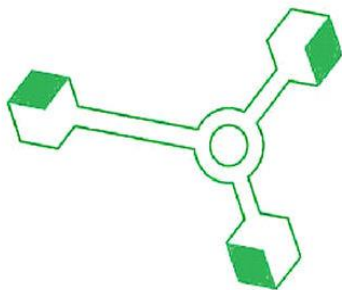
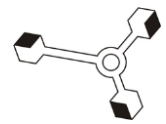


Võrtsjärve seire 2024. aastal

Tartu 2025





Töö nimetus:

Võrtsjärve seire 2024. aastal

Töö autorid

Helen Agasild (EMÜ, metazooplankton)
Tõnu Feldmann (EKUK, hüdrobioloog)
Merike Hindrikson (EKUK, peaspetsialist)
Katrit Karus (EKUK, hüdrobioloog)
Meelis Kask (EKUK, hüdrobioloog)
Martin Mandel (EKUK, spetsialist)
Ott Mõtus (EMÜ, kalastik)
Kai Piirsoo (EMÜ, fütoplankton)
Siim Seller (EMÜ, suurselgrootud)
Paul Teesalu (EMÜ, kalastik)
Tarmo Timm (EMÜ, suurselgrootud)
Henn Timm (EMÜ, suurselgrootud)
Mihkel Treufeldt (EMÜ, kalastik)
Arvo Tuvikene (EMÜ, kalastik)
Sirje Vilbaste (EMÜ, fütobentos)
Priit Zingel (EMÜ, protozoonplankton)

Kinnitas:

Hille Allemann

Töö tellija:

Kliimaministeerium

Töö teostaja:

Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ

Vaksali 17a

Tartu, 50410

Tel. 730 7279

mobiil 5307 8981

tartu@klab.ee

www.klab.ee

Lepingu nr: 4-4/24/2 lisa 11

Tööde algus: 01.01.2024

Tööde lõpp: 01.03.2025

Töö valmimisaeg: 01.03.2025



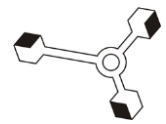
Annotatsioon

Aruandes kajastatakse 2024. aasta Võrtsjärve seire tulemusi. Füüsikalis-keemiliste näitajate ja bioloogiliste kvaliteedielementide seire toimus kolmes seirepunktis erinevate sagedustega. Samuti teostati kogu järve hõlmav kalastiku seire. Järvede ökoloogilise seisundiklassi määramisel kasutati bioloogilisi kvaliteedielemente – fütoplankton ja suurselgrootud. 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. Proovivõtt, seiretööde- ja seisundihindamise metoodika	6
1.1. Füüsikalised-keemilised kvaliteedinäitajad	6
1.2. Fütoplankton	10
1.3. Bakterplankton	11
1.4. Protozooplankton	12
1.5. Metazooplankton	13
1.6. Suurselgrootud	13
1.7. Kalastik	18
1.8. Ökoloogilise seisundiklassi määramine	21
2. Tulemused	22
2.1. Füüsikalised-keemilised kvaliteedinäitajad	22
2.2. Fütoplankton	24
2.3. Bakterplankton	30
2.4. Protozooplankton	31
2.5. Metazooplankton	32
2.6. Suurselgrootud	33
2.7. Kalastik	40
2.8. Ökoloogilise seisundi hinnang füüsikalise-keemiliste üldtingimuste koondmäärangu ja bioloogiliste kvaliteedielementide seisundihinnangute alusel	43
3. Ajalised muutused	43
3.1. Füüsikalised-keemilised kvaliteedinäitajad	43
3.2. Fütoplankton	51
3.3. Bakterplankton	55
3.4. Protozooplankton	56
3.5. Metazooplankton	58
3.6. Suurselgrootud	59



3.7. Kalastik	62
3.8. Ökoloogiline seisundiklass.....	64
4. Kokkuvõte	65
Lisad.....	66
Lisa 1. Määratavate näitajate katsemeetodid, mõõteprintsibid ja kasutatud vahendid	66
Lisa 2. Suurselgrootud	67
Lisa 3. Ettepanekud Keskkonnaministri määruse nr. 19 täiendamiseks	78



Seiretööde kirjeldus

Seiretöö viis käbi 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.

Võrtsjärve kalastiku osa, mille autoriteks on Eesti Maaülikooli kaasprofessor Arvo Tuvikene, nooremteadur Paul Teesalu ning spetsialistid Ott Mõtus ja Mihkel Treufeldt, on esitatud teemajärgsetesse peatükkidesse sisuliselt muutmata kujul.

Võrtsjärve suurselgrootute ammutiproovide osa, mille autoriteks on Eesti Maaülikooli töötajad nooremteadur Siim Seller ja erakorraline vanemteadur Tarmo Timm, on esitatud teemajärgsetesse peatükkidesse sisuliselt muutmata kujul.

1. Proovivõtt, seiretööde- ja seisundihindamise metoodika

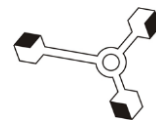
1.1. Füüsikalise-keemilised kvaliteedinäitajad

Vastavalt lepingule toimus 2024. aastal hüdrokeemiline seire kolmes seirejaamas (tabel 1, joonis 1). Seirepunktist nr. 10 võeti proovid igakuiselt, seirepunktidest 8 ja 9 võeti proovid üks kord aastas (augustis).

Tabel 1. Hüdrokeemilise seire proovivõtukohad 2024. a.

Seirejaama nimi	KKR kood	X	Y
Võrtsjärv: 8 - Riiska	SJB1563000	6442388,0	622448,0
Võrtsjärv: 9 - Pähksaar	SJB1564000	6444649,1	622509,0
Võrtsjärv: 10 - Limnoloogiakeskus	SJB1548000	6454273,3	623436,2

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



Joonis 1. Võrtsjärve hüdrokeemilise seire proovivõtukohtad 2024. a.

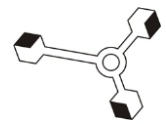
Määratavad näitajad:

- 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.

Analüüsimeetodite ning kasutatud seadmete nimekiri on toodud lisas 1.

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

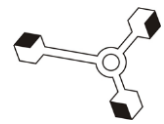
Ökoloogilise seisundiklassi määramine füüsikalise-keemiliste üldtingimuste järgi. Võrtsjärve ökoloogilise seisundiklassi määramise aluseks füüsikalise-keemiliste üldtingimuste järgi on maist



septembrini võetud proovid (KKM määrus nr. 19 §35 lg 1). 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). Füüsikalise-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 füüsikalise-keemilistele kvaliteedinäitajatele määratud ökoloogilistest seisundiklassidest. Kui vee pH väärtus on kohases vahemikus, mis ei too kaasa väga halba füüsikalise-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. Füüsikalise-keemiliste üldtingimuste koondmäärang antakse kvaliteedinäitajate ökoloogiliste kvaliteedisuhete keskmise väärtuse alusel (KKM määrus nr. 19 § 35 lg 7). Käesolevas töös on hinnatud Võrtsjärve ökoloogilist seisundit füüsikalise-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 lisa 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	



1.2. Fütoplankton

Fütoplanktoni proovid koguti järve veesammast iseloomustavast integraalsest veest. Analüüsimetodi aluseks on 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 meetodikat. 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, Tikkanen & Willén⁹, Uherkovich *et al.*¹⁰, Komárek & Anagnostidis¹¹. Andmete analüüsil kasutati STATISTICA 13.2 Programmi (Dell Inc. 2022). Keskmistena kasutati aritmeetilisi keskmisi ±95% usalduspiiridega. Võrtsjärve ökoloogilist seisundit hinnati fütoplanktoni näitajate alusel keskkonnaministri määruses nr. 19¹² toodud klassipiiride järgi (tabel 3). Hinnangu andmisel kasutati Eesti Keskkonnauuringute Keskuse poolt määratud klorofüll andmeid.

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.

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

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

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

¹² 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.



Tabel 3. Võrtsjärve keskmise klorofüll *a* (Chl *a*) sisalduse ($\mu\text{g/l}$) maist septembirini klassipiirid ja nende ökoloogilise kvaliteedi suhte väärtused ning ränivetikate septembrikuisele biomassile vastavad kvaliteediklassid.

Näitaja	Võrdlusväärtus (RC)	Väga hea	Hea	Kesine	Halb	Väga halb
Chl <i>a</i> sisaldus, $\mu\text{g/l}$	19,2-...	≤ 25	26-40	41-50	51-65	> 65
Chl <i>a</i> ÖKS	1,0	$\geq 0,8$	0,79-0,5	0,49-0,3	0,29-0,16	$< 0,16$
Ränivet. Biomass		≤ 2	2,1-7,0	7,1-13	13,1-19	> 19

Paralleelselt anti eksperthinnang Võrtsjärve ökoloogilisele seisundile fütoplanktoni aluses Eesti Maaülikooli professori Peeter Nõgese (2021)¹³ poolt täpsustatud klassipiiride järgi (tabel 4). Selleks kasutati Peeter Nõgese poolt välja töötatud *Exceli* töövahendit „Ökosüsteemi kalkulaator“.

Tabel 4. Soovitatud võrdlusväärtused (RC), seisundiklassi piirid ja neile vastavad ÖKS väärtused ning nendest lähtudes Võrtsjärve seisundi hinnang 2024.a.

Näitaja	Võrdlusväärtus (RC)	V. hea/hea	Hea/kesine	Kesine/halb	Halb/v. halb
Chl <i>a</i> , $\mu\text{g/l}$ mai-okt.	20	34	54	67	87
ÖKS chl <i>a</i> 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

1.3. Bakterplankton

Bakterplanktoni proovid koguti järve veesammast iseloomustavast integraalsest veest. Veeproovide mikrobioloogilisel analüüsil määrati heterotroofsete veebakterite üldarv (BÜA). Heterotroofsete veebakterite analüüsiks koguti vertikaalselt integreeritud veeproove, mis koguti steriilsetesse proovivõtu pudelitesse ning enne proovide võtmist loputati pudelid uuritava veega. Veeproovid (15 ml) fikseeriti formaldehüdiga (37%-line vesilahus) ning hoiti $+4\pm 2^\circ\text{C}$ 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 $0,22\ \mu\text{m}$. Enne bakterite filtreerimist värviti bakterite rakud fluorestsentsvärviga DAPI (4',6'-diamidiino-2-fenüülindool) 5 minuti jooksul kontsentratsioonil $1\ \mu\text{g ml}^{-1}$ kohta¹⁴. 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 valgust (lainepikkus 360 nm). Igalt filtrilt

¹³ Nõges P. (2021). Võrtsjärve ökoloogilise seisundi hindamisel kasutatavate fütoplanktoni näitajate klassipiiride täpsustamine võttes arvesse veetaseme mõju. Aruanne, EMÜ, Tartu.

¹⁴ Porter, K.G. & Feig, Y.S. 1980. The use of DAPI for identifying and counting aquatic microflora. – Limnol. Oceanogr. 25: 943-948.



loendati vähemalt 200 rakku. Võrtsjärve mikrobioloogiliste näitajate seisundit hinnati vastavalt Eesti järvede andmete põhjal väljatöötatud hindamisskaalale (tabel 5).

Tabel 5. Järve seisundi hinnang mikrobioloogiliste näitajate alusel.

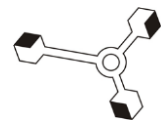
Seisundi hinnang	Bakterite üldarv 10^6 rakku ml^{-1}
Väga hea	0-3
Hea	3,1-6
Kesine	6,1-12
Halb	>12,1

1.4. Protozooplankton

Protozooplanktoni proovid koguti järve veesammast iseloomustavast integraalsest veest. Uurimaks Võrtsjärve protozooplanktoni e. planktiliste ripsloomade (*Ciliophora*) koosluse struktuuri ja sesoonset dünaamikat, koguti 2024. aastal veeproove kord kuus punktist nr 10. Lisaks võeti augustis proovid ka punktides 8 ja 9 (joonis 1). Proovivõtt toimus vastavalt ISO 5667 (osad 1, 3, 4) standarditele ja Ameerika Suurjärvistu fütoplanktoni proovivõtu standardile LG400 (*Standard Operating Procedure for Phytoplankton Sample Collection and Preservation Field Procedures*)¹⁵. Protozooplanktoni integraalse proovi kogumiseks võeti vett pinnast põhjani kihtide kaupa 2 liitrise Ruttneri batomeetriga. Võetud veeproovid segati kokku ja sellest võeti nn. integraalne proov, mis fikseeriti Lugoli lahusega. Kuni analüüsini säilitati proove jahedas ja hämaras. 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. Zooplankton pole veekogu seisundi kvaliteedielemendina lülitatud Veepoliitika Raamdirektiivi¹⁶. Seetõttu veekogude seisundi analüüsimiseks vajalikud zooplanktoni hindamiskriteeriumid puuduvad ning Võrtsjärve seisundihinnang antakse aruandes ekspertarvamusega.

¹⁵ http://www.epa.gov/greatlakes/monitoring/sop/chapter_4/LG400.pdf

¹⁶ Euroopa parlamendi ja nõukogu direktiiv 2000/60/EÜ, 23. oktoober 2000, millega kehtestatakse ühenduse veepoliitika alane tegevusraamistik. Euroopa ühenduste teataja 22.12.2000.



1.5. Metazooplankton

Metazooplanktoni proovid koguti järve veesammast iseloomustavast integraalsest veest. Proovid koguti kord kuus seirepunktist nr 10, lisaks koguti augustis proovid seirepunktidest 8 ja 9 (joonis 1). Integraalseks prooviks võeti batomeetriga 10 l vett, mis 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. Seisundihinnangud on antud eksperthinnanguna, tuginedes Võrtsjärve metazooplanktoni pikaajalistele andmeridadele.

1.6. Suurselgrootud

I. Suurselgrootud ammutiproovidest.

1. Metoodika

Aastal 2024. võeti Võrtsjärvest märtsist oktoobrini makrozoobentose proove ühest litoraali (punkt 22, joonis 2) ja ühest profundaali punktist (punkt 7, joonis 2). Sesonseid proove võeti 2024. aastal aprillis kuuest punktist. Kokku võeti 60 kvantitatiivset proovi.

1.1 Proovivõtt

Proovivõtt toimus vastavalt ISO 10870 (2012) standardile. Kasutati Eckman–Birge tüüpi põhjaammuteid (Borutski ja Zabolotski), mõlema haardepindala 225 cm². Proovid pesti siidsõelal silmasuurusega 0,3 mm.

1.2 Analüüs

Loomad nopiti sõelajäägist välja elusalt ning sorteeriti kohe 4 rühma: *Chironomidae* (surusääsklaste vastsed ja nukud), *Oligochaeta* (väheharjasussid), *Mollusca* (limused) ja *varia* (kõik ülejäänud) ning fikseeriti 70% etanoolis. 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 aruandes eraldi ning ei loeta üldise arvukuse ega biomassi hulka, kuna nende sattumine proovidesse on ühe aasta lõikes liiga juhuslik.

Leitud põhjaloomadest määras Siim Seller rühma *Chironomidae*, *Mollusca* ja *Varia* ja Tarmo Timm rühma *Oligochaeta*.



1.3 Hindamismetoodika

Võrtsjärve profundaali põhjaloomade jaoks ei ole seisundi klassipiire välja töötatud. Järve seisundihinnang põhjaloomastiku alusel anti ekspertarvamusena, kasutades Võrtsjärve avavee põhjaloomastiku pikaajalisi andmeid (al. 1964. a; tabel 6) ja eksperdi pikaajalist kogemust. Tabelis 6 esitatud hulgalised kategooriad ei võimalda siiski anda üheselt hinnagut järve ökoloogilisele seisundile klassikalise seisundihindamismetoodika põhimõtete järgi (skaalas „väga halvast“ „väga heani“) vaid on käsitletavad komplektis muude põhjaloomastiku seisundit iseloomustavate näitajatega.

Tabel 6. Võrtsjärve põhjaloomade hulgalised kategooriad pikaajalise andmestiku põhjal (Siim Seller, *pers. comm.*):

	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

Lisaks kasutati järgmisi teaduskirjandusest pärinevaid hindamismetoodikaid, mis aitavad järve seisundit paremini hinnata, kuid ei ole raamdokumentides seisundihindamise metoodikana kinnitatud:

1) Avavee-põhjaloomade seisundi hindamiseks kasutati Põhjamaade materjalil koostatud Saetheri (1979) troofsuskaalat ja Wiederholmi (1980) bentose kvaliteedi indeksit profundalis. Saetheri skaala sisaldab 6 oligotroofset, 3 mesotroofset ning 6 eutroofset kategooriat ning igale tasemele vastab asjaomane sirusääsklaste liigiline koosseis (Saether 1979, Holarctic Ecology, köide 2, number 2 lehekülg 70 seisundi määramise tabel).

Wiederholmi bentose kvaliteedi indeks jaotub 0-5, kus 0 on hapnikuta hüpertroofne profundaal.

$$BQI = \sum_{i=0}^5 \frac{n_i \cdot k_i}{N}$$

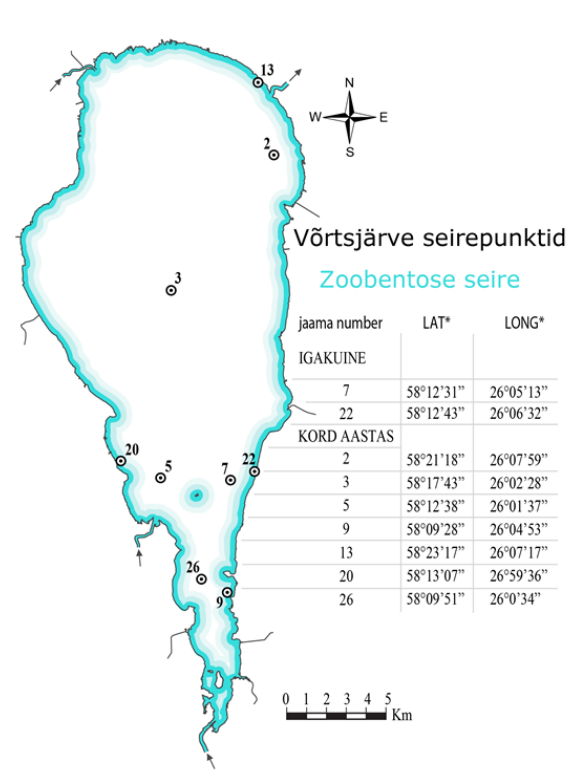


Bentose kvaliteedi indeks hironomiidide indikaatorliikidele alusel profundalis, kus $k_i=5$ kui on olemas *Heterotrissocladius subpilosus*, 4 kui on *Microspecta* spp. ja *Paracladopelma* spp. (eriti *P. Nigritula*), 3 kui on *Phaenospectra coracina* ja *Stictochironomys rosenschoeldi*, 2 kui on *Chironomus anthracinus*, 1 kui on *Chironomus plumosus*, 0 kui eelnimetatud liigid puuduvad. n_i =indikaatoriliigi isendite number, N =indikaatorliigid kokku.

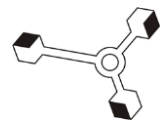
$$BQI = \sum_{i=1}^4 \frac{n_i \cdot k_i}{N}$$

Bentose kvaliteedi indeks oligoheetide indikaatorliikidele alusel profundalis, kus $k_i=4$ kui on *Stylodrilus herigianus* ja *Rhynchelmis liomsella*, 3 kui on *Pelosclex ferox*, 2 kui on *Potamothrix hammoniensis*, 1 kui on *Limnodrilus hoffmeisteri*, 0 kui eelnimetatud liigid puuduvad. n_i =indikaatoriliigi isendite number, N =indikaatorliigid kokku.

2) Pikaajaliste muutuste analüüsimiseks hinnati oligoheetide arvukuse muutusi ning kasutati suhet oligoheetide arvukus / hironomiidide arvukus (Zhang et al. 2019; Lang & Lods-Crozet 1997; Wiederholm 1980). Oligoheetide arvukus üldiselt väheneb järve toitelisuse alanemisega. Samamoodi oligoheetide arvukuse suhe hironomiidide arvukusega väheneb koos järve toitelisuse alanemisega. Toitelisuse vähenemine viitab järve seisundi paranemisele.



