	< 5.0	16
18	Heksaklorotsükloheksaan	608-73-1	0.00010	0.00030	0	0
20	Plii (Pb)	7439-92-1	0.066	0.19	< 50	11000
21	Elavhõbe (Hg)	7439-97-6	0.0025	< 0.0050	44	38
22	Naftaleen	91-20-3	0.0025	< 0.0050	< 5.0	6.1
23	Nikkel (Ni)	7440-02-0	0.23	0.31	< 50	12000
28	Benso(b)fluoranteen	205-99-2	0.0025	< 0.0050	< 5.0	16
28	Benso(k)fluoranteen	207-08-9	0.0025	< 0.0050	< 5.0	13
28	Benso(g,h,i)perüleen	191-24-2	0.00020	< 0.00040	< 5.0	14
28	Indeno(1,2,3-cd)püreen	193-39-5	0.0018	0.0040	< 5.0	6.7
31	Triklorobenseenid	12002-48-1	0.0083	0.028	0	0
40	Tsübutriin	28159-98-0	0.00028	0.00050	< 1.0	< 0.50

Tabel 25. Võrtsjärve seirepunkti 7 keemilise seisundi survet põhjustavad kvaliteedinäitajad 2023. aasta seireandmete alusel.

Nr	Aine nimetus	CASi number	Vesi (aasta keskmine) µg/l	Vesi (max sisaldus) µg/l	Elustik µg/kg	Sete µg/kg KA
6	Kaadmium (Cd)	7440-43-9	0.0050	< 0.010	NA	580
12	Di-2-etüülheksüülfataat	117-81-7	0.15	< 0.30	NA	160
15	Fluoranteen	206-44-0	0.00050	< 0.0010	NA	46
20	Plii (Pb)	7439-92-1	0.068	0.090	NA	23000
21	Elavhõbe (Hg)	7439-97-6	0.0025	< 0.0050	NA	80
22	Naftaleen	91-20-3	0.0025	< 0.0050	NA	16
23	Nikkel (Ni)	7440-02-0	0.34	0.47	NA	17000
28	Benso(a)püreen	50-32-8	0.00050	< 0.0010	NA	15
28	Benso(b)fluoranteen	205-99-2	0.0025	< 0.0050	NA	36
28	Benso(k)fluoranteen	207-08-9	0.0025	< 0.0050	NA	68
28	Benso(g,h,i)perüleen	191-24-2	0.00020	< 0.00040	NA	57
28	Indeno(1,2,3-cd)püreen	193-39-5	0.0010	< 0.0020	NA	19
31	Triklorobenseenid	12002-48-1	0.0035	0.014	NA	0



Elavhõbeda sisaldus elustikus on jäänud aastatel 2016-2023 (seire toimus 2016, 2018, 2019, 2023) vahemikku 44-70 µg/kg. Selleks, et hinnata saasteainete muutusi ajas, ei piisa kahe korra tulemustest. Muutuste korrektseks hindamiseks oleks vaja vähemalt 5 mõõtmist pikema perioodi jooksul.

3. Kvaliteedinäitajate ajalised muutused

3.1. Füüsikalis-keemilised kvaliteedinäitajad

Joonistel 23-25 on toodud seirejaamade kaupa Võrtsjärve augusti pH väärtused, üldfosfori ja üldlämmastiku sisaldused ning vee läbipaistvused aastatel 2009-2023 koos seirejaama analüüsitulemuste aritmeetiliste keskmistega. 2017-2018 ja 2020-2021. aasta augustis toimus seire Võrtsjärve kolmes seirejaamas, 2023. aastal viies seirejaamas. Joonistel on toodud seirejaamad järjestusega põhjast lõunasse. Lisatud on seisundiklasside piirid.

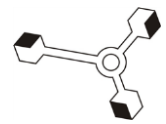
2009-2023 augusti pH väärtuste keskmine oli väga heas ökoloogilises seisundiklassis seirejaamas 8 ja heas ökoloogilises seisundiklassis seirejaamas 9. Ülejäänud seirejaamades jäi pH kesisesse ökoloogilisse seisundiklassi (joonis 23). Vaadeldud aastatel halba ega väga halba ökoloogilisse seisundiklassi jäänud pH väärtusi ei olnud.

Võrtsjärve kümne seirejaama keskmine pH oli 2010. ja 2022. aastal heas, ülejäänud aastatel jäid väärtused kesisesse ökoloogilisse seisundiklassi. 2017., 2018., 2020. ja 2021. aasta kolme seirejaama keskmine pH väärtus jäi heasse ökoloogilisse seisundiklassi. 2023. aastal jäi viie seirejaama keskmine pH väärtus heasse ökoloogilisse seisundiklassi.

Jõgede suudmealade lähedal olevates seirejaamades on viimasel aastatel esinenud üldN ja üldP kontsentratsioonide tõuse (joonised 24 ja 26). Arvestades, et Võrtsjärve puhul on tegu suhteliselt madala järvega, on see igati ootuspärane. Kõige väiksemad kontsentratsioonide kõikumised esinevad seirejaamas 10.

2009-2023. aastate augustikuu keskmised üldfosfori sisaldused olid Võrtsjärve seirejaamades peamiselt heas ökoloogilises seisundiklassis (seirejaama nr. 7 keskmine on kesise seisundiklassi piiril) (joonis 24). Halba ökoloogilisse seisundiklassi jäi ainult 2010. aasta üldfosfori sisaldus seirejaamas nr. 8 (0,093 mg/l, joonis 24). Võrtsjärve suubuvas Väike-Emajõe Pikasilla lävendis oli 2010. aasta keskmine üldfosfori sisaldus 0,057 mg/l.

Võrtsjärve kümne seirejaama keskmine üldfosfori sisaldus oli 2013. aastal 0,061 mg/l (kesine ökoloogiline seisundiklass), teistel aastatel vahemikus 0,039-0,055 mg/l (hea ökoloogiline seisundiklass). Kolme seirejaama keskmised üldP sisaldused (2017., 2018., 2020. ja 2021. aastal) olid



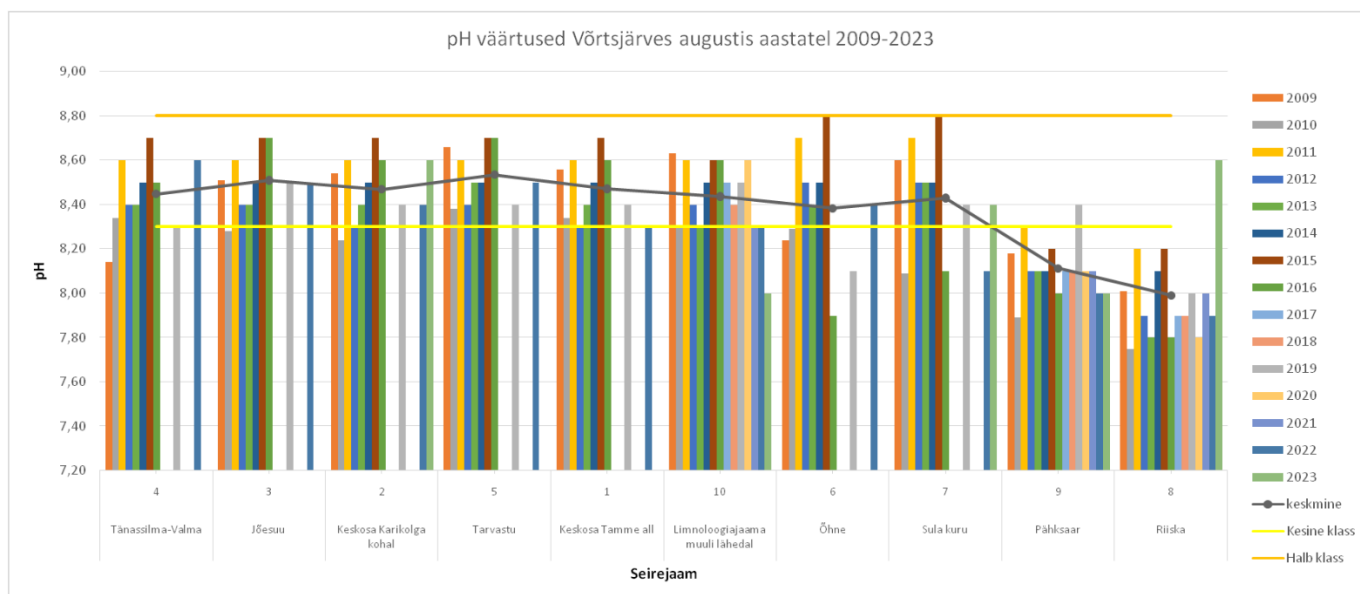
heas ökoloogilises seisundiklassis. 2023. aasta viie seirejaama keskmine üldfosfori sisaldus oli heas ökoloogilises seisundiklassis.

Võrtsjärve lõunapoolsete seirejaamade 8 ja 9 2009-2023. aastate üldlämmastiku sisalduste keskmised jäid väga heasse ökoloogilisse seisundiklassi. Ülejäänud seirejaamade üldlämmastiku keskmised sisaldused jäid heasse ökoloogilisse seisundiklassi (joonis 25). 2016. aastal saadi seirejaamades nr. 6 ja 8 kesisesse klassi jäänud üldlämmastiku sisaldused (mõlemas 1,7 mg/l). Mõju avaldas tõenäoliselt jõgedest tulev koormus – Võrtsjärve suubuvates Õhne jões Suislepast allavoolu ja Väike-Emajões Pikasilla lävendis olid üldN keskmised 1,8 mg/l. Ülejäänud aastate keskmised üldlämmastiku kontsentratsioonid on olnud heas ja väga heas ökoloogilises seisundiklassis (joonis 25).

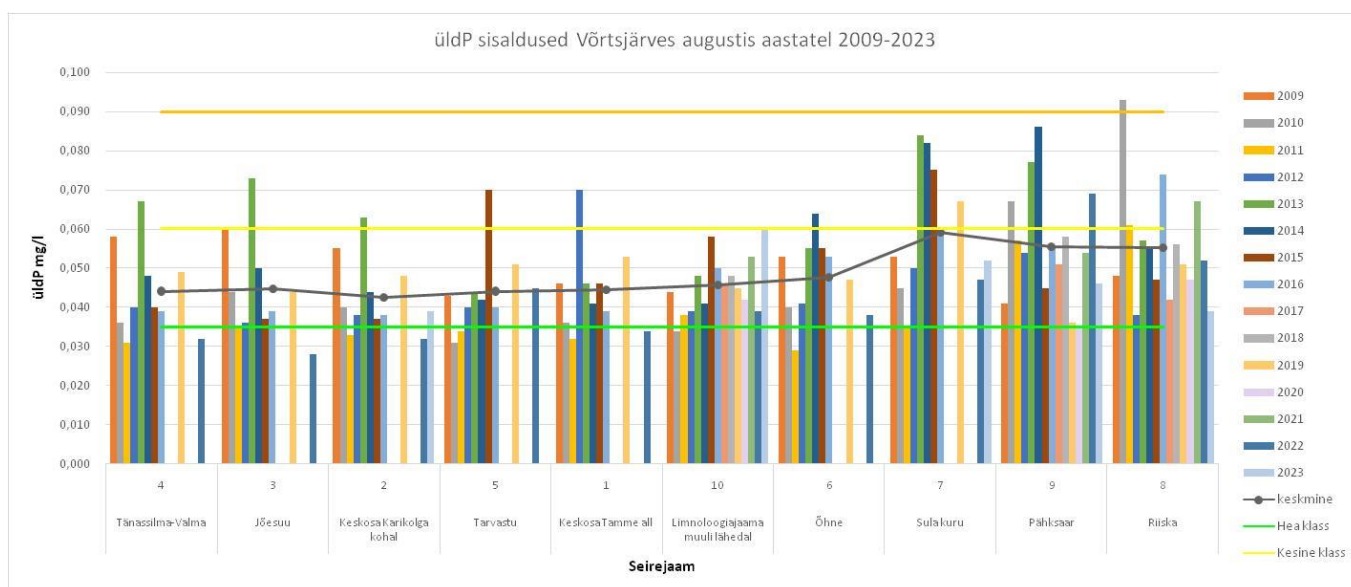
Perioodil 2009-2023 oli Võrtsjärve kümne seirejaama keskmine üldlämmastiku sisaldus heas ökoloogilises seisundiklassis aastatel 2010, 2012-2013, 2015-2016, 2019 ja 2022 ning väga heas ökoloogilises seisundiklassis aastatel 2011, 2014, 2017, 2018, 2020, 2021 ja 2022 (2017, 2018, 2020 ja 2021 kolme seirejaama keskmised). 2023. aasta viie seirejaama keskmine üldlämmastiku sisaldus oli heas ökoloogilises seisundiklassis.

2009-2023. aastate augustikuu keskmised vee läbipaistvused olid lõunapoolsetes seirejaamades 8 ja 9 väga heas ökoloogilises seisundiklassis, teistes seirejaamades kesises ökoloogilises seisundiklassis (joonis 26). Sel perioodil varieerus Võrtsjärve vee läbipaistvus kümne või kolme seirejaama keskmise järgi kesisest väga hea klassini. 2023. aasta viie seirejaama keskmine vee läbipaistvus oli heas ökoloogilises seisundiklassis.

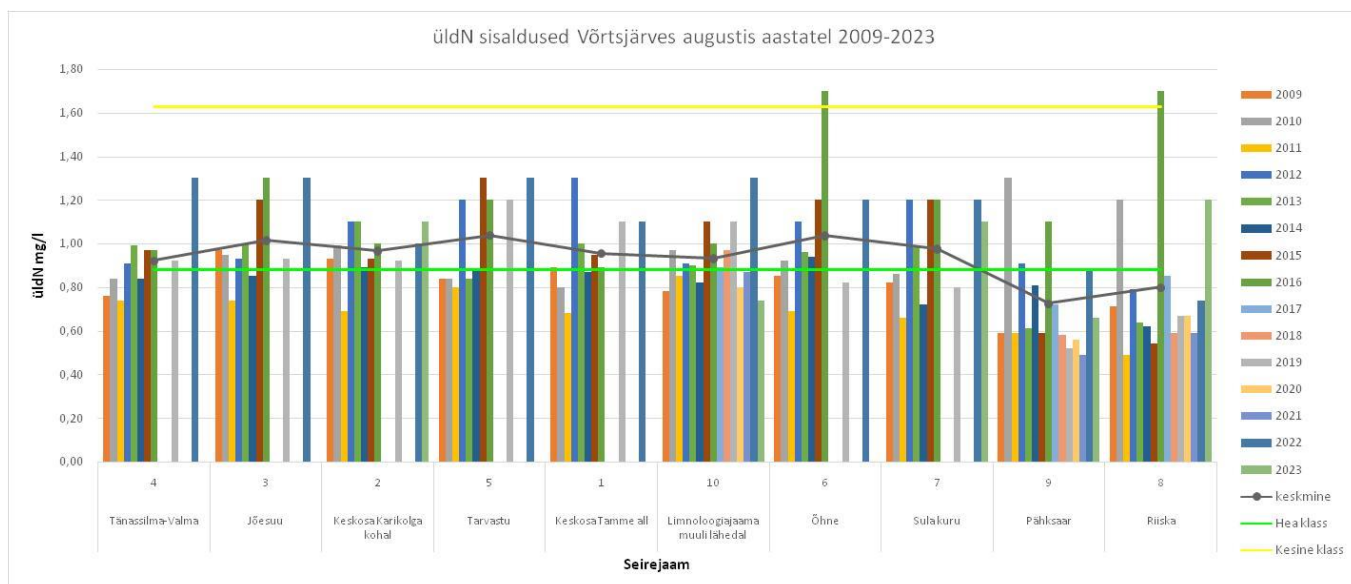
Perioodil 2009-2023 oli Võrtsjärve vee läbipaistvus 10. punkti juuli ja augusti keskmise näitaja järgi väga halvas ökoloogilises seisundiklassis 2009; halvas 2012, 2017, 2018, 2019; kesises 2010, 2013-2016 ja 2020-2021; heas 2011, 2022-2023.



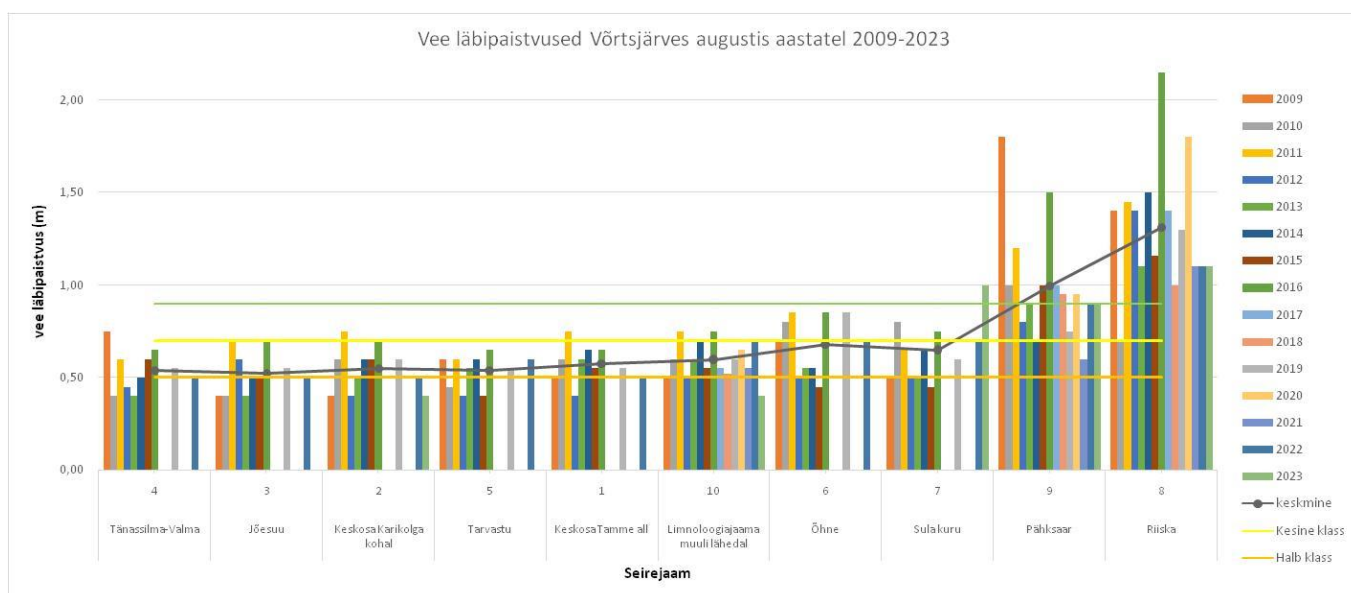
Joonis 23. pH väärtused Võrtsjärves augustis aastatel 2009 – 2023.



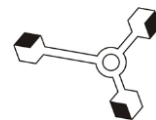
Joonis 24. Üldfosfori sisaldused Võrtsjärves augustis aastatel 2009 – 2023.



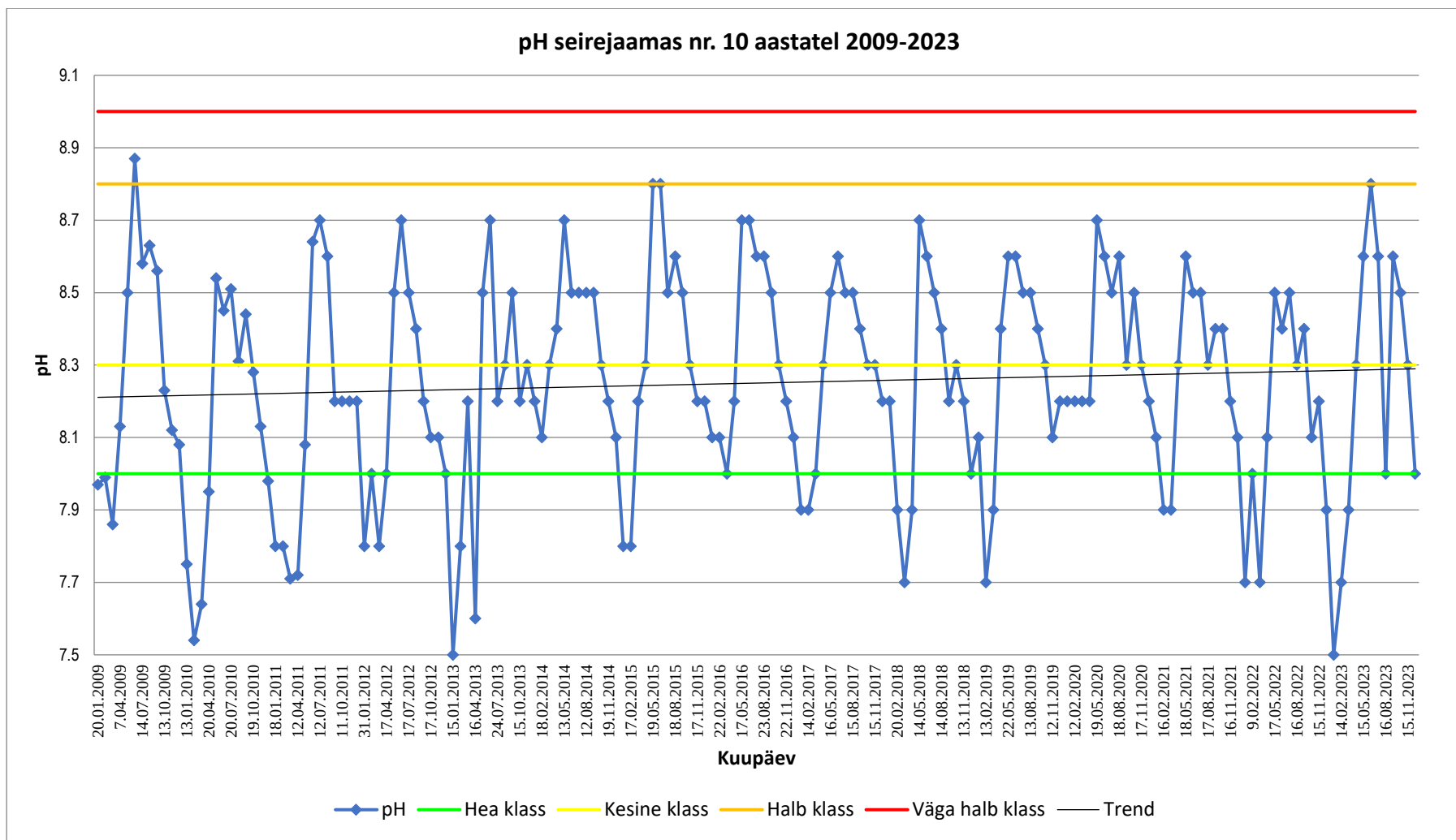
Joonis 25. Üldlämmastiku sisaldused Võrtsjärves augustis aastatel 2009 – 2023.



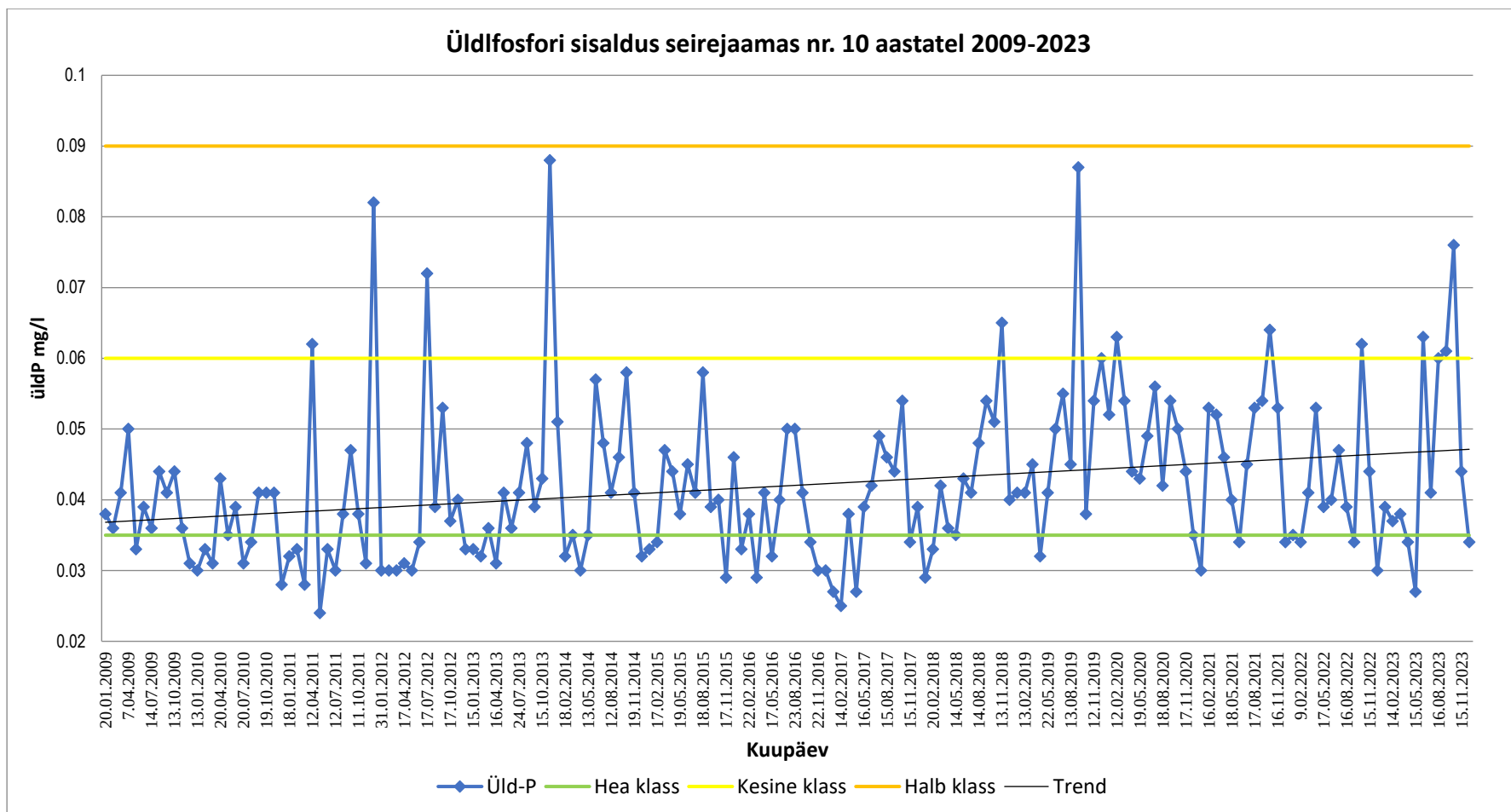
Joonis 26. Vee läbipaistvus Võrtsjärves augustis aastatel 2009 – 2023.