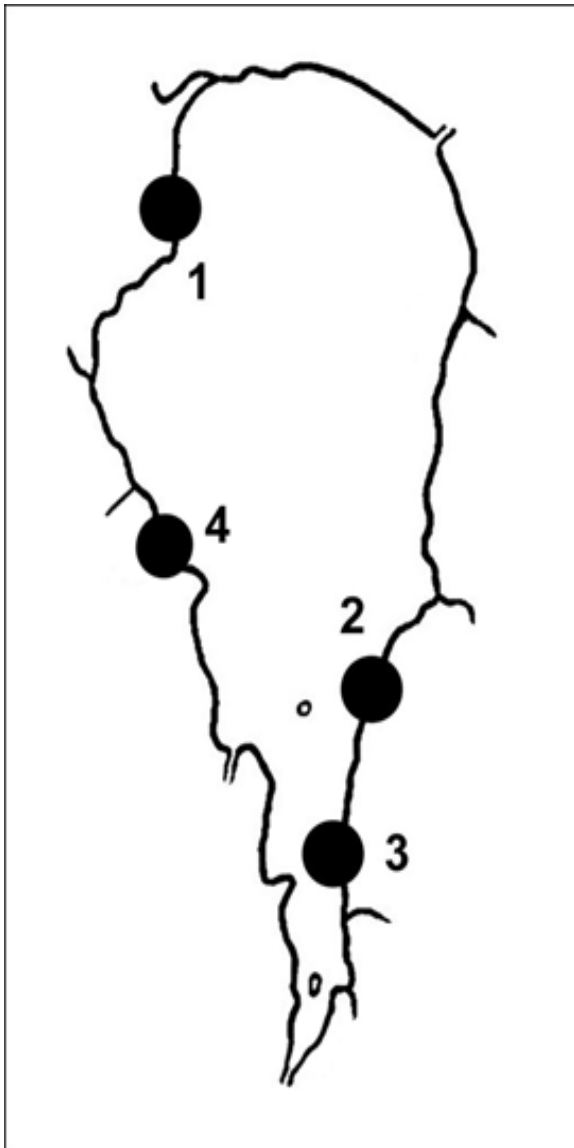
Joonis 2. Makrozoobentose seirepunktide asukoht Võrtsjärvel. Punkti 3, 5, ja 20 ei võetud 2024. aastal.



II. Litoraali suurselgrootud kahvaproovidest. Võrtsjärve litoraali (alla 1 m sügavuse kaldapiirkonna) selgrootute loomade seire ülesehituses on arvestatud EV keskkonnanstrateegia ja keskkonnategevuskavaga¹⁷ ning järgitakse Veepoliitika Raamdirektiivi nõudeid¹⁸. Võrtsjärve seisundit litoraali suurselgrootute järgi hinnati järgmistes statsionaarsetes kohtades (joonis 3, tabel 7):

- 1) loodekallas Valma külast lõunas (kivine põhi);
- 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 2008-2023 (igal aastal), Tarvastu lõiku 2010-2023.



Joonis 3. Litoraali suurselgrootute proovialade skemaatiline paiknemine Võrtsjärves.

¹⁷ Pinnaveekogumite nimekiri, pinnaveekogumite ja territoriaalmere seisundiklasside määramise kord, pinnaveekogumite ökoloogiliste seisundiklasside kvaliteedinäitajate väärtused ja pinnaveekogumiga hõlmamata veekogude kvaliteedinäitajate väärtused. RT I, 21.04.2020, 61.

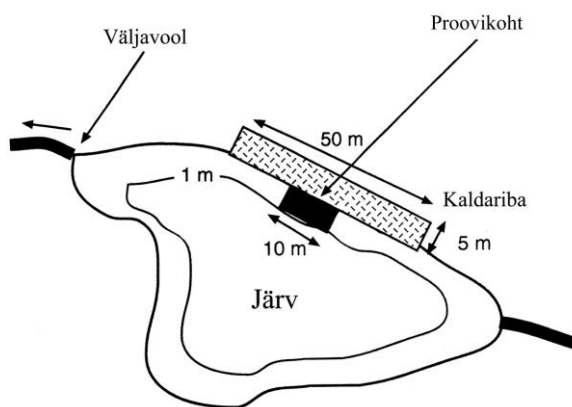
¹⁸ Veepoliitika raamdirektiiv, 2002. Euroopa Parlamendi ja Euroopa Liidu Nõukogu direktiiv 2000/60/EÜ. Keskkonnaministeerium, 63 lk.



Tabel 7. Litoraali suurselgrootute proovialade koordinaadid ja põhja substraadi 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 järve litoraalis sügisel (29.10 ja 06.11), suurselgrootuid püüti nelinurkse standardkahvaga – raami serva pikkus 25 cm, sõelaava läbimõõt 0,5 mm (EVS-EN 14996:2006)¹⁹. Iga proov võeti ühelaadilise põhjaga kaldalõigu (prooviala) 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^{20 21}. 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 prooviala 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 laboris²². Kahvaproovide loomad määrati stereomikroskoobi all (suurendus 7-40x) võimalust mööda enamasti liigini, välja arvatud surusääsklased, väheharjasussid ja vesilestad, kelle määramine nõuab suuremat suurendust. Taksonite nimed on viidud vastavusse eeskujudega, mida pakub seireandmekeskond (KESE) – ka siis, kui pakutavad nimevormid ei vasta rahvusvaheliselt kokkulepitud nomenklatuurile või ei võimalda taksoneid tegelikule tasemele määratuna esitada.



Joonis 4. Litoraali suurselgrootute proovikoha näidis järves.

¹⁹ 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.

²⁰ 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.

²¹ Medin M., Ericsson U., Nilsson C., Sundberg I., Nilsson P.-A., 2001. Bedömningsgrunder för bottenfaunaundersökningar. Medins Sjö- och Åbiologi AB. Mölnlycke, 12 pp.

²² Timm H., 2015. Eesti sisevete suurselgrootute määraja. Identification guide to freshwater macroinvertebrates of Estonia. Kuma Print.



Seisundi iseloomustamiseks kasutati standardset indekse komplekti vastavalt keskkonnaministri määrusele nr. 19 (tabel 8). Arvutati taksonite üldarv koos kvalitatiivse prooviga (taksonirikkus), Shannoni erisusindeks H' ²³, ASPT indeks²⁴ ning EPT indeks ehk *Ephemeroptera*, *Plecoptera* ja *Trichoptera* (ühepäevikuliste, kevikuliste ja ehmeistiivaliste) taksonite arv proovis²⁵. 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: igale 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 (tabel 8).

Tabel 8. Suurselgrootute etalontingimused ja klassipiirid Võrtsjärvele. Tähistused: R – etalontase; värvid: sinine – väga hea, roheline – hea, kollane – kesine, oranž – halb, punane – väga halb seisund; n - proovide arv.

Tunnus	Tüüp/elupaik	R	Väga hea	Hea	Kesine	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

1.7.Kalastik

Sissejuhatus

Käesolev aruanne võtab kokku 2024. aasta 15.08-23.10 Võrtsjärvel tehtud kalastiku seire tulemused. Tööd teostati kaasprofessor Arvo Tuvikese juhtimisel ja seirest võtsid osa veel Maaülikooli nooremteadur Paul Teesalu ning spetsialistid Ott Mötus ja Mihkel Treufeldt.

Metoodika

Katsepüügid

teostati 11 seirepiirkonnas (joonis 5, tabel 10) ajavahemikul 15.08.-23.10.2024 mitmeseksiooniliste Nordic tüüpi nakkevõrkudega, kus ühes võrgus on 12 erineva silmasuurusega lõiku, erinevate võrgulõikude võrgusilma külje pikkus on vahemikus 5-55 mm (joonis 6). Seirevõrgud

²³ Johnson R.K., 1999. Benthic macroinvertebrates. In: Bedömningsgrunder för miljökalitet. Sjöar och vattendrag. Bakgrundsrapport 2. Biologiska parametrar (Ed. by Torgny Wiederholm). Naturvårdsverket Förlag, 85-166.

²⁴ Armitage P.D., Moss D., Wright J.F., Furse M.T., 1983. The performance of a new biological water quality score system based on a wide range of unpolluted running-water sites. Water Research 17: 333-347

²⁵ 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.



pandi järve õhtul ja võeti välja hommikul, püügiaeg oli ligikaudu 12 tundi - standardvõrguöö. Igasse piirkonda pandi üks uppuv ja üks ujuv sektsioonvõrk.

Analüüs

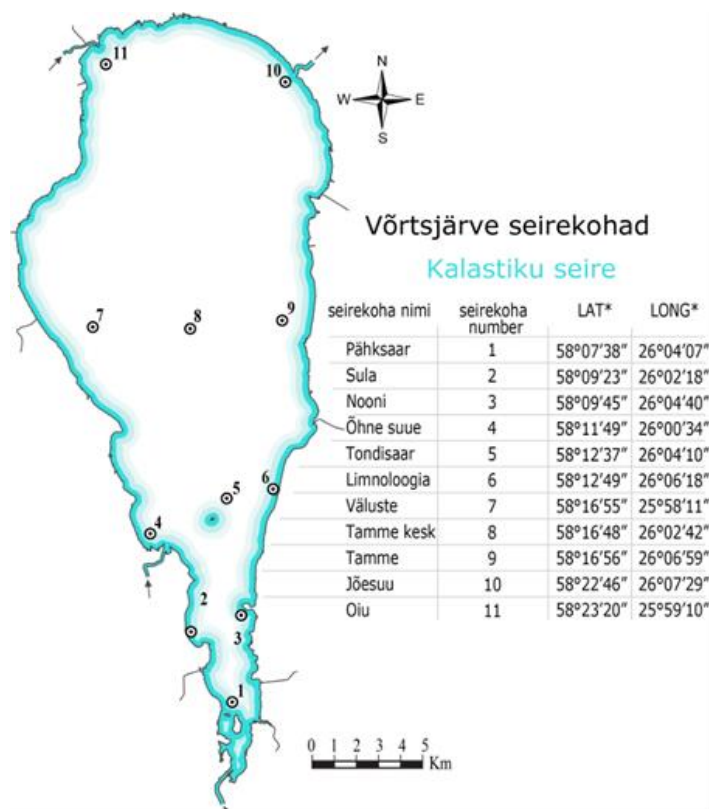
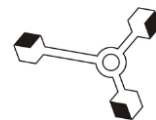
Püütud kaladel määrati liik, kaaluti täiskaal (G) ja mõõdeti täispikkus (L) ning standardpikkus (l). Arvutati түsedusindeks valemi $TI = G/l^3 \cdot 100$ abil. Iga seirekoha kahe võrgu andmed keskmistati. Saadud andmete põhjal leiti igas püügikohas liikide suhteline arvukus (NPUE, tk) ja kaal ühe Nordic tüüpi standardvõrguöö kohta (WPUE, g).

Hindamismetoodika

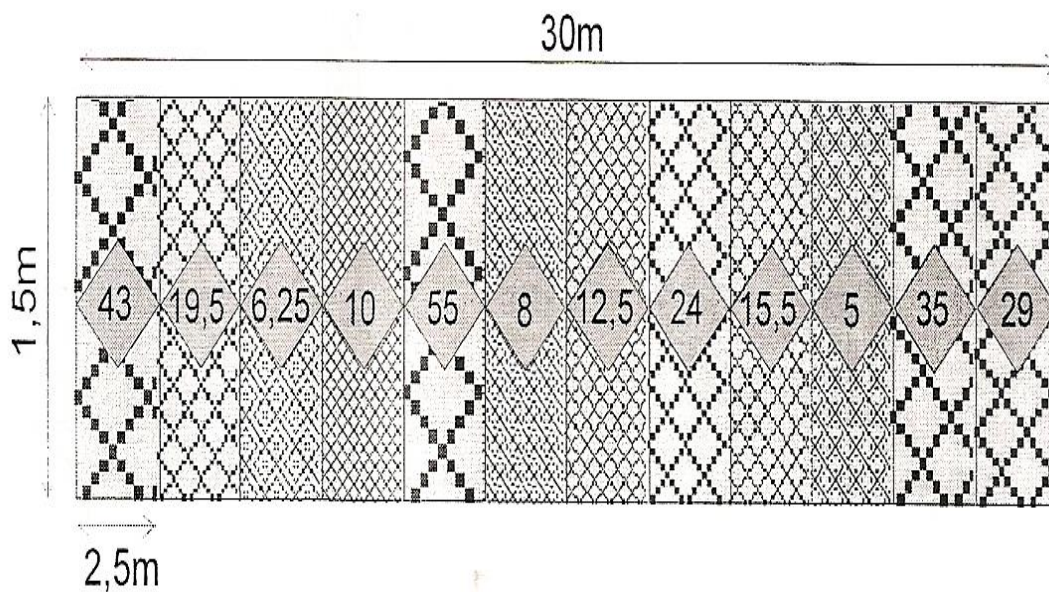
Võrtsjärve kalastiku jaoks ei ole kehtestatud klassipiire keskkonnaministri 16.04.2020 määruse nr 19 lisas 5, „Maismaa seisuveekogumite ökoloogiliste seisundiklasside piirid bioloogiliste, füüsikaliskemiliste ja hüdro-morfoloogiliste kvaliteedielementide ja kvaliteedinäitajate järgi“. Käesolevas aruandes esitatud WPUE kvaliteediklasside piirid (tabel 11) põhinevad ekspertarvamusel. Et seireandmeid on alles vähe (alates aastast 2006, kusjuures seire toimub ainult igal kolmandal aastal), tuleb neid käsitleda esialgsete ja madala usaldusväärsusega klassipiiridena. Samal põhjusel ei ole õigustatud ökoloogilise kvaliteedisuhte (ÖKS) piiride esitamine ega neist tulenevate võimalike järelduste/otsuste tegemine.

Tabel 11. Esialgsed kvaliteediklasside piirid kalade järgi. Klassipiiride vahed erinevad üksteisest 25%.

	v. halb	halb	kesine	hea	v. hea
Keskmine WPUE	>5850	5849 - 4680	4679 - 3750	3749 - 3000	<3000



Joonis 5. Võrtsjärve kalastiku seirekohad



Joonis 6. Seires kasutatud multisektsioonsed nakkevõrgud on kujundatud vastavalt kehtivale Euroopa Standardile EN 14757:2005 ja selle alusel 29.09.2005 kehtestatud Eesti standardile EVS-EN 14757:2005.

**Tabel 10.** 2024. aasta kalade seirepiirkondade geograafilised koordinaadid

Jaama nr	Jaam	Põhjalaius	Idapikkus
1	Pähksaar	6444784	621867
2	Sula	6447976	619985
3	Nooni	6448728	622285
4	Õhne suue	6452440	618149
5	Tondisaar	6454031	621630
6	Limnoloogia	6454468	623708
7	Väluste	6461834	615537
8	Tamme kesk	6461749	619957
9	Tamme	6462127	624136
10	Jõesuu	6472965	624281
11	Oiu	6474014	616089

1.8. 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.

Bioloogilised kvaliteedielemendid maismaa seisuveekogumi ökoloogilise seisundiklassi määramiseks on fütoplankton, fütobentos, suurtaimestik, suurselgrootud ja kalastik.

Kvaliteedielement “Füüsikalise-keemilised üldtingimused” maismaa seisuveekogumi ökoloogilise seisundiklassi määramiseks koosneb järgmistest kvaliteedinäitajatest: pH, üldlämmastik, üldfosfor ja vee läbipaistvus.



Maismaa seisuveekogumi ökoloogiline seisundiklass määratakse bioloogiliste kvaliteedielementide ökoloogiliste seisundiklasside ja bioloogilisi kvaliteedielemente toetavate füüsikalise-keemiliste üldtingimuste ökoloogilise seisundiklassi alusel halvima järgi.

2. Tulemused

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

2.1. Füüsikalise-keemilised kvaliteedinäitajad

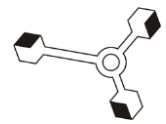
Võrtsjärvest määratud pH väärtused olid kohases vahemikus, seega määrati kvaliteedinäitajatele üldN, üldP ja vee läbipaistvus ökoloogilised seisundiklassid ja ökoloogilised kvaliteedisuhted (ÖKS). **Füüsikalise-keemiliste üldtingimuste koondmäärang on üldN, üldP ja vee läbipaistvuse ökoloogiliste kvaliteedisuhete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

Tabelis 12 on esitatud 2024. 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 ja kesine klass. Lisaks illustreerib Võrtsjärve 2024. aasta augusti veekvaliteeti joonis 7.

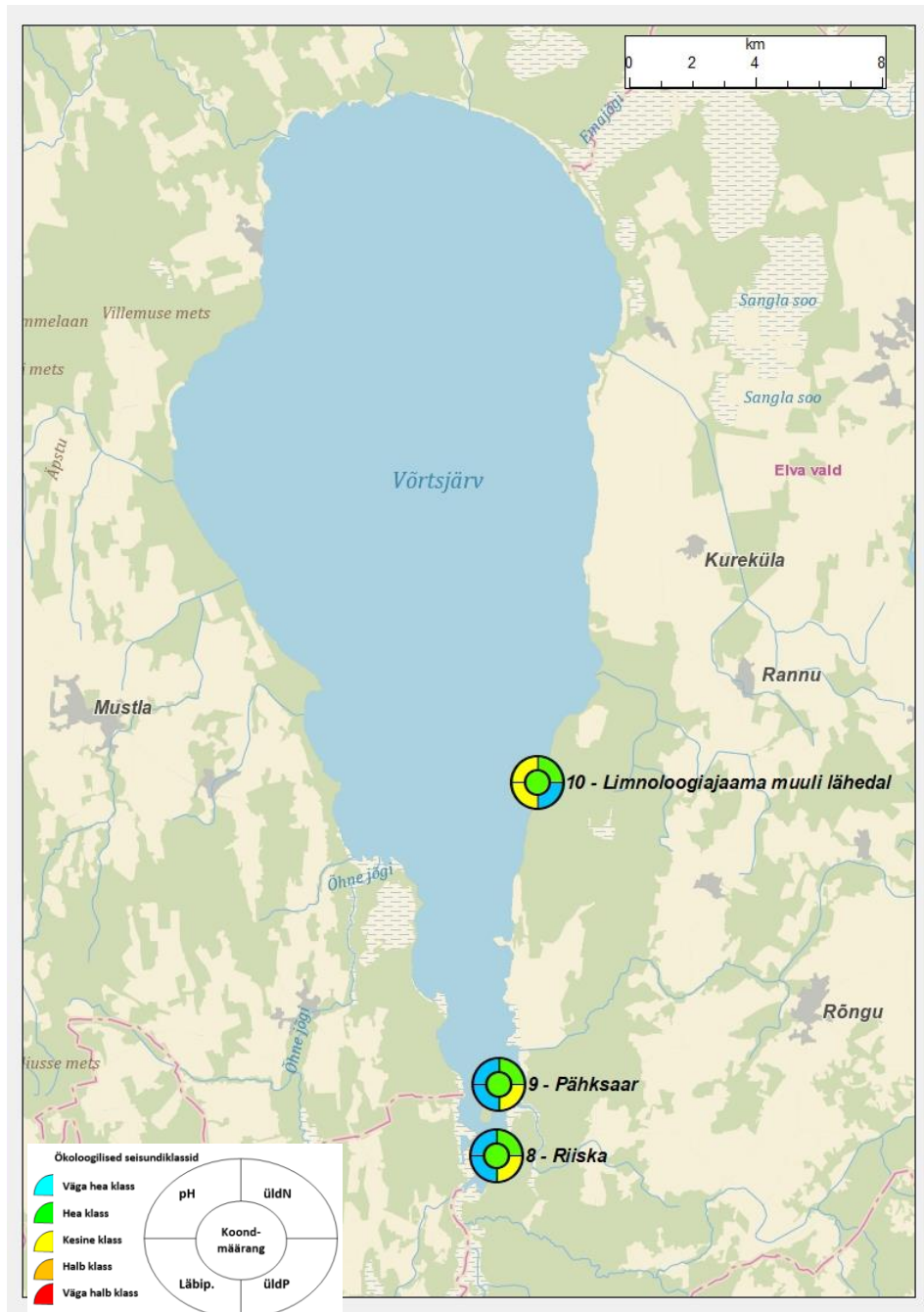
Tabel 12. Võrtsjärve 2024. aasta kvaliteedinäitajate väärtused, nende ökoloogilised seisundiklassid ja füüsikalise-keemiliste üldtingimuste koondmäärangud.

Seirejaam	Seireaeg	pH	üldN (mg/l)	üldP (mg/l)	Vee läbipaistvus (m)	Koondmäärang ÖKS
Seirejaam 8	August	7,7	1,5	0,080	0,90	0,62
Seirejaam 9	August	7,7	1,4	0,070	1,3	0,80
Seirejaam 10	August	8,7	1,0	0,031	0,50	0,74
Seirejaam 10	Mai-September keskmine	8,7	1,2	0,037	0,56	0,69
Võrtsjärv	Augusti keskmine	8,0	1,3	0,060	0,90	0,72

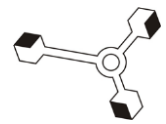
Augustikuu pH väärtused olid väga heas ökoloogilises seisundiklassis seirejaamade 8 ja 9 veeproovides ning kesises seisundiklassis seirejaama 10 veeproovis. Üldlämmastiku sisaldused olid augustis vaadeldud seirejaamades heas ökoloogilises seisundiklassis. Üldfosfor oli Võrtsjärve seirejaamades 8 ja 9 kesises ökoloogilises seisundiklassis ning seirejaamas 10 väga heas ökoloogilises seisundiklassis. Vee läbipaistvus oli augustis kesises ökoloogilises seisundiklassis tuultele avatud seirejaamas 10. Seirejaamades 8 ja 9 oli vee läbipaistvus väga heas ökoloogilises seisundiklassis. Füüsikalise-keemiliste



üldtingimuste koondmääranguna olid augustis Võrtsjärve seirejaamad heas ökoloogilises seisundiklassis. Seirejaama 10 mai kuni septembri keskmiste järgi olid pH ja vee läbipaistvus kesises ning üldlämmastik ja üldfosfor heas ökoloogilises seisundiklassis. Füüsikalise-keemiliste üldtingimuste koondmäärang oli heas klassis. Võrtsjärve 3 seirejaama augustikuu kvaliteedinäitajate keskmised olid: pH (8,0) ja vee läbipaistvus (0,90 m) väga heas ökoloogilises seisundiklassis ning üldlämmastik (1,3 mg/l) ja üldfosfor (0,060 mg/l) heas ökoloogilises seisundiklassis. Füüsikalise-keemiliste üldtingimuste koondmäärang oli heas klassis.

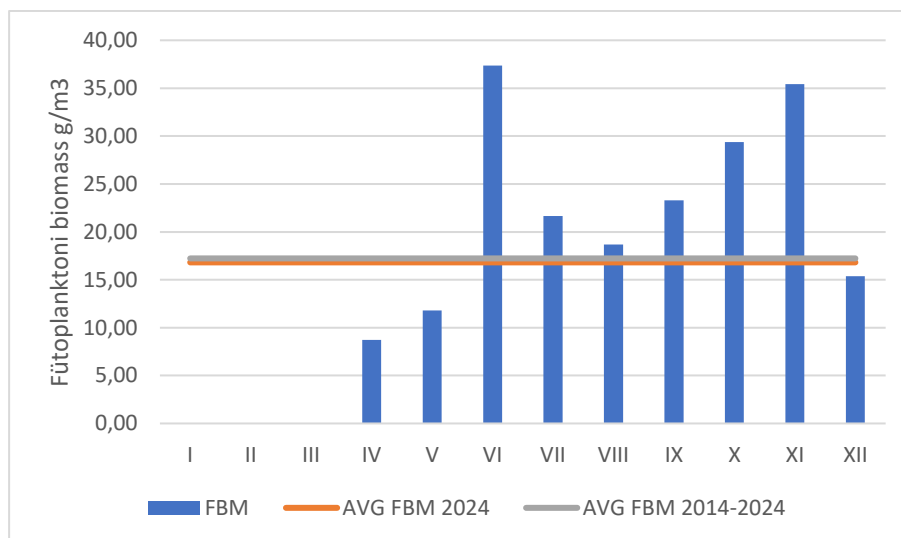


Joonis 7. Võrtsjärve augustikuu veekvaliteet 2024. aastal

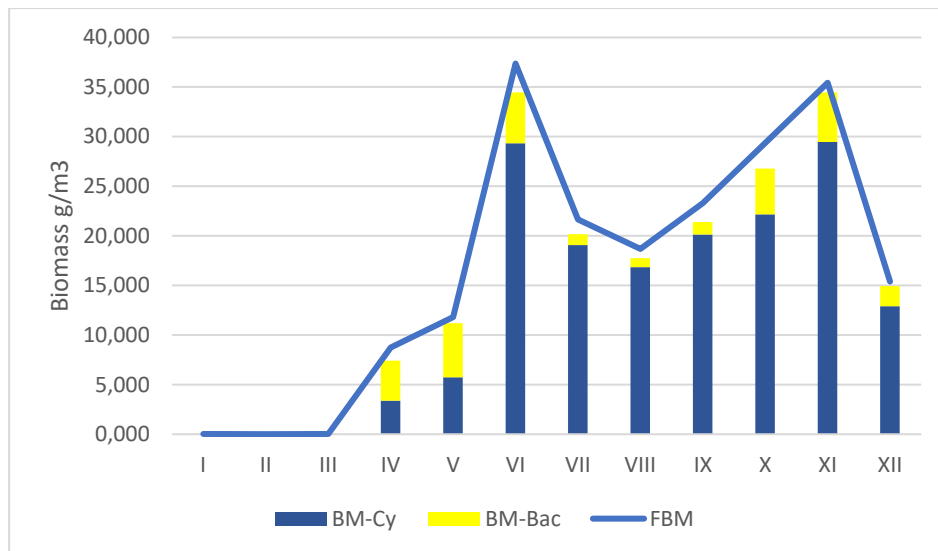
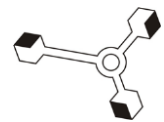


2.2. Fütoplankton

Sesoonne dünaamika. Aasta 2024 oli erakorraliselt soe varajase kevade ning pika ja päikeserohke sügisega (<https://www.ilmateenistus.ee>). Fütoplanktoni biomassi sesoonne dünaamika oli kahetipuline, maksimumväärtusega (37,4 g/m³) juunis, ja teise, peaaegu sama kõrge näitajaga (35,4 g/m³) novembris (joonis 8). Aasta keskmine biomass (16,8 g/m³) oli väga lähedane viimase üheteistkümneme aasta (2014-2024) keskmisele (17,2 g/m³), kuid üle kahe korra suurem kui mullu. Enamikel kuudel domineerisid sinivetikad, moodustades aasta keskmisena 69% fütoplanktoni biomassist maksimumväärtusega (90%) augustis. Ränivetikate biomassi dünaamikas oli samuti kaks tõusu, esimene mais-juunis (5,1-5,5 g/m³) ja teine oktoobris-novembris (4,6-5,0 g/m³) (joonis 9). Ränivetikate protsent fütoplanktoni biomassis oli aasta keskmisena 17%, maksimumväärtusega (46%) aprillis-mais. Mullu oli fütoplanktoni biomassi dünaamika tänavusest erinev, suurenedes ühtlaselt jaanuarist oktoobrini ning vähenedes seejärel järsult novembris.



Joonis 8. Võrtsjärve (P.10) fütoplanktoni biomass (FBM, g/m³) jaanuarist detsembrini 2024, aasta keskmine (AVG FBM 2024) ja viimase üheteistkümneme aasta keskmine (AVG FBM 2014-2024) biomass.

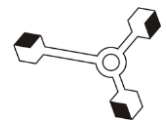


Joonis 9. Fütoplanktoni (FBM) ning kahe arvukama vetikarühma, sini- (BM-Cy) ja ränivetikate (BM-Bac) biomass (g/m^3) Võrtsjärves (P. 10) jaanuarist detsembrini 2024.

Talveperioodi (jaanuar-veebruar) iseloomustasid fütoplanktoni erakordselt väikesed biomassid. 2023/2024. a. talv oli normist (keskmise ajaperiood 1991-2020) külmem ja päikesevaesem. Novembri teisel poolel tekkinud lumikate pidas vastu veebruari keskpaigani. Selliste ilmastikunäitajate juures olid vetikate fotosünteesiprotsessid tugevasti pidurdunud, mis väljendus fütoplanktoni äärmiselt väikeses biomassis: jaanuaris $0,013 \text{ g/m}^3$, veebruaris $0,006 \text{ g/m}^3$. Koosluses domineerisid: jaanuaris sinivetikas *Limnotherix redekei*, veebruaris suuremõõtmeline vaguviburvetikas *Peridiniopsis elpatiewskyi*. Mõnevõrra arvukamad olid ka *Limnotherix planctonica*, *L. redekei* ja *Planktolyngbya limnetica*. Veebruaris ilmusid kooslusesse üksikud kevadaspektile iseloomulikud ränivetikad perekonnast *Aulacoseira*. Sinivetikate suhtarv oli jaanuaris 74%, veebruaris 43%. Ränivetikate suhtarv biomassis oli äärmiselt väike: jaanuaris 2%, veebruaris 6%. Mullused talveperioodi fütoplanktoni näitajad olid suhteliselt sarnased.

Kevadperioodi (märts-aprill-mai) iseloomustas fütoplanktoni biomassi järsk suurenemine. Kui märtsis oli biomass veel talvisel tasemel ($0,013 \text{ g/m}^3$), siis aprillis juba $8,7 \text{ g/m}^3$. Mõõdukas tõus jätkus mais ($11,8 \text{ g/m}^3$). Kevad oli normist soojem, päikesepaistet jagus pikaajalise keskmise raames. Toimus järsk muutus liigilises koosseisus: planktilised ränivetikad saavutasid juhtpositsiooni: märtsis-aprillis domineeris *Aulacoseira ambigua*, mais *Stephanodiscus* sp. Külmaveeline *Aulacoseira islandica*, kes esines mullu kevadel, tänavu kooslusest puudus. Võrtsjärve karakterliigid *L. redekei* ja *L. planctonica* olid subdominantidena koosluses olemas. Sinivetikate suhtarv biomassis varieerus 39-49%, ränivetikate oma 31-46%. Mullu saavutasid sinivetikad juhtpositsiooni juba mais.

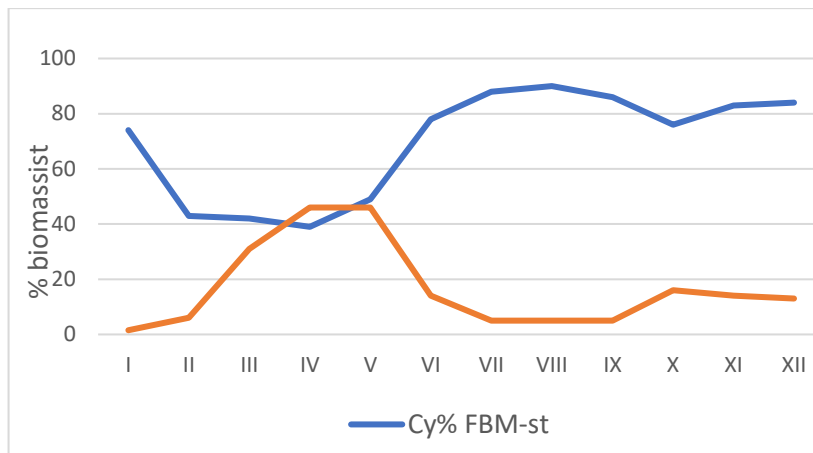
Suveperioodi (juuni-juuli-august) iseloomustas fütoplanktoni biomassi järsk suurenemine suve alguses. Kliimaatiline suvi (periood, mil ööpäeva keskmine õhutemperatuur ületab püsivalt $+13 \text{ }^{\circ}\text{C}$)



algas juba mai keskel, mis on kolm nädalat mullusest varem; kogu suvi oli normist soojem ja päikesepaistelisem. Suve varajane algus peegeldus fütoplanktoni biomassi järsus suurenemises juunis ($37,4 \text{ g/m}^3$), millele järgnes mõningane stabiliseerumine: juulis oli biomass $21,7 \text{ g/m}^3$, augustis $18,7 \text{ g/m}^3$. Juunis langesid fütoplanktoni kooslusest välja kevadaspektile iseloomulikud ränivetikad ja juhtpositsiooni saavutasid uuesti niitjad sinivetikad, eeskätt *L. planctonica*. Suve jooksul lisandusid mitmed koloonialise eluviisiga sinivetikad: juunis *Microcystis wesenbergii*, juulis *Aphanocapsa* spp. ja augustis *Cyanodictyon* spp. Suve teisel poolel ilmus ka suuremõõtmeline dinoflagellaat *Ceratium hirundinella*. Sinivetikate suhtarv tõusis juunist augustini 78%-lt 90%-le; ränivetikate oma langes 14%-lt 5%-le. Lühiajalised kuumalained juuni lõpul ja juulikuu viimasel kolmandikul ei peegeldunud fütoplanktoni biomassi näitajates, mis annab tunnistust Võrtsjärve ökosüsteemi stabiilsusest. Mullu suvel oli fütoplanktoni liigiline koosseis küllalt sarnane, kuid biomass tunduvalt väiksem.

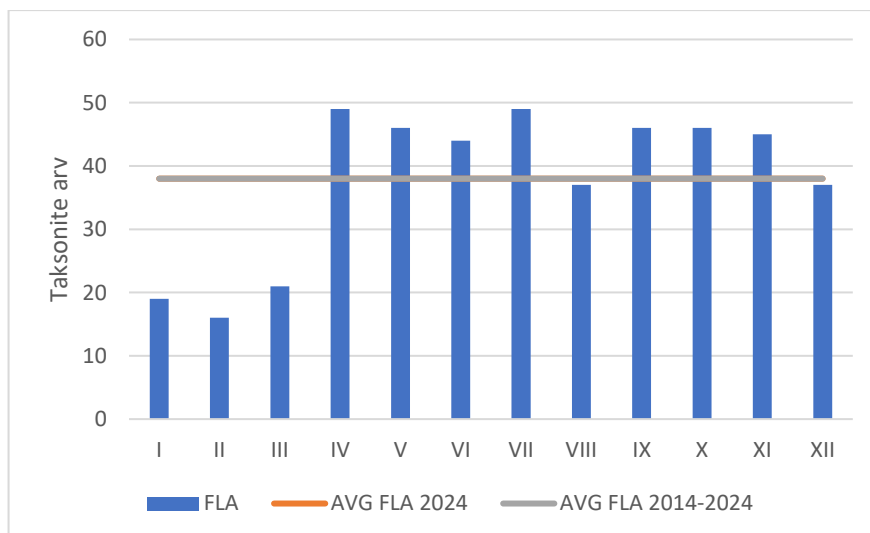
Sügisperioodi (september-oktoober-november) iseloomustas fütoplanktoni biomassi pöördumine taas kasvule. Sügis 2024. aastal oli Eesti ilmavaatluse ajaloo kõige soojem; päikesepaistet jagus rohkelt. Koosluses jätkas dominandina *L. planctonica*, subdominantidena esinesid septembris sinivetikad perekonnast *Aphanocapsa*. Arvukad oli ka koldvetikad perekondadest *Dinobryon* ja *Mallomonas*. Oktoobris-novembris olid arvukad *Microcystis wesenbergii* ja *M. aeruginosa*. Tõusis ränivetikate hulk. Erakordselt soe ja päikseline sügis peegeldus ka fütoplanktoni biomassi suurenemises kogu sügisperioodi jooksul: septembris oli biomass $23,3 \text{ g/m}^3$, oktoobris $29,4 \text{ g/m}^3$ ja novembris $35,4 \text{ g/m}^3$. Mullu toimus biomassi vähenemine juba novembris.

Kokkuvõttes peegeldus 2024.a. suve varajane algus ning erakordselt pikk ja soe sügis fütoplanktoni pikas ja efektiivses kasvuperioodis: biomass suurenes järsult juunis ja vähenes alles detsembris. Ränivetikad omandasid juhtpositsiooni (46% biomassist) aprillis ja jäid tasakaalu sinivetikatega (ränivetikad 46% vs sinivetikad 49%) maikuus. Järgnevatel kuudel, juunist detsembrini olid ränivetikad fütoplanktoni koosluses suures vähemuses. Suhtarvu mõningane suurenemine (16%) oktoobris langes kokku veetemperatuuri langusega alla 10°C (joonis 10), mis oli soodne ränivetikate kui külmaveelise vetikarühma arengule.



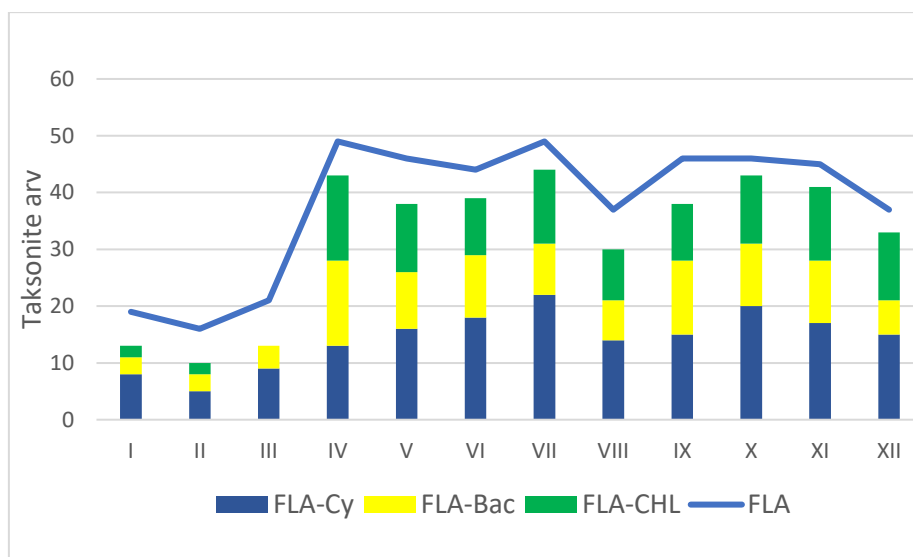
Joonis 10. Sini- (Cy% FBM) ja ränivetikate (Bac% FBM-st) suhtarvu dünaamika Võrtsjärves (P.10) jaanuarist detsembrini 2024.

Fütoplanktoni taksonite arv ja vähemusrühmad. Aasta keskmine taksonite arv oli 38, mis langes kokku viimase üheteistkümnne aasta keskmisega (joonis 11). Taksonite arv kasvas järsult aprillis (49), jäädes järgnevatel kuudel, maist detsembrini, varieeruma võrdlemisi kitsastes piirides (37-49). Liigirikkuse tõusu põhjuseks aprillis oli veetemperatuuri tõus (8 °C), mis ühelt poolt võimaldas veel külmaveeliste ränivetikate arengut, kuid teiselt poolt soosis juba soojaveelisemate sini-, rohe- ja neelvetikate ilmutumist fütoplanktoni kooslusesse.



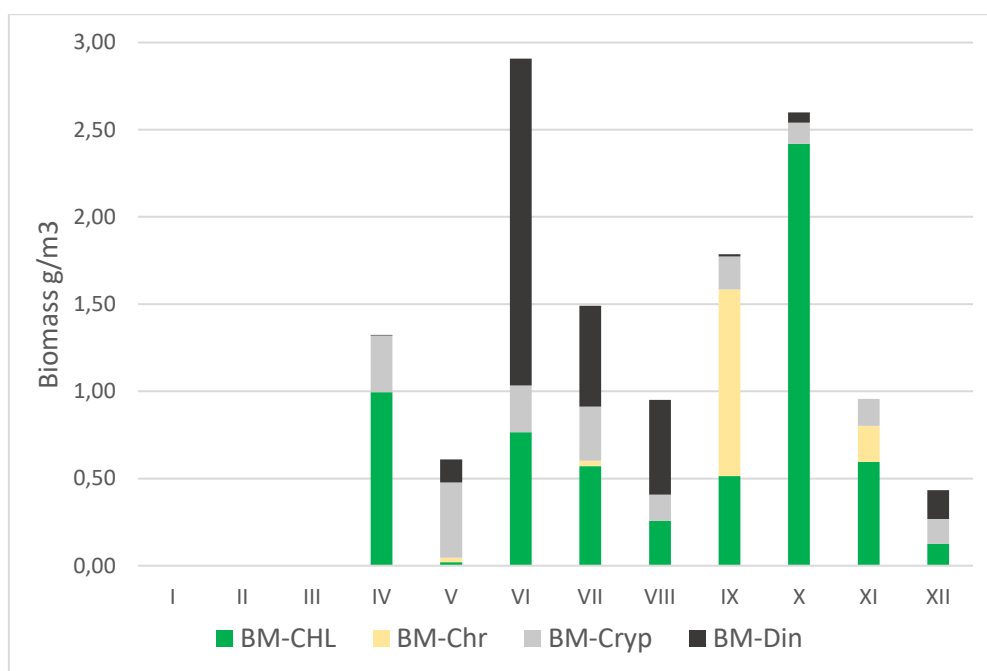
Joonis 11. Võrtsjärve (P.10) fütoplanktoni taksonite arv (FLA) jaanuarist detsembrini 2024, aasta keskmine (AVG FLA 2024) ja viimase üheteistkümnne aasta (AVG FLA 2014-2024) keskmine väärtus (jooned kattuvad).