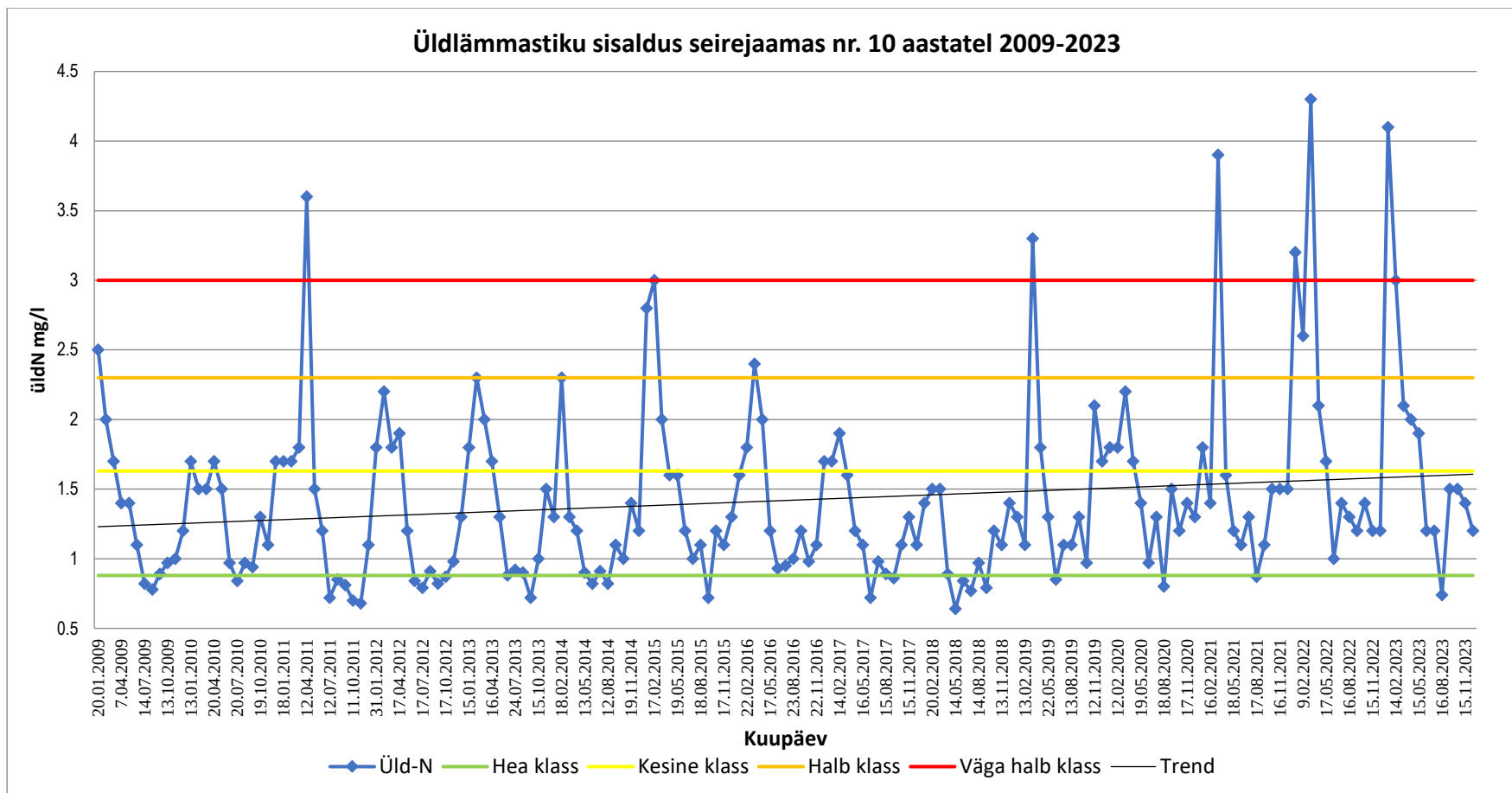
Joonistel 27-30 on toodud Võrtsjärve seirejaama nr. 10 (Limnoloogiajaama muuli lähedal) igakuised pH väärtused, üldfosfori ja üldlämmastiku sisaldused ning vee läbipaistvused Secchi kettaga alates 2009. aastast.



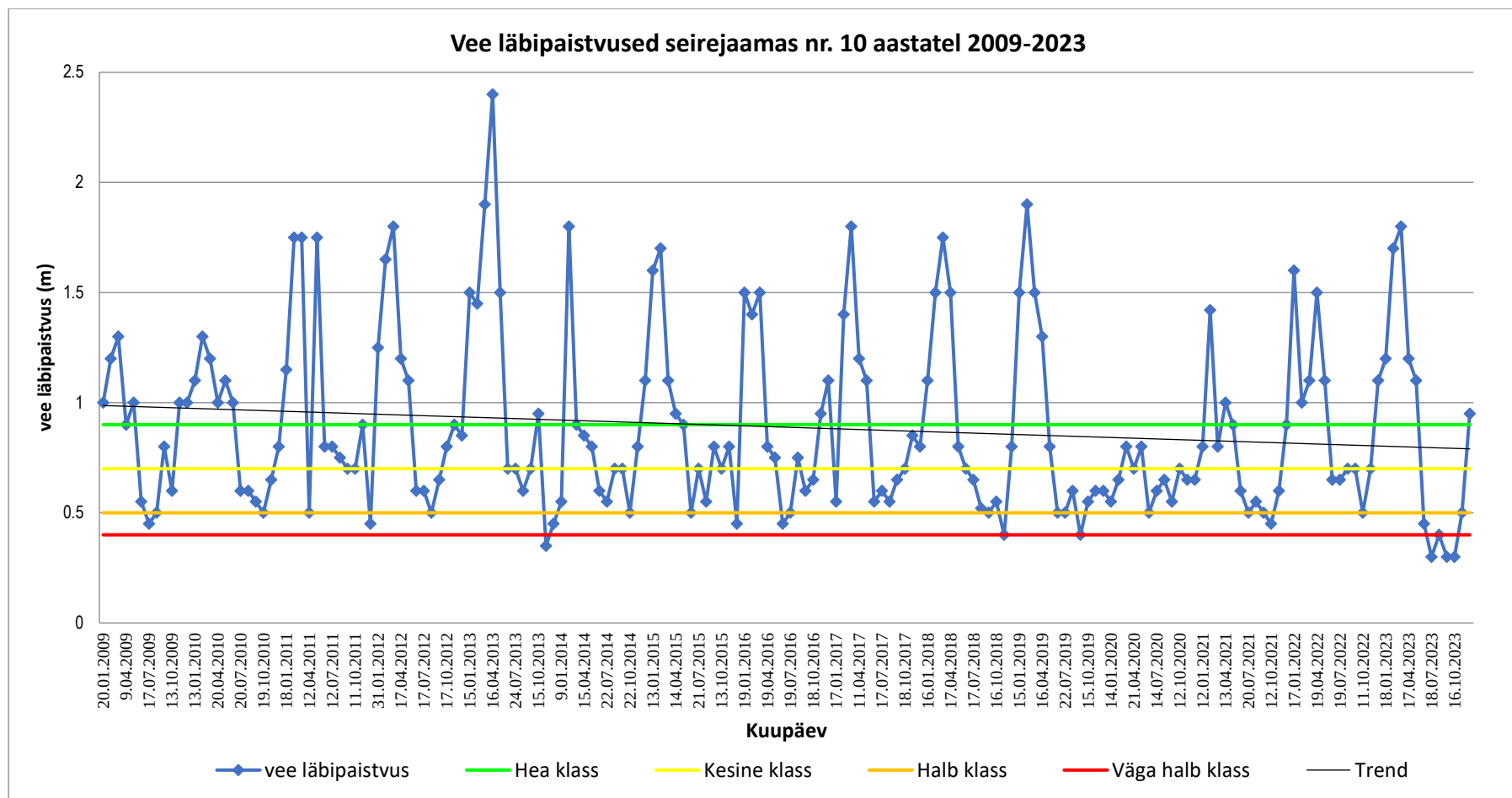
Joonis 27. Igakuised pH väärtused Võrtsjärve seirejaamas nr. 10 aastatel 2009-2023.



Joonis 28. Üldfosfori igakuised väärtused Vörtsjärve seirejaamas nr. 10 aastatel 2009-2023.



Joonis 29. Üldfosfori igakuised väärtused Võrtsjärve seirejaamas nr. 10 aastatel 2009-2023.



Joonis 30. Vee läbipaistvused Võrtsjärve seirejaamas nr. 10 aastatel 2009-2023.



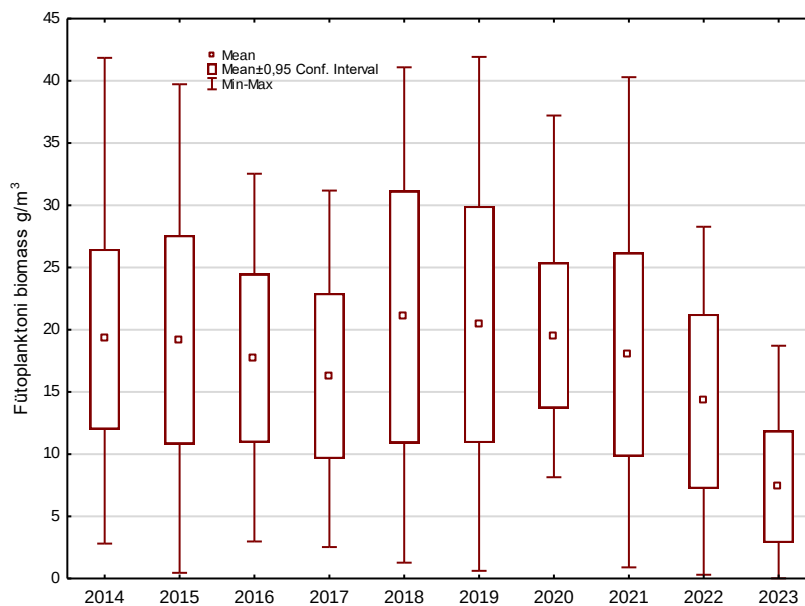
3.2. Vesikonnaspetsiifilised saasteained

Vesikonnaspetsiifilisi saasteaineid on seiratud 2016, 2017, 2019, ja 2023. aastal. 2016. aastal VSPETS osas piirnormi ületamisi ei esinenud. 2017. aastal oli VSPETS osaline hinnang hea. 2019. aastal oli seisund halvas klassis, mille põhjustas aasta keskmist piirväärtust ületanud baariumi kontsentratsioon vees. 2023. aastal oli halva seisundi põhjuseks tsiingi piirnormi ületamine veeproovides.

KOSPETS-i osas on kõigil seiratud aastatel olnud järvele oluline saasteainete surve: rohkem kui viie saasteaine osas on esinenud üle määramispiiri tulemusi, esinenud on PNEC väärtuste ületamisi settes.

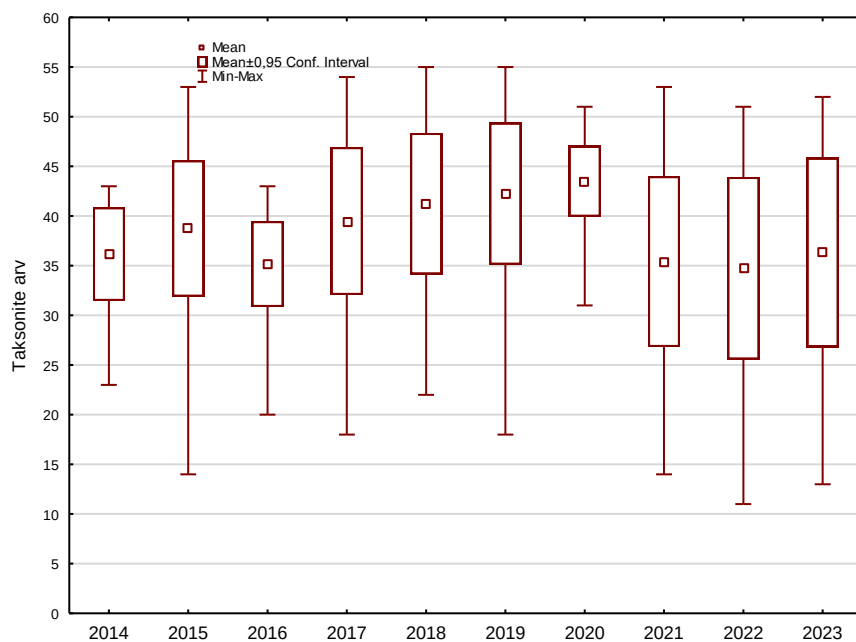
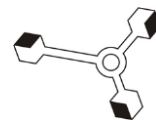
3.3. Fütoplankton ja pigmendid

Alljärgnevalt võrreldakse Võrtsjärve igakuise seirepunkti (punkt 10) fütoplanktoni näitajaid viimase kümne aasta (2014-2023) jooksul. Fütoplanktoni biomassi aritmeetilised keskmised on langenud alates 2020. aastast (joonis 31).



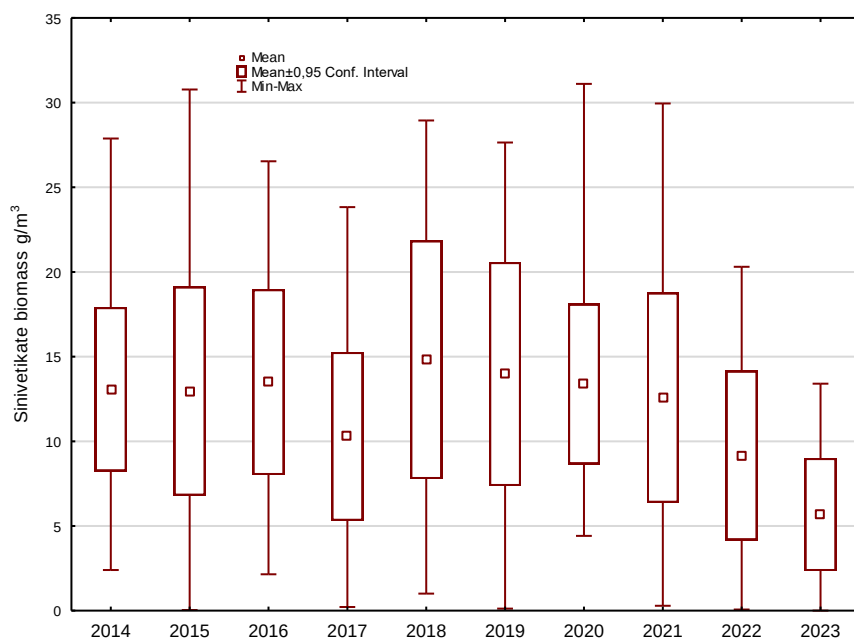
Joonis 31. Fütoplanktoni biomass (g/m^3) Võrtsjärves (punkt 10) aastatel 2014-2023.

Fütoplanktoni liigirikkuse muutused on olnud viimase kümne aasta jooksul väikeste tõusude- ja langustega, 2023.a. liigirikkus mõnevõrra tõusis (joonis 32).



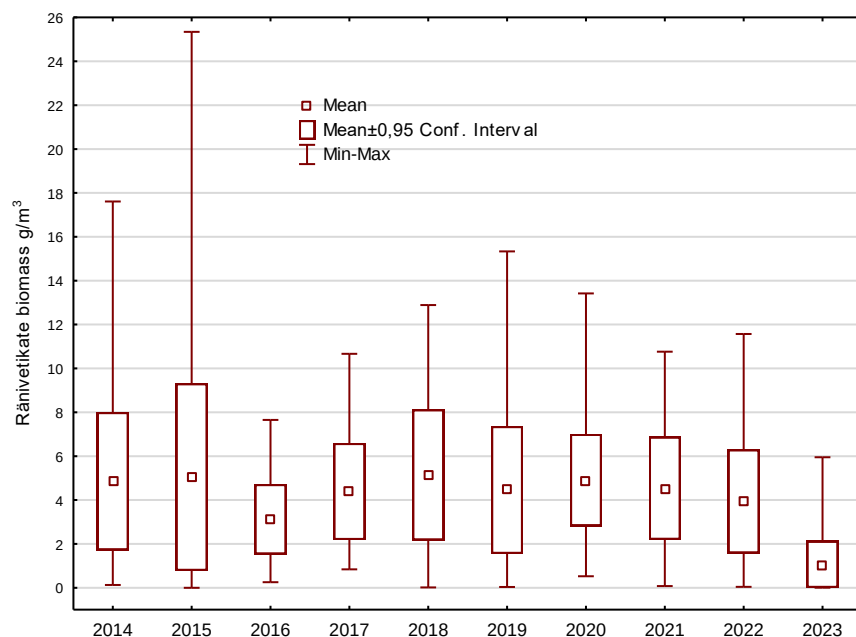
Joonis 32. Taksonite arv Võrtsjärves (punkt 10) aastatel 2014-2023.

Sinivetikate biomassi väärtustes on esinenud viimase kümne aasta jooksul väikesi tõuse ja langusi, kuid alates 2020.a. on aritmeetiline keskmine langenud (joonis 33).



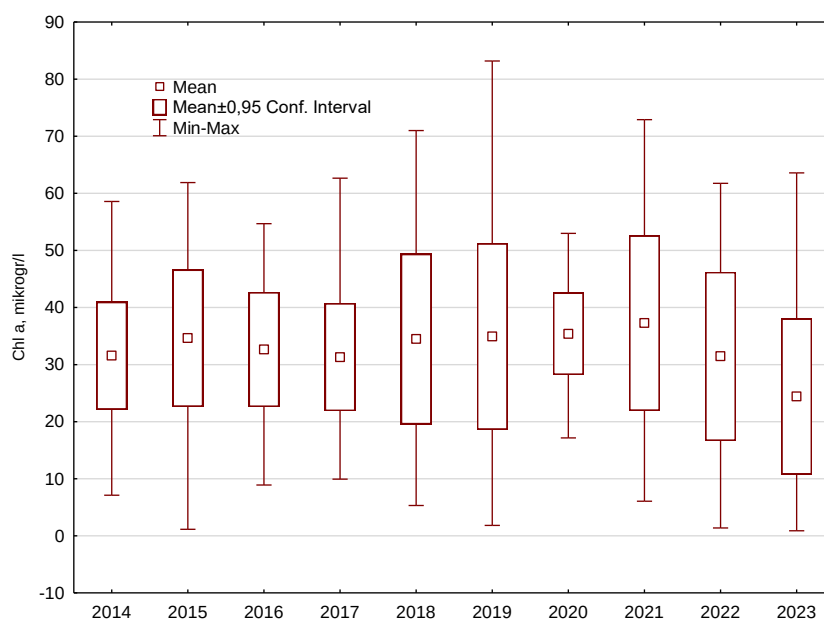
Joonis 33. Sinivetikate biomass (g/m^3) Võrtsjärves (punkt 10) aastatel 2014-2023.

Ränivetikate biomassi kõikumised on olnud suhteliselt väikesed, kuid 2023.a. oli ränivetikate keskmine biomass viimase kümne aasta väikseim (joonis 34).



Joonis 34. Ränivetikate biomass (g/m^3) Võrtsjärves (punkt 10) aastatel 2014-2023.

Chl *a* sisaldus on langenud alates 2022. aastast (joonis 35).

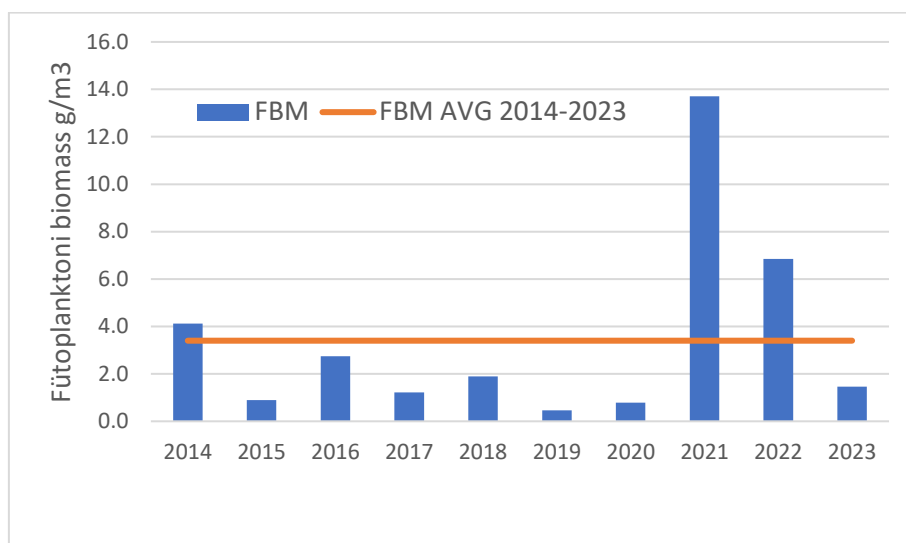


Joonis 35. Chl *a* ($\mu\text{g/l}$) Võrtsjärves (punkt 10) aastatel 2014-2023.

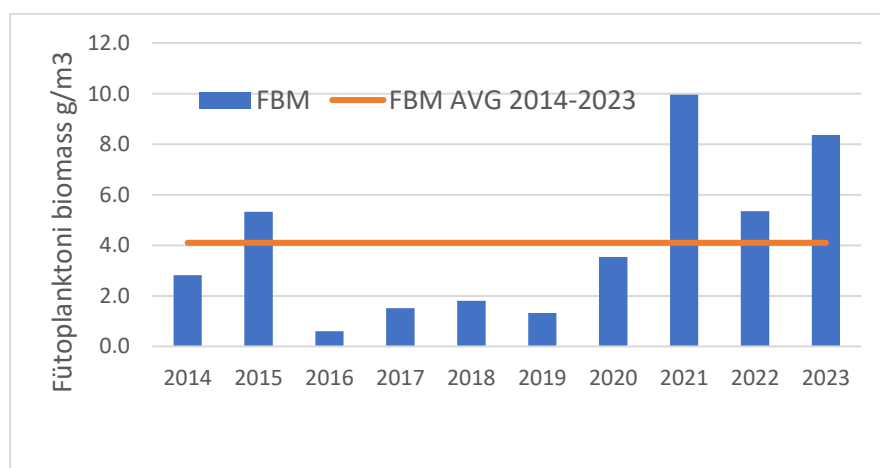
Litoraali fütoplanktoni biomassi suur varieeruvus aastate lõikes on ootuspärane: mõlema proovipunkti suhteline isoleeritus järve avaosast on kujundanud eripärase ökonišši, kus fütoplanktoni kooslus on rikastunud nii epifüütsete kui bentiliste vetikaliikidega. Tuulte eest varjatud piirkonnas sõltub koosluse struktuur ühelt poolt muutlikest hüdroloogilistest ja -keemilistest faktoritest, teiselt poolt veesisestest taimedest. Kümne viimase aasta jooksul on domineerinud erinevad vetikaliigid. 2023.a. oli Pähksaare juures fütoplanktoni biomass (FBM) ($1,5 \text{ g/m}^3$), mis jäi väiksemaks pikaajalisest keskmisest (FBM AVG)



(3,4 g/m³, joonis 36). Riiskas ületas 2023.a. biomass (8,4 g/m³) pikaajalist keskmist (4,1 g/m³) üle kahe korra (joonis 37).



Joonis 36. Augustikuisse fütoplanktoni biomass (g/m³) Pähksaare juures (P.9) aastatel 2014-2023.



Joonis 37. Augustikuisse fütoplanktoni biomass (g/m³) Väikese Emajõe suudmealal, Riiskal (punkt 8) aastatel 2014-2023.

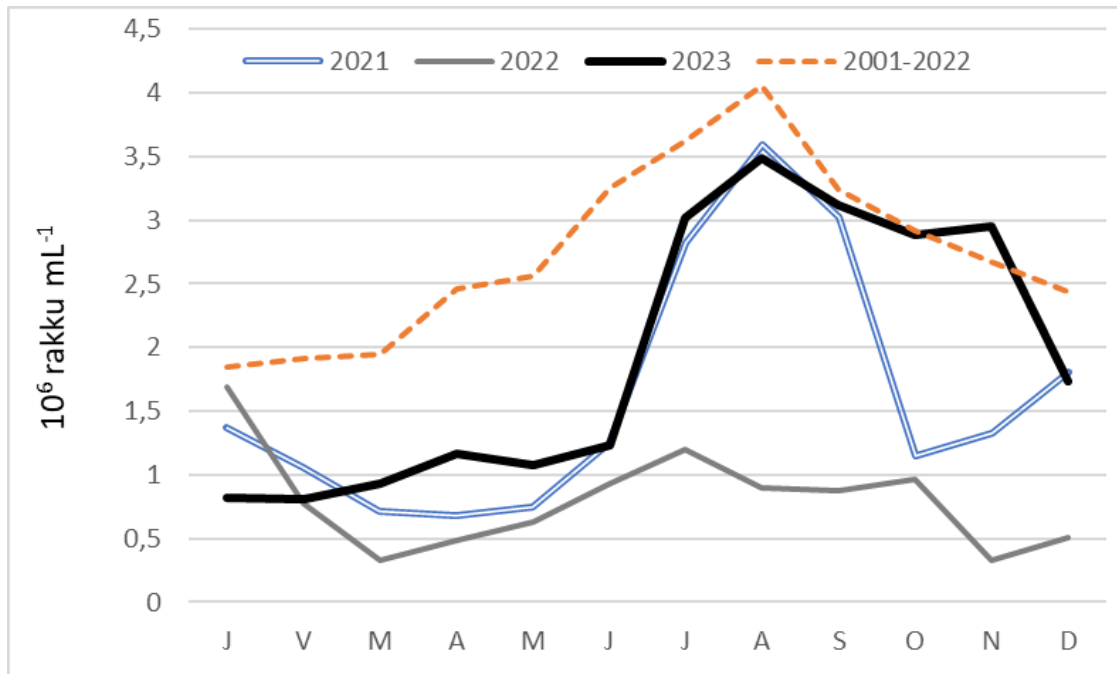
3.3. Bakterplankton

Bakterite üldarv jäi 2023. aastal vahemikku 0,81-3,49 miljonit rakku/ml ning sarnanes nii üldarvukuse vahemiku kui sesoonse dünaamika poolest 2021. aastale (bakterite üldarv 0,7-3,6 miljonit rakku/ml)⁶¹. Sarnaselt 2021. aasta dünaamikale esines tavapärane kevad-talvine bakterite üldarvukuse miinimum ja suvine üldarvukuse maksimum (joonis 38). Aastal 2022 tavapärane bakterite üldarvu suvine maksimum puudus ning arvukused püsisid juulist oktoobrini äärmiselt madalal tasemel ning jäid

⁶¹ Võrtsjärve hüdrobioloogiline seire ja uuringud 2021. Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituut. Tartu 2022.



vahemikku 0,3-1,7 miljonit rakku/ml⁶². Kuid erinevalt 2021. aastast ei langenud bakterite üldarvukus 2023. aastal veel ka novembrikuus ning ületas sel ajal ka pikaajalist keskmist (2001-2022) (joonis 38). Üldjoontes järgis bakterite üldarv pikaajalise keskmise dünaamikat (2001-2022), kuid jäi sellest oluliselt madalamaks, välja arvatud novembris (joonis 38). Üldjoontes on Võrtsjärve bakterite arvukuse puhul täheldatud pikaajalist langustrendi alates 1994. aastast.