Liigirikkamad vetikarühmad olid sini-, räni- ja rohevetikad. Nii varieerus aasta lõikes sinivetikataksone arv 5-22 maksimumiga juulis, räni- ja rohevetikataksone arv vastavalt 3-15 ja 2-15, mõlemad maksimumiga aprillis (joonis 12).



Joonis 12. Taksonite üldarv (FLA) ning sini- (FLA-Cy), räni- (FLA-Bac) ja rohevetikataksone (FLA-CHL) arv Võrtsjärves (P.10) jaanuarist detsembrini 2024.

Vähemusrühmadest (rohe-, kold-, neel- ja vaguviburvetikad) olid suurema biomassiga rohevetikad oktoobris, koldvetikad septembris, neelvetikad mais ja vaguviburvetikad juunis (joonis 13). Rohevetikad olid esindatud paljude liikidega perekondadest *Monoraphidium*, *Pediastrum* ja *Scenedesmus*, koldvetikad liikidega *Dinobryon sertularia* ja *Mallomonas tonsurata*. Neelvetikatest olid esindatud *Plagioselmis (Rhodomonas) lacustris* ja *Cryptomonas* spp, vaguviburvetikatest perekonnad *Peridiniopsis* ja *Protodinium* ning *Ceratium hirundinella*.



Joonis 13. Rohe-(BM-CHL), kold- (BM-Chr), neel- (BM-Cryp) ja vaguviburvetikate (BM-Din) biomass (g/m³) Võrtsjärves (P. 10) jaanuar-detsember 2024.



Ökoloogilise seisundi hinnang. Võrtsjärve ökoloogiline seisundiklass määratakse kahe fütoplanktoni näitajat alusel: a) veesamba klorofüll *a* sisaldus ajavahemikul maist septembrini; b) ränivetikate biomass septembris. Järve seisund 2024.a. klorofüll *a* andmete alusel oli hea, ränivetikate septembrikuise biomassi alusel väga hea (tabel 13).

Tabel 13. Võrtsjärvele kehtestatud Chl *a* sisalduse (µg/l) maist septembrini ja septembrikuise ränivetikate biomassi (g/m³) klassipiirid Võrtsjärve seisundi hinnang 2024.a.

Näitaja	Võrdlus-väärtus (RC)	Väga hea	Hea	Kesine	Halb	Väga halb
Chl <i>a</i> , µg/l	19,2-...	≤25	26-40	41-50	51-65	>65
Chl <i>a</i> 2024, µg/l			27,4			
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 2024			0,70			
Ränivet. biomass, g/m ³		≤2	2,1-7,0	7,1-13	13,1-19	>19
Ränivet. biomass 2024, g/m³		1,26				

Paralleelselt hinnati Võrtsjärve seisundit Peeter Nõgese poolt täpsustatud klassipiiride alusel, kus võeti arvesse looduslikke mõjusid. Soovitatakse nihutada fütoplanktoni hindamiskaala klassipiire, s.t. hindamise aluseks on loodusliku muutlikkuse suhtes korrigeeritud klorofüll (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. Peeter 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 klorofüll *a* ja Bac % põhjal toimub nende keskmistatud ÖKS väärtuste alusel. Kalkulaatori antud hinnangutest (tabel 14) selgub, et 2024.a. oli Võrtsjärve seisund loodusliku varieeruvuse suhtes parandatud klorofüll *a* alusel hea, sesooni keskmise ränivetikate protsendi alusel väga hea (Diat% 5-10), kahe näitaja aritmeetilise keskmine ökoloogilise kvaliteedi suhe oli ka väga hea (ÖKS=0,79). Kuid ränivetikate alusel antud seisund tundub olevat üle hinnatud. Vetikarühmana on tegemist üldiselt külmaveeliste liikidega, mistõttu parasvöötme veekogudes esinevad nad suurema arvukusega ja biomassiga varakevadel, mõnevõrra tagasihoidlikumalt sügisel. Lisaks võivad mõned perekonnad (näit. *Aulacoseira*), järgides neile ainuomast elutsükli, olla puhkeolekus veekogu põhjas pikemat aega ning ilmuda veesambasse alles üle mitme aasta. Suvel ja sügisel ilmub Võrtsjärve planktonisse suhteliselt palju bentilise eluviisiga ränivetikaid, kes suudavad suurema erikaalu tõttu veesambas püsida ainult turbulentsi tingimustes. Nimetatud looduslikud mõjurid ja liikide keskkonnanõudluste iseärasused hägustavad ränivetikate indikaatorlust veekogu seisundi hindamisel, eriti inimtegevusest põhjustatud olukorras.



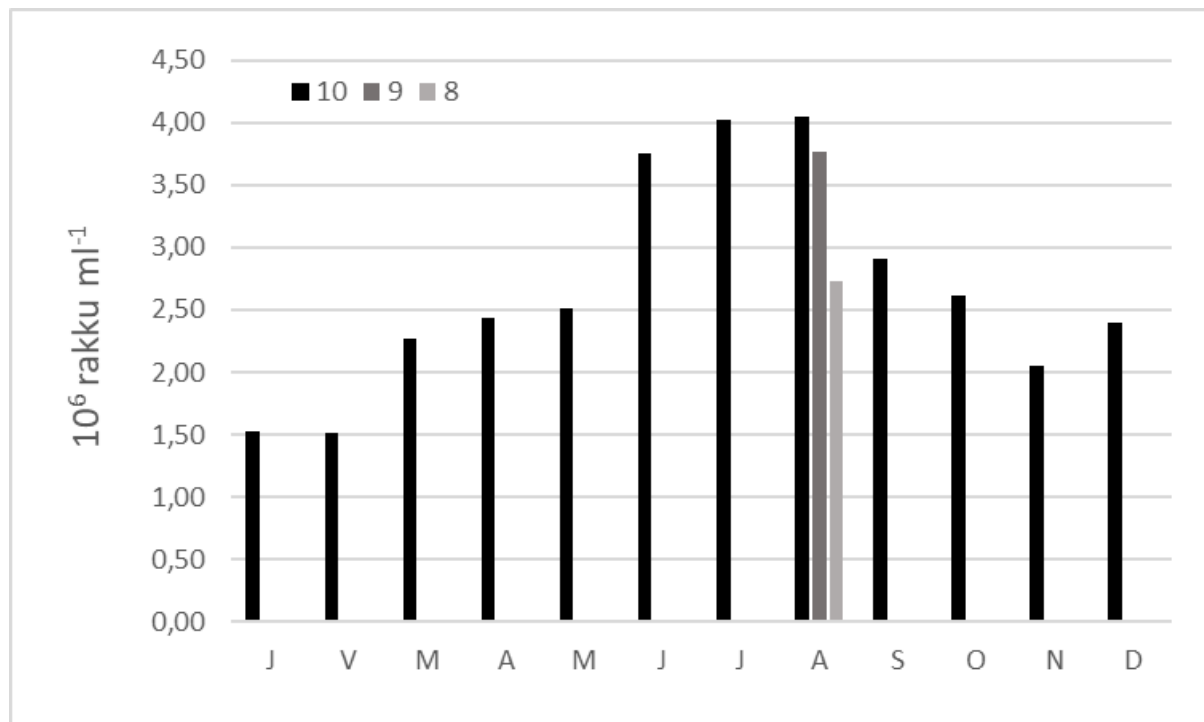
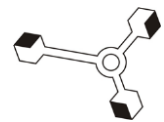
Tabel 14. Soovitatud võrdlustulemused (RC), seisundiklassi piirid ja neile vastavad ÖKS väärtused ning nendest lähtudes Võrtsjärve seisundi hinnang 2024.a.

Näitaja	Võrdlusväärtus (RC)	V. hea/hea	Hea/kesine	Kesine/halb	Halb/v. halb
Chl <i>a</i> , µg/l mai-okt.	20	34	54	67	87
ÖKS chl <i>a</i> 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 (koondseisund)	1,0	0,7	0,44	0,33	0,26
ÖKS Chl <i>a</i> 2024			0,53		
ÖKS Bac% 2024	1,05				
ÖKS FÜPLA	0,79				

2.3. Bakterplankton

Heterotroofsete bakterite üldarvu (BÜA) väärtus oli 10. seirepunktis (joonis 1) vahemikus 1,52-4,05 miljonit rakku/ml (mediaan 2,47), tase madal kuni keskmine (joonis 14). Bakterplanktoni arvukus oli madalaim (1,52-2,51 miljonit rakku/ml) aasta esimeses pooles (jaanuarist maini), kuid kasvas märkimisväärselt (kuni 4,05 miljoni rakuni/ml) aasta teises pooles (juunist oktoobrini). Sesonne dünaamika oli sarnane 2022. ja 2023. aastale, kuigi üldarvukused olid 2022. aastal oluliselt madalamad. Bakterite üldarv oli 2024. aastal eriti madal jääkatte perioodil (jaanuarist veebruarini), olles alla 1,53 miljoni raku/ml. Madalseis püsis maini, juunis arvukus kasvas järsult ning saavutas maksimumi juuliks (4,02 miljonit rakku/ml) ja augustiks (4,05 miljonit rakku/ml), märgatav langus oli novembris. Sarnaselt 2022. aasta sesoonsele dünaamikale langes bakterite arvukus märgatavalt just novembris (2,05 miljonit rakku/ml) ning sellele järgnes väike arvukuse tõus detsembris. Võrtsjärve seisund oli bakterplanktoni alusel 10. seirepunktis 2024. aastal väga hea (keskmine bakterite üldarvukus 2,67 miljonit rakku/ml).

Lisaks koguti augustis bakterplanktoni proove Võrtsjärve 8. ja 9. proovivõtupunktist (joonis 1) ning võrreldes 10. punktiga (4,05 miljonit rakku/ml), oli arvukus 9. punktis (3,76 miljonit rakku/ml) ligikaudu sama ning madalam 8. punktis (2,73 miljonit rakku/ml) (joonis 14). Arvestades nende seirepunktide üldarvukusi, siis oli ka sel juhul Võrtsjärve üldseisund bakterplanktoni alusel väga hea, kõikide proovipunktide keskmine arvukus aasta lõikes oli 2,75 miljonit rakku/ml.



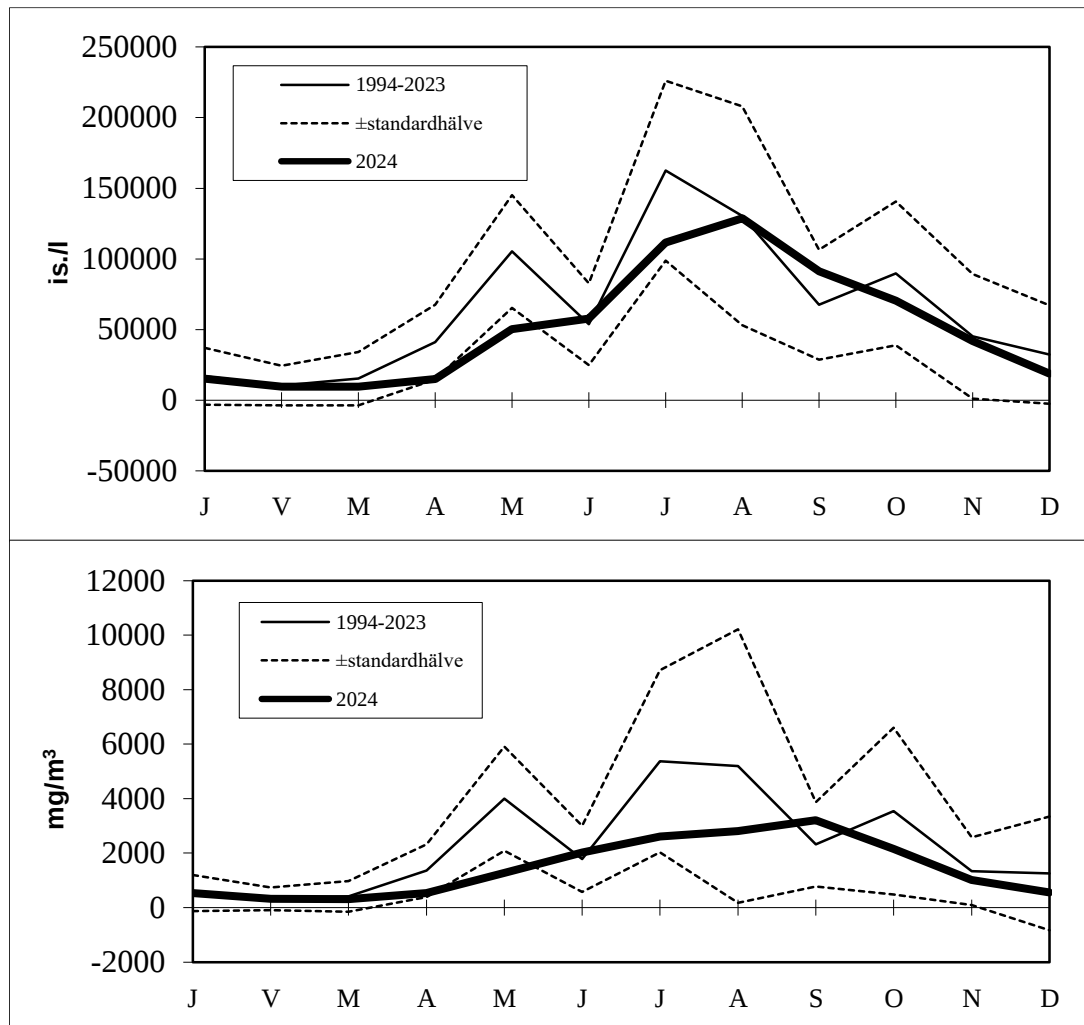
Joonis 14. Bakteriplanktoni üldarvukus 2024. a. jaanuarist detsembrini Võrtsjärve proovivõtupunktides (8, 9, 10).

2.4. Protozooplankton

Aastat 2024. iseloomustab väga lihtne ripsloomade sesoonne dünaamika ja keskmisest madalam arvukus ning biomass. Jaanuaris olid ripsloomade arvukus ja biomass väiksed, vastavalt 15 is./ml ja 0,5 mg/l. Ripsloomade arvukus oli miinimumis veebruaris ja märtsis ligikaudu 9 is./ml (joonis 15), mil koosluses domineerisid eelsuulised, haardsuulised ja ratasripsmelised. 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. Mais see rühm taandus ja domineerivaks said pigem väiksemad bakteritoidulised ripsloomad. Kevadine arvukusemaksimum jäi mais erakordselt madalaks (50 is./ml). Suuremate vetiktoiduliste liikide puudumise tõttu jäi väikseks ka biomass (1,3 mg/l) ning mõlemad näitajad väljusid ka pikaajalise standardhälbe piiridest (1994-2023). Arvukuse maksimum langes augustisse (129 is./ml) (joonis 15). 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), siis aastal 2024 neid peaaegu ei esinenud. Seetõttu jäi ka biomass suve kohta väga väikseks (2,8 mg/l). Lõunapoolsetes proovipunktides (Riiska ja Pähksaar) olid arvukused samuti tavalisest väiksemad (111-115 is./l). Domineerisid sarnaselt sisejärvele väikesed bakteritoidulised liigid. Seetõttu oli ka



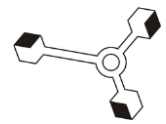
biomass väike (2,2 mg/l). Septembris ripsloomade arvukus (proovipunktis nr. 10) vähenes ning langus jätkus sujuvalt detsembrini (joonis 15). Biomass aga septembris kasvas ning saavutas 2024. aasta maksimumi – 3,2 mg/l. Selle tingis suuremate liikide ilmumine planktonisse, peamiselt suuremad eelsuulised. Täielikult puudus tavapärane oktoobrikuine arvukusemaksimum. Sügiseses koosluses (oktoober) domineerisid tavapäraselt eelsuulised bakteri-herbivoorid. Samas olid koosluses olulised ka röövtoidulised haardsuud. Sama muster jätkus ka novembris ja detsembris, mil arvukused langesid jaanuariga sarnasele talvisele tasemele.



Joonis 15. Ripsloomade arvukus ja biomass Võrtsjärves aastal 2024.

2.5. Metazooplankton

Metazooplanktoni arvukus jäi aasta esimestel kuudel suhteliselt väikseks, olles maikuus märgatavalt väiksem (353 ind. L⁻¹) kui pikaajaline keskmine samal ajal. Keriloomade rühm on peamine metazooplanktoni arvukuse moodustaja Võrtsjärves. Nende tagasihoidliku esinemise põhjuseks aasta algul võib pidada toidunappust (fütoplanktoni biomass oli aasta esimesel kolmel kuul väga madal) aga ka söudikuliste aerjalsete (*Cyclops kolensis*, *Mesocyclops leuckarti*) arvukamat esinemist



varakevadises planktonis. Aerjalgsete kisklus võib oluliselt mõjutada keriloomade dünaamikat. Võib oletada, et talvises ja varakevadises planktonis tavaliste keriloomade (*Polyarthra dolichoptera*, *Keratella cochlearis* *Synchaeta* spp.) väike arvukus ja osakaal metazooplanktoni biomassis olid põhjustatud aerjalgsete toitumissurve. Metazooplanktoni arvukuse maksimum moodustus juunis (1366 ind. L⁻¹). Domineerisid tavapärased liigid: väikesed keriloomad *Keratella tecta* ja *Anuraeopsis fissa*. Biomassi maksimum oli juulis (1.794 g m⁻³), peamised moodustajad olid vesikirbulised (domineeris *Daphnia cucullata*). Teine kõrgem biomassi väärtus mõõdeti septembris (1,578 g m⁻³), mil moodustus ka aerjalgsete rühma biomassi ja arvukuse maksimum. Sügiseses arvukuse ja biomassi dünaamikas olulisi erisusi ei ilmnenu; arvukus ja biomass langesid sujuvalt detsembrini, jälgides pikaajalist keskmist. Augustikuus hinnati metazooplanktoni arvukust ja biomassi ka järve lõunapoolsetes, Riiska (P8) ja Pähksaare (P9) proovipunktides. Biomass ja arvukus olid suuremad Pähksaare punktis (80 ind. L⁻¹; 0,250 g m⁻³), kus arvukuses domineerisid aerjalgsete vähikvastset ning biomassis domineerisid *Dreissena polymorpha* purjukvastset (veliger). *Dreissena polymorpha* purjukvastset moodustasid suurima osa biomassist ka Riiska proovipunktis. Ilmselt ajastus proovivõtt nende organismide soodsale arenguperioodile.

2.6. Suurselgrootud

I. Suurselgrootud ammutiproovidest.

Võrtsjärve ammutiproovidest leiti 38 liiki/taksonit põhjaloomi. 2024. aastal oli liike vähem kui 2023. aastal (48 liiki/taksonit, lisa 2 tabel 3), kuid rohkem kui aastail 2019-2021 (29-34 taksonit/liiki). Üleüldiselt on liikide arv vähenenud pärast proovipunktide ja proovikorduste vähendamist seireprogrammis – proovikohti ei pruugi olla piisavalt, et saada usaldusväärset ülevaadet liigilisest mitmekesisusest, selle kohta leiab viiteid ka teaduskirjandusest (näiteks Ntislidou et. al. 2021).