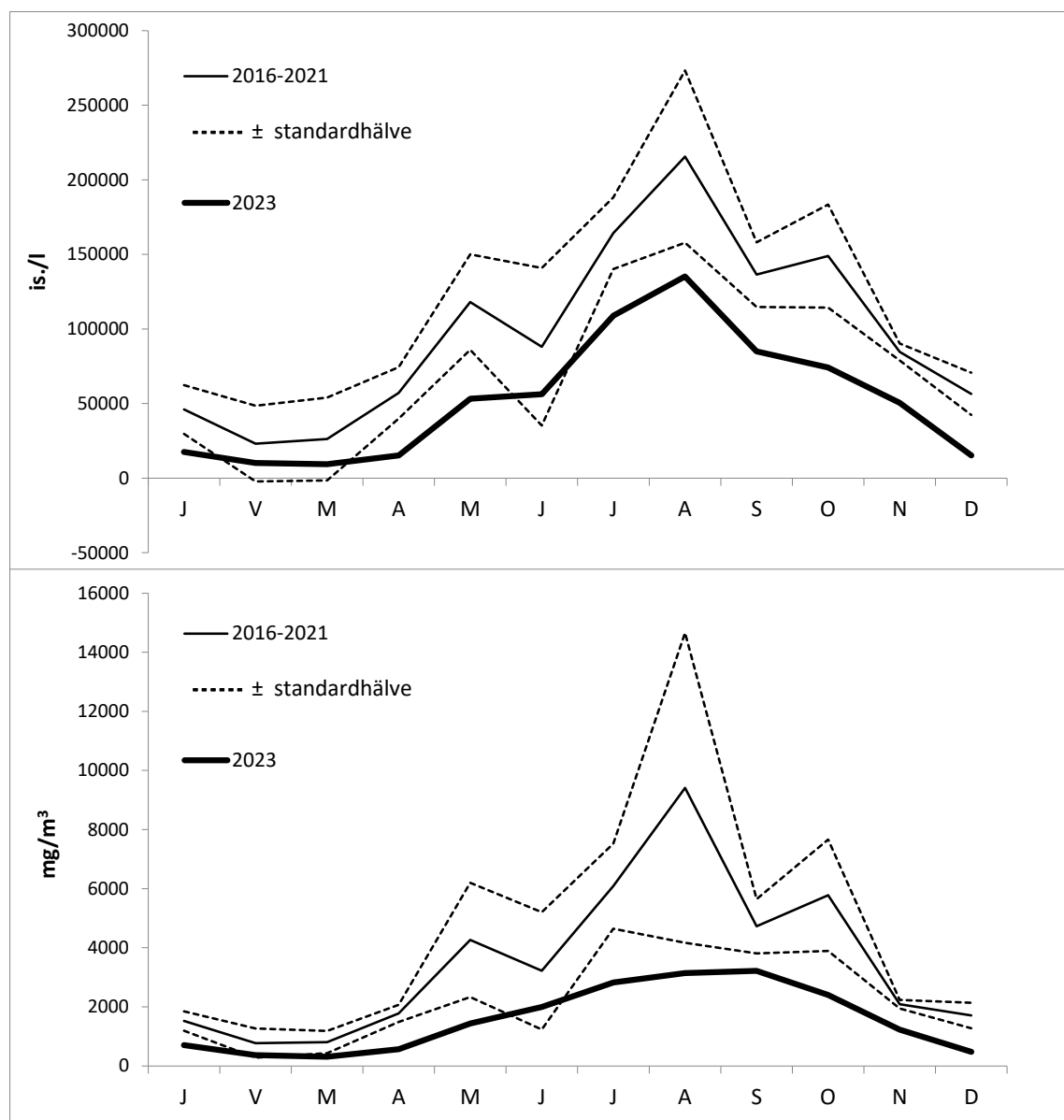


Joonis 38. Bakterplanktoni üldarvukuse võrdlus aasta lõikes perioodidel 2001-2022, 2021, 2022 ja 2023 Võrtsjärve 10. seirepunktis.

3.4. Protozooplankton

Võrreldes 2023. aastat Võrtsjärve pikaajalise (1995-2022) keskmise arvukuse (68 is/ml) ja biomassiga (2,5 mg/l), olid keskmine arvukus (53 is/ml) ja biomass (1,6 mg/l) selgelt madalamad. Võrreldes aastat 2023 aga eelneva seisundihindamise perioodiga (2016-2021) on erinevused veelgi suuremad (joonis 39). Eelmise seisundihindamise perioodi keskmine arvukus oli 97 is/ml ja biomass 3,5 mg/l. Uuritud näitajad jäid selles võrdluses standardhälbe piiridesse ainult veebruaris, märtsis ja juunis, ülejäänud kuud olid kõik selgelt madalamad.

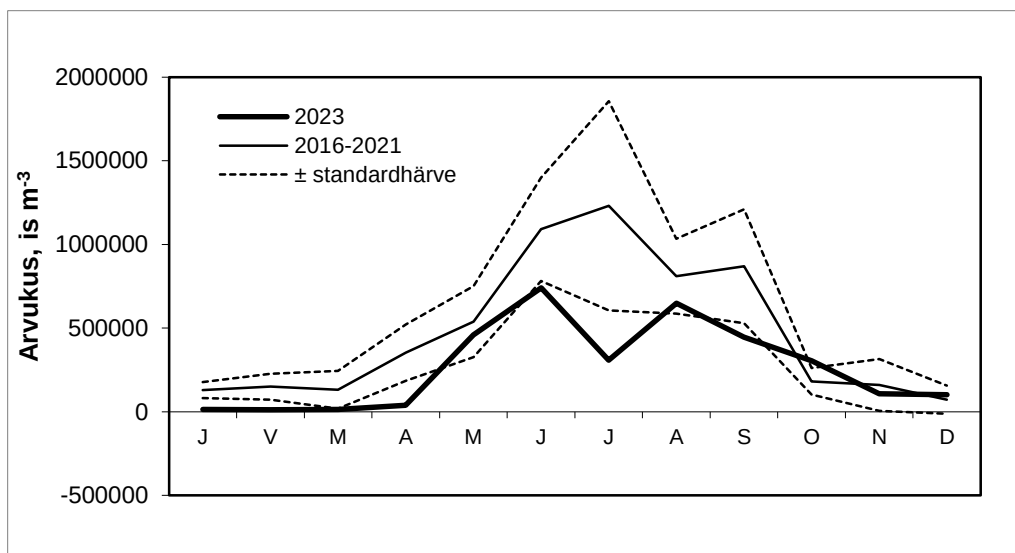
⁶² Võrtsjärve hüdrobioloogiline seire ja uuringud 2022. Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituut. Tartu 2023.



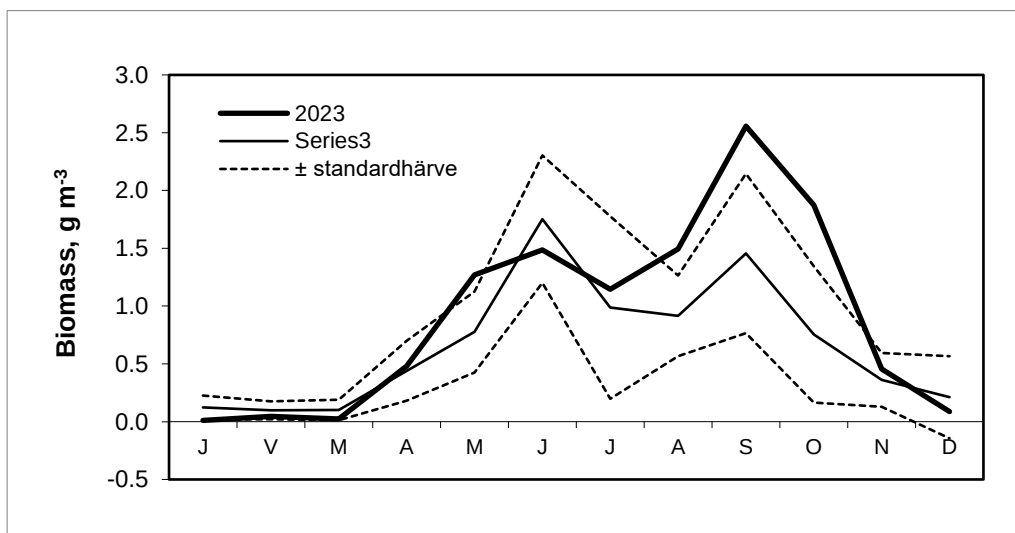
Joonis 39. Ripsloomade arvukus ja biomass Võrtsjärves aastal 2023 võrreldes eelneva seisundihindamise perioodiga (2016-2021).

3.5. Metazooplankton

Võrreldes eelneva seisundihindamise perioodiga (2016-2021), oli metazooplanktoni arvukus 2023. aasta tunduvalt madalam või allpool standardhälbe piiri (joonis 40). Eelmise seisundihindamise perioodi keskmine arvukus oli 466 ind./l, 2023. aastal oli vastav arv 266 ind./l. Metazooplanktoni biomass seevastu oli vegetatsiooniperioodil enamasti kõrgem, ületades augustist oktoobrini ka standardhälbe piiri (joonis 41). Eelmise seisundihindamise perioodi keskmine biomass oli 0,647 g/m³, 2023. aastal oli vastav väärtus 0,911 g/m³.



Joonis 40. Metazooplanktoni arvukus Võrtsjärves aastal 2023 võrreldes eelneva seisundihindamise perioodiga (2016-2021).

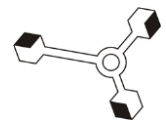


Joonis 41. Metazooplanktoni biomass Võrtsjärves aastal 2023 võrreldes eelneva seisundihindamise perioodiga (2016-2021).

3.6. Põhjaloostik

I. Suurselgrootud ammutiproovidest.

2023. aastal moodustasid hironomiidid põhjaloomastiku koguarvukusest ja kogubiomassist 79 %. Suuremõõtmelise profundaaliliigi *Chironomus plumosus* osakaal oli 20 % koguarvukusest ja 60 % kõigi põhjaloomade kogubiomassist (tabel 17). Tavaliselt on tema biomassi osakaal kuni 90 % põhjaloomastiku kogubiomassist, kuid viimastel aastatel on see järjekindlalt väiksem olnud, mis võib viidata tugevale kalade toitumissurvele. Hironomiidide osakaal ajavahemikul 1964–2021 aastatel oli põhjaloomastiku arvukusest 67 % ja biomassist 68 %. Üldiselt oli sel korral Võrtsjärve põhjaloomastiku arvukus väike ning biomass keskmise lähedane võrreldes pikaajaliste andmetega (tabel 26). Fütoplanktoni madalam biomass suvel ja



mitmete 1970. aastatel domineerinud liikide arvukuse kasv võivad viidata Võrtsjärve tagasipöördumisele kiire eutrofeerumise eelse seisundi poole, aga seda põhjaloomastiku liigiline koosseis ei peegelda – nii profundalis kui ka litoraalis on suures enamuses eutroofsetele järvedele omased liigid. Isegi üksikute reostustundlike liikide vähearvukas leidumine ei näita tingimata järve seisundi paranemist. Teisest küljest, oligoheetide/hironomiidide suhte langus võib viidata järve viljakuse langusele ja toetab Võrtsjärve tagasipöördumist kiire eutrofeerumise eelse seisundi poole. Tähelepanu tuleb juhtida madalate järvede iseloomule, kus hapnik jõuab põhjani ning hironomiidide liigilist koosseisu profundaalis mõjutab ennekõike substraadi iseloomu muutus⁶³. Lisaks on hironomiididele bentosetoiduliste kalade tugev surve, mis hoiab suurte hironomiidide arvukust potentsiaalsest palju väiksemana. Seetõttu võib olla liigiline koosseis tähtsam näitaja kui arvukused ja biomassid. Substraadi muutus eutrofeerunud järves on väga aeglane, mistõttu profundaalis jääb domineerima arvukuselt ja biomassilt pikalt *C. plumosus*, isegi kui järve üldine seisund on paranemas. Ehk seetõttu tuleb vaadelda *C. plumosus*'e rohkusest kaugemale ja näha üksikute sulgtigude tagasitulekut profundaali ja litoraalist erinevate puhtaveeliste liikide leidmist aastast aastasse kui tähtsat näitajat põhjaloomastiku rohkusest. Sel korral oli *C. plumosus*'e biomass kõrge (lisa 5, joonised 5 ja 6). Pikaajalised fluktuatsioonid selle liigi arvukuses on Võrtsjärves tavalised. Väheharjasusside arvukus oli väike, kuid biomass pikaajalise keskmise lähedane tänu suurele litoraalis olevale *T. newaensis*'le. Väikseid limuseid sattus 2023. a proovidesse pikaajalise keskmise lähedalt, ka profundaalipunktidest leiti harilikku sulgtigu (*Valvata piscinalis*). Muid põhjaloomi (Varia) leiti 2023. a proovides väga vähe. Saetheri⁶⁴ hironomiidide liikide järgi loodud troofsusskaala näitab nii Võrtsjärves kui Peipsi järves tugevat eutrofeerumist. Skaalas on eutrofeerunud järvedele 5 alajaotust eutrofeerumise tugevuse järgi. Viies alajaotus näitab tugevaimat eutrofeerumist, kus hironomiidid puuduvad. Võrtsjärvele ja Peipsile on iseloomulik 4. alajaotus. Peipsile osaliselt sobib ka 3. alamjaotus, kuna profundaal on liigirikkam, ehk Võrtsjärvest natuke parem seisund. Kuigi leiti *Corynocera ambigua* isend, siis troofsuse hindamiseks on vaja leida rohkem kui üksik isend, seega üksikuid puhtaveelisi liike siin ei arvestata. Wiederholmi⁶⁵ bentose kvaliteedi indeksi BQI (*benthic quality index*) järgi on Võrtsjärv tugevalt eutrofeerunud. Skaala on 5-0, kus 5 on oligotroofne ja 0 on hüpertroofne, ilma hapnikuta profundaal. Võrtsjärves ja Peipsis mõlemas on BQI hironomiidide järgi 1 ja oligoheetide järgi 2. Winderholmi ja Saetheri järgi oli profundaal 2023. aastal suuresti muutumatu võrreldes perioodiga 2016-2021. Hironomiidide osakaalu mõningane suurenemine põhjaloomastikus tuleb peamiselt väheharjasusside osakaalu vähenemise arvelt, mis võib viidata järve viljakuse vähenemisele. Seda võib kirjeldada oligoheetide ja hironomiidide biomassi suhe (joonis 41), kus kõrgem väärtus kirjeldab

⁶³ Langdon, P.G., Ruiz, Z., Brodersen, K.P. & I.D.L. Foster. 2006. Assessing lake eutrophication using chironomids: understanding the nature of community response in different lake types. *Freshwater Biology* 51, 562–577.

⁶⁴ Saether O.A., 1979. Chironomid communities as water quality indicators. *Holarctic Ecology* 2: 65-74.

⁶⁵ Wiederholm, T. 1980 Use of Benthos in Lake Monitoring Source: *Journal (Water Pollution Control Federation)*, Mar., 1980, Vol. 52, No. 3, Part I (Mar., 1980), pp. 537-547.

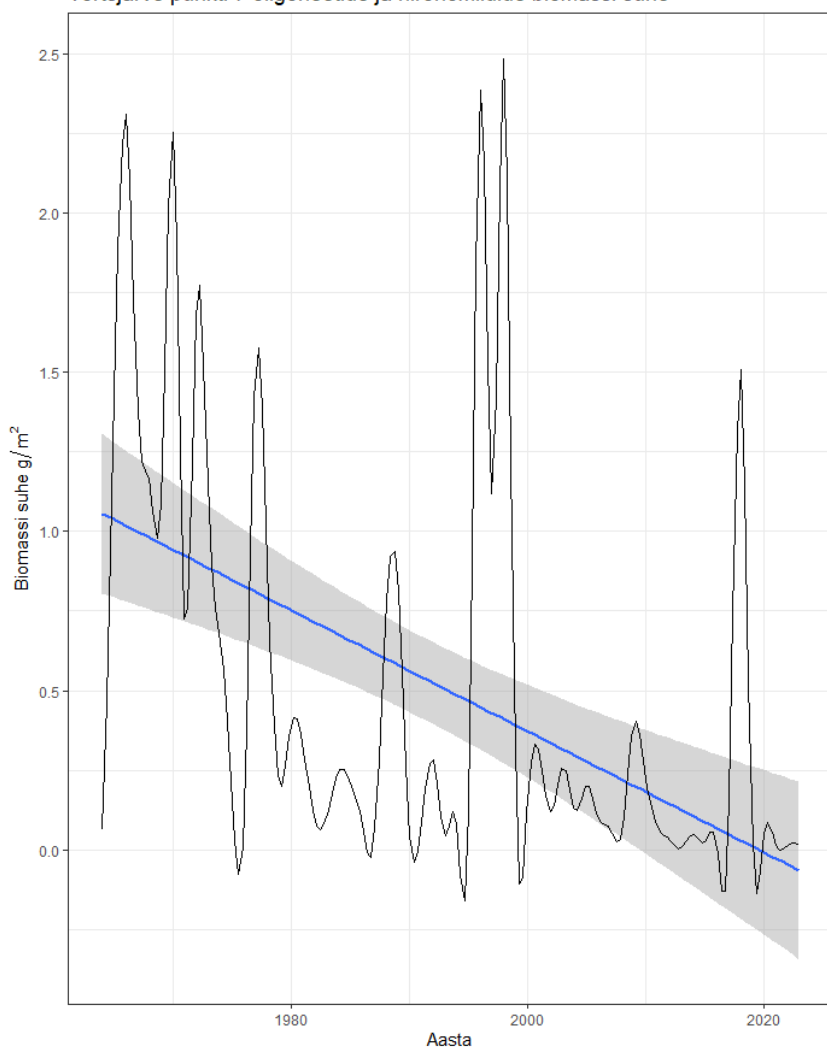


kõrgema toitelisusega järve. Joonisel on näha selget oligoheetide/hironomiidide suhte langust, mis võib viidata Võrtsjärve viljakuse vähenemisele ($p < 0.00001$).

Tabel 26. Võrtsjärve pikaajalise andmestiku põhjal saab Võrtsjärve hulgalised kategooriad jagada viieks vahemikuks (Siim Seller, *pers. comm.*). Rohelise taustaga on märgitud 2023. aasta arvukuse ja biomass näitajad.

Hinnang	Arvukus	Biomass
Väga väike	<750 is. m ²	<3 g m ²
Väike	750-1000 is. m ²	3-5 g m ²
Keskmine	1000-1250 is. m ²	5-7 g m ²
Suur	1250-1500 is. m ²	7-9 g m ²
Väga suur	>1500 is. m ²	>9 g m ²

Võrtsjärve punkti 7 oligoheetide ja hironomiidide biomassi suhe



Joonis 41. Pikaajaline järve viljakuse vähenemine oligoheetide ja hironomiidide biomassi suhte järgi. Suhe näitab pikaajalist langustrendi (sinine joon, $p < 0.00001$). Kasutatud on biomassi, kuna see näitab suhet tugevamalt kui arvukus.



II. Litoraali suurselgrootud kahvaproovidest.

Ajalisi muutusi hinnatakse ajavahemiku 2008-2023 alusel (tabel 27). Valma proovikohas on järve seisundihinnag selle kvaliteedielemendi alusel kõikunud kesisest kuni väga heani. Kesine hinnag 2010, 2015. ja 2020. a. võis tuleneda tugevast kirdetuulest tingitud mudastumisest. Sapi proovikohas on seisundihinnag olnud enamasti väga hea. Kesine seisund 2009. ja 2013. a. võis olla tingitud kõrge veetaseme ja suure lainetuse häirivast mõjust ning 2020. a madala tulemise põhjus jäi selgusetuks. See prooviala ongi Võrtsjärves looduslike tingimuste poolest parim. Valdavad läänekaare tuuled hoiavad põhja mudast puhta. Samas ei süvene vesi väga aeglaselt, nii et veetaseme kõikumine ei sega enamasti seisundihinnanguid. Arali proovikohas on seisundihinnag olnud viimastel aastatel enamasti väga hea. Enne 2012. a., kui see prooviala oli tihedasse roostikku mattunud, oli seal seisunditase hea või kehvem, mis näitab, et alati ei pruugi mõõdukas inimõju elustikule kahjulik olla. Tarvastu proovikoht on varem sageli olnud kas väga hea või hea seisund, kuid muda kogunemise tõttu on see viimastel aastatel hakanud halvenema ning 2020. ja 2021. a jõudis isegi kesisele tasemele.

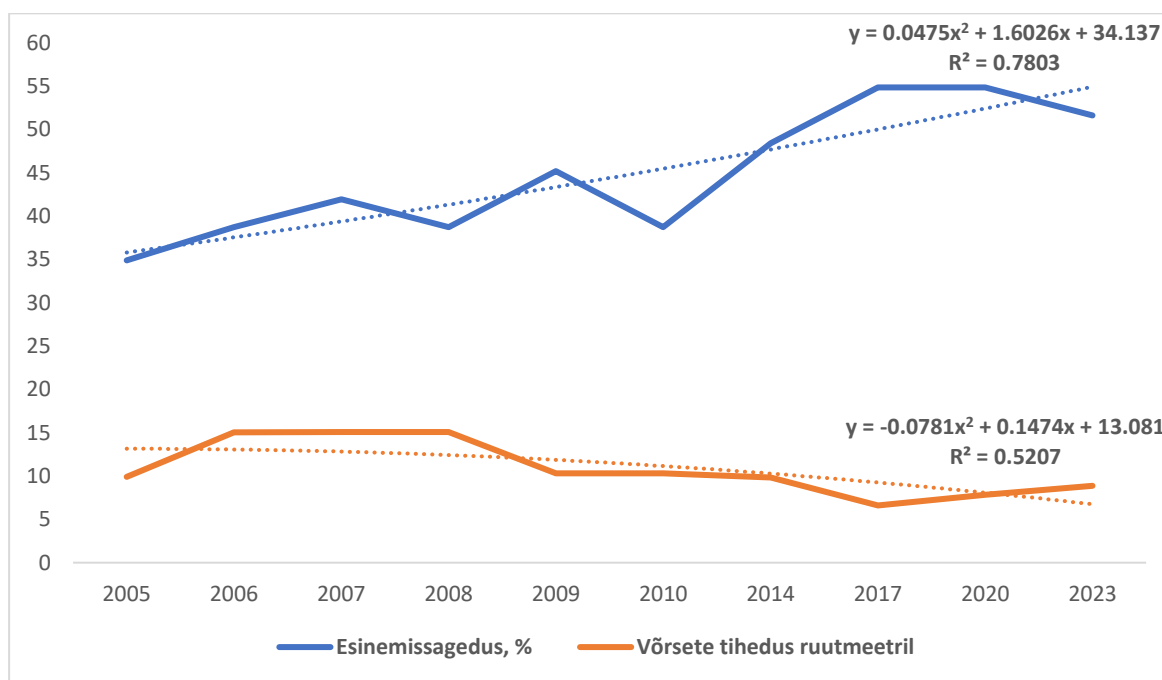
Tabel 27. Võrtsjärve litoraali suurselgrootute seisund ökoloogilise kvaliteedisuhte (ÖKS) väärtuse alusel aastatel 2008-2023.

Aasta	Valma	Sapi	Arali	Tarvastu
2008	0,9	1	0,7	-
2009	0,95	0,65	0,65	-
2010	0,55	0,9	0,35	0,75
2011	0,9	0,9	0,85	0,75
2012	1	0,75	0,95	0,95
2013	0,85	0,65	0,95	1
2014	0,7	0,95	0,9	1
2015	0,45	1	0,95	0,85
2016	1	1	0,7	1
2017	0,8	1	0,9	0,95
2018	0,8	1	1	0,75
2019	0,85	0,95	0,95	0,7
2020	0,6	0,65	0,9	0,65
2021	0,9	0,9	0,9	0,6
2022	0,75	0,9	0,9	0,75
2023	1	1	0,9	0,95



3.7. Veetaimestik

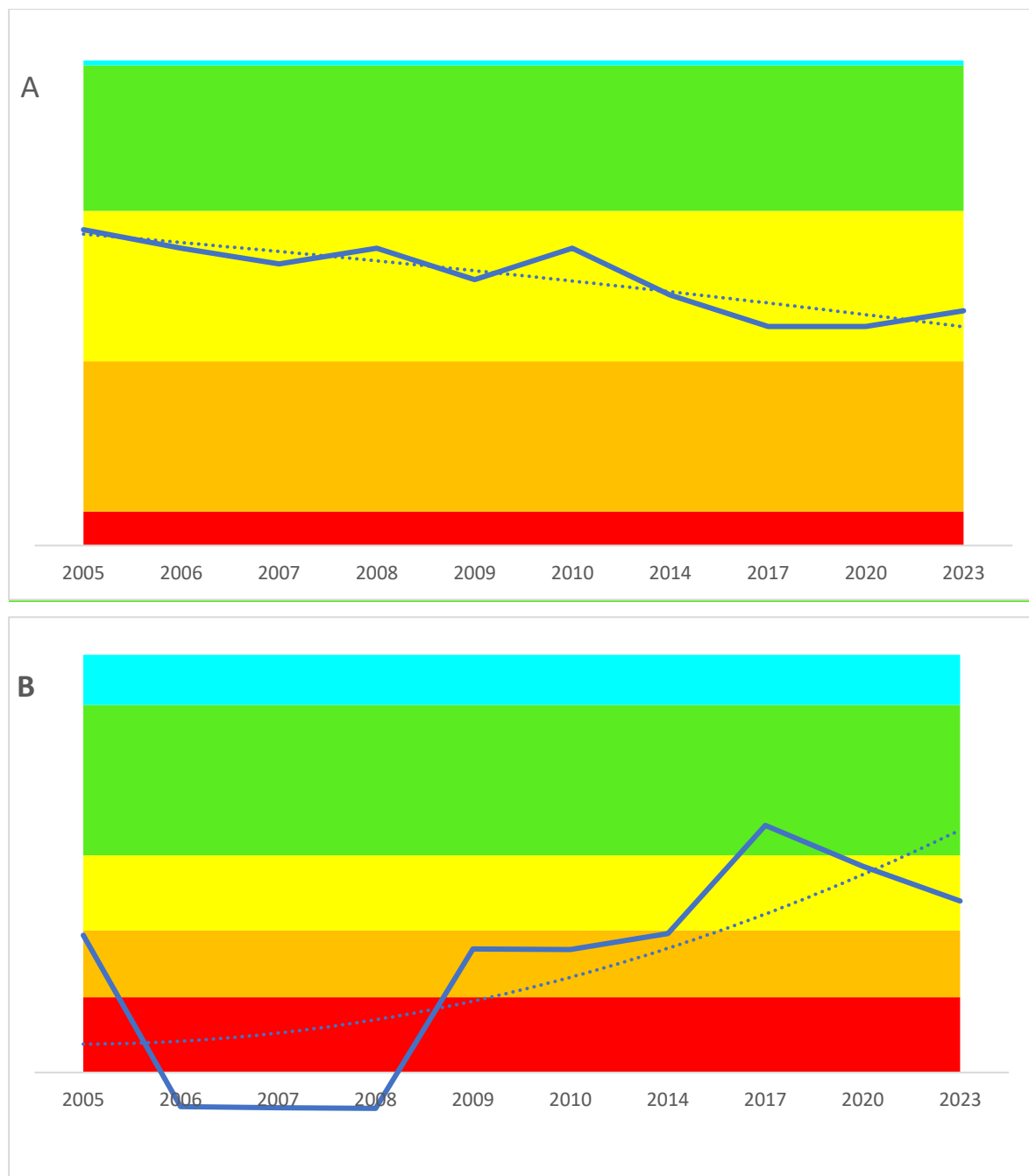
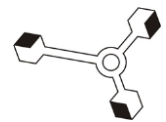
Vanema süsteemi järgi hinnates Võrtsjärve seisundit veetaimestiku järgi (tabel 6), on järv olnud kogu aeg kesises seisundis, seda eelkõige tähk-vesikuuse domineerimise tõttu veetaimestikus⁶⁶. Ka eelpool käsitletud uutele kvaliteedinäitajatele⁶⁷ - kollase vesikupu esinemissagedus transektidel ja keskmine võrsete tihedus ruutmeetril, vastavad ökoloogilised kvaliteedi suhted (tabel 7) jäävad kesisesse seisundiklassi. Vaid võrsete tiheduse näitaja on olnud 2017. aastal „heas“ klassis. Perioodil 2005-2023 oli esinemissagedus transektidel keskmiselt 44,8% (35-55%) ja võrsete tihedus ruutmeetril 10,9 (7-15 võrset/m²). Mõlemad näitajad on küllaltki stabiilsed, standardhälbed vastavalt 7,3 ja 3,1. Vaadates trende (joonis 42), siis esinemissagedus on selges tõusutrendis ning korrelatsioonikordaja põhjal on seos ka statistiliselt tugev. Võrsete tihedus on aga pikemaajalises vaates langenud ehkki viimastel aastatel veidi tõusnud. Vaadates näitaja pikemaajalist käiku, siis esinemissageduse järgi (joonis 43, A) on muutused jäänud ühe kvaliteediklassi piiridesse, kuid trend on seisundi halvenemise suunas. Võrsete tihedusele vastav järve seisund on aga varieerunud suisa kolme seisundiklassi piirides (joonis 43, B) ning aastatel 2006-2008 on selle näitaja järgi järve seisund teoreetiliselt rohkem kui „väga halb“. Pikemaajaline trend on seisundi paranemise suunas.



Joonis 42. Kollase vesikupu esinemissagedus transektidel ja keskmine võrsete tihedus ruutmeetril aastatel 2005-2023.

⁶⁶ Pinnaveekogumite moodustamise kord ja nende pinnaveekogumite nimestik, mille seisundiklass tuleb määrata, pinnaveekogumite seisundiklassid ja seisundiklassidele vastavad kvaliteedinäitajate väärtused ning seisundiklasside määramise kord. Vastu võetud 28.07.2009, nr 44 RTL 2009, 64, 941, jõustumine 09.08.2009.

⁶⁷ Feldmann, T., Cremona, F. & Tuvikene, L. Uute suurtaimestiku kvaliteedinäitajate ja klassipiiride väljatöötamine Võrtsjärve ökoloogilise seisundi hindamiseks. 2021. Lõpparuanne. KIK 2019. aasta Veemajanduse programmi projekt nr 16356.



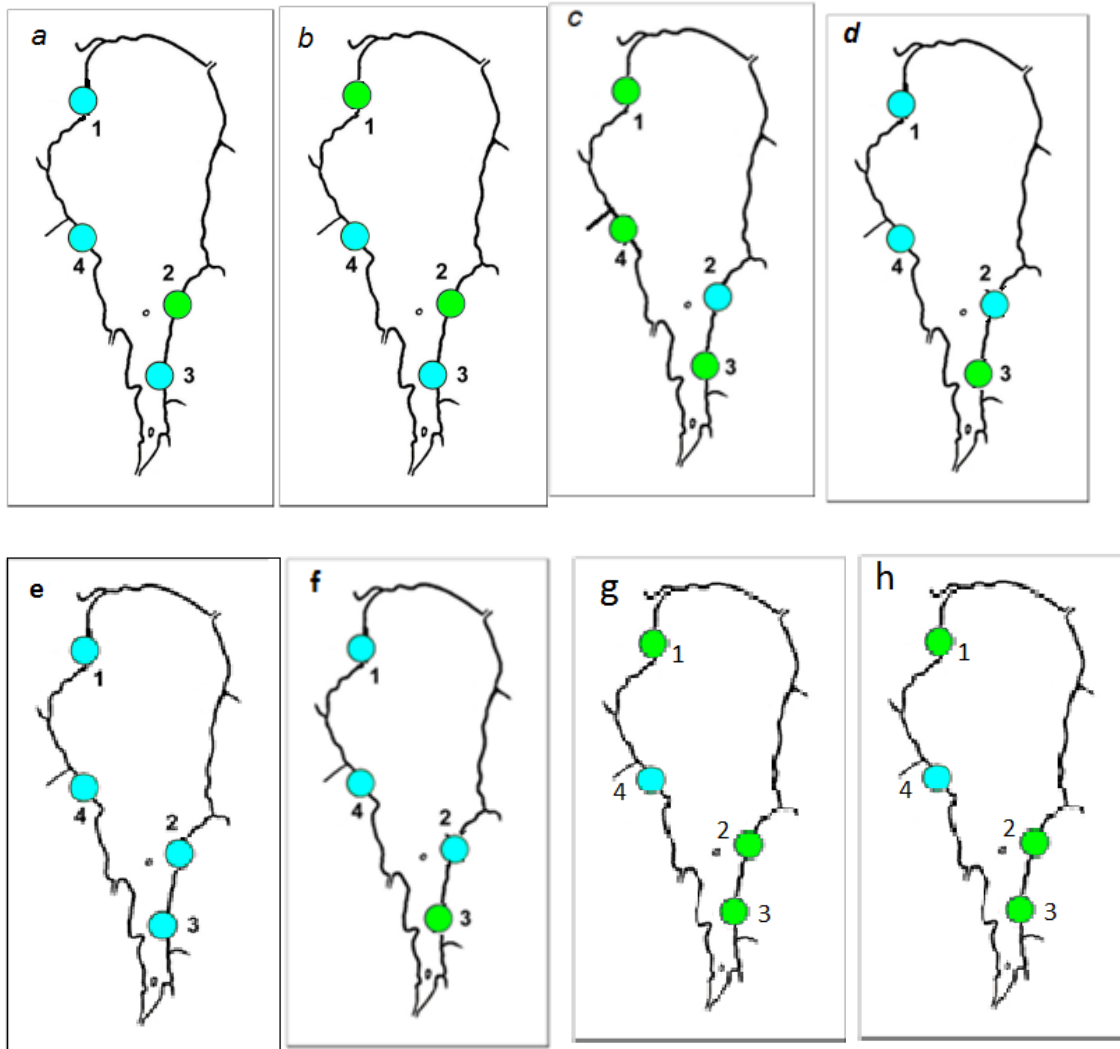
Joonis 43. Kollase vesikupu esinemissagedusele (A) ja keskmisele võrsete tihedusele (B) vastav Võrtsjärve ökoloogiline seisund aastatel 2005-2023.

3.8. Fütobentos

Varem on Võrtsjärve fütobentost samades proovipunktides ja meetodil seiratud 2012., 2013., 2014., 2015., 2016., 2017. ja 2020. a. (joonis 44). Väga hea oli selle rühma hinnag järve seisundile 2012. a. kolmes lõigus ja hea ühes lõigus; 2013. a. oli seisund kahes lõigus väga hea ja kahes hea; 2014. a. oli seisund hea kolmes (Valma, Tarvastu ja Arali) lõigus ning väga hea Sapi lõigus; 2015. a. oli ökoloogiline seisund hea Arali lõigus ning väga hea ülejäänud kolmes (Valma, Tarvastu ja Sapi) lõigus; 2016. aastaga



võrreldes on järve seisund muutunud Arali lõigus tagasi heaks, nagu see oli 2015. a.; 2020. a. oli Võrtsjärve seisund jäänud kahes lõigus (Arali ja Tarvastu) jäänud samaks, mis 2017. a. kahes lõigus (Valma ja Sapi) on seisund muutunud väga heast heaks. 2020. ja 2023. aastal oli seis samasugune – Tarvastu lõigus väga hea ning ülejäänud kohtades hea.



Joonis 44. Võrtsjärve ökoloogiline seisund fütobentose järgi a) 2012. a, b) 2013. a, c) 2014. a, d) 2015. a, e) 2016. a, f) 2017. a, g) 2020. a ja h) 2023 a; roheline näitab head ja sinine väga head seisundit. Seirelõikude nimed ja numbrid on toodud joonisel 6.

Fütobentose näitajate seos veekeskkonna näitajatega. Selleks et analüüsida fütobentose näitajate seost veekeskkonna teguritega, koostati andmetabel (tabel 28). Fütobentose proovidega ligikaudu samal ajal ja kohal kogutud vett iseloomustavad keskkonnategurite statistilised näitajad on esitatud tabelis 29.



Tabel 28. Vee- ja fütobentoseproovide kogumise aeg ja koht aastatel 2012-2017 ja 2020 ning 2023:
pel – veeproov kogutud veekihist, lit – veeproov kogutud põhjalähedalt.

Veeproovid			Fütobentoseproovid	
Koht		Kuupäev	Koht	Kuupäev
Limnoloogiakeskus	pel	14.08.2012	Sapi	07.08.2012
Pähksaar	lit	14.08.2012	Arali	07.08.2012
Tarvastu	lit	14.08.2012	Tarvastu	07.08.2012
Tänassilma-Valma	lit	14.08.2012	Valma	07.08.2012
Limnoloogiakeskus	pel	14.08.2013	Sapi	03.08.2013
Pähksaar	lit	14.08.2013	Arali	03.08.2013
Tarvastu	lit	14.08.2013	Tarvastu	03.08.2013
Tänassilma-Valma	lit	14.08.2013	Valma	03.08.2013
Limnoloogiakeskus	pel	12.08.2014	Sapi	4.08.2014
Pähksaar	lit	12.08.2014	Arali	4.08.2014
Tarvastu	lit	12.08.2014	Tarvastu	4.08.2014
Tänassilma-Valma	lit	12.08.2014	Valma	4.08.2014
Limnoloogiakeskus	pel	18.08.2015	Sapi	4.08.2015
Pähksaar	lit	18.08.2015	Arali	4.08.2015
Tarvastu	lit	18.08.2015	Tarvastu	4.08.2015
Tänassilma-Valma	lit	18.08.2015	Valma	30.07.2015
Limnoloogiakeskus	pel	23.08.2016	Sapi	27.07.2016
Pähksaar	lit	23.08.2016	Arali	27.07.2016
Tarvastu	lit	23.08.2016	Tarvastu	27.07.2016
Tänassilma-Valma	lit	23.08.2016	Valma	27.07.2016
Limnoloogiakeskus	pel	15.08.2017	Sapi	28.07.2017
Pähksaar	lit	15.08.2017	Arali	28.07.2017
Limnoloogiakeskus	pel	18.08.2020	Sapi	1.10.2020
Pähksaar	lit	18.08.2020	Arali	1.10.2020
Limnoloogiakeskus	pel	16.08.2023	Sapi	6.09.2023
Pähksaar	pel	16.08.2023	Arali	6.09.2023
Keskosa Karikolga	pel	16.08.2023	Valma	6.09.2023
Keskosa Karikolga	pel	16.08.2023	Tarvastu	6.09.2023

Tabel 29. Võrtsjärve vee keskkonnategurite statistilised näitajad 2023., 2020., 2017., 2016., 2015., 2014., 2013. ja 2012. aasta augustis

Näitaja	N	Keskmine	Mediaan	Min.	Max.	Standardhälve
Temp	27	20,3	19,6	16,9	26,2	2,3
pH	27	8,43	8,56	7,85	8,75	0,27
Lahustunud O ₂ mg/l	27	9,6	9,2	6,6	13,3	1,8
BHT5	27	2,5	2,4	1,0	5,4	1,0



Näitaja	N	Keskmine	Mediaan	Min.	Max.	Standardhälve
El. juhtivus $\mu\text{S}/\text{cm}$	27	370	342	314	476	54
NH_4^+-N mg N/l	27	0,036	0,020	0,013	0,200	0,040
NO_3^--N mg N/l	27	0,037	0,020	0,010	0,290	0,055
Nüld-N mg N/l	27	0,901	0,905	0,560	1,300	0,190
$\text{PO}_4^{3-}-\text{P}$ mg P/l	27	0,016	0,014	0,008	0,036	0,009
Püld-P mg P/l	27	0,049	0,045	0,035	0,086	0,013

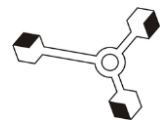
Korrelatsioonanalüüsi tulemused (tabel 30) näitasid, et ränivetikaindeksite hinnangud järve seisundi kohta korreleeruvad suhteliselt tugevalt ($R=0,41-0,64$), kuid mitte keskkonnateguritega. Ainult IPS ja WAT olid fosfaatse fosforiga positiivses sõltuvuses ning 100-TDI oli vee elektrijuhtivuse ja ammooniumi kontsentratsiooniga negatiivses korrelatsioonis. Ülejäänud seosed ränivetikaindeksite ka keskkonna näitajate vahel osutusid statistiliselt mitteolulisteks. Eeldatakse, et ränivetikate indeksid peaksid näitama negatiivset seost veekogu eutrofeerumisega, eriti fosforisisaldusega vees, analüüs seda ei kinnitanud. Ebaharilikud tulemused viitasid sellele, et teised tegurid, mida analüüsis ei kaasatud, nagu veetase, mõjutavad Võrtsjärve seisundit rohkem. Et saada usaldusväärseid tulemusi, oleks vaja koguda andmeid vastavalt eelnevalt seatud hüpoteesile. Näiteks võtta veeproove järve põhjalähedasest kihist (tabel 29) samadel aegadel, kui kogutakse fütobentose proove. Teadmine, et Võrtsjärve seisund on seotud otseselt järve veetasemega⁶⁸, kajastub ka fütobentose analüüsist saadud hinnangutes. Seitsme aasta andmete analüüs näitas, et kõrgeimad suvised veetasemed esinesid 2012. ja 2016. aastal (juuli ja augusti keskmine veetase vastavalt 92 ja 78 cm üle Võrtsjärve nulltaseme). Sel perioodil oli järve seisund väga hea kolmes uurimiskohas ning Sapol oli see hea aastal 2012. 2016. aasta jooksul oli järve seisund igas uurimiskohas väga hea. Madalaimad veetasemed olid aga 2014. ja 2020. aastal (juuli ja augusti keskmine veetase vastavalt 13 ja 35 cm üle Võrtsjärve nulltaseme). Mõlemal aastal oli järve seisund väga hea ühes kohas (2014. aastal Sapol ja 2020. aastal Tarvastus) ning ülejäänud kolmes kohas oli see hea. Samuti oli Võrtsjärve seisund 2023. a, mil keskmine veetase juulis-augustis oli 16 cm üle nulltaseme, kolmes kohas hea ning ühes kohas (Tarvastus) väga hea (tabel 22).

⁶⁸ Tuvikene, L., Nõges, T. & Nõges, P. 2011. Why do phytoplankton species composition and “traditional” water quality parameters indicate different ecological status of a large shallow lake? *Hydrobiologia*, 660: 3--15.



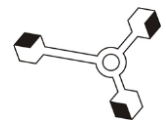
Tabel 30. Spearmani korrelatsioonikordajad Võrtsjärve seisundi, hinnatuna fütobentose indekseid järgi, ja litoraali vee keskkonnanäitajate vahel 2012., 2013., 2014., 2015., 2016., 2017., 2020. ja 2023. aasta suvel; $p < 0,05$, m.o. – statistiliselt mitte oluline; esile toodud $R \geq 0,50$.

Näitaja	IPS	WAT	100-TDI	Hinnang	Temp.	pH	Lahust. O ₂	BHT ₅	EJ
IPS	1,00								
WAT	0,53	1,00							
100-TDI	0,64	0,41	1,00						
Hinnang	0,79	0,55	0,79	1,00					
Temp.	m.o.	m.o.	-0,50	m.o.	1,00				
pH	m.o.	m.o.	m.o.	m.o.	m.o.	1,00			
Lahust. O ₂	m.o.	m.o.	m.o.	m.o.	m.o.	0,50	1,00		
BHT ₅	m.o.	m.o.	m.o.	m.o.	m.o.	0,56	0,54	1,00	
EJ	m.o.	m.o.	-0,41	m.o.	0,51	-0,73	-0,46	m.o.	1,00
NH ₄ -N	m.o.	m.o.	-0,39	-0,40	m.o.	m.o.	-0,53	m.o.	0,56
NO ₃ -N	m.o.	m.o.	m.o.	m.o.	0,40	-0,56	m.o.	-0,52	0,64
Nüld-N	m.o.	m.o.	m.o.	m.o.	m.o.	0,58	0,60	0,48	-0,62
PO ₄ -P	0,38	0,58	m.o.	m.o.	m.o.	m.o.	m.o.	m.o.	m.o.
Püld -P	m.o.	m.o.	m.o.	m.o.	m.o.	m.o.	-0,43	m.o.	m.o.



3.9. Keemilise seisundi (KESE) kvaliteedinäitajad.

Võrtsjärv on endiselt keemiliselt halvas seisundis. 2016-2017 aasta mõõtmiste alusel oli halb seisund põhjustatud fluoranteeni sisaldustest vees ning elavhõbeda sisaldusest elustikus. 2017. aastal aastal põhjustasid halva seisundi elavhõbeda ja p,p-DDT piirnormi ületamised kalades. 2019. aasta mõõtmiste alusel fluoranteeni tulemused piirväärtust vees ei ületanud, kuid ületasid määramispiiri kahel korral aastas (aprillis ja augustis), seisund oli halb elustiku elavhõbeda piirnormi ületamise tõttu. Samal põhjusel oli keemiline seisund halb ka 2023. aastal.



4. Kokkuvõte

2023. aastal kõikus füüsikalis-keemilistest näitajatest pH väärtus väga heast kuni kesise seisundi klassini. Üldlämmastiku sisaldused oli kas väga heas või heas ning üldfosfori sisaldus heas ökoloogilises seisundiklassis. Vee läbipaistvus oli halvas ökoloogilises seisundiklassis tuultele avatud seirejaamades, mujal oli see väga heas ökoloogilises seisundiklassis. Füüsikalis-keemiliste üldtingimuste koondmäärang oli Võrtsjärves 2023. a. heas klassis.

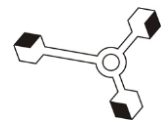
Võrtsjärve fütoplanktoni sesoonses dünaamikas esinesid 2023.a. mõned iseärasused. Esiteks, rekordiliselt sooja septembrikuu tõttu pikenes fütoplanktoni kasvuperiood ja biomassi suur langus toimus alles detsembris. Teine iseärasus oli seotud ränivetikate sesoonse dünaamikaga: fütoplanktoni väikese biomassi foonil saavutasid ränivetikad juhtpositsiooni juba märtsis. Kogu ülejäänud perioodil, v.a. väike tõus oktoobris, oli ränivetikate suhtarv koosluses väike. Ränivetikate kevadise arengu maksimum parasvöötme veekogudes on tavaliselt pärast jääminekut aprillis-mais, kuid erandlikel aastatel võib see olla ka jääkatte all. Sinivetikate suhtarv oli väga väike üksnes lühikest aega enne jääminekut märtsis ja ühtlaselt suur kogu suve- ja sügisperioodil.

Heterotroofsete bakterite üldarvukus Võrtsjärves oli madal kuni keskmine, sesoonne dünaamika sarnases varasematele aastatele. Järve seisundihinnag bakteriplanktoni järgi oli 2023. aastal väga hea kuni hea.

Protozooplanktonit iseloomustas 2023. aastal ripsloomade tavalisest palju madalam biomass ja arvukus, tagasihoidlikult olid esindatud vetiktoidulised liigid. Röövtoiduliste liikide arvukus oli suvises aspektis väga madal. Kogu aasta vältel ei esinenud teravaid biomassi piike ja sesoonne dünaamika oli pigem sujuv. Baktertoidulised liigid olid hästi esindatud peaaegu kogu aasta, mida võib seletada suhteliselt madala veetasemega, mis soodustab setete ülessegamist. Üldiselt võib väita, et mikroobse lingu osatähtsus püsis Võrtsjärves aastal 2023 endiselt väga suur (kui arvestada bakteritoiduliste liikide ohtrust).

Metazooplanktonit iseloomustas tavapärasest oluliselt madalam arvukus, mis oli tingitud väga tagasihoidlikust keriloomade esinemisest. Ka on pikaajalises dünaamikas näha jätkuvat suvise arvukuse vähenemise trendi. Tavapärasest rohkem esines planktonis vesikirbulisi, kelle rohkus võis läbi toidukonkurentsi mõjutada keriloomade esinemist aga ka protozooplanktonit nii kiskluse kui toidukonkurentsi läbi.

Suurselgrootute osas oli võrreldes pikaajaliste näitajatega Võrtsjärve põhjaloomastiku arvukus 2023. aastal väike ja biomass keskmise lähedane. Nii profundalis kui ka litoraalis on suures enamuses eutroofsetele järvedele omased liigid. Võrreldes perioodiga 2016-2021 olid aastal 2023 põhjaloomastiku rühmade arvukused ja biomassid tavapärastes fluktuatsioonides, samas liigiline mitmekesisus oli 2023. aastal suur. Järvest leiti kokku 48 liiki/taksonit põhjaloomi, mis on viimase 10



aasta suurim arv. Peamiselt oli suurenenud litoraali liigirikkus, kuigi endiselt ei olnud seal puhtama keskkonna indikaatorliike. Samas võib harilike sulgtigude leidmine profundaalist viidata sealsete elutingimuste paranemisele. Oligoheetide/hironomiidide suhte langus pikaajalises skaalas võib viidata järve toitelisuse langusele ja toetab Võrtsjärve tagasipöördumist parema seisundi poole, mis sarnaneb kiire eutrofeerumise eelse seisundiga. Bentose kvaliteedi indeksi (BQI) ja Saetheri hironomiidide eutroofsuse skaala järgi on Võrtsjärv endiselt tugevalt eutrofeerunud ja 2023. aasta ei näita paranemist. Litoraali suurselgrootute järgi on järve seisund enamasti hea või väga hea.

Veetaimestiku osas puudub praegu kehtiv seisundhindamise süsteem. Hinnates järve seisundit vanema süsteemi järgi oli see kesine, põhjuseks tähk-vesikuuse domineerimine veesiseses taimestikus. Sama oli hinnag ka nn. uue süsteemi järgi, mis arvestab kollase vesikupu esinemissagedus transektidel ja keskmine võrsete tihedus ruutmeetril.

Fütobentose uuringud näitasid, et Võrtsjärve seisundihinnag on valdavalt hea ning ühes piirkonnas (Tarvastu) ka väga hea.

Vesikonnaspetsiifiliste saasteainete seisundiklass 2023. aasta seiretulemuste alusel oli halb. Halba seisundit põhjustas tsingi sisaldus vees, mis ületas keskkonna kvaliteedi piirväärtust. Mõlemas seirepunktis oli üle ökotoksikoloogilise mõju piiri arseeni sisaldus põhjasettes. Üle määramispiiri oli arseeni sisaldus ka elustikus. Kokkuvõttes on tegemist saasteainete survega, mida põhjustavad monooktüültina ja perfluorobutaansulfoonhape vees ning diklorofenoolid, perfluorobutaanhape ja PAH-id põhjasettes, boskaliid ja monooktüültina vees ning diklorofenoolid ja PAH-id põhjasettes.

Keemilise seire alusel oli Võrtsjärv 2023. aastal halvas seisundis, mida põhjustab elavhõbe elustikus.

Ettepanekud keskkonnaministri määruse nr 19 (24. 04. 2020) täiendamiseks Võrtsjärve ökoloogilise seisundi hindamise osas on toodud lisas 8.



Lisad

Lisa 1. Maismaa seisuveekogude ökoloogilise seisundi füüsikalise-keemiliste kvaliteedinäitajate (FÜKE), bioloogilise kvaliteedinäitaja ja spetsiifiliste saasteainete ning keemilise seisundi hindamise meetodika.

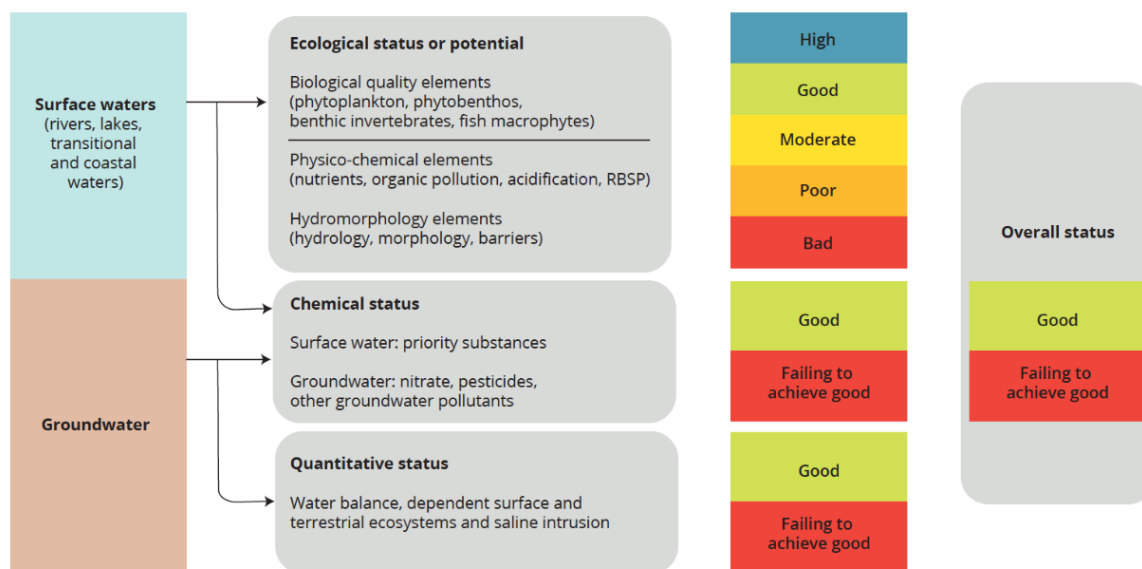
KKM määrus 19 § 13. Pinnaveekogumi ökoloogilise seisundiklassi määramine

(1) Pinnaveekogumi ökoloogiline seisundiklass määratakse seda pinnaveekogumit iseloomustavate bioloogiliste kvaliteedielementide, bioloogilisi kvaliteedielemente toetavate füüsikalise-keemiliste üldtingimuste ja hüdro-morfoloogiliste kvaliteedielementide või kvaliteedinäitajate järgi, võttes arvesse asjakohaste vesikonnaspetsiifiliste saasteainete sisaldust. (2) Pinnaveekogumi ökoloogilise seisundiklassi määramisel võetakse aluseks:

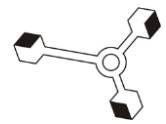
1) käesoleva määruse lisades 4–6, vooluveekogumite, maismaa seisuveekogumite ja rannikuveekogumite, kohta esitatud kvaliteedielementidele, kvaliteedi allelementidele või kvaliteedinäitajatele nende väärtuste või väärtustele vastavate ökoloogiliste kvaliteedisuhete alusel määratud ökoloogilised seisundiklassid ja

2) veeseaduse § 76 lõike 1 alusel kehtestatud vesikonnaspetsiifiliste saasteainete keskkonna kvaliteedi piirväärtused.