Aastal 2024 oli põhjaloomastiku arvukus väga väike ja biomass keskmine (tabel 15). Kõige arvukamalt olid 2024. aastal esindatud surusääsklased ehk hironomiidid 17 taksoniga. Nad moodustasid põhjaloomastiku koguarvukusest 81% ja kogubiomassist 82%. Suuremõõtmelise profundaaliliigi *Chironomus plumosus* osakaal oli 11% koguarvukusest ja 32% kõigi põhjaloomade kogubiomassist. Arvukuselt domineerisid litoraalis enamasti surusääseliik *Stictochironomus* sp. (tõenäoliselt eutrofeerunud vete liik *Stictochironomus stictus*, varasemalt *S. histrio*). Puhta vee indikaatorliike ei leitud. Ka klaasiksääse (*Chaoborus*, tugeva reostuse indikaatorliik) vastseid ei leitud. Suurtest limustest sattus 2024. aastal proovidesse kiiljas jõekarp (*Unio tumidus*) ja rändkarp (*Dreissena polymorpha*). Üldiselt võib iseloomustada 2024. aasta liiglist koosseisu ühekülgse, proovidesse sattusid peaaegu ainult tavalised eutrofeerunud vete liigid. Ainult punkt 9 näitas tugevamat kooslust 24 liigi/taksoniga tänu



makrofüüdirikkusele Võrtsjärve lõunatipus ja sealts leiti 2024. aasta ainuke puhta vee indikaatorliigi *Pisidium supinum* isend.

Profundaali igakuises proovipunktis (nr 7) domineerisid arvukuselt, nagu tavaliselt, surusääsevastsed (*Chironomus plumosus* ja *Einfeldia carbonaria*) ja väheharjasussid (*Potamothenix hammoniensis*). Viimastel aastatel on profundaalipunktideist leitud mitmeid harilikke sulgtiguseid (*Valvata piscinalis*), kes tavaliselt profundaali ei kipu ebasobivate elutingimuste tõttu, kuid 2024. aastal leiti ainult üks isend.

Litoraalis domineeris arvukuselt ja biomassilt taas *Tubifex newaensis*, vähem oli esindatud *Potamothenix hammoniensis* ja *Limnodrilus hoffmeisteri*. Reostustundlike väheharjasusse endiselt ei leitud ja väheharjasusside kooslus oli keskpärane koos kahe harvaesineva liigiga (*Limnodrilus clapedeanus* ja *Psammoryctides albicola*). Väikeste limuste (Mollusca) arvukus (tabel 15 ja lisa 2 joonis 7) ja biomass oli pikaajalise keskmise lähedane. Ülejäänud põhjaloomastiku (*Varia*) isendeid leiti keskmisest märgatavalt vähem, mis võib viidata varasemast liigivaesemale litoraalile. Kui puhtamate järvede ammutiproovidest leitakse pidevalt ehmeistiivalisi (*Trichoptera*), ühepäevikulisi (*Ephemeroptera*) ja teisi putukaid, siis Võrtsjärves neid ei esine või leidub üksikute isenditena. See viitab tugevamale eutrofeerumisele.

Tabel 15. Põhjaloomade keskmine arvukus ($\pm$ standardviga) ja biomass ($\pm$ standardviga) Võrtsjärves 1964–2024.

Loomarühm	1964–2022		2023		2024	
	is. m ⁻²	g m ⁻²	is. m ⁻²	g m ⁻²	is. m ⁻²	g m ⁻²
<i>Chironomus plumosus</i>	94±3	3,29±0,2	201±49	4,66±1	70±21	2,1±1,1
<i>Chironomidae</i> (kokku)	805±25	4,86±0,1	783±123	6,20±1	500±96	5,27±1,1
<i>Oligochaeta</i>	242±6	0,75±0,03	128±25	0,71±0,18	73±23	0,81±0,23
<i>Mollusca</i> (väikesed)	28±2	0,92±0,1	23±8	0,83±0,3	5±2	0,23±0,12



Varia	122±8	0,57±0,05	56±19	0,07±0,03	36±11	0,09±0,08
Kokku (ilma suurte limusteta)	1200±30	7,13±0,2	990±136	7,82±1	614±125	6,39±1,34
Suured limused	5±0,4	30±3	3±2	5±4	4,5±3	14±8

Hinnang järve seisundile 2024. aastal

2024. aastal oli põhjaloomastiku arvukus väga väike ja biomass keskmine (Tabel 16) ja liigiline mitmekesisus väike (Lisa 2)

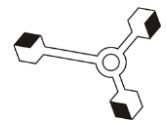
Tabel 16. Põhjaloomastiku hulgalised kategooriad Võrtsjärve pikaajalise andmestiku põhjal (Siim Seller, *pers. comm.*). Rohelise taustaga on märgitud 2024. aasta näitajad.

	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

Saetheri (1979) hironomiidide liikide järgi loodud troofsusskaala näitab Võrtsjärve tugevat eutrofeerumist. Skaalas on 5 alajaotust eutrofeerumise tugevuse järgi. Viies alajaotus on tugevaima eutrofeerumise näitaja, kus hironomiidid puuduvad. Võrtsjärvele on iseloomulik 4. alajaotus.

Wiederholmi (1980) bentose kvaliteedi indeksi (benthic quality index, BQI) järgi on Võrtsjärv tugevalt eutrofeerunud. Skaala on vahemikus 5-0, kus 5 on oligotroofne ja 0 hüpertroofne, ilma hapnikuta profundaal. Võrtsjärves on BQI hironomiidide järgi 1 ja oligoheetide järgi 2.

Loomade määramisel vaadati ka *Chironomus plumosus*'e väärarenguid. Väikese inimõjuga järvedes võiks olla kuni 8% väärarenguid ning tugeva eutrofeerumise ja inimõju korral võib see olla üle 30% (Goretti 2020 et al.). Väärarenguid oli Võrtsjärve ammutiproovide põhjal 17-21%, mis näitab nõrka kuni mõõdukat inimõju. Vahemik tuleneb ebakindlusest, mida põhjustavad halvad peakapslid (katkised, detriiti täis jmt.), mis teevad väärarengute nägemise mikroskoobis keerulisemaks. Väärarengute hulk näitab inimõju bentosele, olgu selleks eutrofeerumine, pestitsiidid, plastikud või muud inimese poolt põhjustatud reostus, mis settib järve põhja. Väärarengute hulk võib kümne aasta jooksul märgatavalt muutuda koos järve seisundi paranemisega (Goretti 2020. et al.), kahjuks meil pole veel võimalik võrrelda eelmiste aastatega, kuna puuduvad andmed.

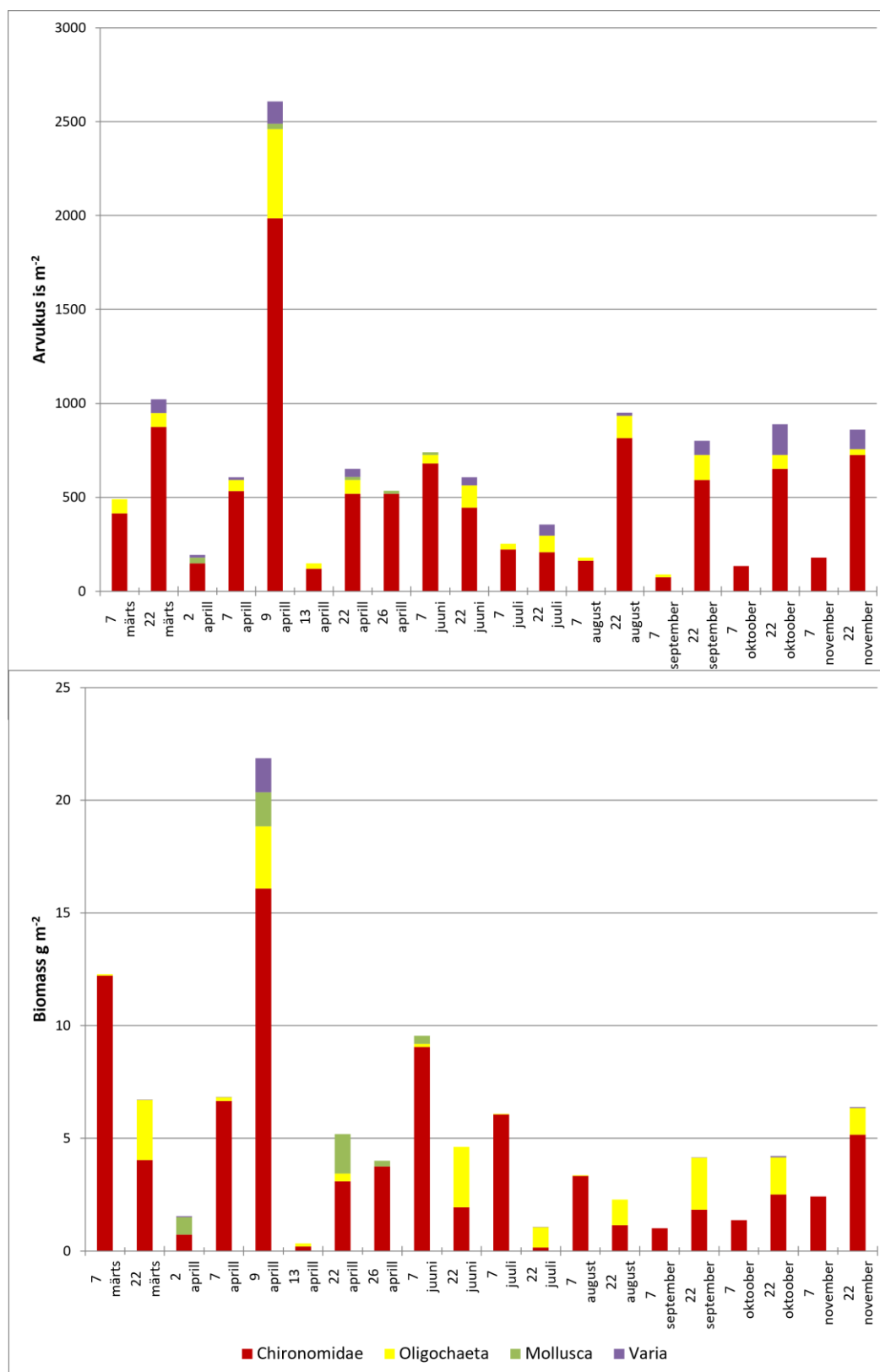
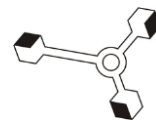


Varasematel aastatel on määratud liike, kelle tunnuseid on väga raske või võimatu määrata vastsetel. Näitkes *Chironomus muratensis* ja mõned teised *Chironomus* sp. liigid on eristatud kariotüüpide järgi (geneetika) ning üritada määrata neid vastsete morfoloogiliste tunnuste järgi võib olla ebausaldusväärne või lausa väär (Kiknadze et. al. 1991). *C. muratensis* jäetakse praegu litoraali *Chironomus* liigiks, kuna ta ei ole käesolevates määrajates ning ta on eristatav *C. plumosus*'est. *Stictochironomus histrio* (sünonüüm *S. stictus*'ega) ja *Stictochironomus rosenchoeldi* on kaks teist liiki, mis on eristatavad ainult kariotüüpide järgi, mistõttu varasemad andmed nende kahe liigi kohta võivad olla ebausaldusväärsed või väärad (Moller 2009., Rubinskij 1991.). *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 indikaatorliik (Saether 1979). Täpseteks andmeteks oleks vaja teha geneetilisi uuringuid.

Kaaludes 2024. a seiretulemusi varasemate andmete taustal ja kasutades teaduskirjanduses soovitatud hindamismetoodikaid, näitab Võrtsjärve profundaali ja sublitoraali põhjaloomastiku seisund endiselt tugevat eutrofeerumist. Viimase 30 aasta jooksul on järve seisund paranenud, kuid endiselt kaugel 70-80ndate eutrofeerumise eelsest looduslikumast seisundist. Eksperthinnanguna saab Võrtsjärve seisundi profundaali ja sublitoraali põhjaloomastiku näitajate alusel aastal 2024 hinnata kesiseks.

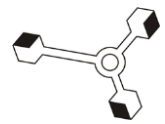
3. Sesoonsed muutused 2024. aastal

Põhjaloostiku arvukuse ja biomassi sesoonne muutlikkus 2024. aastal on näidatud joonisel 16.



Joonis 16. 2024. aasta põhjaloomastiku näitajad kuude ja proovikohtade kaupa.

2024. aastal oli *C. plumosus*'e biomass suhteliselt väike, eriti aasta teisel poolel, mis viitab nõrgale paljunemisedukusele kevadel ja suvel (joonis 2; Lisa 2 joonis 5 ja 6). Väikseid limuseid sattus 2024. a proovidesse väga vähe, aga ka profundaalipunktidest leiti harilikku sulgtigu (*Valvata piscinalis*). Muid

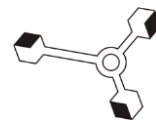


põhjaloogi leiti 2024. a proovidest väga vähe, kuid proovidesse sattus üksikuid ühepäevikulisi (*Ephemeroptera*, täpsemalt *Caenis horaria*).

Hironomiidide arukuse puhul tuleb arvestada madalate järvede iseloomuga, kus hapnik jõuab põhjani ning hironomiidide liigilist koosseisu profundaalis mõjutab ennekõike substraadi iseloomu muutus (Langdon et. al. 2006). Lisaks tuleb arvestada hironomiididele mõjuva bentosetoiduliste kalade tugeva survega, 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 isegi kui järv elukeskkond on paranemas, arvukuselt ja biomassilt pikemaks ajaks domineerima *C. plumosus*. Ehk seetõttu tuleb vaadelda *C. plumosus*'e rohkusest kaugemale ja näha üksikute sulgtigude tagasitulekut profundaali ja litoraalist erinevate puhtaveeliste liikide leidmine aastast aastasse kui tähtsamat põhjaloomastiku parema seisundi näitajat.

I. Litoraali suurselgrootud kahvaproovidest.

Sel korral olid dominandid varasemaga võrreldes osalt muutunud (tabel 17). Surusääsklased prevaleerisid mudastuvates Valma ja Arali lõikudes. Sapi lõigus domineerisid ühepäevikulised (*Caenis luctuosa*), mis on positiivne näitaja, Tarvastus aga lagedat mudast või liivast põhja iseloomustav pisisõudur (*Micronecta minutissima*).



Tabel 17. Litoraali suurselgrootute domneerivad liigid arvukuse alusel ning nende protsentuaalsed osakaalud (sulgudes) Võrtsjärves 2024. a. võrdluses perioodiga alates aastast 2008.

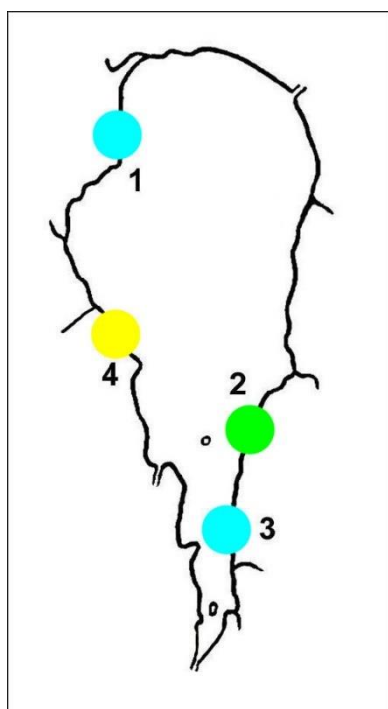
Aast	1. Valma	2. Sapi	3. Arali	4. Tarvastu
2008	<i>Chironomidae</i> (32)	<i>Oligochaeta</i> (34,5)	<i>Asellus aquaticus</i> (75)	-
2009	<i>Chironomidae</i> (24)	<i>Chironomidae</i> (31)	<i>Cloeon dipterum</i> (53)	-
2010	<i>Chironomidae</i> (59)	<i>Chironomidae</i> (43)	<i>Cloeon dipterum</i> (91)	<i>Micronecta minutissima</i> (81)
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> (43)	<i>Chironomidae</i> (55)
2013	<i>Chironomidae</i> (57)	<i>Chironomidae</i> (91)	<i>Chironomidae</i> (47)	<i>Micronecta minutissima</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)
2016	<i>Oligochaeta</i> (56)	-	<i>Chironomidae</i> (85)	<i>Micronecta minutissima</i> (51)
2017	<i>Oligochaeta</i> (44)	<i>Oligochaeta</i> (22)	<i>Cloeon dipterum</i> (45)	<i>Micronecta minutissima</i> (46)
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 sulphurea</i> (26)	<i>Caenis luctuosa</i> (86)	<i>Chironomidae</i> (57)	<i>Chironomidae</i> (67)
2021	<i>Chironomidae</i> (28)	<i>Caenis luctuosa</i> (64)	<i>Mystacides</i> sp. (34)	<i>Micronecta minutissima</i> (67)
2022	<i>Chironomidae</i> (60)	<i>Caenis luctuosa</i> (39)	<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)
2024	<i>Chironomidae</i> (51)	<i>Caenis luctuosa</i> (82)	<i>Chironomidae</i> (42)	<i>Micronecta minutissima</i> (90)

Valma proovikohas olid põhjas kivid. Läheduses leitud roostikku. Seisund oli väga hea (tabel 18, joonis 17). Sapi proovikohas olid põhjas peamiselt kivid, läheduses asusid pillirookogumikud. Kõik indeksid peale Shannon'i taksoierisuse (H') näitasid vähemalt head seisundit. See aga tulenes ühe tundliku liigi (*Caenis luctuosa*) tugevast domineerimisest, mistõttu ei peaks sellele erilist tähelepanu pöörama. Kokkuvõttes ikkagi hea seisund. See prooviaala on Võrtsjärves looduslike tingimuste poolest parim. Valdavad läänekaare tuuled hoiavad põhja mudast puhta. Samas ei süvene vesi väga aeglaselt, nii et veetaseme kõikumine ei sega seisundihinnanguid. Arali proovikohas oli järvepõhjas liiv ja roodetriit. Läheduses oli tihe roostik. Kõik indeksid näitasid väga head seisundit. Kokkuvõttes hinnang väga hea. Tarvastu proovikohas oli järvepõhjas peamiselt liivale kogunenud muda. Läheduses kasvas tihe roostik. Sellegipoolest oli kolm seisundiindeksit vähemalt heal tasemel. Ühe liigi (*Micronecta minutissima*) tugeva domineerimise tõttu oli taksonierisus halval tasemel, mis viis ka koguseisundi hinnangu napilt kesiseks. Kokkuvõttes oli selle kvaliteedilemendi alusel Võrsjärve seisund 2024. aastal hea.



Tabel 18. Võrtsjärve seisund litoraali suurselgrootute järgi proovipunktides ja koondhinnang 2024. 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.

Nr	Koht	Põhi	T	H'	ASPT	EPT	MMQ	ÖKS
1	Valma	kivid	19	2,31	5,20	5	19	0,95
2	Sapi	kivid	15	1,23	5,29	6	15	0,75
3	Arali	liiv	22	2,11	5,28	7	20	1
4	Tarvastu	liiv	20	0,56	5,00	6	13	0,65
Hinnang								0,84



Joonis 17. Võrtsjärve litoraali suurselgrootute seisund 2024. a.

2.7. Kalastik

Tulemused

Kõige arvukamaks liigiks Võrtsjärves oli 2024. aastal särg (arvult 45,3% ja kaaluliselt 25,1%). Arvuliselt oli teisel kohal viidikas, kaaluliselt ahven. Särg domineeris arvuliselt seitsmes kohas, viidikas kolmes kohas ja kiisk ühes kohas (tabel 19). Teised liigid olid vähearvukad. Kaaluliselt domineeris viies kohas särg (tabel 20), kolmes kohas koha, kahes kohas ahven ja ühes kohas latikas.

Võrtsjärve seirekohtade NPUE varieerudes vahemikus 28-255 kala ühe võrgu kohta, järve keskmine NPUE oli 118,1 kala võrgu kohta. WPUE seirekohtades varieerudes vahemikus 256,5-8758 g, järve



keskmise WPUE oli 2786 g võrgu kohta. 2024. aastal saadi seirepüükidel kokku 10 liiki kalu: särg, roosärg, latikas, nurg, viidikas, turb, ahven, kiisk, koha ja haug (tabelid 19 ja 20).