Figure 1.1 Assessment of status of surface waters and groundwater according to the WFD



Joonis 1. VRD üldine pinnavee seisundi hindamisskaalade jaotus. (European Environment Agency, „2018 Water and Marine Environment EEA 2018 WATER ASSESSMENT“ (RBSP – riverbasin specific pollutants – eesti keeles vesikonnaspetsiifilised saasteained - SPETS).



Pinnavee ökoloogilise seisundi saasteainete komponendi (SPETS) hindamine

Ökoloogilise seisundi saasteainete komponendi (vesikonnaspetsiifilised saasteained - VSPETS) keskkonnakvaliteedi piirväärtused on kehtestatud keskkonnaministri määrusega 28⁶⁹ (§-s 5), mida muudeti 2021. aastal ja uus määrus hakkas kehtima 3.01.2022.

I. Ökoloogilise seisundi saasteainete komponendi hindamiseks kasutatavad kvaliteedielemendid.

Vesikonnaspetsiifilised saasteained ja teised VRD lisa VIII tunnustele vastavad ained moodustavad ühe osa ökoloogilise seisundi hindamise kvaliteedielementidest. Arvestamine VRD järgi käib põhimõttel, et kõik sünteetilised ained, mis ei ole reguleeritud keemilise seisundi hindamisel arvesse võetavate piirväärtustega, aga on olulise kasutuse ja mõjuga veekeskkonnale, hinnatakse ökoloogilise seisundi osana. SPETS komponendi olulisim väljund on inimtekkelise surve kindlakstegemine kogumis. Eestis on vesikonnaspetsiifilised saasteained reguleeritud Veeseaduse alusel:

Veeseadus⁷⁰ § 75 lõige 4: Vesikonnaspetsiifiline saasteaine on ohtlik aine, mida vesikonnas kasutatakse, mille esinemine pinnavees või veekogu põhjasettes vee-elustikule ohtlikul määral on tõenäoline ning mida seetõttu võetakse arvesse pinnaveekogumi ökoloogilise seisundi hindamisel ning mille veekeskkonda juhtimine on käesoleva seaduse kohaselt piiratud nende ainete veekeskkonda juhtimise vähendamise eesmärgil.

Keemilise seisundi hinnangus arvestatavad ained on reguleeritud Veeseaduse alusel:

Veeseadus § 76. Ohtlike ainete nimekiri ja ohtlike ainete kvaliteedi piirväärtused, prioriteetsete ainete ja prioriteetsete ohtlike ainete nimekirja, prioriteetsete ainete, prioriteetsete ohtlike ainete ja teatavate muude saasteainete kvaliteedi piirväärtused ning nende kohaldamise meetodid, vesikonnaspetsiifiliste saasteainete kvaliteedi piirväärtused ning ainete jälgimisnimekirjaga seotud tegevused kehtestab valdkonna eest vastutav minister määrusega (KKM määrus 28).

Lisaks KKM määruses nr. 28 esitatud vesikonnaspetsiifiliste saasteainete nimekirjale on suurema inimsurvega kogumite puhul oluline jälgida ka neid sünteetilisi ained, mis jäävad välja nii keemilise seisundi kvaliteedinäitajate (KESE) kui ka VSPETS hulgast. Need ained vastavad oma omadustelt VRD lisa VIII tunnustele ja on aruandes tähistatud kui keskkonnaohuga ained (KOSPETS).

VSPETS kvaliteedielement hinnatakse 3-sel skaalal - lihtsustatud hindamissüsteem veeseaduse § 76 alusel, mis võtab arvesse 23 ainet ja neile veemaatriksis kehtestatud piirväärtused.

KOSPETS komponent hinnatakse kõigi nende sünteetiliste saasteainete alusel, mis ei kuulu keemilise seisundi või VSPETS nimekirjadesse, kuid mida on veekogumis tuvastatud. 2-sel skaalal ning kokkuvõtva surve hinnanguna 4-sel skaalal veeseaduse § 75 alusel laiapõhjalisem

⁶⁹ KKM määrus 28 <https://www.riigiteataja.ee/akt/131122021003>

⁷⁰ <https://www.riigiteataja.ee/akt/121122019017>



vesikonnaspetsiifiliste saasteainete mõju hinnang, mis võtab arvesse kõiki kogumis üle määramispiiri sisalduvaid aineid (va. keemilise seisundi kvaliteedielmendid) ning vesikonnaspetsiifilisi saasteaineid teistes maatriksites.

Vesikonnaspetsiifiliste saasteainete osas (VSPETS) antakse saasteainete komponendi hinnang KKM määruse nr. 28 alusel. Olulisim muutus VSPETS hinnangu komponendis, võrreldes eelmise määrase versiooniga, oli hinnanguelementide vähendamine ning osade saasteainete piirväärtuste muutus. Muutused võrdluses eelmise määrase versiooniga on toodud tabelis 1.

Kogumipõhiselt võib olulise mõjuga aineid olla rohkem kui KKM määruse nr. 28 § 5. Mõju võib avalduda teistes maatriksites (tulenevalt aine omadustest) ning need võivad ka sõltuvalt inimtegevusest valgalal ajas muutuda (veeseadus § 75). Sellest tulenevalt ei ole kõigile ainetele riiklikul tasemel alati keskkonna kvaliteedi piirväärtust vaja kehtestada ja võimalik surve keskkonnale võetakse arvesse keskkonnalubade info ning teiste survetegurite info alusel. Seisundi hinnangus rakendatakse olulise mõjuga sünteetiliste ainete riski hindamisel aine omadustel põhinevat analoogiat, see tähendab, et arvestatakse keskkonnoahtlikkust. Keskkonnoahu suuruse hindamisel kasutatakse aine klassifitseerimise andmeid vastavalt rahvusvahelistele nõuetele⁷¹ ja juhenditele⁷² (sh. PNEC väärtust⁷³). Keskkonnoahuga ainete mõjude teadvustamiseks ning vähendamiseks on üheks oluliseks eesmärgiks jälgida sisalduste muutust. Oluline on, et sünteetiliste saasteainete sisaldus veekeskkonnas ajas ei suureneks.

VRD-le vastavuse tagamiseks näidatakse täiendava infona pinnaveekogumites survet põhjustavate saasteainete (ained, mida veekogumis sisaldub üle määramispiiri) osa võrdluses ökoloogilise mõjupiiriga (PNEC väärtused – *predicted no effect concentration* – ehk rahvusvaheliselt kasutusel olev keskkonnamõju hinnangu väärtus) (KOSPETS). Selline lähenemine tugineb VRD V lisale, kus reostuseks defineeritakse konkreetseid saasteained, mille olulises koguses veekogusse juhtimine on kindlaks tehtud. Kui veekogus on saasteaine sisaldused tuvastatud, siis tuleb hinnata, kas saasteaine kogus on olulise mõjuga. Hinnangu aluseks on PNEC väärtused. Kindlasti ei saa veekogumi saasteainete mõju hinnangutes tähelepanuta jätta olulise keskkonnamõjuga aineid, mida on leitud PNECi ületavates kogustes, hoolimata sellest, et nad ei kuulu ühtselt kokkulepitud kvaliteedielementide nimekirja, on piisavalt spetsiifilisi tööstusharusid ja lokaalseid mõjusid, mida tuleb veekogumite hea seisundi tagamiseks arvestada ja jälgida.

⁷¹EUROOPA PARLAMENDI JA NÕUKOGU MÄÄRUS (EÜ) nr 1907/2006, 18. detsember 2006, mis käsitleb kemikaalide registreerimist, hindamist, autoriseerimist ja piiramist (REACH) (REACH Regulation (EC) No 1907/2006) <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006R1907&qid=1580370060072&from=EN> ja millega asutatakse Euroopa Kemikaalide Agentuur (ECHA) <https://echa.europa.eu/et/home>

⁷²Guidance on Information Requirements and Chemical Safety Assessment Chapter R.7b: Endpointspecific guidance Version 4.0 June 2017 https://echa.europa.eu/documents/10162/13632/information_requirements_r7b_en.pdf

⁷³PNEC - Predicted no-effect concentration



Tabel 1. Ökoloogilise seisundihinnangu komponendi VSPETS hinnanguelementide muutus (KKM määruse nr. 28 viimases kahes versioonis)

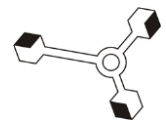
Nr KeM määrus 28	Hinnanguelement		Piirväärtus µg/l	
	Cas nr	Näitaja nimetus	Kuni aastani 2022	Aastast 2022
1	7440-38-2	Arseen ja selle ühendid	10	10
2	7440-39-3	Baarium ja selle ühendid	100	115
3	7440-47-3	Kroom ja selle ühendid	5	4,7
4	18540-29-9	Kroom VI	5	3,4
5	7440-66-6	Tsink ja selle ühendid	10	10,9
6	7440-50-8	Vask ja selle ühendid	15	7,8
7	108-95-2	Fenool	7	7,7
8	95-48-7	o-kresool	7	100
9	108-39-4; 106-44-5	p-/m-kresool	7	
10	526-75-0	2,3-dimetüülfenool	7	10,8
11	576-26-1	2,6-dimetüülfenool	7	
12	95-65-8	3,4-dimetüülfenool	7	
13	108-68-9	3,5-dimetüülfenool	7	
14	108-46-3	Resortsinool	10	17,2
15		Naftasaadused (süsivesinikud C10 - C40)	100	100
16	16984-48-8	Fluoriid	1500	1500
17	1071-83-6	Glüfosaat	0,1	0,1
23	1066-51-9	AMPA	0,1	0,1
18	94-74-6	MCPA	0,1	0,5
19	67129-08-2	Metasakloor	0,1	0,08
20	107534-96-3	Tebukonasool	0,1	1
21	118134-30-8	Spiroksamiin	0,1	0,06
22	8018-01-7	Mankotseeb + etüleentioourea	0,1	0,22
SPETS seisundi hinnangu näitajad kuni 2022 aastani (määruse muudatus 03.01.2022 alusel)				
5	7440-31-5	Tina ja selle ühendid	3	Hinnangust välja jäetud
8	95-47-6	o-ksüleen	5	
9		m/p-ksüleen	5	
10	108-88-3	Tolueen	50	
23	999-81-5	Kloormekvaatkloriid	0,1	
26	60-51-5	Dimetoot	0,1	
27	1702-17-6	Klopüraliid	0,1	
30	178928-70-6	Protiokonasool + Protiokonasool-destio	0,1	
31	94-75-7	2,4-D	0,1	

Selgitus tabeli juurde: piirväärtus muudeti **kõrgemaks**; piirväärtus muudeti **madalamaks**

Kroom VI määratakse juhul, kui kroomi ja selle ühendite üldväärtus ületab 3.4 µg/l.

II. Ökoloogilise seisundi SPETS kvaliteedinäitajate seisundiklasside määramise meetoodika vastavalt KKM määrusele nr. 19. Järgnevas punktis on kirjeldatud, kuidas on hetkel reguleeritud SPETS kvaliteedinäitajate seisundiklasside määramine KKM määruis nr. 19.

KKM määrus nr. 19 § 5. Pinnaveekogumi ökoloogilised seisundiklassid



Pinnaveekogumi ökoloogiline seisundiklass on pinnaveekogumi ökoloogilist seisundit iseloomustav seisundiklass veeseaduse § 59 lõike 1 tähenduses: Pinnaveekogumi ökoloogilist seisundit iseloomustavad viis seisundiklassi: väga hea; hea; kesine; halb; väga halb.

SPETS on ökoloogilise seisundiklassi osa, seega rakendatakse veeseaduse alusel 5-pallist skaalat (praktiliselt kasutatakse skaala 3 astet). Skaala astmete tähendused on määruses 19 kirjeldatud järgnevalt:

Pinnaveekogumi **väga hea** ökoloogilise seisundiklassi korral vastavad veekogutüübile omaste bioloogiliste kvaliteedinäitajate väärtused looduslikele võrdlustingimustele või ilmutavad üksnes minimaalseid inimese tekitatud kõrvalekaldeid looduslikest võrdlustingimustest ning veekogutüübile omaste füüsikalise-keemiliste ja hüdro-morfoloogiliste kvaliteedinäitajate või füüsikalise-keemiliste üldtingimuste ökoloogilise seisundiklasside määrangud ja vesikonnaspetsiifiliste saasteainete sisaldus osutab *inimese tekitatud muutuse puudumisele või minimaalsele muutusele*.

(3) Pinnaveekogumi **hea** ökoloogilise seisundiklassi korral osutavad veekogutüübile omaste bioloogiliste kvaliteedinäitajate väärtused inimese tekitatud väikesele kõrvalekaldele looduslikest võrdlustingimustest. Pinnaveekogumis ei ole muudetud hüdro-morfoloogilisi omadusi viisil, mis märgatavalt mõjutaks pinnaveekogumi bioloogilisi kvaliteedinäitajaid. Füüsikalise-keemiliste üldtingimuste ökoloogilise seisundiklassi määrang ning vesikonnaspetsiifiliste saasteainete sisaldus osutavad *nõrgale inimese tekitatud muutusele*.

(4) Pinnaveekogumi **kesise** ökoloogilise seisundiklassi korral kalduvad veekogutüübile omaste bioloogiliste kvaliteedinäitajate väärtused inimese tegevuse tõttu mõõdukalt kõrvale looduslikest võrdlustingimustest. Need väärtused osutavad mõõdukale inim mõjule ning suuremale häiritusele, kui ilmneb hea seisundiklassi korral. Pinnaveekogumi hüdro-morfoloogiliste omaduste muutmisega on märgatavalt kahjustatud pinnaveekogumi bioloogilisi kvaliteedinäitajaid või füüsikalise-keemiliste üldtingimuste ökoloogilise seisundiklassi määrang osutab mõõdukale inim mõjule või vesikonnaspetsiifiliste saasteainete sisaldus osutab *tugevale inimese tekitatud muutusele*.

(5) Pinnaveekogumi **halva** ökoloogilise seisundiklassi korral kalduvad veekogutüübile omaste bioloogiliste kvaliteedinäitajate väärtused inimese tegevuse tõttu tugevasti kõrvale looduslikest võrdlustingimustest või pinnaveekogumis puudub suur osa tavaliselt selle veekogutüübiga häirimatus olekus seotud bioloogilistest kooslustest. Pinnaveekogumi hüdro-morfoloogiliste omaduste muutmisega on tugevasti kahjustatud pinnaveekogumi bioloogilisi kvaliteedinäitajaid või füüsikalise-keemiliste üldtingimuste ökoloogilise seisundiklassi määrang osutab *tugevale inimese tekitatud muutusele*.

(6) Pinnaveekogumi **väga halva** ökoloogilise seisundiklassi korral kalduvad veekogutüübile omaste bioloogiliste kvaliteedinäitajate väärtused inim mõju tõttu väga tugevasti kõrvale looduslikest võrdlustingimustest. Pinnaveekogumis puudub inimese tegevuse tõttu elustik või vesi või osutab



füüsikalis-keemiliste üldtingimuste ökoloogilise seisundiklassi määrang **väga tugevale inimese tekitatud muutusele**.

III. Pinnavee ökoloogilise seisundi kvaliteedielemendi VSPETS kvaliteedinäitajate seisundiklasside määramine seiretöös. Seiretöös kasutatakse ökoloogilise seisundi hinnangukomponendi - vesikonnaspetsiifiliste saasteainete seisundiklassi määramisel keskkonnaministri 24.07.2019 määruse nr. 28 „Prioriteetsete ainete ja prioriteetsete ohtlike ainete nimistu, prioriteetsete ainete, prioriteetsete ohtlike ainete ja teatavate muude saasteainete keskkonna kvaliteedi piirväärtused ning nende kohaldamise meetodid, vesikonnaspetsiifiliste saasteainete keskkonna kvaliteedi piirväärtused, ainete jälgimisnimekiri“ (3.01.2022 muudatustega versiooni) paragrahvis 6 esitatud piirväärtusi (22 ainet või ühendit).

SPETS hinnangus on praegusel juhul kasutusel viiest seisundiklassist kolm (KKM määrus nr. 19 § 17 lõiked 7, 8, 9): Väga hea, hea, halb.

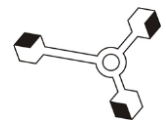
Töös määratakse SPETS kvaliteedielemendi kvaliteedinäitajate, mis kuuluvad VSPETS hulka, seisundiklass iga näitaja osas (vesikonnaspetsiifilised saasteained) kolmeastmelisel skaalal: väga hea; hea; halb.

SPETS seisundiklassi määramisel rakendatakse kolmeastmelist skaalat järgmiselt:

Seisundiklass	Hindamiskriteerium	Olukorra kirjeldus looduses
Väga hea	aastakeskmise tulemus jääb alla määramispiiri või looduslikult esineva vesikonnaspetsiifilise saasteaine (metallid) aasta keskmine sisaldus on väiksem kui 30% vastavale ainele kehtestatud keskkonna kvaliteedi piirväärtusest	Looduslähedane olek
Hea	kehtiv piirväärtus ei ole ületatud, kuid tulemus on üle määramispiiri või looduslikult esineva vesikonnaspetsiifilise saasteaine (metallid) aasta keskmine sisaldus on suurem kui 30% vastavale ainele kehtestatud keskkonna kvaliteedi piirväärtusest	Vähene kõrvalekalle looduslikust olekust
Halb	Kehtiv piirväärtus on ületatud	Suurte inimõjutustega, oluliste kõrvalekalletega looduslähedasest olekust; Sünteetiliste saasteainete suur surve, rikutud ökosüsteemid.

Keskkonna kvaliteedi piirväärtusega võrdlemisel kasutatakse ühe kalendriaasta tulemuste aritmeetilist keskmist. Analüüsitulemuste korral, mis jäävad alla määramispiiri, kasutatakse aritmeetilise keskmise arvutamisel väärtust, mis moodustab 50% analüüsimetodi määramispiirist. Selline lähenemine vastab Euroopa Liidu seiredirektiivi 2009/90/EÜ artikli 5, lg-le 1 ja keskkonnaministri määrusele nr. 23⁷⁴.

⁷⁴ KKM määrus 23 „Nõuded vee füüsikalis-keemilisi ja keemiliste parameetrite uuringuid teostavale katselaborile, nende uuringute raames tehtavatele analüüsidele ja katselabori tegevuse kvaliteedi tagamisele ning analüüsi referentmeetodid1“
<https://www.riigiteataja.ee/akt/102072021006>



Tulenevalt KM määrusest nr. 23²⁵ peavad kasutatud analüüsimeetodid vastama analüüsimeetodite miinimumkriteeriumitele.

Veekogumi SPETS kvaliteedielemendi seisundiklassi kokkuvõtva hinnangu andmisel arvestatakse näitajate hulgas halvimat aastakeskmist hinnangut.

Keskkonnaohuga sünteetiliste saasteainete surve hinnangu metoodika (KOSPETS)

Aruandes esitatakse kokkuvõtvalt KOSPETS surve hinnanguna, mis on kokku võetud üksikute kogumis leidunud saasteainete keskkonnamõju hinnangute alusel (ökotoksikoloogilise mõju piiriga võrdluses) ja esitatakse skaalal (kokkuvõtvalt on värviskaalaga tabel 14):

- Puudub – ükski sünteetiline saasteaine ei ole kogumis üle määramispiiri
- Vähene – üksikud saasteained (<5) on kogumis üle määramispiiri, kuid alla ökotoksikoloogilise mõju piiri
- Survega – oluline hulk sünteetilisi saasteaineid (>5) on üle määramispiiri või 1 sünteetiline saasteaine on üle ökotoksikoloogilise mõju piiri.
- Olulise survega – rohkem kui üks aine on kogumis kontsentratsioonis, mis ületab ökotoksikoloogilise mõju piiri.

Surve hindamisel arvestatakse vesikonnaspetsiifiliste ainete teiste matriksite tulemusi ning koosmõjusid, mida tänane seisundihinnang arvesse ei võta. Saasteainete puhul on segude koosmõjud tihti palju rohkem organisme kahjustavate mõjudega kui ained üksikult.

Surve hinnang SPETS kvaliteedielemendi juures on hetkel küll lisainformatsioon ja ei kajastu lõplikus seisundihinnangus, kuid annab siiski olulist sisendit kogumi tegeliku seisundi kohta. Surve hindamine analüüsitulemuste alusel on kõrge usaldusväärsusega ja aitab tulevikutegevuste täpsemat planeerimiset.

Oluliseks mõjuks üksikühendi korral ehk >PNEC loetakse teadaolevate ökotoksiliste piiride ületamist (ökotoksikoloogilise mõju piiri ületavaid kontsentratsioone keskkonnas). Koosmõjude ja üldise saasteainete surve hindamiseks on kasutusel nelja-astmeline surve ja võimalike koosmõjude suurust arvestav skaala (tabel 2).

**Tabel 2.** Sünteetiliste saasteainete surve hindamise skaala.

Sünteetiliste saasteainete surve hinnangu kriteeriumid	Surve puudub	Vähene surve	Surve	Oluline surve
	Kogumis ei ole üksi sünteetiline saasteaine üle määramispiiri.	Vähene – üksikud saasteained (<5) on kogumis üle määramispiiri, kuid alla ökotoksikoloogilise mõju piiri	Oluline hulk sünteetilisi saasteaineid (>5) on üle määramispiiri või 1 sünteetiline saasteaine on üle ökotoksikoloogilise mõju piiri.	Rohkem kui üks aine on kogumis kontsentratsioonis mis ületab ökotoksikoloogilise mõju piiri.

Surve hindamine (KOSPETS) veekogumis sisalduvate keskkonnoahuga ainete alusel.

Ökotoksikoloogilise mõju kriteeriumit kasutatakse keskkonnariski tuvastamiseks sünteetiliste saasteainete osas, mis ei ole lisatud vesikonnaspetsiifiliste ainete nimekirja ning lisaks vesikonnaspetsiifiliste ainete osas sette ja elustiku maatriksis. Edaspidi on see komponent tähistatud: KOSPETS. Üksikute saasteainete hindamiseks kasutatavad hinnangud vastavad VRD seisundiklasside määramise üldpõhimõtetele ja aitavad mõista, kui suurt keskkonnoahtu iga konkreetse saasteaine korral keskkonnas määratud kontsentratsioon kujutab. Looduslikus seisundis kogumis peaks puuduma sünteetilise saasteainete (ohulaused keskkonnoahtude kohta vastavalt CLP määrusele 1272/2008) surve. Sünteetiliste saasteainete surve loetakse väheseks, kui nende kontsentratsioonid kogumis on üle analüüsimetodi määramispiiri ja alla ökotoksikoloogilise mõju piiri. Ökotoksikoloogiline mõju piir näitab, millisest kontsentratsioonist alates avalduvad kahjulikud mõjud veeorganismidele. Ökotoksikoloogiline mõju piir määratakse kindlaks ainepõhiselt rahvusvaheliste andmete alusel (PNEC ja EQS) olenevalt sellest, milliseid ökotoksikoloogilisi andmeid aine kohta on olemas ja mida on konkreetsel juhtumil kõige asjakohasem kasutada. Standardtestidel põhinevad ökotoksikoloogilised väärtused ei sõltu riikidest. Küll aga võib siseriikliku võimekuse olemasolu korral kasutada täpsemaks mõju hindamiseks kohalikke liike. Selleks, et kehtestada kõigile ainetele siseriiklikud EQS-id, kasutades rahvusvaheliselt ühtlustatud ökotoksikoloogilisuse andmeid, on vajalik eelnevalt koguda keskkonna analüüsitulemusi pikema ajaperioodi kohta. Teisalt on vajalik sünteetiliste saasteainete leidumise korral hinnata olukorda ka lühema ajaperioodi jooksul (aine tuvastamisel keskkonnas), et vajadusel rakendada kiiremaid meetmeid olukorra halvenemise ära hoidmiseks. Hindamaks, kas kogumis tuvastatud aine kontsentratsioon on juba ökotoksikoloogiliselt ohtlik või mitte, sobivad EQS-i arvutamise aluseks olevad rahvusvahelised ökotoksilisuse andmed väga hästi. Kui pikema aja jooksul



selgub, et probleem püsib ning keskkonna kvaliteedi standardi arvutamiseks on piisavalt andmeid, saab aineid konkreetse piirväärtusega ka siseriiklikesse õigusaktidesse lisada.

- ✓ Ökotoksikoloogiline mõju piir - on kasutusele võetud mõiste, et hinnata ohtu vee-elustikule. Võrreldakse aine omadustest tulenevaid ökotoksikoloogilisi väärtusi (keskkonnaohutu kontsentratsioon) keskkonnas mõõdetud kontsentratsioonidega.

Sünteesiliste saasteainete hindamisel kasutatakse keskkonnariski tuvastamiseks ainete osas, mis ei ole lisatud vesikonnaspetsiifiliste ainete nimekirja, kahte põhilist kriteeriumit⁷⁵:

- Nende saasteainete kontsentratsioonid keskkonnas on madalamad võrreldes ökotoksikoloogiliste mõju kriteeriumite väärtustega PNEC⁷⁶ ja EQS⁷⁷.
- Nende võimalikud pikaajalisemad koosmõjud ja kontsentratsioonide suurenemine ajas.

Ökotoksikoloogilise mõju piiri võrdluse alus üksikühendite korral:

- **>LOQ < PNEC** - Üksikühendi hinnangus üle määramispiiri, alla mõjupiiri
- **>PNEC** - Üksikühendi hinnangus üle mõjupiiri

KOSPETS **>LOQ < PNEC** on kasutusel, kui saasteainete kontsentratsioonid keskkonnas on madalamad ökotoksilist mõju väljendavatest või arvestavatest väärtustest nagu LC50⁷⁸, NOEC⁷⁹, PNEC⁸⁰ ja EQS⁸¹. Kasutatakse rahvusvaheliselt tunnustatud tulemusi ja algallikad on alati viidatud. Eelistatud on PNEC ja EQS väärtused, kuid kõigile ühenditele ei ole neid veel arvutatud, sel juhul saab kasutada teisi keskkonnamõju hindamise näitajaid.

Olulise grupi keskkonnaohuga ainetest moodustavad keemilise seisundi hindamisel kasutatavate kvaliteedinäitajatega samadesse ainegruppidesse kuuluvad ained. Nendel on enamasti keemilise seisundi indikaatoriks valitud ainetega sarnased omadused, aga neile ei ole kehtestatud üleeuroopalist piirväärtust. Eestis ei ole neid võetud arvesse ka siseriiklikult kehtestatud ainete nimekirjas. Nende, olemuselt väga keskkonnaohtlike ainete arvestamine spetsiifiliste saasteainete osana on seetõttu oluline.