Tabel 19. Kalade suhteline arvukus (NPUE, tk) Võrtsjärve seirepüükides 2024. aastal

	Pähks.	Nooni	Sula	Lim	Tondis	Õhne	Tamme	Tamme k	Väluste	Jõesuu	Oiu	Keskmine	%
särg	80	188	58.5	12.5	5.5	59	100	0.5	66.5	13.5	5	53.5	45.3
roosärg	2	0	0.5	0.5	0	2.5	1	0	3.5	0	0	0.9	0.8
latikas	0.5	14.5	8	1.5	1	19	20	11	32	4.5	9.5	11.0	9.4
nurg	4	1	0	1.5	2	6.5	12.5	0.5	2	1		3.1	2.6
viidikas	9	18.5	7	45		25.5	32.5	12.5	30.5	13	39.5	23.3	19.7
turb	0	0	0	0.5	0	0	0	0	0	0	2	0.2	0.2
ahven	51.5	21.5	24.5	4	10	1.5	10	0	4	0	6.5	12.1	10.3
koha	1	5	3	0.5	1	2	2.5	0.5	0.5	1	15.5	3.0	2.5
kiisk	11	6	10.5	21	27.5	19.5	8.5	3	1	0.5	9.5	10.7	9.1
haug	1	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1
NPUE	160	255	112	87	47	136	187	28	140	33.5	87.5	118.1	100.0
Dom liik	särg	särg	särg	viidikas	kiisk	särg	särg	viidikas	särg	särg	viidikas		

Tabel 20. Kalade kaaluline vahekord (WPUE, g) Võrtsjärve seirepüükides 2024. aastal.

	Pähk-saar	Nooni	Sula	Lim	Tondi-saar	Õhne	Tamme	Tamme kesk	Väluste	Jõesuu	Oiu	Keskmine	%
särg	1413	1713	620.8	220	104.5	582	1619.5	12.5	1073.5	243	104	700.4	25.1
roosärg	854.5	0	222	3	0	292	10	0	290.5	0	0	152.0	5.5
latikas	98.5	119	357.3	7	344	257	1211.5	56.5	221.75	22	316	273.6	9.8
nurg	1091	24.25	0	48	53	140	474	5	122	16.5	0	179.4	6.4
viidikas	69.25	161.8	49.5	359	0	220	330.5	104	261.25	178.5	415	195.3	7.0
turb	0	0	0	232	0	0	0	0	0	0	429	60.0	2.2
ahven	4914	491.8	134.3	82	1116	24.5	256	0	101	0	114	657.5	23.6
koha	16	181.3	40.5	760	724	2224	314.5	57	10.5	76	533	448.8	16.1
kiisk	54.45	36.75	41.5	133	203.5	110	56.5	21.5	5	6.5	108	70.6	2.5
haug	248	285.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48.5	1.7
WPUE	8758	3013	1466	1843	2545	3848	4272.5	256.5	2085.5	542.5	2017	2786.1	100.0
Kala keskm kaal	54.7	11.8	13.1	21.2	54.1	28.4	22.8	9.2	14.9	16.2	23.1	23.6	
Dom liik	ahven	särg	särg	koha	ahven	koha	särg	latikas	särg	särg	koha		

Tüsedusindeksi suurus näitab kalade heaolu ja toitumust. Mida suurem tüsedusindeksi väärtus, seda paremini tunneb kala ennast antud keskkonnas. Tüsedusindeksit vähendavad halvad hapnikuolud ja/või toidupuudus. Tüsedusindekseid saab võrrelda omavahel ainult ühe kalaliigi piires. Kalade keskmised tüsedusindeksid olid 2024. aasta analüüside alusel enamasti kõrgemad kui 2018. ja 2021.



aastal (tabel 21). See viitab eelkõige kalade paremale toidubaasile ja/või parematele hapnikuoludele 2024. aastal võrreldes varasemate aastatega.

Tabel 21. Võrtsjärve kalade keskmised түsedusindeksid 2008. - 2024. aasta seirepüükides

aasta	kiisk	ahve n	koha	särg	latikas	Nurg	viidika s	rünt	roosär g
2008	1,6	1,6	1,2	1,6	1,8	2,0	1,0	1,1	2,4
2010	1,7	1,8	1,2	1,8	1,8	2,1	1,1	1,0	2,5
2012	1,7	1,6	1,6	1,7	2,1	2,0	1,3	1,4	2,2
2015	1,6	1,6	1,5	1,8	1,9	2,1	1,0	1,2	2,1
2018	1,7	1,7	1,1	1,7	2,0	1,9	1,1	1,3	2,5
2021	1,9	1,9	1,4	1,9	2,1	2,1	1,2	1,4	2,5
2024	2,1	1,9	1,1	1,9	2,2	2,3	1,0		2,7

Võrtsjärve seisund kalade järgi (põhineb ekspertarvamusel)

2024. a võrgupüügi andmetest arvatud keskmine WPUE näitab kalastiku väga head seisundit (Tabel 22). Meie seire käigus 2024. a. tinti ei saanud, kuid Võrtsjärve töönduskalade seirel siiski saadi teda 2024. a. vähesel arvul (Paul Teesalu andmed), seega on ta järves olemas. Tindi vähesel arvukuse üheks põhjuseks võib olla kliimamuutustega kaasnev veetemperatuuri üldine tõus, sh kuumalainete aegne piiripealselt kõrge veetemperatuur. Ilmselt mõjutab tinti ka see, et soojem vesi ja eutroofsemad tingimused soosivad koha, kes ühtlasi toitub meelsasti tindist. Seega ei saa väita, et peipsi tinti Võrtsjärves üldse ei olnud. Hapnikutundliku tindi esinemine Võrtsjärves näitab vee head kvaliteeti ja järve head seisundit.

Tabel 22. Esialgsed kvaliteediklasside piirid kalade järgi ja Võrtsjärve kvaliteediklass 2024. a.

	v. halb	halb	kesine	hea	v. hea	Võrtsjärv 2024.a.
Keskmine WPUE	>5850	>5850 - 4680	4680 - 3750	3750 - 3000	<3000	2786

Mitmeseksioonsete võrkudega seirepüüke on standardsetes tingimustes Võrtsjärvel tehtud aastatel 2006, 2008, 2010, 2012, 2015, 2018, 2021 ja 2024. Andmete vähesuse tõttu tuleb käesolevas aruandes esitatud indeksi alusel loodud klassipiire siiski pidada esialgseteks ja subjektiivseteks.

Kokkuvõte

Kokku saadi 2024. aastal Võrtsjärve katsepüükidel 10 liiki kalu, mida on vähem kui eelmistel kalaseire aastatel. Keskmiselt saadi ühe seirevõrgu kohta 118,1 kala ja 2786,1 g kala. Kalastiku indikaatorite alusel võib Võrtsjärve seisundit ekspertarvamuse põhjal pidada heaks, kuigi keskmine WPUE näitab isegi väga head seisundit (samas, hinnangu usaldusväärsus on madal). Võrreldes 2018. ja 2021. aastatega on kalade түsedused 2024. aastal enamasti kasvanud, st., kalade elu- ja toitumistingimused



on paranenud. Kuigi peipsi tindi käesoleva seire püükidel ei tabatud, saadi teda vähesel hulgal 2024. a töönduskalade seirel. Seega ei saa väita, et teda Võrtsjärves üldse ei olnud. Hapnikutundliku tindi esinemine Võrtsjärves näitab Võrtsjärve kui elukeskkonna head kvaliteeti ja järve head seisundit.

2.8. Ökoloogilise seisundi hinnang füüsikalis-keemiliste üldtingimuste koondmäärangu ja bioloogiliste kvaliteedielementide seisundihinnangute alusel

Võrtsjärve ökoloogiline seisund oli 2024. aastal hea, hinnang on antud ilma vesikonnaspetsiifiliste saasteainete kvaliteedielemendita (tabel 23). Hea seisundihinnagu andsid järvele füüsikalis-keemilised, fütoplanktoni ja suurselgrootute näitjad, kalastiku järgi hinnati järve eksperthinnagu alusel väga heasse kvaliteediklassi.

Tabel 23. Võrtsjärve kvaliteedinäitajate ja ökoloogilise seisundi hinnangud 2024. aastal (* - hinnang ilma vesikonnaspetsiifiliste saasteainete kvaliteedielemendita).

FÜKE	FÜPLA	FÜBE	SUSE	SPETS	ÖSE*	KESE	KOOND
0,69	0,70	-	0,84	-		-	-

3. Ajalised muutused

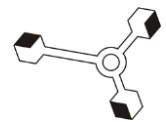
3.1. Füüsikalis-keemilised kvaliteedinäitajad

Joonistel 17-20 on toodud seirejaamade kaupa Võrtsjärve augustikuu pH väärtused, üldfosfori ja üldlämmastiku sisaldused ning vee läbipaistvused aastatel 2009-2024 koos seirejaama analüüsitulemuste aritmeetiliste keskmistega. Aastatel 2017-2018, 2020-2021 ja 2024 augustis toimus seire Võrtsjärve kolmes seirejaamas. Joonistel on toodud seirejaamad järjestusega põhjast lõunasse. Lisatud on seisundiklasside piirid.

2009-2024 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 17). 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. Kolme seirejaama keskmine oli aastatel 2017, 2018, 2020, 2021 ja 2024 heas ökoloogilisse seisundiklassi. Aastal 2023 jäi viie seirejaama (2, 7, 8, 9, 10) keskmine pH väärtus samuti heasse ökoloogilisse seisundiklassi.

Jõgede suudmealade lähedal olevates seirejaamades on viimasel aastatel esinenud üldP ja üldN kontsentratsioonide tõuse (joonised 18 ja 19). Arvestades, et Võrtsjärve puhul on tegu suhteliselt



madala järvega, on see igati ootuspärane. Kõige väiksemad kontsentratsioonide kõikumised esinevad seirejaamas 10.

2009-2024. aastate augustikuu keskmised üldfosfori sisaldused olid Võrtsjärve seirejaamades peamiselt heas ökoloogilises seisundiklassis (seirejaama nr. 7 keskmine on kesise seisundiklassi piiril) (joonis 18). Halba ökoloogilisse seisundiklassi jäi ainult 2010. aasta üldfosfori sisaldus seirejaamas nr. 8 (0,093 mg/l, joonis 18). Võrtsjärve suubuvates Väike-Emajõe Pikasilla lävendis oli 2010. aasta keskmine üldfosfori sisaldus 0,057 mg/l.

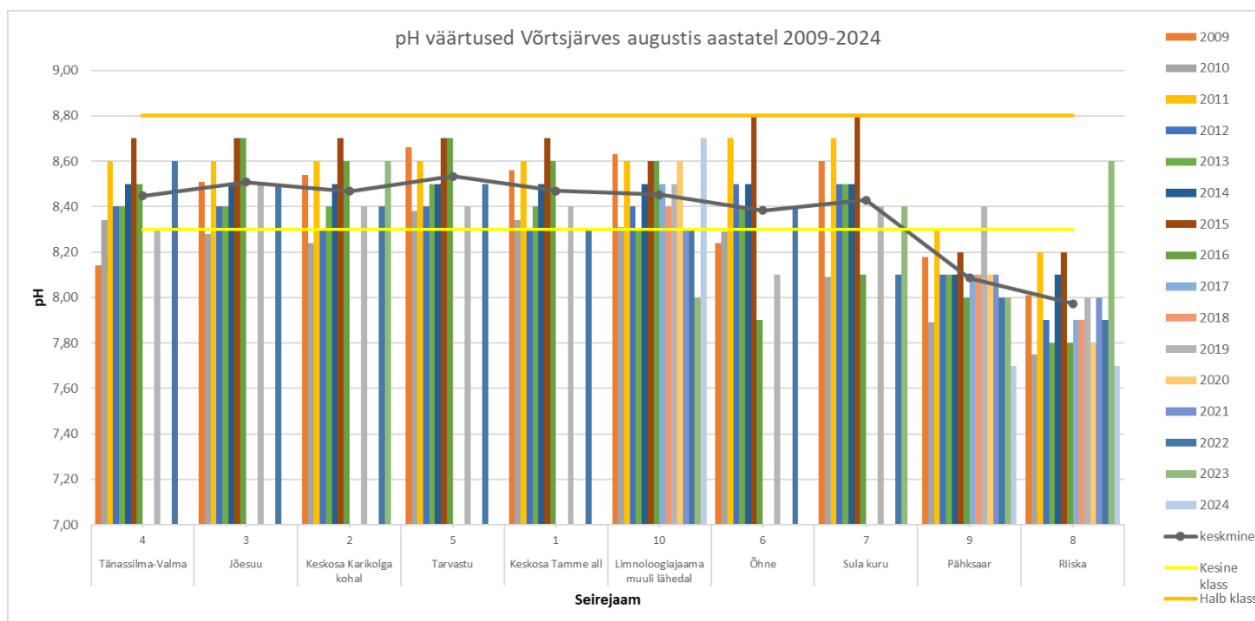
Võrtsjärve kümne seirejaama keskmine üldfosfori sisaldus oli 2013. aastal 0,061 mg/l (kesine ökoloogiline seisundiklass), teistel aastatel vahemikus 0,039-0,055 mg/l (hea ökoloogiline seisundiklass). Kolme seirejaama keskmised üldP sisaldused (2017., 2018., 2020., 2021. ja 2024. aastal) olid heas ökoloogilises seisundiklassis. 2023. aasta viie seirejaama keskmine üldfosfori sisaldus oli heas ökoloogilises seisundiklassis.

Võrtsjärve lõunapoolsete seirejaamade 8 ja 9 2009-2024. aastate üldlämmastiku sisalduste keskmised jäid väga heasse ökoloogilisse seisundiklassi. Ülejäänud seirejaamade üldlämmastiku keskmised sisaldused jäid heasse ökoloogilisse seisundiklassi (joonis 19). Aastal 2016 olid seirejaamades nr. 6 ja 8 kesises klassis 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 19).

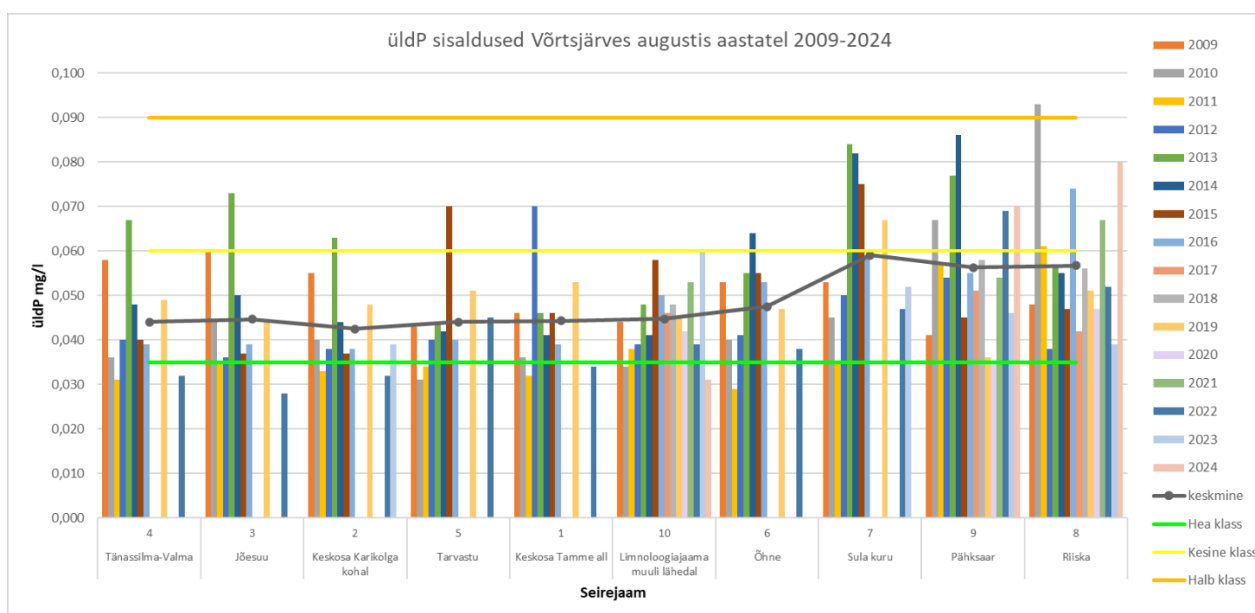
Perioodil 2009-2024 oli Võrtsjärve seirejaamade keskmine üldlämmastiku kontsentratsioon heas ökoloogilises seisundiklassis aastatel 2010, 2012-2013, 2015-2016, 2019, 2022-2024 (2023 viie ja 2024 kolme seirejaama keskmised) ning väga heas ökoloogilises seisundiklassis aastatel 2009, 2011, 2014, 2017, 2018, 2020-2021 (2017, 2018, 2020 ja 2021 kolme seirejaama keskmised).

2009-2024. aastate augustikuu keskmised vee läbipaistvused olid lõunapoolsetes seirejaamades 8 ja 9 väga heas ökoloogilises seisundiklassis, teistes seirejaamades kesises ökoloogilises seisundiklassis (joonis 20). Sel perioodil varieerus Võrtsjärve vee läbipaistvus kümne või kolme seirejaama keskmise järgi kesisest väga hea klassini.

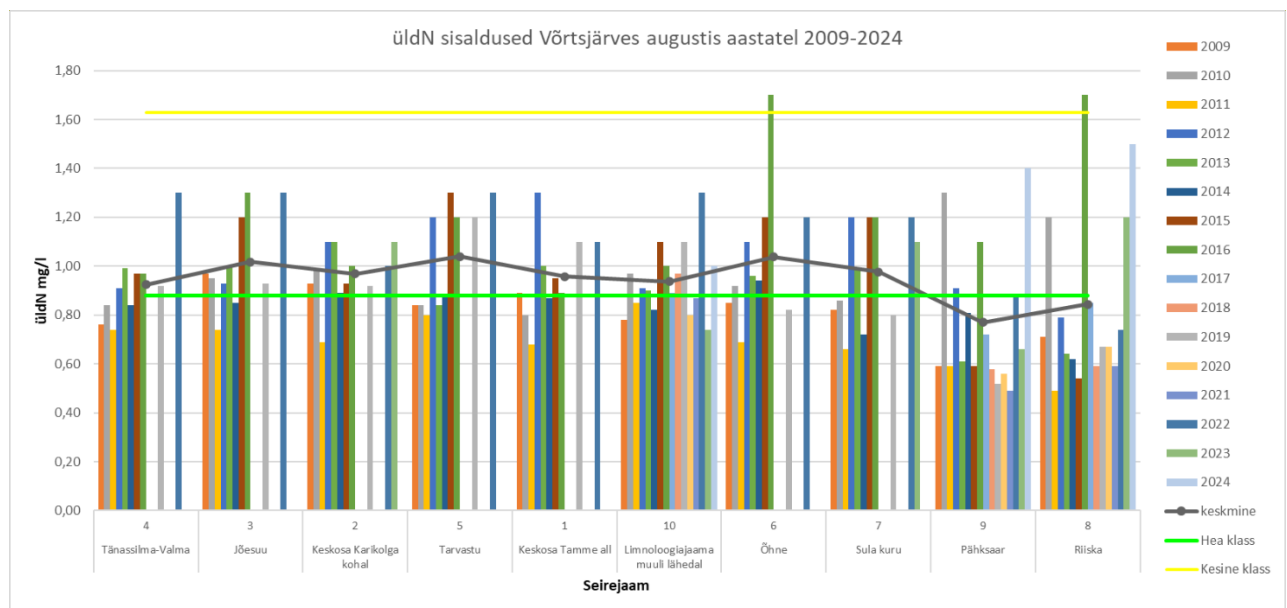
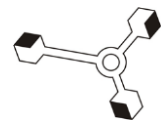
Perioodil 2009-2024 varieerus Võrtsjärve vee läbipaistvuse kolme kuni kümne seirejaama keskmise järgi kesisest väga hea klassini.



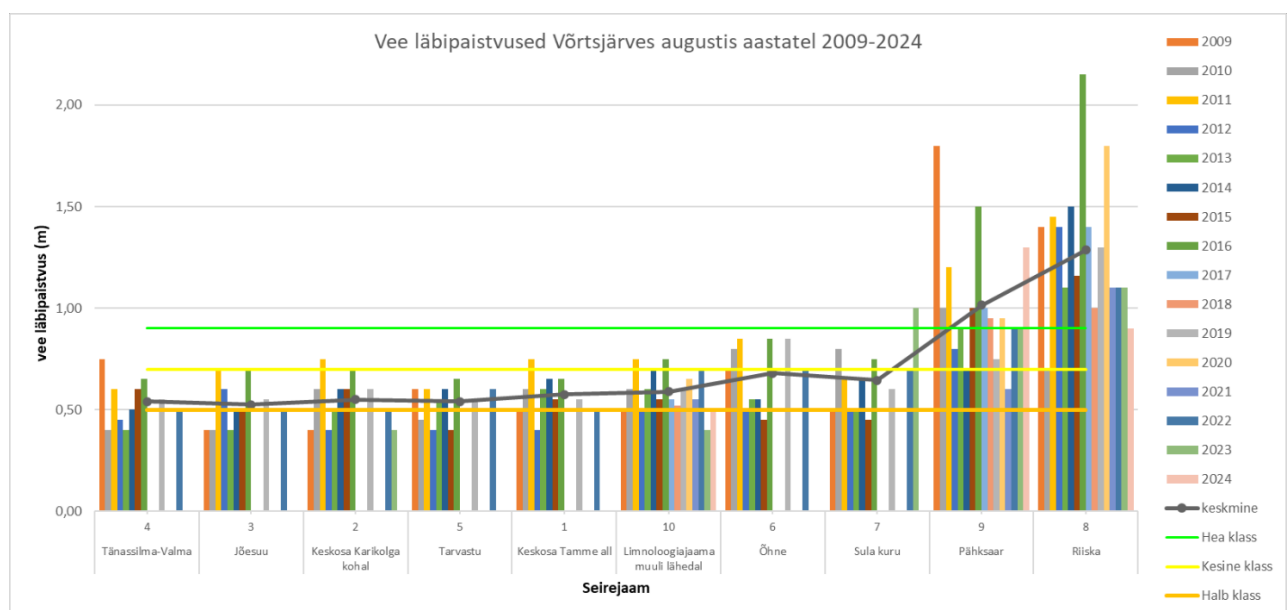
Joonis 17. pH väärtused Võrtsjärves augustis aastatel 2009 – 2024.



Joonis 18. Üldfosfori sisaldused Võrtsjärves augustis aastatel 2009 – 2024.

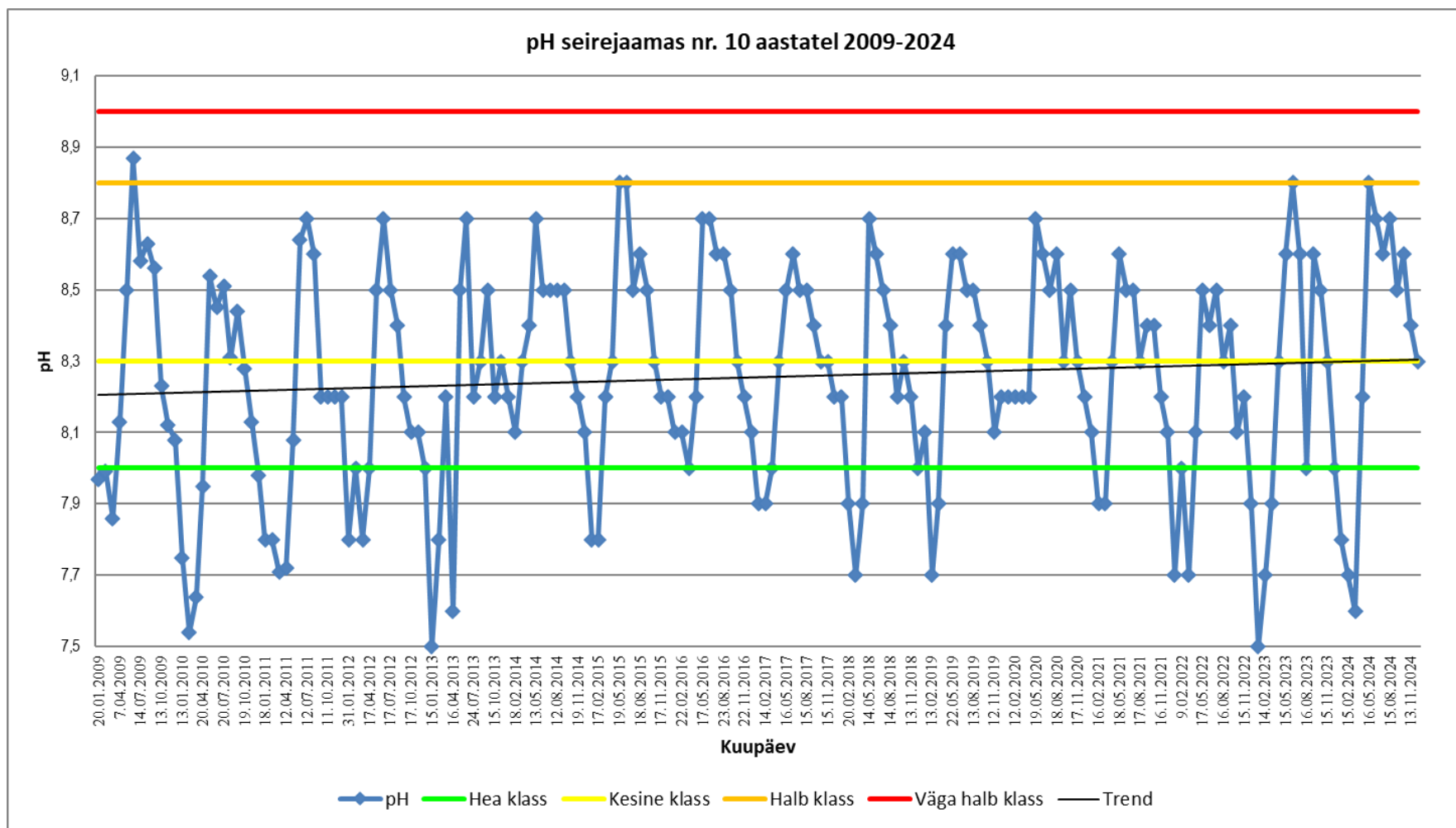


Joonis 19. Üldlämmastiku sisaldused Võrtsjärves augustis aastatel 2009 – 2024.

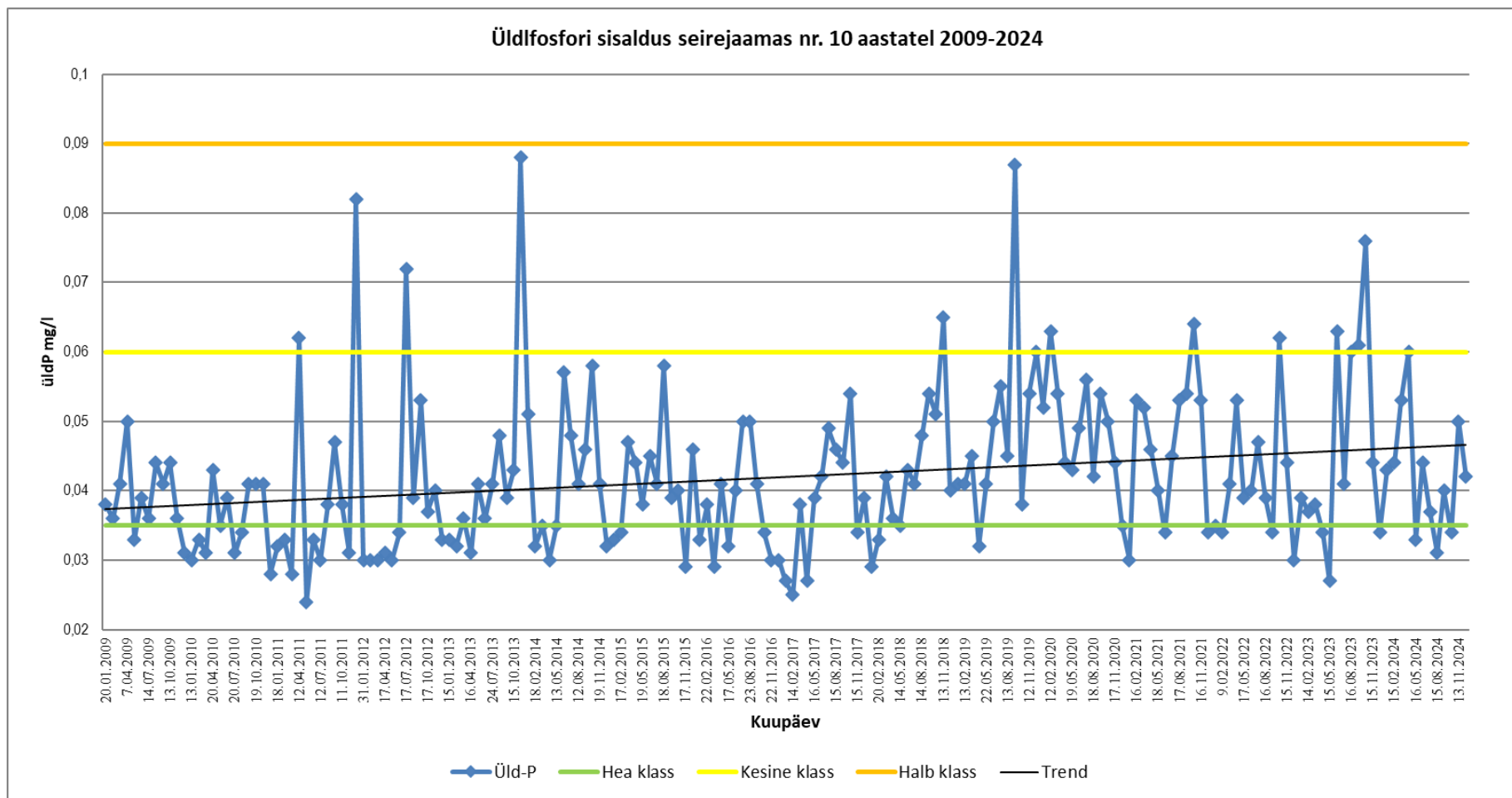


Joonis 20. Vee läbipaistvused Võrtsjärves augustis aastatel 2009 – 2024.

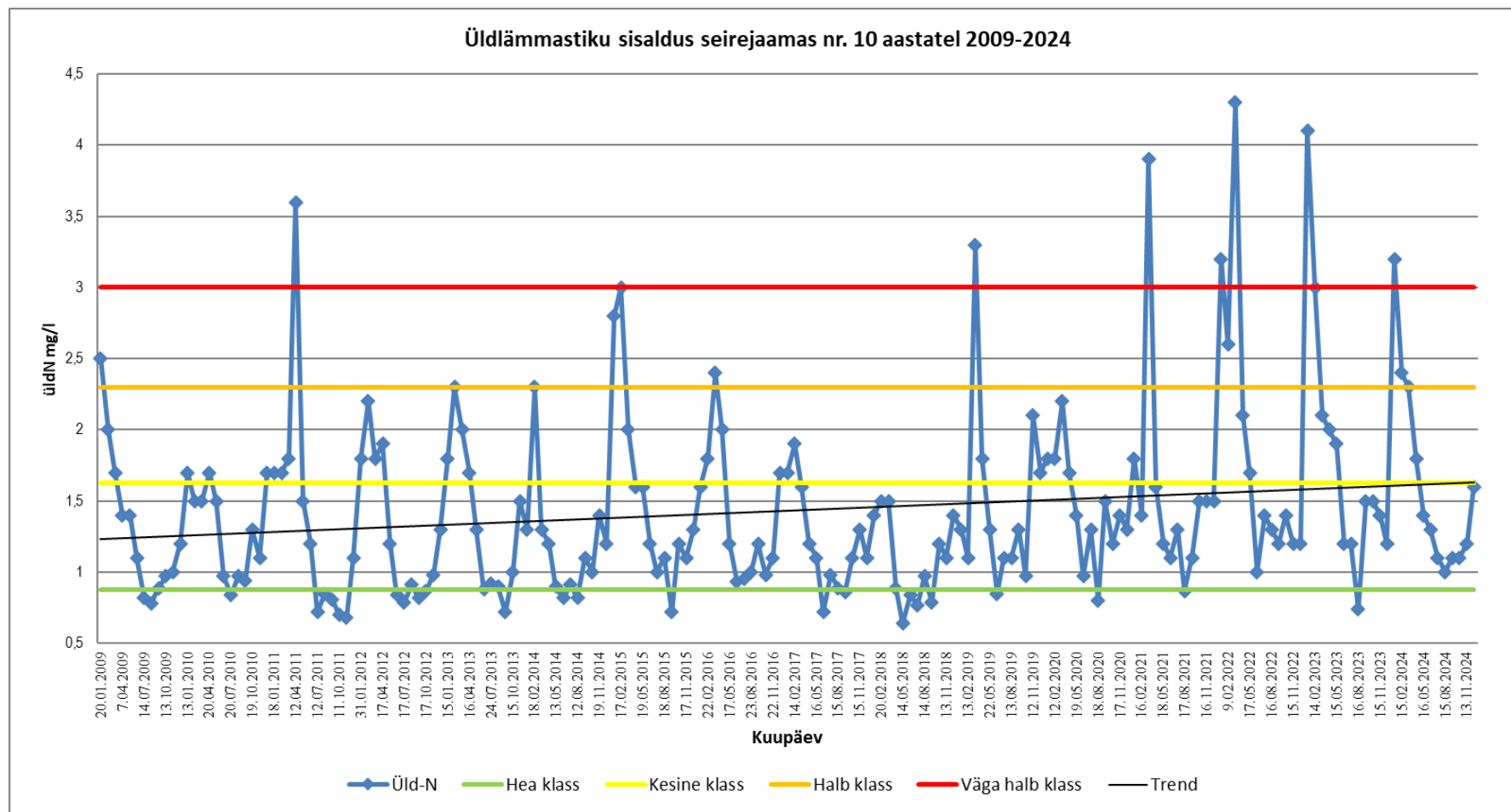
Joonistel 21-24 on toodud Võrtsjärve seirejaama nr. 10 (Limnoloogiajaama muuli lähedal) igakuised pH väärtused, üldfosfori ja üldlämmastiku sisaldused ning vee läbipaistvused Secchi ketta järgi alates 2009. aastast.



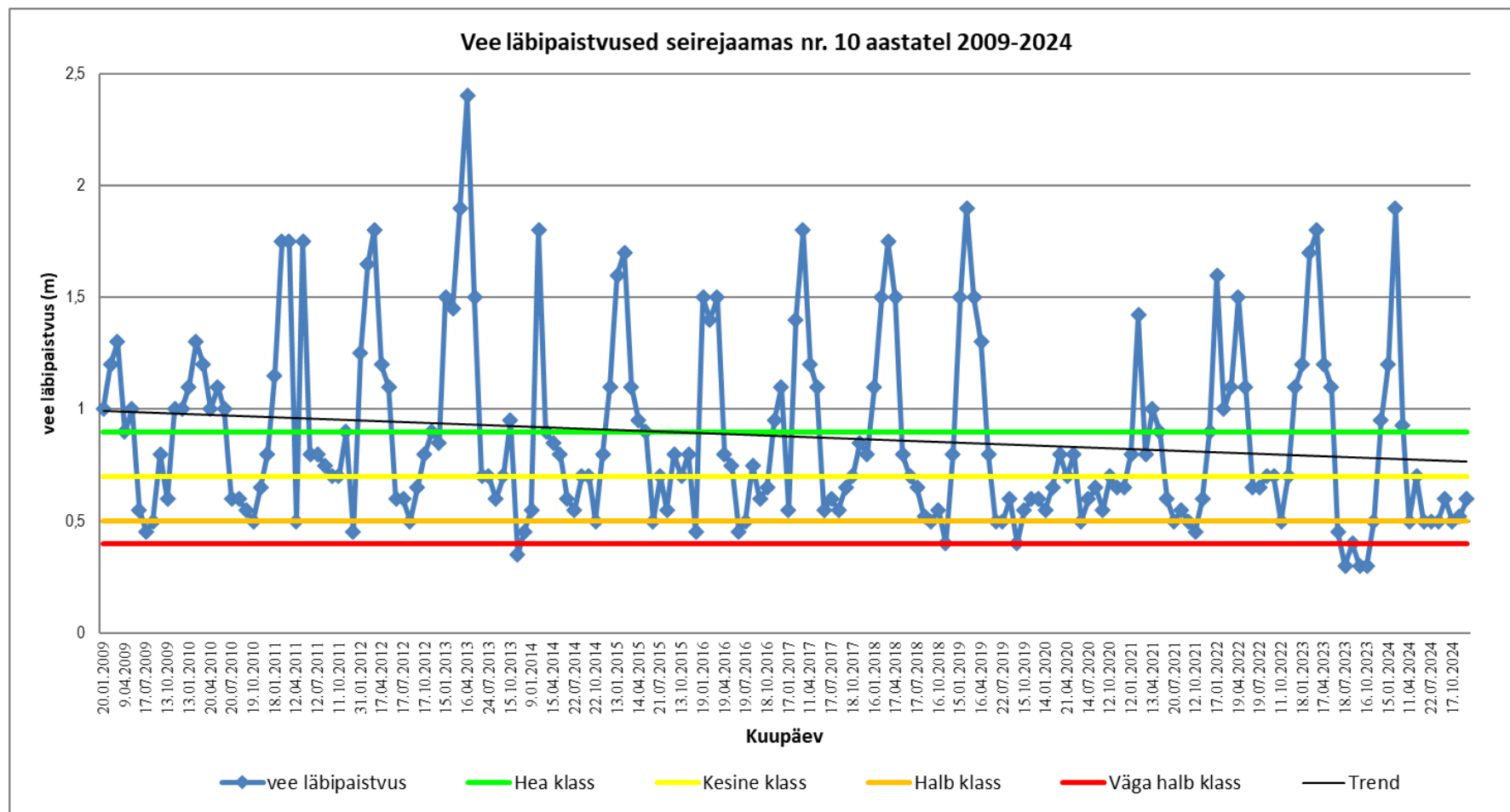
Joonis 21. Igakuised pH väärtused Võrtsjärve seirejaamas nr. 10 aastatel 2009-2024.



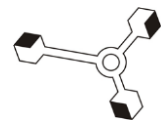
Joonis 22. Üldfosfori igakuised väärtused Võrtsjärve seirejaamas nr. 10 aastatel 2009-2024.



Joonis 23. Üldlämmastiku igakuised väärtused Võrtsjärve seirejaamas nr. 10 aastatel 2009-2024.

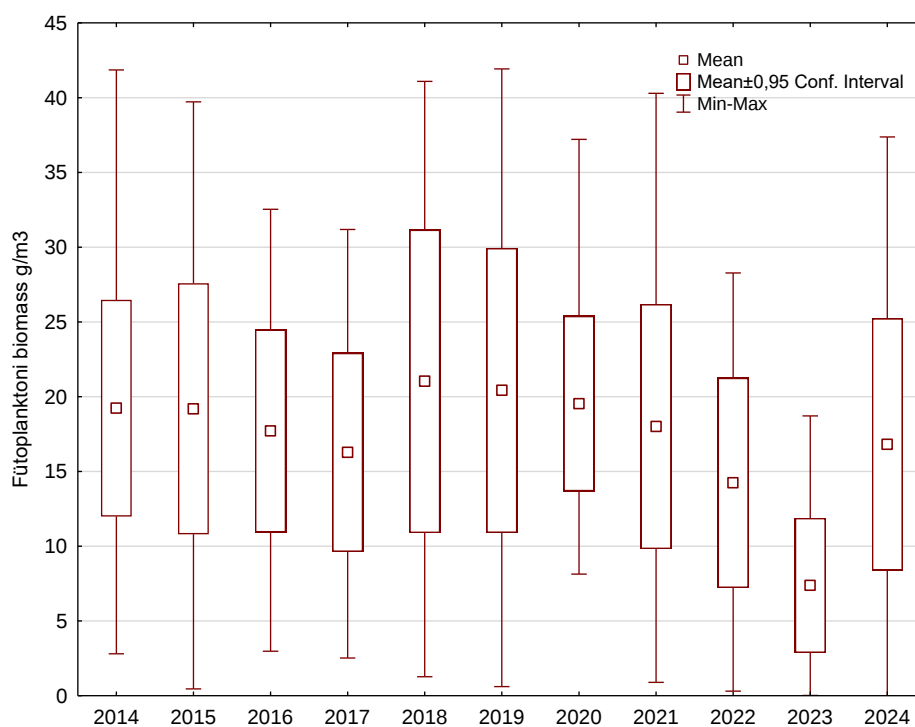


Joonis 24. Vee läbipaistvused Võrtsjärve seirejaamas nr. 10 aastatel 2009-2024.