⁷⁵CommonImplementationStrategyfortheWaterFrameworkDirective (2000/60/EC) Guidancedocumentn.o 3 Analysis of Pressures and ImpactsTable 3.9 The genericapproachtotheidentification of specificpollutants. [https://circabc.europa.eu/sd/a/7e01a7e0-9ccb-4f3d-8cec-aeef1335c2f7/Guidance%20No%203%20-%20pressures%20and%20impacts%20-%20IMPRESS%20\(WG%202.1\).pdf](https://circabc.europa.eu/sd/a/7e01a7e0-9ccb-4f3d-8cec-aeef1335c2f7/Guidance%20No%203%20-%20pressures%20and%20impacts%20-%20IMPRESS%20(WG%202.1).pdf)

⁷⁶PNEC – Predicted No Effect Concentration

⁷⁷EQS – Environmental Quality standard

⁷⁸LC50 – Lethal concentration, 50%LC50 märgitakse minimaalset aine kontsentratsiooni õhus või vees (aine sisaldust vees LC50 kaudu hinnatakse keskkonnauuringutes), mis on surmav pooltele isenditele testpopulatsioonist.

⁷⁹NOEC – No Observed Effect Concentration

⁸⁰PNEC – Predicted No Effect Concentration

⁸¹EQS – Environmental Quality standard



Keemilise seisundi hindamine

Keemilise seisundi hindamisel veekogumi tüübipõhist eristamist ei toimu. Seisuveekogumite keemiline seisund hinnatakse vastavalt veeseaduse § 59 lõikes 2 toodud seisundiklassidest ja veeseaduse § 76 alusel kehtestatud keskkonnaministri 24. juuli 2019. a määruses nr. 28 "Prioriteetsete ainete ja prioriteetsete ohtlike ainete nimekiri, prioriteetsete ainete, prioriteetsete ohtlike ainete ja teatavate muude saasteainete keskkonna kvaliteedi piirväärtused ning nende kohaldamise meetodid, vesikonnaspetsiifiliste saasteainete keskkonna kvaliteedi piirväärtused, ainete jälgimisnimekirjaga seotud tegevused"⁸² (edaspidi KKM määrus nr. 28) esitatud piirväärtustest ja nõuetest. Keemiliste seisundiklasside määratlus on toodud keskkonnaministri määruses nr. 19 "Pinnaveekogumite nimekiri, pinnaveekogumite ja territoriaalmere seisundiklasside määramise kord, pinnaveekogumite ökoloogiliste seisundiklasside kvaliteedinäitajate väärtused ja pinnaveekogumiga hõlmamata veekogude kvaliteedinäitajate väärtused"⁸³ (veeseaduse §-s 61).

Seisuveekogumite keemilise seisundi kvaliteedinäitajate seisundiklassid

Keemilise seisundi hindamisel hinnatakse kvaliteedielemente ehk indikaator-saasteained, mis on üle-euroopaliselt olulise mõjuga ained (VRD X lisa – KeM määrus nr. 28 § 3). Väljavõtte pinnaveele kehtivatest piirväärtustest, mida kasutatakse maismaa seisuveekogumite hindamisel on toodud tabelis 3.

Kvaliteedielemendi analüüsitulemuste võrdlemisel piirväärtusega määratakse keemiline seisundiklass. Keemilise seisundi hinnangus kasutatakse kahte seisundiklassi – hea ja halb.

Iga kvaliteedielement hinnatakse eraldi. Keemilise seisundi hinnang veekogumi kohta kokku moodustub üksikute kvaliteedielementide hinnangute alusel põhimõttel: „üks halb kõik halb“ ehk madalaima hinnangu alusel. Halva seisundihinnangu andmiseks piisab, kui kasvõi üks loetelus toodud kvaliteedielement on halb. Sellist põhimõtet rakendatakse põhjusel, et ka ühe mürgise aine sisaldus keskkonnale ohtlikus kontsentratsioonis avaldab olulist kahjulikku mõju veeökosüsteemidele.

Pinnaveekogumi keemilist seisundit iseloomustavad seisundiklassid määratakse järgnevalt:

HEA – pinnavee mis tahes kvaliteedinäitaja aasta keskmine väärtus ei ületa **aasta keskmist keskkonna kvaliteedi piirväärtust** (AA) või mis tahes saasteaine sisaldus üksikproovis ei ületa **suurimat lubatud keskkonna kvaliteedi piirväärtust** (MAC).

HALB (VRD ametliku klassifikatsiooni sõnastus VRD V lisa punktis 1.4.3 - *veekogu ei ole saavutanud head keemilist seisundit*). Töös kasutatakse lühendatult hinnangut - halb) – pinnavee mis tahes kvaliteedinäitaja aasta keskmine väärtus ületab **aasta keskmist keskkonna kvaliteedi piirväärtust** (AA)

⁸² Kem määrus nr 28 <https://www.riigiteataja.ee/akt/101082019021>

⁸³ KeM määrus nr 19 <https://www.riigiteataja.ee/akt/121042020061>

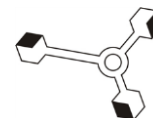


või mis tahes saasteaine sisaldus üksikproovis ületab **suurimat lubatud keskkonna kvaliteedi piirväärtust** (MAC) kasvõi ühe näitaja korral (tabel 3).

Suurim lubatud keskkonnakvaliteedi piirväärtus (MAC) vastab sellisele aine kontsentratsioonile, mille isegi ühekordne doos on elustikule pöördumatuid kahjustusi tekitava mõjuga või isegi surmav. Aasta keskmise piirväärtuse puhul on arvestatud pikemaajaliste mõjudega ning pidevast kokkupuutest tulenevate riskidega elustikule.

Tabel 3. Keemilise seisundi näitajad ja pinnavees kehtivad piirväärtused

Nr	Aine	AA-EQS maismaa pinnaveed (µg/l)	MAC-EQS maismaa pinnaveed (µg/l)	EQS sete maismaa pinnavesi (µg/kg kuivkaal)	EQS elustik (µg/kg märg kaal)
1	Alakloor	0,3	0,7		
2	Anratseen	0,1	0,1	160	9
3	Atrasiin	0,6	2		
4	Benseen	10	50		
5	Bromodifenüüleetrid		0,14	1550	0,0085
6	Kaadmium (Cd)	0,25	1,5		160
7	Kloroalkaanid C10-13	0,4	1,4	990	
8	Klorofenvinfoss	0,1	0,3		
9	Kloropürifoss	0,03	0,1		67
10	1,2-Dikloroetaan	10			
11	Diklorometaan	20			
12	Di-2-etüülheksüülfataat	1,3		100000	3200
13	Diuroon	0,2	1,8		
14	Endosulfaan (summa)	0,005	0,01		1000
15	Fluoranteen	0,0063	0,12		30
16	Heksaklorobenseen		0,05		10
17	Heksaklorobutadieen		0,6		55
18	Heksaklorotsükloheksaan (HCH summa)	0,02	0,04	10,3	33
19	Isoproturoon	0,3	1		
20	Plii (Pb)	1,213	14	53400	1000
21	Elavhõbe (Hg)		0,07		20
22	Naftaleen	2	130		12270
23	Nikkel (Ni)	413	34		730
24	Nonüülfenoolid (summa)	0,3	2	180	10000
25	4-tert-Oktüülfenool	0,1		34	10000
26	Pentaklorobenseen	0,007		400	367
27	Pentaklorofenool	0,4	1	119	1830
28	Benso(a)püreen	1,7 x 10 ⁻⁴	0,27	2497	5
28	Benso(b)fluoranteen	märkus	0,017		märkus
28	Benso(g,h,i)perüleen	märkus	8,2 x 10 ⁻³		märkus
28	Benso(k)fluoranteen	märkus	0,017	1743	märkus
28	Indeno(1,2,3-cd)püreen	märkus			märkus
29	Simasiin	1	4		
30	Tributüültina	0,0002	0,0015	0,02	230
31	Triklorobenseenide summa	0,4			4000



Nr	Aine	AA-EQS maismaa pinnaveed (µg/l)	MAC-EQS maismaa pinnaveed (µg/l)	EQS sete maismaa pinnavesi (µg/kg kuivkaal)	EQS elustik (µg/kg märg kaal)
32	Triklorometaan (kloroform)	2,5			
33	Trifluraliin	0,03		3140	6700
34	Dikofool	1,3 x 10 ⁻³			33
35	Perfluorooktaansulfonaat	0,00065	36		9,1
36	Kinoksüfeen	0,15	2,7		
37	Dioksiinid ja dioksiini laadsed ühendid				0,0065ug/kg TEQ
38	Aklonifeen	0,12	0,12		
39	Bifenoks	0,012	0,04		
40	Tsübutriin	0,0025	0,016		
41	Tsüpermetriin	8 x 10 ⁻⁵	6 x 10 ⁻⁴		
42	Diklorofoss	6 x 10 ⁻⁴	7 x 10 ⁻⁴		
43	Heksabromotsüklododekaan	0,0016	0,5		167
44	Heptakloor ja heptakloor epoksiid	2 x 10 ⁻⁷	3 x 10 ⁻⁴		6,7 x 10 ⁻³
45	Terbutriin	0,065	0,34		
29a	Tetrakloroeteen	10			
29b	Trikloroeteen	10			
6a	Tetraklorometaan	12			
9a	Tsükloдиеenpestitsiidid	Σ = 0,01			
9b	DDT summa	0,025			
9b	p,p'-DDT	0,01			

Saasteainete hinnangu ja mõju seosed teiste seisundihinnangu kvaliteedielementidega

Kogu pinnavee seisundi hinnang on tervik, mille erinevad osad toetavad tervikpildi loomist. Saasteaineid ei kasutata pinnavee seisundihinnangus eraldiseisvana. Saasteainete abil on võimalik hinnata surveid ja kindlaks teha ökosüsteemidele avalduva mõju allikaid. Saasteained on nn kontsentratsiooniindikaatorid ja bioloogilised komponendid on mõjuindikaatorid. Mõju elustikule algab kindlastest saasteainete kontsentratsioonidest, mida on arvestatud saasteainete piirväärtuste kehtestamisel. Mõjusid põhjustavaid saasteaineid saab saasteallikatega seostada ja nende mõju kogumis vähendada. Jälgides ainult mõjuindikaatoreid, on parandusmeetmete planeerimine keeruline.

Seega on pinnavee seisundi määramisel vajalik arvestada nii bioloogilisi kvaliteedielemente, mis näitavad mõju, kui ka seda, millisel määral inimõju veekogumis avaldub (saasteained). Saasteainete mõjud sõltuvad olulisel määral konkreetsetest keskkonnatingimustest ning seetõttu ongi oluline seirata bioloogilisi ja keemilisi näitajaid ajaliselt lähestikku. Saasteainete madalamate kontsentratsioonide korral ei pruugi mõjud organismis avalduda kiiresti, vaid pikema ajaperioodi möödumisel. Saasteaineid veekogumite seisundihinnangus kasutades on võimalik eelhoiatuseks



varakult surved kaardistada ning ei pea ootama ära negatiivseid muutusi organismides ning ökosüsteemides. Negatiivsed muutused ei ole sugugi alati tagasipööratavad, mistõttu on ennetus olulise tähtsusega.

Lisa 2. Kala proovide ja kala koeproovide andmed

Nr	pikkus, cm	mass, g	sugu	gonaadid, g	gonaadi küpsusaste	maks, g	somaatiline mass, g	vanus
1	19.5	154.0	emane	5.2	III	1.9	133.0	4+
2	17.0	94.7	emane	2.6	II	0.9	82.1	3+
3	20.0	166.9	emane	5.3	III	2.1	143.6	4+
4	17.5	112.9	emane	3.1	III	1.3	100.3	3+
5	16.5	99.5	emane	2.9	III	1.4	87.4	3+
6	20.0	165.6	emane	5.6	III	1.8	144.8	4+
7	17.5	132.7	emane	3.5	III	1.5	103.3	3+
8	17.5	111.8	emane	3.1	III	0.9	100.2	3+
9	17.0	96.5	emane	2.8	III	1.0	82.4	3+
10	20.5	203.4	emane	7.7	III	3.0	169.2	5+
11	21.0	198.5	emane	4.3	III	1.7	172.4	5+
12	18.5	155.0	emane	6.9	III	3.4	129	4+
13	21.5	213.6	emane	6.4	III	2.1	187.6	5+
14	22.0	227.1	emane	6.1	III	2.5	198.6	5+
15	21.0	198.1	emane	5.5	III	1.8	165.9	5+
16	17.0	111.2	emane	3.3	III	1.1	95.8	3+
17	17.0	99.6	emane	2.9	III	0.9	88.1	3+
18	20.0	173.5	emane	6.2	III	2.5	149.2	4+
19	20.0	172.0	emane	5.4	III	1.8	148.9	5+
20	18.0	124.8	emane	4.1	III	1.5	110.6	3+

Lisa 3. Karpide proovide ja karpide koeproovide andmed

Võrtsjärv, Pihlaka (677570, 6415246), 13.08.2023, *Unio tumidus*, kiiljas jõekarp

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Karbi kaal g	16.0	14.4	12.4	12.3	12.0	11.7	10.3	9.7	9.3	8.3
Karbi pikkus mm	49	47	46	45	45	44	41	41	41	39
Karbi kõrgus mm	26	24	25	24	23	24	22	21	21	21
Pehmekoe kaal g	5.0	4.0	4.6	4.3	4.7	4.3	3.7	2.9	2.6	2.7
Karbi vanus	6	6	5	6	6	5	5	5	5	5



Lisa 4. Määratavate näitajate katsemeetodid, mõõteprintsiihid ja kasutatud vahendid

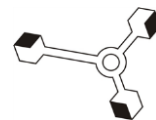
Füüsikalise-keemilised näitajad.

Määratav näitaja	Katsemeetod	Mõõteprintsiip	Vahendid
Temperatuur	EVS-EN ISO 5667-4	elektrokeemia	Kombineeritud mõõtevahend HandyLab680, SI Analytics GmbH, 2015
Hõljuvaine	EVS-EN 872	gravimeetria	
pH	ISO 10523	elektrokeemia	Kombineeritud mõõtevahend HandyLab 680, SI Analytics GmbH, 2015
Lahustunud hapnik	ISO 17289; STJnrV51-1	elektrokeemia	Kombineeritud mõõtevahend HandyLab 680, SI Analytics GmbH, 2015
Hüdrokarbonaat	EVS-EN ISO 9963-1	tiitrimeetria	Automaattitraator Titrand 905, Metrohm, 2013
BHT ₅	EVS-EN 1899-2	elektrokeemia	Hapnikuanalüsaator YsiProODO, YSI Ltd, 2016
KHT _{Mn}	SFS 3036	tiitrimeetria	
NH ₄	EVS-EN ISO 11732	spektrofotomeetria	Automaatanalüsaator Skalar San++Analyzer, Skalar/Holland, 2015
NO ₂	EVS-EN ISO 13395	spektrofotomeetria	Automaatanalüsaator Skalar Sanplus Analyzer CFA, Skalar/Holland, 2013
üldN	EVS-EN ISO 11905-1	spektrofotomeetria	Automaatanalüsaator Skalar San++Analyzer, Skalar/Holland, 2015
üldP; PO ₄	ISO 15681-2	spektrofotomeetria	Autoaanalüsaator, Skalar Sanplus Analyzer CFA, Skalar/Holland, 2020
Cl; SO ₄ ; NO ₃	EVS-EN ISO 10304-1	ioonkromatograafia	Ioonkromatograaf ICS 2100, Thermo Scientific, 2013
Elektrijuhtivus	EVS-EN 27888	elektrokeemia	Kombineeritud mõõtevahend HandyLab680, SI Analytics GmbH, 2015
Värvus	EVS-EN ISO 7887, osa C	spektrofotomeetria	Spektrofotomeeter UV-1800, Shimadzu Instruments Ltd, 2009
Üldkaredus; Ca; Mg	SFS 3003	tiitrimeetria	Automaattitraator Titrand 905, Metrohm, 2010
üldFe	ISO 6332	spektrofotomeetria	Spektrofotomeeter UV-1800, Shimadzu Instruments Ltd, 2009
K; Na	ISO 9964-3	spektrofotomeetria	Aatomabsorptsioon spektromeeter 240FS AA, Agilent Technologies, 2013
Klorofüll-a	ISO 10260	spektrofotomeetria	Spektrofotomeeter UV-1800, Shimadzu Instruments Ltd, 2009
Si	Methods of Seawater Analysis, Grasshoff 1999	spektrofotomeetria	Spektrofotomeeter UV-1800, Shimadzu Instruments Ltd, 2009



Prioriteetsete, prioriteetsete ohtlike ainete ja muude keemilise seisundi hinnangu saasteainete jaotus, katsemeetodid ja mõõtevahendid.

Nr	Näitaja	Ainegrupp	Katsemeetod			Mõõteprintsip	Vahendid
			Vesi	Sete	Elustik		
1	Bensüülbutüülftaal (BBP)	Ftalaat	EVS-EN ISO 18856	CEN/TS 16183	DIN 19742	GC/MS	Gaasi-kromatograaf-massispektrom eeter (GC/MS) 7890B/5977A MSD , Agilent Technologies, 2013
2	Di-2-etüülheksüülftaal (DEHP)						
3	Dibutüülftaal (DBP)						
4	Dietüülftaal (DEP)						
5	Diisobutüülftaal (DIBP)						
6	Dimetüülftaal (DMP)						
7	Di-n-oktüülftaal (DOP)						
8	Di-n-propüülftaal (DPP)						
9	Ditsükloheksüülftaal (DCP)						
10	Diundetsüülftaal (DUP)						
11	Di-iso-nonüülftaal						
12	Di-pentüülftaal						
13	Klooritud parafiinid (C10-C13)	Kloororgaanilid	ISO 12010	ISO 12010	ISO 12010	GC/MS	allhange
14	1,2,3,4-/1,2,4,5-Tetraklorobenseen	Klorobenseen	STJnrU63	STJnrU63a	STJnrU67	GC/MS	Gaasi-kromatograaf-tandem-massispektrom eeter (GC/MS/MS) 7890B/7000, Agilent Technologies, 2013
15	1,2,3,5-tetraklorobenseen						
16	1,2,3-triklorobenseen						
17	1,2,4,5-tetraklorobenseen						
18	1,2,4-triklorobenseen						
19	1,3,5-triklorobenseen						
20	Pentaklorobenseen						
21	2,3,4,5-Tetraklorofenool	Klorofenool	EVS-EN 12673	ISO 14154	STJnrU94b	GC/MS	Gaasi-kromatograaf-massispektrom eeter (GC/MS) 7890B/5977A MSD , Agilent Technologies, 2013
22	2,3,4,6-Tetraklorofenool						
23	2,3,4-Triklorofenool						
24	2,3,5,6-Tetraklorofenool						
25	2,3,5-Triklorofenool						
26	2,3,6-Triklorofenool						
27	2,3-Diklorofenool						
28	2,4,5-Triklorofenool						
29	2,4,6-Triklorofenool						
30	2,4-Diklorofenool/2,5-Diklorofenool						
31	2,6-Diklorofenool						
32	2-Klorofenool						
33	3,4,5-Triklorofenool						
34	3,4-Diklorofenool						
35	3,5-Diklorofenool						
36	3-Klorofenool						
37	4-Klorofenool						



Nr	Näitaja	Ainegrupp	Katsemeetod			Mõõteprintsip	Vahendid
			Vesi	Sete	Elustik		
38	Pentaklorofenool						
39	Elavhõbe (Hg)	Metall	EVS-EN ISO 17852	STJnr84-2	STJnrMU84-2	AAS-külmaur	Elavhõbedaanalüsaator QuickTrace M-8000, CETAC Technologies, 2013; RA-915, Lumex, 2007
40	Kaadmium (Cd)		EVS-EN ISO 17294-2	STJnr. M/U94	STJnr.M/U94	ICP/OES ICP/MS	Induktiivplasma (ICP) massispektrom eeter 7700, Agilent Technologies, 2013; ICP-MS, Agilent Technologies, 2009; ICP-MS 7500cx, Agilent Technologies, 2009
41	Nikkel (Ni)						
42	Plii (Pb)						
43	4-n-nonüülfenool	Nonüülfenool	DIN EN ISO 18857	DIN EN ISO 18857-2	DIN EN ISO 18857-2	GC/MS	Gaasi-kromatograaf-massispektrom eeter (GC/MS) 7890B/5977A MSD, Agilent Technologies, 2013
44	Iso-nonüülfenool						
45	4-n-oktüülfenool	Oktüülfenool	DIN 38407-27				
46	4-tert-oktüülfenool		DIN EN ISO 18857				
47	Antratseen	PAH	ISO 28540	STJnrU63a	STJnrU67	GC/MS	Gaasi-kromatograaf-tandem-massispektrom eeter (GC/MS/MS) 7890B/7000, Agilent Technologies, 2013
48	Benso(a)püreen						
49	Benso(b)fluoranteen						
50	Benso(g,h,i)perüleen						
51	Benso(k)fluoranteen						
52	Fluoranteen						
53	Indeno(1,2,3-cd)püreen						
54	Naftaleen						
55	Atsenafteen						
56	Benso(a)antratseen						
57	Fenantreen						
58	Fluoreen						
59	Krüseen						
60	Dibenso(a,h)antratseen						



Nr	Näitaja	Ainegrupp	Katsemeetod			Mõõteprintsip	Vahendid
			Vesi	Sete	Elustik		
61	Atsenaftüleen	PBDE		DIN EN ISO 22032	DIN EN ISO 22032	GC/MS	allhange
62	Püreen						
63	DeBDE						
64	DiBDE						
65	HBCD						
66	HpBDE						
67	HxBDE						
68	NBDE						
69	OBDE						
70	PBDE 100						
71	PBDE 47						
72	PBDE 99						
73	PeBDE						
74	TeBDE						
75	TriBDE						
76	PCB-101	PCB		STJnrU63a	STJnrU67	GC/MS	Gaasi-kromatograaf-tandem-massispektrom eeter (GC/MS/MS) 7890B/7000, Agilent Technologies, 2013
77	PCB-105						
78	PCB-114						
79	PCB-118						
80	PCB-123						
81	PCB-126						
82	PCB-138						
83	PCB-153						
84	PCB-156						
85	PCB-157						
86	PCB-167						
87	PCB-169						
88	PCB-180						
89	PCB-189						
90	PCB-28						
91	PCB-52						
92	PCB-77						
93	PCB-81						
94	Perfluorooktaansulfoonhape (PFOS)	Perfluororühend		STJnrU96	STJnrU96	LC/MS	Vedelik-kromatograaf-tandem-massispektrom eeter (LC/MS/MS) 1290/6490, Agilent Technologies, 2013



Nr	Näitaja	Ainegrupp	Katsemeetod			Mõõte- printsii p	Vahendid
			Vesi	Sete	Elustik		
95	Bifentriin	Pestitsiidid	STJnrU63	STJnrU63a	STJnrU67	GC/MS	Gaasi- kromatograaf- tandem- massispektrom eeter (GC/MS/MS) 7890B/7000, Agilent Technologies, 2013
96	Diklobeniil						
97	Endosulfaansulfaat						
98	gamma-Klordaani						
99	Isobensaan						
100	Kvintoseen						
101	Metoksükloor						
102	beeta- Heksaklorotsükloheksaan						
103	delta- Heksaklorotsükloheksaan						
104	gamma- Heksaklorotsükloheksaan						
105	Heksaklorobenseen						
106	Alfa-heksaklorotsükloheksaan						
107	Atrasiin						
108	Aklonifeen						
109	Alakloor						
110	Aldriin						
111	alfa-Endosulfaan						
112	beeta-Endosulfaan						
113	Bifenoks						
114	Dieldriin						
115	Diklorofoss						
116	Dikofool						
117	Endriin						
118	Heksaklorobutadien						
119	Heptakloor						
120	Heptakloor-eksoepoksiid						
121	Heptakloor-endoepoksiid						
122	Isodriin						
123	Klorofenvinfoss						
124	Kloropürifoss						
125	o,p'-DDD						
126	o,p'-DDE						
127	o,p'-DDT						
128	p,p'-DDD						
129	p,p'-DDE						
130	p,p'-DDT						
131	Simasiin						



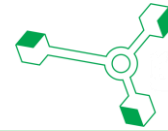
Nr	Näitaja	Ainegrupp	Katsemeetod			Mõõteprintsip	Vahendid
			Vesi	Sete	Elustik		
132	Trifluraliin						
133	Tsüpermetriin						
134	Diuroon						
135	Isoproturoon		STJnrU92			LC/MS	Vedelikkromatograaf-tandem-massispektrom eeter (LC/MS/MS) 1290/6490, Agilent Technologies, 2013
136	Kinoksüfeen						
137	Terbutriin						
138	Tsübutriin						
139	Dibutüültina-katioon (DBT)	Tinaorgaanika	STJnrU89	STJnrU89a	STJnrU89b	GC/MS	Gaasi-kromatograaf-tandem-massispektrom eeter (GC/MS/MS) 7890B/7000, Agilent Technologies, 2013
140	Dioktüültina-katioon (DOT)						
141	Monobutüültina-katioon (MBT)						
142	Monooktüültina-katioon (MOT)						
143	Tributüültina-katioon (TBT)						
144	Trifenüültina-katioon (TPHT)						
145	Tritsükloheksüültina-katioon (TCyT)						
146	Tetrabutüültina-katioon (TTBT)						
147	Tetrakloroeteen (perkloroeteen)	VOC	ISO 11423-1			GC/MS	Gaasi-kromatograaf-massispektrom eeter (headspace)(HS-GC/MS), 7890B/5977A, Agilent Technologies, 2013
148	Tetraklorometaan (süsiniktetrakloriid)						
149	Benseen						
150	Diklorometaan						
151	m/p-Ksüleen						
152	o-Ksüleen						
153	Trikloroeteen (trikloroetüleen)						
154	Triklorometaan (kloroform)						
155	1,2-Dikloroetaan						


Vesikonnaspetsiifiliste ainete ja teiste määratud saasteainete jaotus, katsemeetodid ja mõõtevahendid

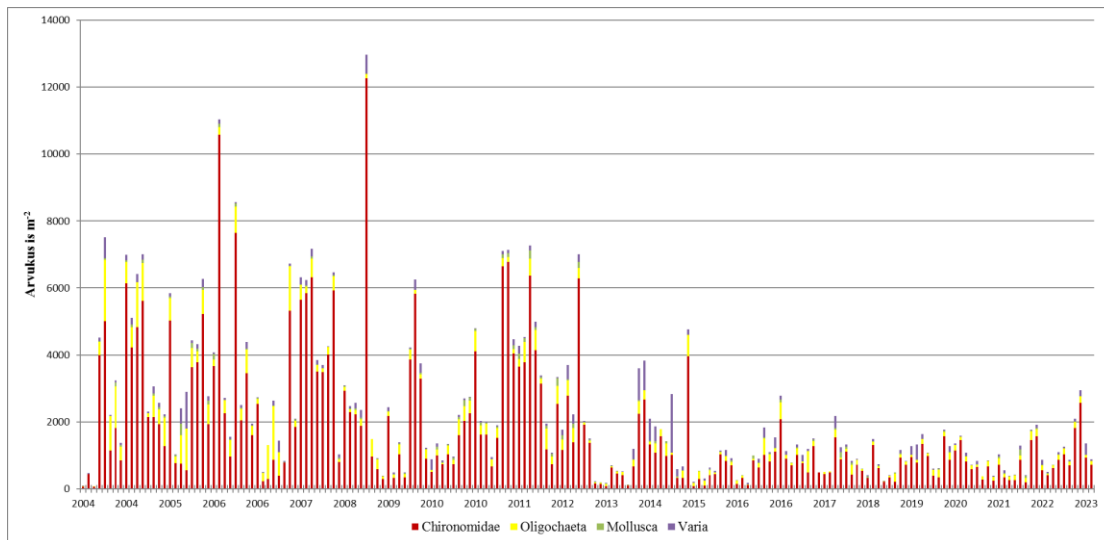
Nr	Näitaja	Ainegrupp	Katsemeetod			Mõõte- printsii	Vahendid
			Vesi	Sete	Elustik		
1		Metall	EVS-EN ISO 17294-2		STJnrMU94	ICP/MS	Induktiivplasma (ICP) massispektromeeter 7700, Agilent Technologies, 2013;
2	Arseen (As) filtreeritud			STJnrMU94A			
3	Baarium (Ba) filtreeritud						
4	Kroom (Cr) filtreeritud						
5	Tsink (Zn) filtreeritud						
6	Vask (Cu) filtreeritud						
7	Naftasaadused (süsivesinikud C10 – C40)			EVS-EN ISO 16703		GC	Gaasikromatograaf leekionisatsioonidetektoriga (GC/FID), Agilent Technologies, 2013
8	Spiroksamiin	Pestitsiid	STJnrU92		STJnrU97A	LC/MS	Vedelikkromatograaf-tandem- massispektromeeter (LC/MS/MS) 1290/6490, Agilent Technologies, 2013
9	MCPA						
10	2,4-D						
11	Kloormekvaat kloriid						
12	Metasakloor						
13	Tebukonasool						
14	Klopüraliid						
15	Amidosulfuroon						
16	Bentasoon						
17	Kloridasoon-desfenüül						
18	Napropamiid						
19	Propakvisafo						
20	Propamokarb-hüdrokloriid						
21	Tritosulfuroon						
22	2,4-D 2-EHE		STJnrU63			GC/MS	Gaasikromatograaf-tandem- massispektromeeter (GC/MS/MS) 7890B/7000, Agilent Technologies, 2013



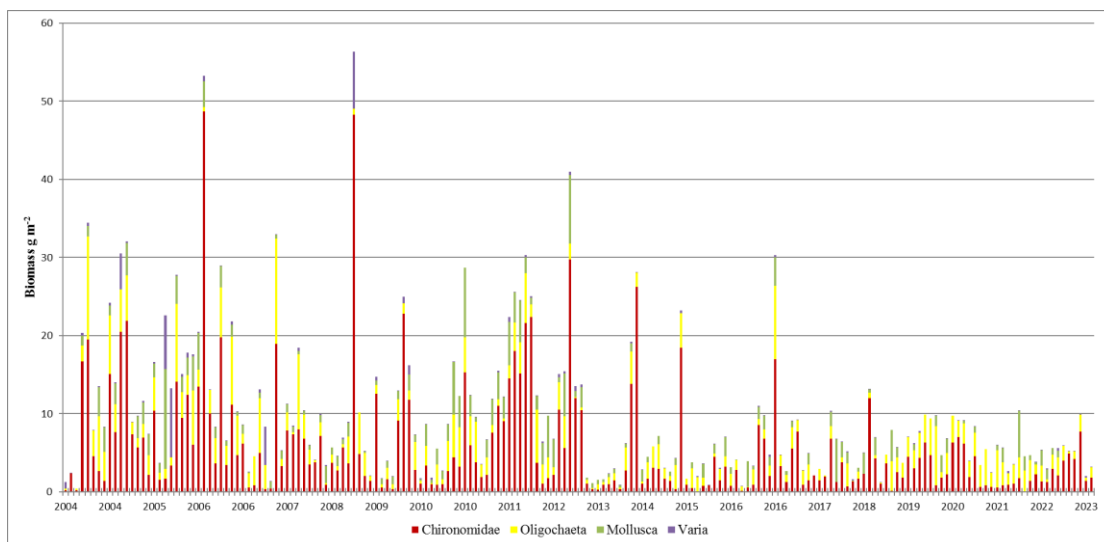
Nr	Näitaja	Ainegrupp	Katsemeetod			Mõõte- printsii	Vahendid
			Vesi	Sete	Elustik		
23	Glüfosaat		STJnrU93		STJnrU93B	LC/MS	Vedelikkromatograaf-tandem-massispektromeeter (LC/MS/MS) 1290/6490, Agilent Technologies, 2013
24	AMPA						
25	2,3-Dimetüülfenool	Ühealuselised fenoolid	STJnrU12D			HPLC	Vedelikkromatograaf elektrokeemilise dektektoriga, Agilent 1290 Infinity + Antec Decade II, Agilent Technologies, 2013
26	2,6-Dimetüülfenool						
27	3,4-Dimetüülfenool						
28	3,5-Dimetüülfenool						
29	Fenool						
30	o-kresool (2-metüülfenool)						
31	p,m-kresool (4 ja 3-metüülfenool)	Kahealuselised fenoolid	STJnrU12D			HPLC	Vedelikkromatograaf elektrokeemilise dektektoriga, Agilent 1290 Infinity + Antec Decade II, Agilent Technologies, 2013
32	2,5-Dimetüülresortsiin						
33	5-Metüülresortsiin						
34	Resortsiin						
35	Tolueen	VOC	ISO 11423-1			GC/MS	Gaasikromatograaf-massispektromeeter (headspace)(HS-GC/MS), 7890B/5977A, Agilent Technologies, 2013



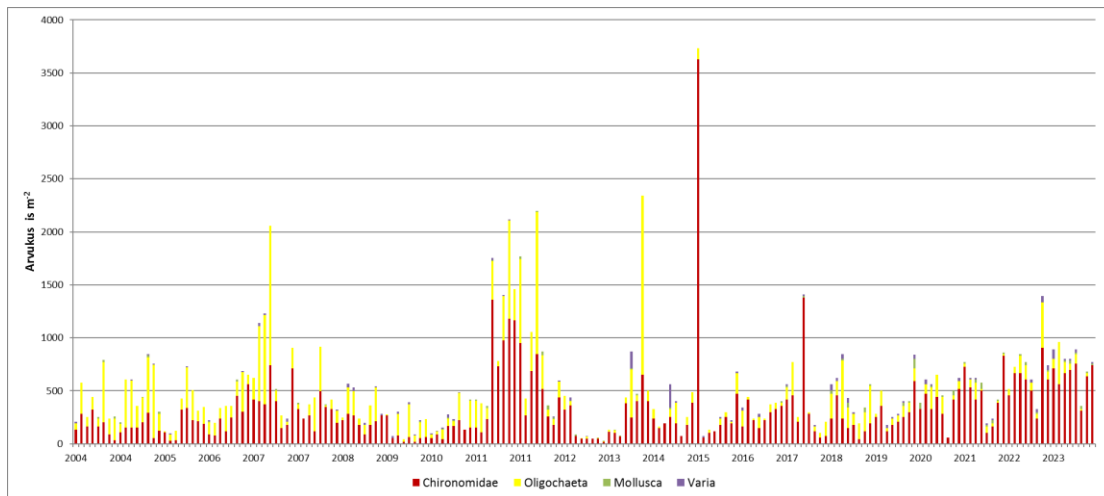
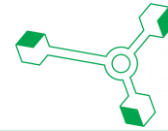
Lisa 5. Suurselgrootud



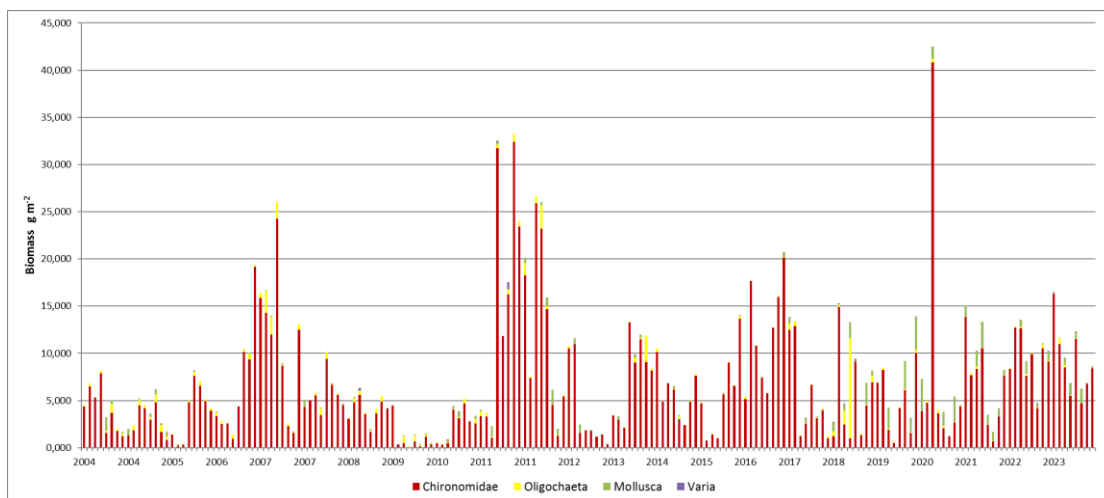
Joonis 1. Põhjaloormade arvukuse sesoonsed muutused Võrtsjärve litoraalis (punkt 22) aastatel 2004–2023.



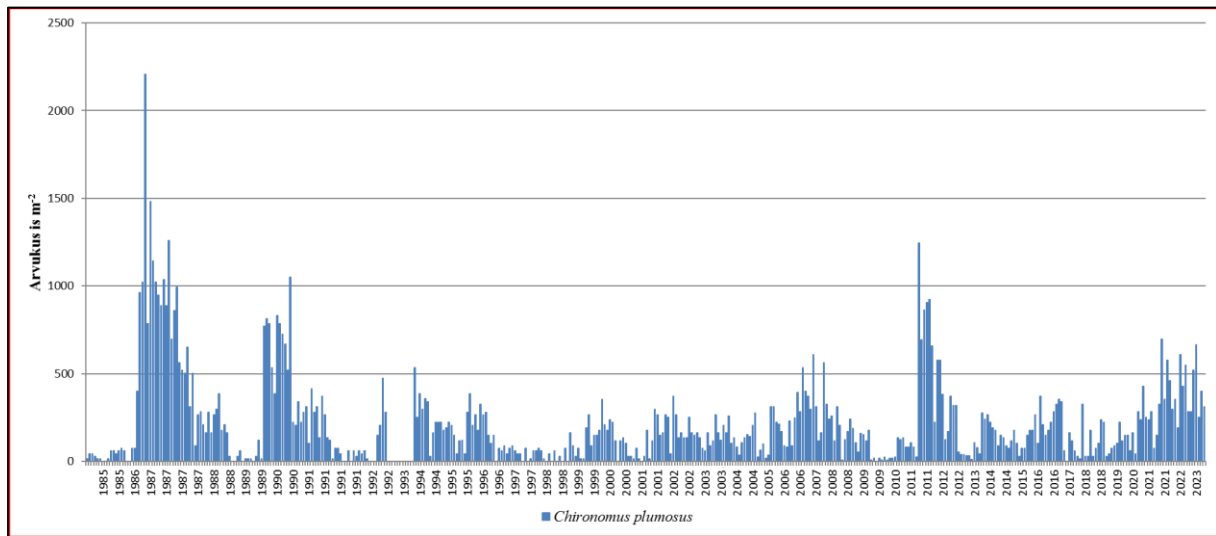
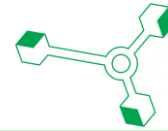
Joonis 2. Põhjaloormade biomassi sesoonsed muutused Võrtsjärve litoraalis (punkt 22) aastatel 2004–2023.



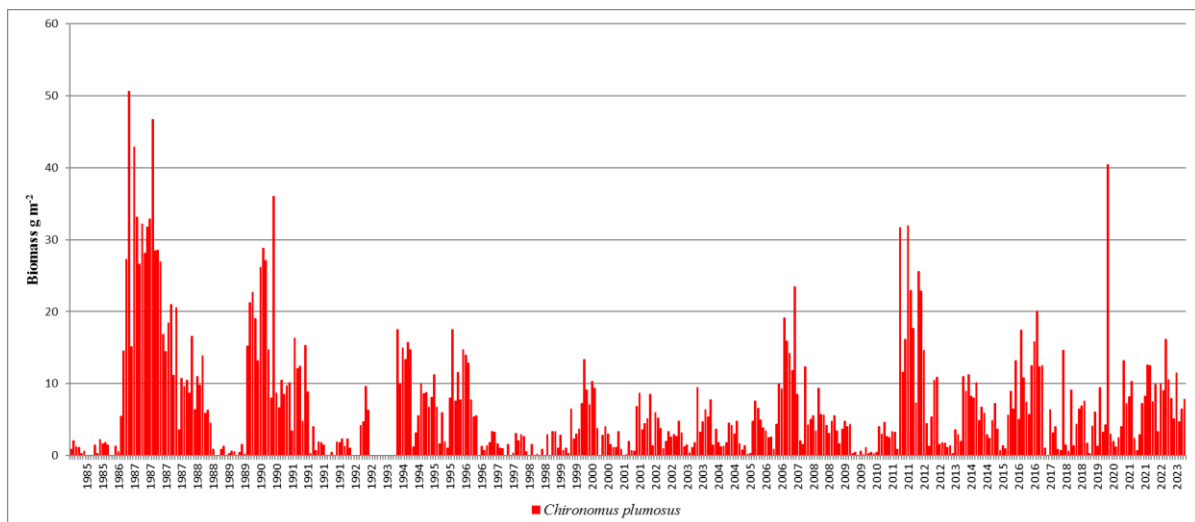
Joonis 3. Põhjaloimate arvukuse sesoonsed muutused Võrtsjärve profundaalis (punkt 7) aastatel 2004–2023.



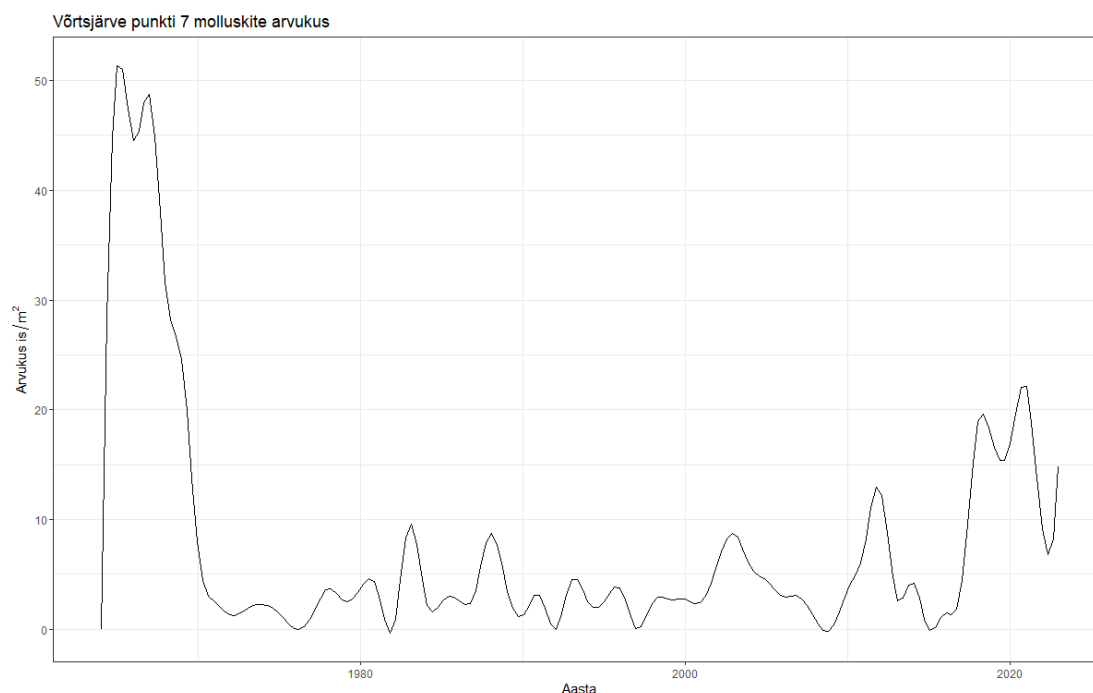
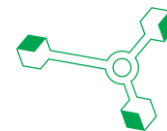
Joonis 4. Põhjaloimate biomassi sesoonsed muutused Võrtsjärve profundaalis (punkt 7) aastatel 2004–2023.



Joonis 5. *Chironomus plumosus*'e arvukuse pikaajalised kõikumised Võrtsjärve profundaalis (punkt 7) aastatel 1985–2022. Märka, et aasta 1993 andmed ei kajasta *C. plumosus*'t.



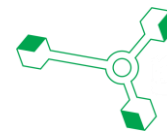
Joonis 6. *Chironomus plumosus*'e biomassi pikaajalised kõikumised Võrtsjärve profundaalis (punkt 7) aastatel 1985–2022. Märka, et aasta 1993 andmed ei kajasta *C. plumosus*'t.



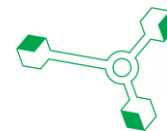
Joonis 7. Väikeste limuste arvukus 1964–2023 aastatel Võrtsjärve punktis 7.

Võrtsjärvest leitud põhjaloomade liigid aastatel 2014–2023.

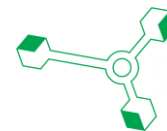
Diptera: Chironomidae	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
<i>Ablabesmyia phatta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Camptochironomus tentans</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chironomus commutatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>C. luridus,</i> <i>pseudothummi,</i> <i>uliginosus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>C. muratensis</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>C. plumosus</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Cladopelma gr.</i> <i>laccophila</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cladopelma lateralis</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
<i>Cladotanytarsus mancus</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Cladotanytarsus gr.</i> <i>Mancus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Corynocera ambigua</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Corynoneura scutellata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Corynoneura sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cricotopus algarum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>C. intersectus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>C. gr. Sylvestris</i>	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0



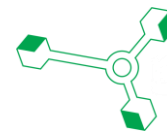
Diptera: Chironomidae	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
<i>Cryptochironomus gr.defectus</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>C. supplicans</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>C. ussouriensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Demicryptochironomus vulneratus</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Dicrotendipes nervosus</i>	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1
<i>D. notatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>D. pulsus</i>	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Einfeldia carbonaria</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>E. gr. Carbonaria</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Endochironomus albipennis</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>E. impar</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>E. tendens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Fleuria lacustris</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Glyptotendipes glaucus</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>G. gripekoveni</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>G. imbecillis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>G. pallens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>G. paripes</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>G. severini</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
<i>Lipiniella arenicola</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Harnischia curtilamellata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Microchironomus tener</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Microtendipes pedellus</i>	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1
<i>Monodiamesa bathyphila</i>	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Nanocladius bicolor</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Orthocladius sp.</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
<i>Parachironomus arcuatus</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Parachironomus vitiosus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Paracladopelma sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Paratanytarsus sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Paratanytarsus austriacus</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
<i>Paratanytarsus confusus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>P. quintuplex</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Paratendipes albimanus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Phaenopsectra flavipes=Pentapedilum exsectum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Phaenopsectra sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



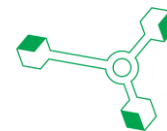
Diptera: Chironomidae	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
<i>Polypedilum bicrenatum</i>	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
<i>P. convictum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>P. cultellatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>P. nubeculosum</i>	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
<i>P. pedestre</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>P. scalaenum</i>	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0
<i>P. tetracrenatum</i>	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
<i>P. (Pentapedilum) sordens</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Potthastia campestris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>P. longimana</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Procladius choreus</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>P. ferrugineus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>P. nigriventris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Psectrocladius delatoris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>P. septentrionalis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>P. simulans</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>P. gr. Sordidellus</i>	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
<i>Psectrocladius sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pseudochironomus prasinatus</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Psilotanytus imicola</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Stictochironomus conn. N 2 Lipina</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>S. gr. crassiforceps</i>	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0
<i>S. gr. histrio</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
<i>S. rosenschoeldi</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Tanytus kraatzii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>T. punctipennis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Tanytarsus brundini</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>T. gr. gregarius</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>T. holochlorus, volgensis või occultus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>T. lugens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>T. medius</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>T. mendax</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
<i>T. usmaensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>T. verralli</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tanytarsus sp.</i>	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0
<i>Thienemannimyia sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Thienemanniola ploenensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tribelos intextus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Zavreliella marmorata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kokku:	21	22	23	19	20	17	19	18	20	25
<i>Insecta</i>										



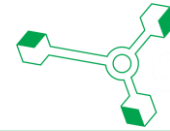
Diptera:	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Chironomidae										
<i>Anabolia nervosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Atripsodes cinereus</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Cyrnus flavidus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cyrnus sp.</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Caenis horaria</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>C. moesta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Caenis sp.</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ceradea annulicornis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ceratopogonidae gen.sp</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Chaoborus flavicans</i>	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1
<i>Coleoptera sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Donacia sp.</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ecnomus tenellus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Haliphus sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Heptagenia sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>H. fuscogrisea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hydroptilidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hydropsyche contubernalis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Limnephilus stigma</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Limnephilus sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Micronecta sp.</i>	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
<i>Micronecta minutissima</i>					1	1	1	0	1	1
<i>Molanna angustata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Molanna sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Mystacides sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Oecetis lacustris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ortotrichia sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Oulimnius tuberculatus</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Oxyethira sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Phryganea bipunctata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Psychomyia pusilla</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tabanidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kokku:	4	4	2	3	3	3	4	1	4	3
Crustacea										
<i>Asellus aquaticus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gammarus lacustris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gammarus sp.</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Hydracarina gen.sp.</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Kokku:	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2
Bivalvia (Mollusca)										
<i>Anodonta anatina</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Anodonta cygnea</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Anodonta sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Unio pictorum</i>	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1



Diptera:	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Chironomidae										
<i>U. tumidus</i>	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0
<i>Unio sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dreissena polymorpha</i>	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Euglesa acuminata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Euglesa crassa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>E. dupuiana</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>E. fedderseni</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>E. fossarina</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>E. henslowana</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>E. nitida</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>E. ponderosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>E. ruut</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>E. suecica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>E. tanuga</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>E. tenuisculpta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Euglesa sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Neopisidium torquatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pisidium sp.</i>	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1
<i>Pisidium amnicum</i>			1		1	0	0	1	0	0
<i>P. casertanum</i>					1	0	0	0	0	0
<i>P. casertanum f. Ponderosa</i>					1	1	1	0	0	1
<i>P. henslowanum</i>					0	0	1	0	0	1
<i>P. nitidum f. Crassa</i>					1	0	0	0	0	0
<i>P. supinum</i>			1		1	0	1	0	1	1
<i>Sphaerium corneum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kokku:	3	3	4	3	4 (8)	3	2(4)	3	4	3(6)
Gastropoda (Mollusca)										
<i>Acroloxus lacustris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ancylus fluviatilis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Anisus albus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bithynia leachi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>B. tentaculata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
<i>Bithynia sp.</i>	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
<i>Lymnaea auricularia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lymnaea sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Planorbis carinatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Planorbidae</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Radix balthica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Radix sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Segmentina sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Valvata antiqua</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>V. depressa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>V. piscinalis</i>	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Valvata sp.</i>	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0



Diptera: Chironomidae	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
<i>Kokku:</i>	2	3	3	3	3	1	1	1	3	3
<i>Oligochaeta</i>										
<i>Bothrioneurum vejdovskyanum</i>	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1
<i>Cognettia glandulosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dero digitata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Globulidrilus riparius</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Limnodrilus claparedeanus</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>L. hoffmeisteri</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>L. profundicola</i>	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0
<i>L. udekemianus</i>	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1
<i>Lophochaeta ignota (vana Tubifex ignotus)</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lumbriculus variegatus</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Marionina ? sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nais pardalis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Peipsidrilus saamicus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Potamothrix bedoti</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>P. hammoniensis</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>P. moldaviensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Psammoryctides albicola</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>P. barbatus</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
<i>Rhyacodrilus coccineus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rhynehelms limosella</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Spirosperma ferox</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Stylaria lacustris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Stylodrilus heringianus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Trichodrilus sp.</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tubifex newaensis</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>T. tubifex</i>	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1
<i>Uncinaiis uncinata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Kokku:</i>	9	10	8	8	6	4	5	5	5	8
<i>Hirudinea</i>										
<i>Alboglossiphonia heteroclita</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Agrypnia pagetana</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Erpobdella octoculata</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>E. testacea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
<i>Erpobdella sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Glossiphonia complanata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>G. heteroclita f. papillosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Helobdella stagnalis</i>	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0



Diptera: Chironomidae	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
<i>Hemiclepsis marginata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Piscicola geometra</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Kokku:	2	1	0	1	0	0	1	0	1	3
<i>Mermithidae gen.sp.</i> <i>indet. (Nematoda)</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Kokku	42	44	42	39	38(4 2)	30	34(3 6)	29	39	48(5 1)

Lisa 6. Veetaimestik

Hõimkond Mändvetiktaimed - Charophyta

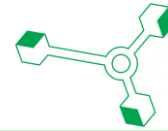
1. Näsa-mändvetikas - *Chara contraria* A. Braun ex Kuetzing
2. Nitellopsis - *Nitellopsis obtusa* (Desv. In Lois.) Gr.

Hõimkond Sõnajalgtaimed - Pteridophyta

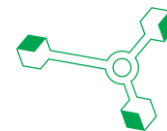
1. Konnaosi - *Equisetum fluviatile* L.

Hõimkond Katteseemnetaimed - Angiospermae

1. Jõgioblikas - *Rumex hydrolapathum* Huds.
2. Vesi-kirburohi - *Polygonum amphibium* L.
3. Valge vesiroos - *Nymphaea alba* L.
4. Väike vesiroos - *N. candida* C. Presl
5. Kollane vesikupp - *Nuphar luteum* (L.) Sm.
6. Räni-kardhein - *Ceratophyllum demersum* L.
7. Harilik varsakabi - *Caltha palustris* L.
8. Sõõr-särjesilm - *Ranunculus circinatus* Sibth.
9. Suur tulikas - *R. lingua* L.
10. Kaartulikas - *R. reptans* L.
11. Kollane ängelhein - *Thalictrum flavum* L.
12. Vesikerss - *Rorippa amphibia* (L.) Besser
13. Hanijalg - *Potentilla anserina* L.
14. Soopihl - *P. palustris* (L.) Scop.
15. Harilik kukesaba - *Lythrum salicaris* L.
16. Männas-vesikuusk - *Myriophyllum verticillatum* L.
17. Tähk-vesikuusk - *M. spicatum* L.
18. Harilik kuuskhein - *Hippuris vulgaris* L.
19. Harilik jõgiputk - *Sium latifolium* L.
20. Harilik mürkputk - *Cicuta virosa* L.
21. Harilik vesiputk - *Oenanthe aquatica* (L.) Poir.
22. Harilik vesisulg - *Hottonia palustris* L.
23. Ussilill - *Lysimachia thyrsiflora* L.
24. Harilik metsvits - *L. vulgaris* L.
25. Ubaleht - *Menyanthes trifoliata* L.
26. Tara-seatapp - *Calystegia sepium* (L.) R. Br.
27. Harilik varemerohi - *Symphytum officinale* L.
28. Soo-lõosilm - *Myosotis scorpioides* L.
29. Harilik parkhein - *Lycopus europaeus* L.
30. Soo-nõianõges - *Stachys palustris* L.
31. Vesimünt - *Mentha aquatica* L.



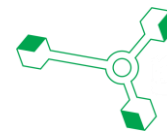
32. Harilik maavits - *Solanum dulcamara* L.
33. Pikalehine mailane - *Veronica longifolia* L.
34. Harilik vesihermes - *Urticularia vulgaris* L.
35. Paiseleht - *Tussilago farfara* L.
36. Harilik vesikanep - *Eupatorium cannabinum* L.
37. Inglise vaak - *Inula britannica* L.
38. Kolmisruse - *Bidens tripartita* L.
39. Võsa-raudrohi - *Achillea ptarmica* L.
40. Soo-ristirohi - *Senecio paludosa* L.
41. Jõgi-kõõlusleht - *Sagittaria sagittifolia* L.
42. Harilik konnarohi - *Alisma plantago-aquatica* L.
43. Harilik luigelill - *Butomus umbellatus* L.
44. Konnakilbukas - *Hydrocharis morsus-ranae* L.
45. Vesikarika - *Stratiotes aloides* L.
46. Kanada vesikatk - *Elodea canadensis* Michx.
47. Väike vesikatk - *E. nuttallii* (Planch.) H. St. John
48. Kamm-penikeel - *Potamogeton pectinatus* L.
49. Lapik penikeel - *P. compressus* L.
50. Ogaterav penikeel - *P. friesii* Rupr.
51. Tõmbilehine penikeel - *P. obtusifolius* Mert. et W.D.J. Koch
52. Ujuv penikeel - *P. natans* L.
53. Hein-penikeel - *P. gramineus* L.
54. Kähär penikeel - *P. crispus* L.
55. Lääk-penikeel - *P. lucens* L.
56. Kaelus-penikeel - *P. perfoliatus* L.
57. Kollane võhumõök - *Iris pseudacorus* L.
58. Lääkviljane luga - *Juncus articulatus* L.
59. Harilik pilliroog - *Phragmites australis* (Cavan) Trin. ex. Steud.
60. Päideroog - *Phalaris arundinacea* L.
61. Kastehein - *Agrostis* L.
62. Rooghein - *Scolochloa festucacea* (Willd.) Link
63. Suur parthein - *Glytseria maxima* (Hartm.) Holmb.
64. Harilik parthein - *G. fluitans* (L.) R.Br.
65. Harilik kalmus - *Acorus calamus* L.
66. Soovõhk - *Calla palustris* L.
67. Hulgajuurine vesilääts - *Spirodela polyrrhiza* (L.) Schleid.
68. Ristlemmel - *Lemna trisulca* L.
69. Väike lemmel - *L. minor* L.
70. Liht-jõgitakjas - *Sparganium emersum* Rehmman.
71. Haruline jõgitakjas - *S. erectum* L.s.str.
72. Väikeseviltane jõgitakjas - *S. microcarpum* (Neuman) Čelak.
73. Laialehine hundinui - *Typha latifolia* L.
74. Ahtalehine hundinui - *T. angustifolia* L.
75. Metskõrkjas - *Scirpus sylvaticus* L.
76. Järvkaisel - *Schoenoplectus lacustris* (L.) Palla.
77. Soo-alss - *Eleocharis palustris* (L.) R. Brown emend. Roem. et Schult.
78. Nõelalss - *E. acicularis* (L.) Roem. Et Schult.
79. Kraavtarn - *Carex pseudocyperus* L.
80. Kollane tarn - *C. flava* L.
81. Sale tarn - *C. acuta* L.



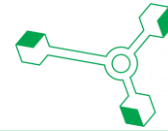
Lisa 7. Fütobentos

Bentiliste ränivetikate loendusandmed ja suhtelised arvukused Võrtsjärves 2023. a

Takson	Valma		Tarvastu		Arali		Sapi	
	Loend.	Suht. arv.	Loend.	Suht. arv.	Loend.	Suht. arv.	Loend.	Suht. arv.
<i>Achnanthes bioreti</i>					8	1,94		
<i>Achnanthes clevei</i>	3	0,74	1	0,24	10	2,43	2	0,48
<i>Achnanthes conspicua</i>	5	1,24	3	0,71		0,00	1	0,24
<i>Achnanthes exigua</i>					1	0,24	1	0,24
<i>Achnanthes laevis</i>	1	0,25	4	0,95	8	1,94		
<i>Achnanthes lanceolata</i> var. <i>frequentissima</i>					1	0,24	1	0,24
<i>Achnanthes minutissima</i> s.l.	26	6,44	186	44,29	76	18,45	77	18,42
<i>Achnanthes oblongella</i>	2	0,50			3	0,73	3	0,72
<i>Achnanthes petersenii</i>							4	0,96
<i>Achnanthes pusilla</i>			4	0,95	3	0,73		
<i>Amphipleura pellucida</i>							1	0,24
<i>Amphora inariensis</i>	10	2,48	6	1,43	29	7,04	13	3,11
<i>Amphora libyca</i>	1	0,25						
<i>Amphora pediculus</i>	9	2,23	10	2,38	44	10,68	12	2,87
<i>Aneomastus tusculus</i>	1	0,25						
<i>Aulacoseira</i> sp	1	0,25	1	0,24	1	0,24	1	0,24
<i>Caloneis silicula</i>	1	0,25						
<i>Cocconeis neothumensis</i>	4	0,99	2	0,48	14	3,40	7	1,67
<i>Cocconeis placentula</i>	3	0,74						
<i>Cyclostephanus dubius</i>	1	0,25	1	0,24		0,00	1	0,24
<i>Cymbella affinis</i>	19	4,70	6	1,43	1	0,24	14	3,35
<i>Cymboplectra amphicephala</i>					1	0,24	1	0,24
<i>Denticula tenuis</i>	4	0,99	12	2,86	5	1,21		
<i>Diploneis oblongella</i>							1	0,24
<i>Diploneis smithii</i>			1	0,24				
<i>Encyonema lange-bertalotii</i>	12	2,97	1	0,24	7	1,70	11	2,63
<i>Encyonema ventricosum</i>	3	0,74			1	0,24	4	0,96
<i>Encyonopsis descripta</i>	1	0,25					2	0,48
<i>Encyonopsis microcephala</i>	21	5,20	10	2,38	9	2,18	36	8,61
<i>Encyonopsis subcapitata</i>	12	2,97	8	1,90	10	2,43	8	1,91
<i>Epithemia adnata</i>	1	0,25			1	0,24		
<i>Epithemia sorex</i>	2	0,50					4	0,96
<i>Eunotia minor</i>			1	0,24				
<i>Fragilaria berolinensis</i>	6	1,49	2	0,48	12	2,91	2	0,48
<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>capucina</i>	6	1,49	1	0,24	3	0,73	2	0,48
<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>vaucheriae</i>	5	1,24						
<i>Fragilaria construens</i>	54	13,37	66	15,71	42	10,19	18	4,31
<i>Fragilaria construens</i> f. <i>binodis</i>	1	0,25						



<i>Fragilaria construens f. venter</i>	15	3,71	43	10,24	9	2,18	29	6,94
<i>Fragilaria delicatissima</i>	12	2,97			2	0,49	6	1,44
<i>Fragilaria famelica</i>	7	1,73			2	0,49		
<i>Fragilaria mesolepta</i>					2	0,49		
<i>Fragilaria nanana</i>	12	2,97			4	0,97	8	1,91
<i>Fragilaria nanoides</i>	2	0,50					6	1,44
<i>Fragilaria parasitica</i>							1	0,24
<i>Fragilaria pinnata</i>	17	4,21	19	4,52	18	4,37	14	3,35
<i>Fragilaria rumpens</i>	18	4,46	1	0,24	2	0,49	5	1,20
<i>Fragilaria ulna var. acus</i>	5	1,24						
<i>Fragilaria ulna var. ulna</i>							2	0,48
<i>Gomphonema angustatum</i>	7	1,73	6	1,43			1	0,24
<i>Gomphonema clavatum</i>					1	0,24		
<i>Gomphonema minutum</i>	1	0,25						
<i>Gomphonema olivaceum</i>							2	0,48
<i>Hippodonta costulata</i>	3	0,74						
<i>Mastogloia smithii</i>					2	0,49	50	11,96
<i>Navicula antonii</i>	12	2,97			15	3,64	5	1,20
<i>Navicula capitatoradiata</i>	14	3,47	5	1,19	7	1,70	2	0,48
<i>Navicula cryptocephala</i>	7	1,73	5	1,19			2	0,48
<i>Navicula cryptotenella</i>	29	7,18			24	5,83	31	7,42
<i>Navicula flanicata</i>	2	0,50						
<i>Navicula placentula</i>	2	0,50						
<i>Navicula pupula</i>					1	0,24		
<i>Navicula radiosa</i>	4	0,99	2	0,48	3	0,73		
<i>Navicula reichardtiana</i>	3	0,74	1	0,24			2	0,48
<i>Navicula rhynchocephala</i>					5	1,21		
<i>Navicula stroemii</i>	1	0,25						
<i>Navicula tripunctata</i>							2	0,48
<i>Neidium dubium</i>							2	0,48
<i>Nitzschia angustata</i>			2	0,48			1	0,24
<i>Nitzschia gracilis</i>	1	0,25	1	0,24				
<i>Nitzschia dissipata</i>	2	0,50	2	0,48	1	0,24	2	0,48
<i>Nitzschia fonticola</i>	7	1,73	3	0,71	4	0,97		
<i>Nitzschia frustulum</i>	1	0,25	2	0,48	14	3,40	1	0,24
<i>Nitzschia linearis</i>	2	0,50						
<i>Nitzschia palea var. debilis</i>					4	0,97	4	0,96
<i>Nitzschia paleacea</i>	2	0,50						
<i>Nitzschia recta</i>		0,00	2	0,48	1	0,24	2	0,48
<i>Pinnularia borealis</i>	1	0,25					6	1,44
<i>Reimeria sinuata</i>					1	0,24	1	0,24
<i>Rhopalodia gibba</i>							4	0,96
Loendatud	404		420		412		418	
Taksoneid	55		33		44		51	



Lisa 8. Ettepanekud Keskkonnaministri 24. aprilli 2020. a määruse nr. 19 täiendamiseks Võrtsjärve ökoloogilise seisundi parema hindamise huvides

Endiselt on aktuaalsed eelmistest seireperioodidest pärinevad ettepanekud^{84, 85, 86}, mis tuuakse siinkohal ära muutmata kujul.

I Keskkonnaministeeriumi tellimusel 2021. aastal tehtud uuring „Võrtsjärve ökoloogilise seisundi hindamisel kasutatavate fütoplanktoni näitajate klassipiiride täpsustamine võttes arvesse veetaseme mõju“ (Nõges, 2021) annab mitmeid soovitusi, mida tuleks Keskkonnaministri 16.04.2020 määruses nr 19 muuta:

1. Pikendada Võrtsjärve seisundi hindamisel füüsikalise-keemiliste üldnäitajate ja fütoplanktoni alusel hinnangu aluseks olevat perioodi senise septembri asemel oktoobrini, et see kataks kogu vegetatsiooniperioodi nagu see on kasutusel meie teise suurjärve Peipsi puhul.
2. Loodusliku muutlikkuse erinevate tegurite (veetaseme kõikumine, keskmise tuulekiiruse langus) mõju arvestamiseks Võrtsjärve seisundi määramisel on ette pandud uued klassipiirid **klorofüll a** (mai-oktoober aritmeetiline keskmine, µg/l) jaoks ja vastavad ÖKS väärtused. Kahe klassi piiri tähistavad väärtused tuleb lugeda kuuluvaks paremat seisundit näitavasse klassi.

Näitaja	Võrdlus-tingimus (RC)	V. hea/hea	Hea/kesine	Kesine/halb	Halb/v. halb	ÖKS v. hea/hea	ÖKS hea/kesine	ÖKS kesine/halb	ÖKS halb/v. halb
Chl-a*	20	34	54	67	87	0.60	0.37	0.30	0.23

Chl-a mõõdetud väärtused tuleb enne skaala rakendamist korrigeerida teadaolevate looduslike tegurite mõju suhtes, milleks on loodud Exceli abivahend „Ökoseisundi kalkulaator“. Täpsemad juhised sisalduvad nimetatud uuringu aruandes.

3. Septembrikuu ränivetikate biomass (Diat 9) ei ole kuigi usaldusväärne näitaja, ehkki tema pikaajaline keskmine langeb muude tunnuste alusel eeldatud heasse klassi. Parema seose üldfosforiga andis sesooni keskmine **ränivetikate protsent üldbiomassis (Diat% 5-10)**⁸⁷, mis ei ole tundlik veetaseme muutuste suhtes. Selle näitaja jaoks töötati välja soovituslikud klassipiirid, mille rakendamisel senistele seireandmetele ilmnes tema väiksem varieeruvus ja veidi kõrgem keskmine hinnang pikas aegreas võrreldes näitajaga Diat 9. Uues hindamissüsteemis tuleks kasutada Diat% 5-10 ja vastavate ÖKS järgmisi väärtusi:

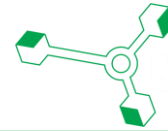
Näitaja	Võrdlus-tingimus (RC)	V. hea/hea	Hea/kesine	Kesine/halb	Halb/v. halb	ÖKS v. hea/hea	ÖKS hea/kesine	ÖKS kesine/halb	ÖKS halb/v. halb
Diat% 5-10	16	20	31	44	56	0.79	0.51	0.36	0.28

⁸⁴ Võrtsjärve hüdrobioloogiline seire ja uuringud 2022. Eesti Maaülikool, Põllumajandus- ja keskkonnainstituut. Tartu 2023.

⁸⁵ Võrtsjärve hüdrobioloogilise seire ja uuringud 2020. Eesti Maaülikool, Põllumajandus- ja keskkonnainstituut. Tartu 2021.

⁸⁶ Võrtsjärve hüdrobioloogilise seire ja uuringud 2021. Eesti Maaülikool, Põllumajandus- ja keskkonnainstituut. Tartu 2022.

⁸⁷ Aruande varasemates osades on sama näitaja kohta kasutatud lühendit BAC% (vt lk 31-32)



Diat% 5-10 võiks võtta kasutusele Chl-*a*-ga võrdväärse näitajana. Arvutuste tegemiseks tuleb Exceli abivahendisse „Ökoseisundi kalkulaator“ sisestada jooksva aasta mai – oktoobri seireandmed ränivetikate osakaalu kohta peamises Võrtsjärve seirepunktis. Programm võrdleb mõõtmistulemusi soovitatud kvaliteediklassipiiridega ja väljastab hinnangu ning vastava ÖKS väärtuse.

4. **Fütoplanktoni koondseisundi** hindamine Chl-*a* ja Diat% 5-10 põhjal toimub nende keskmistatud ÖKS väärtuste alusel. Kahe klassi piiri tähistavad väärtused tuleb lugeda kuuluvaks paremat seisundit näitavasse klassi.

Näitaja	Võrdlus-tingimus	V. hea/hea	Hea/ kesine	Kesine/ halb	Halb/ v. halb
ÖKS(Chl- <i>a</i> *)	1.00	0.60	0.37	0.3	0.23
ÖKS Diat% 5-10	1.00	0.79	0.51	0.36	0.28
ÖKS fütoplankton	1.00	0.70	0.44	0.33	0.26

Kui programmi „Ökoseisundi kalkulaator“ on sisestatud Chl-*a* ja Diat% 5-10 hindamiseks vajalikud andmed, võrdleb programm vastavate näitajate keskmistatud ÖKS väärtust tabelis antud klassipiiridega ja väljastab fütoplanktoni kohta koondhinnangu (kvaliteediklassi ja keskmise ÖKS väärtuse).

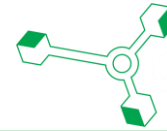
5. Välistest teguritest põhjustatud tõusutrendi tõttu **pH** andmetes on selle näitaja kasutamine järve metabolismi peegeldajana mittesoovitatav. Alternatiiviks praegu kasutusel olevale pH näitajale nii Võrtsjärve kui Peipsi-Pihkva järvede jaoks võiks olla skaala ülesehitamine pH muutlikkuse ulatusele, mis on pH tõusutrendist sõltumatu ja iseloomustab järve elustiku metabolismi intensiivsust. Nimetatud uuring sisaldab pH muutlikkuse kui järve seisundinäitaja esialgset analüüsi Võrtsjärve andmete põhjal, kuid see vajab põhjalikumalt analüüsi, et töötada välja vastavad hinnaguskaalad.

II. Võrtsjärves on füüsikalise-keemilistest üldnäitajatest seisundi parameetritena kasutusel pH, Secchi, N_{tot} ja P_{tot} . Veepoliitika raamdirektiiv võimaldab sama kvaliteedielementi iseloomustavate näitajate põhjal saadud hinnangud ökoloogilise kvaliteedisuhte (ÖKS) alusel keskmistada.

ÖKS on mingi seisundi indikaatori võrdlustingimustes eeldatud ja tegelikult mõõdetud väärtuste suhe, mis võib omandada väärtusi vahemikus 0 (halvim) kuni 1 (parim). Näitajate puhul, mille väärtused seisundi halvenemisel vähenevad (näiteks Secchi), tuleb võtta suhte pöördväärtus.

Kehtiva määruse lisas 5 olev tabel peaks olema hindamise aluseks, kuid sellega on teatud probleeme.

1. Ehkki määruse § 35 ütleb, et maismaa seisuveekogumi ökoloogilise seisundiklassi määramisel füüsikalise-keemiliste üldtingimuste järgi kasutatakse ajavahemikus maist kuni septembrini võetud proove, tekitab segadust määruse lisa 5 tabeli päis Võrtsjärve puhul, kus hinnangute aluseks on märgitud „analüüsitud proovide aritmeetiline keskmine“. Võrtsjärves kogutakse ja analüüsitakse proovid igal kuul, jaanuarist detsembrini. Paljude näitajate puhul on aga skaalad olnud välja töötatud vegetatsiooniperioodi (mai – oktoober) mõõtmiste alusel. Talviste väärtuste sissevõtmine annab ilmselgelt vale tulemuse näiteks Secchi puhul, mille talvised näidud võivad olla kaks ja enam korda vegetatsiooniperioodi väärtustest kõrgemad. Samas annavad talvised väärtused vähe informatsiooni ökoseisundi kohta, olles pigem jääolude iseloomustajad – mida pikem aeg on möödunud püsiva jääkatte tekkest, seda enam on



plankton ja muu seston jõudnud välja settida. Hinnangute andmise alus määruse lisas 5 oleks Võrtsjärve puhul üheselt arusaadav kujul: seirekohas nr 10 maist septembrini analüüsitud proovide aritmeetiline keskmine. Sellest oleme käesolevas aruandes lähtunud. Seirekoht on vaja nimetada seetõttu, et augustis tehakse seiret ka teistes seirekohtades, kuid nende arvamine „analüüsitud proovide aritmeetilise keskmise“ moonutaks tegelikkust.

2. pH võrdlustingimus on antud vahemikuna, mis ei võimalda mõõdetud väärtusele vastavat ÖKS väärtust arvutada.
3. pH ÖKS väärtused on antud jäiga väärtusena seisundiklasside kohta, kuid klassipiiridele vastavad väärtused puuduvad. Ei ole selge, kuidas need ÖKS väärtused on saadud, sest eelpoolkirjeldatud meetodil ei saa tabelis antud väärtustele ligilähedasigi väärtusi. Ilmselt on kasutatud nn standardiseeritud ÖKS arvutamise valemit, mis aga nõuab lisaks võrdlustingimustele ka „halvima võimaliku seisundi“ väärtuse defineerimist, mida antud juhul tehtud ei ole.
4. Klasside väärtusvahemikud ei kata kogu mõõdetavat ala, vaid jätavad nende vahele lüngad. Nii näiteks on heale seisundile vastav Secchi vahemik 0,8-0,7 ja kesisele 0,6-0,5. Aastal 2021 saadud mai-septembri keskmine väärtus 0,61 jäi kahe klassi vahelisele „eikellelegimaale“. Sama probleem on kõigi näitajatega.

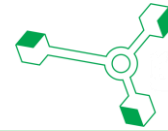
III.

1. Kehtivast Keskkonnaministri 16.04.2020 määrusest nr 19 on **suurtaimestik kui kvaliteedielement** Võrtsjärve puhul ajutiselt välja jäetud. Keskkonnainvesteeringute Keskuse toel on aastatel 2019-2021 välja töötatud keskkonnamuutustele senistest näitajatest kiiremini reageerivad suurtaimestiku kvaliteedinäitajad ja vastavad kvaliteediklasside piirid⁸⁸, mis tuleks lisada määrusesse. Uued Võrtsjärve ökoloogilist seisundit näitavad veetaimestiku parameetrid on **kollase vesikupu esinemissagedus ja keskmine võrsete tihedus ruutmeetril**. Juhul kui näitajate põhjal saadud seisundiklassid erinevad, siis ülimuslikuks tuleb pidada keskmist võrsete tihedust ruutmeetril.

Näitaja/Kvaliteet	Väga	Hea	Kesine	Halb	Väga halb
Kollase vesikupu võrsete	<2,92	2,93–7,41	7,42–9,66	9,67–11,58	>11,58
ÖKS võrsete tiheduse järgi	1–0,89	0,88–0,53	0,52–0,35	0,34–0,19	0,18–0
Kollase vesikupu	0	1–30	31–61	62–92	>92
ÖKS esinemissageduse järgi	1	0,99–0,70	0,69–0,39	0,38–0,08	0,07–0

2. Paljudes teadusartiklites, kus on analüüsitud veekogude ökoloogilise seisundi hindamise protsessi vastavalt Veepoliitika raamdirektiivi juhistele ja nende alusel välja töötatud meetodikatele, on rõhutatud **hinnangute usaldusväärsuse** olulisust. Kehtestatud klassipiiridele peaksid olema antud ka varieeruvuspiirid, mis arvestavad näitajate ruumilist ja ajalist muutlikkust ning arvestavad mõõtemääramatust. Eriti oluline on see juhul, kui indikaatori väärtus langeb kvaliteediklasside piiri lähedusse – sel juhul võib kvaliteediklassi

⁸⁸Feldmann, T., Cremona, F. & Tuvikene, L. Uute suurtaimestiku kvaliteedinäitajate, ja klassipiiride väljatöötamine Võrtsjärve ökoloogilise seisundi hindamiseks. 2021. Lõpparuanne. KIK 2019. aasta Veemajanduse programmi projekt nr 16356.



määrang olla isegi 70% tõenäosusega ebaõige⁸⁹ ⁹⁰. Oleme ka varasemalt sellele tähelepanu juhtinud.

3. **Mõnede oluliste elustikurühmade jaoks puuduvad klassipiirid.** Võrtsjärve ökoloogilise seisundi hindamise kriteeriumide loetelu ja ka juba kehtestatud klassipiire on vaja veel täiendada või muuta, muuhulgas kaaluda ka zooplanktoni näitajate kasutamist järve seisundi hindamisel. Hea on, et neid elustikurühmasid siiski seiratakse ja ekspertarvamuse põhjal ka järve üldise seisundihinnangu andmisel arvestada saab, mis tõstab lõpliku seisundihinnangu usaldusväärsust.

Seda sesiukohta toetab ka Vesikonna veeseireprogrammi 2022-2027 seletuskiri⁹¹, mis ütleb: „Määruse nr 19 sätestatud kvaliteedielementide arv on väike ökoloogilise seisundi koondhinnangu andmisel ning koondhinnangu andmisel ei kasutata kõiki elemente kõigis veekogutüüpides (nt kalastik). Arvestades seisuveekogude ökosüsteemide keerukust, oleks otstarbekas kasutada võimalikult palju elemente ja näitajaid. Mida komplekssemalt veekogu hinnata, seda parema ettekujutuse talitlusest ja ökoloogilisest seisundist saame. Ainult määruks olevaid näitajaid ja kvaliteedielemente kasutades ei saa tegelikkusele hästi vastavat hinnangut. Seega oleks vaja ökoloogilise koondhinnangu andmiseks süsteemi täiendada, et see oleks terviklikum“.

4. Järves toimuvate mikrobioloogiliste protsesside paremaks mõistmiseks oleks vajalik välja selgitada **bakterite** taksonoomilise koosluse, dominantliikide ja võimalike indikaatorite sõltuvus keskkonnateguritest – see võiks toimuda ühekordse uurimusliku seire raames. Keskkonnaministeeriumile on 2022. aastal esitatud ka vastava töö hinnapakkumine.
5. Aastatevahelised erinevused ilmastikus lisavad seireandmetesse arvestatavas koguses müra. Selle vähendamiseks ja representatiivse pildi saamiseks järve ökoloogilisest seisundist tuleks **kaaluda mitme aasta andmete keskmistamist**⁹² ja järve ökoloogilise seisundi hindamist nende alusel.
6. Võrtsjärve **lõunaotsa punktid**. Võrtsjärve kohta välja töötatud hindamisskaala ei sobi järve jõelise iseloomuga lõunaotsa punktide hindamiseks – üsna ilmselt ülehindab see sealset ökoloogilist seisundit.

⁸⁹ Ellis, J. & V. Adriaenssens, 2006. Uncertainty estimation for monitoring results by the WFD biological classification tools. Bristol, Environment Agency, 26 pp.

⁹⁰ Hering D, Borja A, Carstensen J, Carvalho L, Elliott M, Feld C, Heiskanen A, Johnson R, Moe J, Pont D, Lyche Solheim A, Van De Bund W. The European Water Framework Directive at the Age of 10: A Critical Review of the Achievements with Recommendations for the Future. SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT 408 (19); 2010. p. 4007-4019. JRC56399.

⁹¹ Vesikonna veeseireprogramm 2022-2027, seletuskiri. Lääne-Eesti, Ida-Eesti ja Koiva veemajanduskavade 2022-2027 lisa 5. Keskkonnaagentuur.

⁹² Nõges P. (2020). Uuring Peipsi järve füüsikalise-keemiliste ja fütoplanktoni kvaliteedinäitajate klassipiiride täpsustamiseks. Aruanne. Keskkonnaministeeriumi töövõtuleping 4-1/20/131. Tartu, EMÜ.