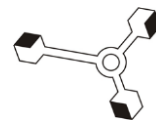
3.2. Fütoplankton

Võrtsjärve fütoplanktoni liigiline koosseis on viimase üheteistkümne aasta jooksul olnud küllalt stabiilne, s.t. suuri muutusi ei ole toimunud. Enamikel kuudel domineerivad väikese läbipaistvusega veekogudele iseloomulikud varjutaluvad niitjad sinivetikad. Ränivetikad kui üldiselt külmaveeline vetikarühm tõuseb Võrtsjärves juhtpositsioonile enamasti märtsis, mõnel aastal veebruaris (2023), aprillis (2021) või mais (2015). On olnud aastaid, mil ränivetikate biomassi kevadine kasv jääb tagasihoidlikumaks ning nende osakaal ei saavutagi juhtivat positsiooni fütoplanktoni koosluses. Tavaliselt langeb parasvöötme veekogudes ränivetikate intensiivsem areng kokku jääminekuga või vahetult sellele järgneva perioodiga. Alljärgnevalt vaadeldakse Võrtsjärve (P.10) fütoplanktoni biomassi muutusi viimase üheteistkümne aasta jooksul (joonis 25). Jooniselt selgub, et biomassi muutused on olnud lainelise iseloomuga: aritmeetilised keskmised olid väikeses languses aastatel 2015-2017, millele järgnes järsk tõus 2018.a., suhteline stabiilsus aastatel 2019-2020, uus langus aastatel 2021-2023 ning järjekordne järsk tõus 2024.a. Pikaajalise tendentsina on leitud fütoplanktoni biomassi ühtlane ja usaldusväärne suurenemine (Nõges, 2021)²⁶.

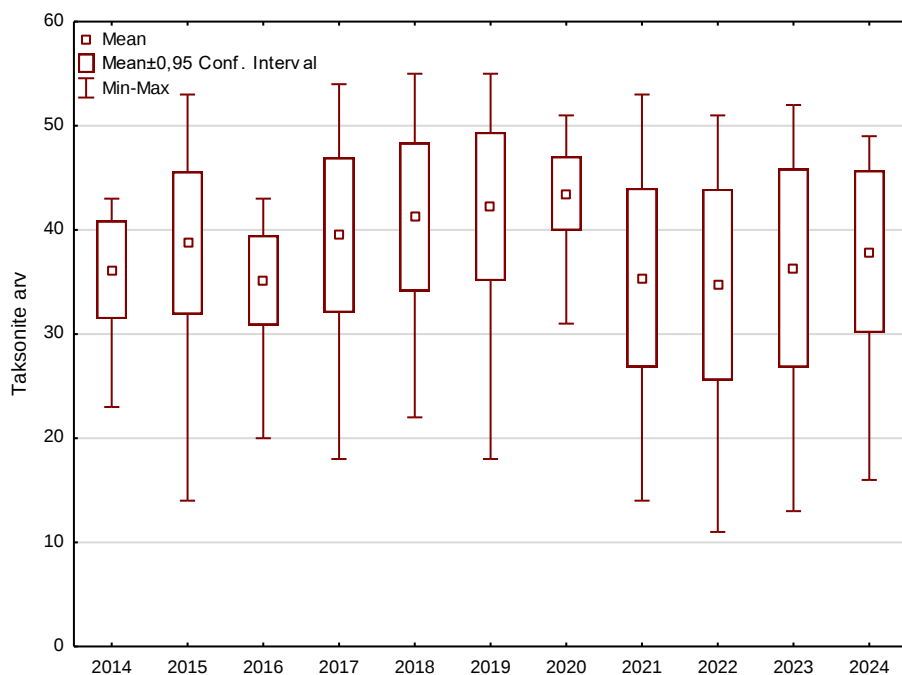


Joonis 25. Fütoplanktoni biomass (g/m³) Võrtsjärves (P. 10) aastatel 2014-2024.

²⁶ Nõges P. (2021). Võrtsjärve ökoloogilise seisundi hindamisel kasutatavate fütoplanktoni näitajate klassipiiride täpsustamine võttes arvesse veetaseme mõju. Aruanne, EMÜ, Tartu.

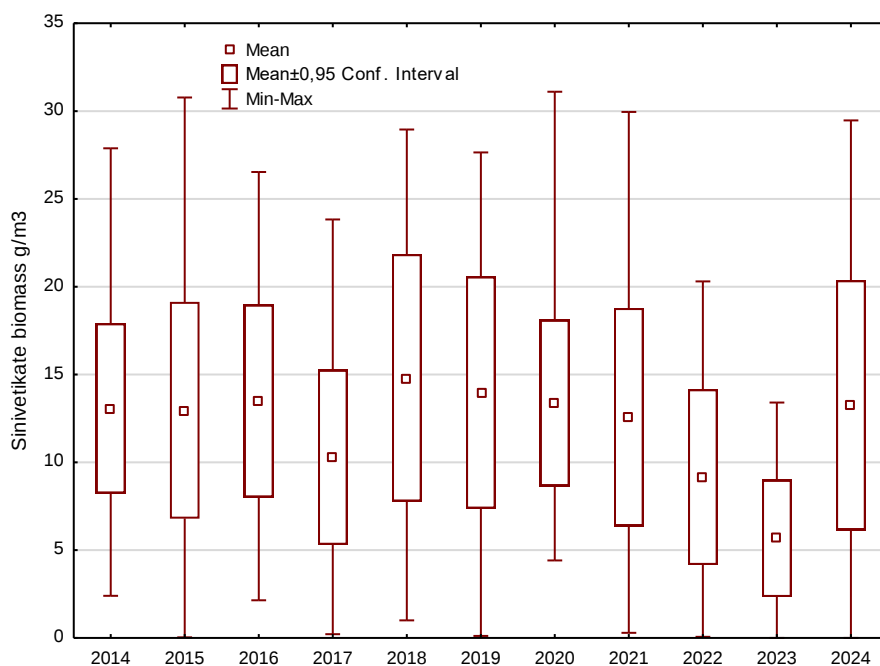


Fütoplanktoni liigirikkuse muutused on olnud samuti väikeste tõusude ja langustega. Taksonite keskmise arvu suurim vähenemine toimus 2021.a. Kolmel viimasel aastal on liigirikkus tasapisi kasvanud (joonis 26).



Joonis 26. Taksonite arv Võrtsjärves (P. 10) aastatel 2014-2024.

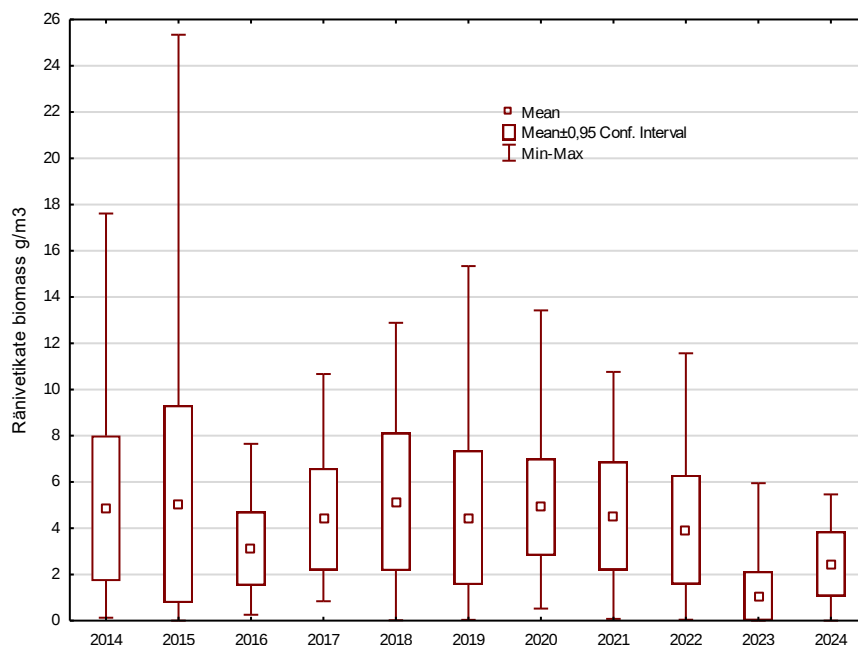
Sinivetikate keskmiste biomasside aastate-vahelised muutused on käinud käsikäes fütoplanktoni biomassi kõikumistega (joonised 27 ja 28).





Joonis 27. Sinivetikate biomass (g/m^3) Võrtsjärves (P. 10) aastatel 2014-2024.

Ränivetikate keskmiste biomasside kõikumised on olnud suhteliselt väikesed. Mõningane langus toimus 2016.a. ja 2023.a., väike tõus taas 2024.a. (joonis 28).

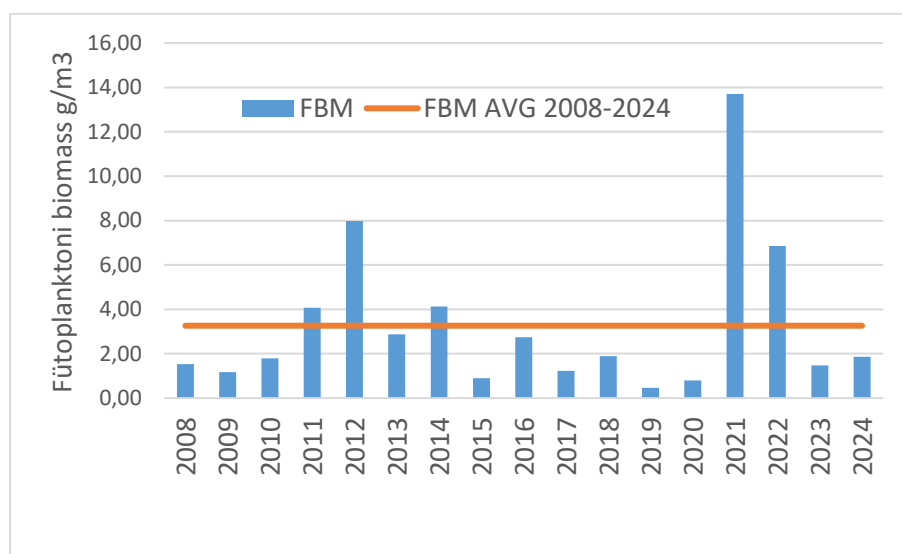


Joonis 28. Ränivetikate biomass (g/m^3) Võrtsjärves (P.10) aastatel 2014-2024.

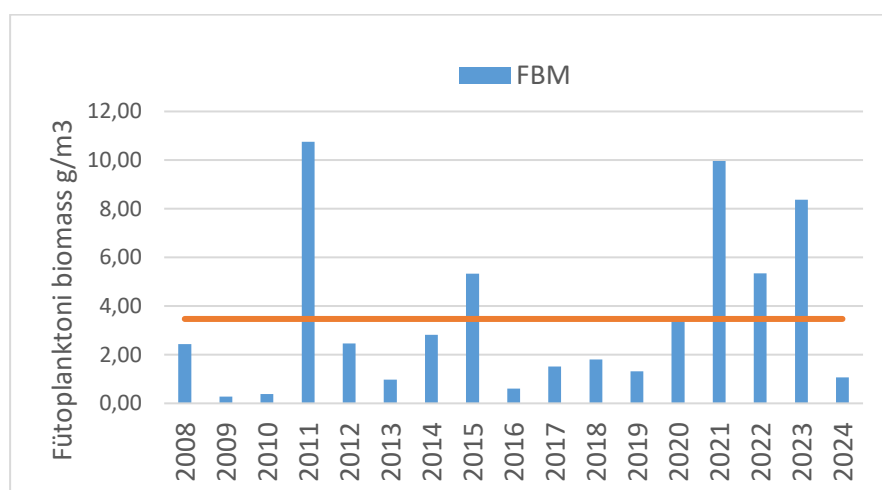
Võrtsjärve lõunaosa suvine fütoplankton erines kardinaalselt ülejäänud järve esindavast seirekohast (P. 10; Limnoloogiakeskus) võetud proovist: mõlemas seirekohas (Pähksaar, P. 9 ja Riiska, P. 8) praktiliselt puudusid Võrtsjärvele omased karakterliigid. Kui üldiselt on Võrtsjärv hästi läbi segunenud, siis järve kitsas lõunaosas vohab veetaimestik, mis takistab veevahetust muude järveosadega. Samuti avaldub selles piirkonnas Võrtsjärve suurima vooluhulgaga sissevoolu, Väikese Emajõe, mõju. Samas esines kahe punkti vahel ka erinevusi: Pähksaare juures oli dominant bentilise ja epifüütse eluviisiga ränivetikas perekonnast *Cocconeis*, subdominant oli sinivetikas *Microcystis aeruginosa*. Lisaks leidis seal suhteliselt palju teisi bentilisi ränivetikaid perekondadest *Amphora*, *Cymatopleura*, *Cymbella* ja *Eunotia* ning silmviburvetikaid perekondadest *Euglena* ja *Phacus*. Fütoplanktoni biomass ($1,9 \text{ g/m}^3$) jäi väiksemaks pikaajalisest keskmisest ($3,3 \text{ g/m}^3$, joonis 29). Sinivetikate osakaal biomassis oli 16%, ränivetikate oma 44%. Taksonite arv oli 35. Riiskal domineeris planktilise eluviisiga ränivetikas *Aulacoseira ambigua*, lisaks leidis seal arvukalt rohevetikaid perekonnast *Chlamydomonas* ja neelvetikaid perekonnast *Plagioselmis*. Fütoplanktoni biomass oli väike ($1,1 \text{ g/m}^3$), jäädes alla pikaajalisele keskmisele ($3,5 \text{ g/m}^3$, joonis 30). Sinivetikate osakaal biomassis oli praktiliselt null, ränivetikate oma 46%. Taksonite arv oli 23. Kui võrrelda kahte viimast aastat, siis 2024.a. oli



fütoplanktoni biomass suurem Pähksaare juures, 2023.a. aga Riiskal²⁷. Võrtsjärve litoraali fütoplanktoni liigilise koosseisu ja biomassi suur varieeruvus aastate lõikes on ootuspärane: mõlema proovipunkti suhteline isoleeritus järve avaosast on kujundanud eripärase ökonišši, kus fütoplanktoni kooslus on rikastunud nii epifüütsete ja bentiliste kui ka vooluvetele iseloomulike vetikaliikidega. Tuulte eest varjatud piirkonnas sõltub koosluse struktuur ühelt poolt muutlikest hüdroloogilistest ja -keemilistest faktoritest, teiselt poolt veesisestest taimedest. Aastate jooksul on domineerinud erinevad vetikarühmad, kuid kõige sagedamini räni- ja neelvetikad. Võrtsjärvele omaseid sinivetikaid on olnud litoraalis võrdlemisi vähe. Vaatamata väga suurele aastate-vahelisele varieeruvusele, on keskmised biomassid peaaegu samad: Pähksaare juures $3,3 \text{ g/m}^3$, Riiskal $3,5 \text{ g/m}^3$ (joonised 29 ja 30).



Joonis 29. Augustikuisse fütoplanktoni biomass (g/m³) Pähksaare juures (P.9) aastatel 2008-2024.



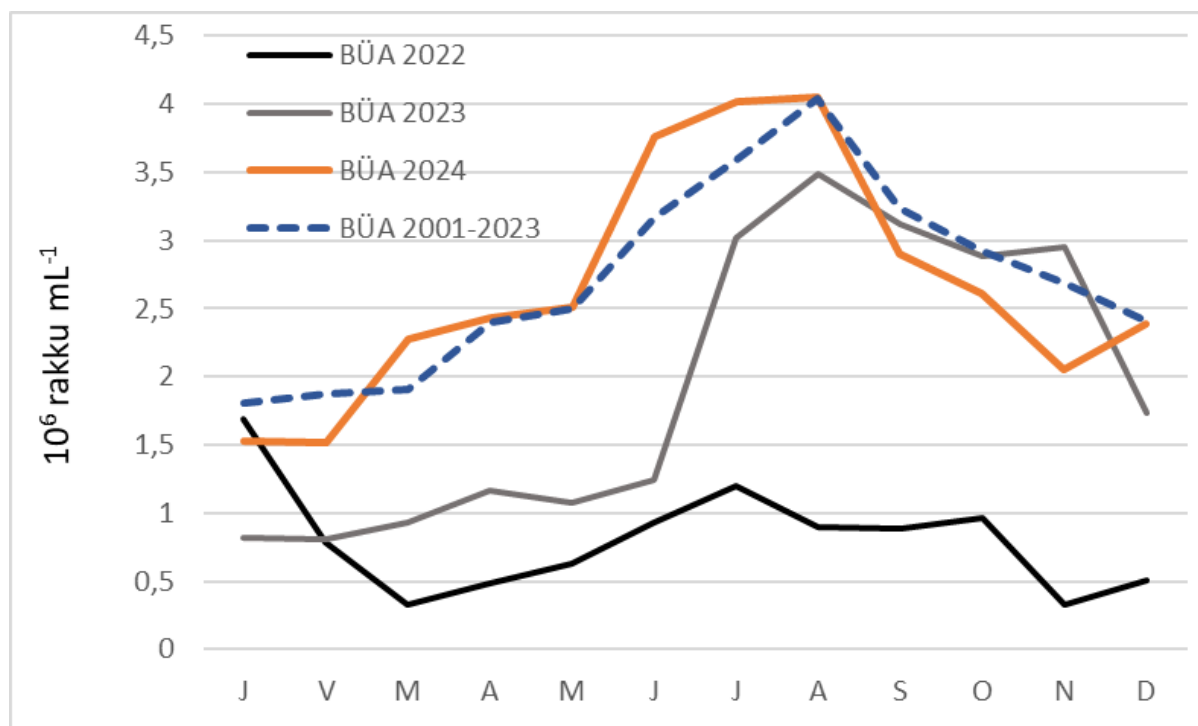
Joonis 30. Augustikuisse fütoplanktoni biomass (g/m³) Riiskal (P.8) aastatel 2008-2024.

²⁷ Võrtsjärve hüdrobioloogiline seire ja uuringud 2023. Lõpparuanne. Eesti Keskkonnauuringute Keskus, Tartu. 2024.



3.3. Bakterplankton

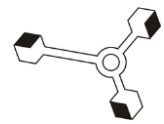
Bakterite üldarv jäi 2024. aastal vahemikku 1,52-4,05 miljonit rakku/ml ning sarnanes üldarvukuse vahemiku poolest 2023. aastale (bakterite üldarv 0,81-3,49 miljonit rakku/ml) ja sesoonse dünaamika poolest nii 2022 kui 2023aastale^{28 29}. Sarnaselt 2023. aasta dünaamikale esines tavapärane kevadtalvine bakterite üldarvukuse miinimum ja suvine üldarvukuse maksimum (joonis 31). Aastal 2022 tavapärane bakterite üldarvu suvine maksimum puudus ning arvukused püsisid juulist oktoobrini äärmiselt madalal tasemel ning jäid vahemikku 0,3-1,7 miljonit rakku/ml. Aastal 2023. bakterite arvukuse langust novembris ei esinenud, jäädes juuli maksimumtaseme lähedale. Sarnaselt 2022. aastale langes bakterite üldarvukus 2024. aastal novembris, millele järgnes väike arvukuse tõus detsembris. Üldjoontes järgis bakterite üldarv pikaajalise keskmise dünaamikat (2001-2023) ehkki esines perioode, mil see ületas pikaajalist keskmist (näiteks mai, juuni, juuli). Üldjoontes on Võrtsjärve bakterite arvukuse puhul täheldatud pikaajalist langustrendi alates 1994. aastast.



Joonis 31. Bakterplanktoni üldarvukuse võrdlus aasta lõikes perioodidel 2001-2023, 2022, 2023 ja 2024 Võrtsjärve 10. seirepunktis.

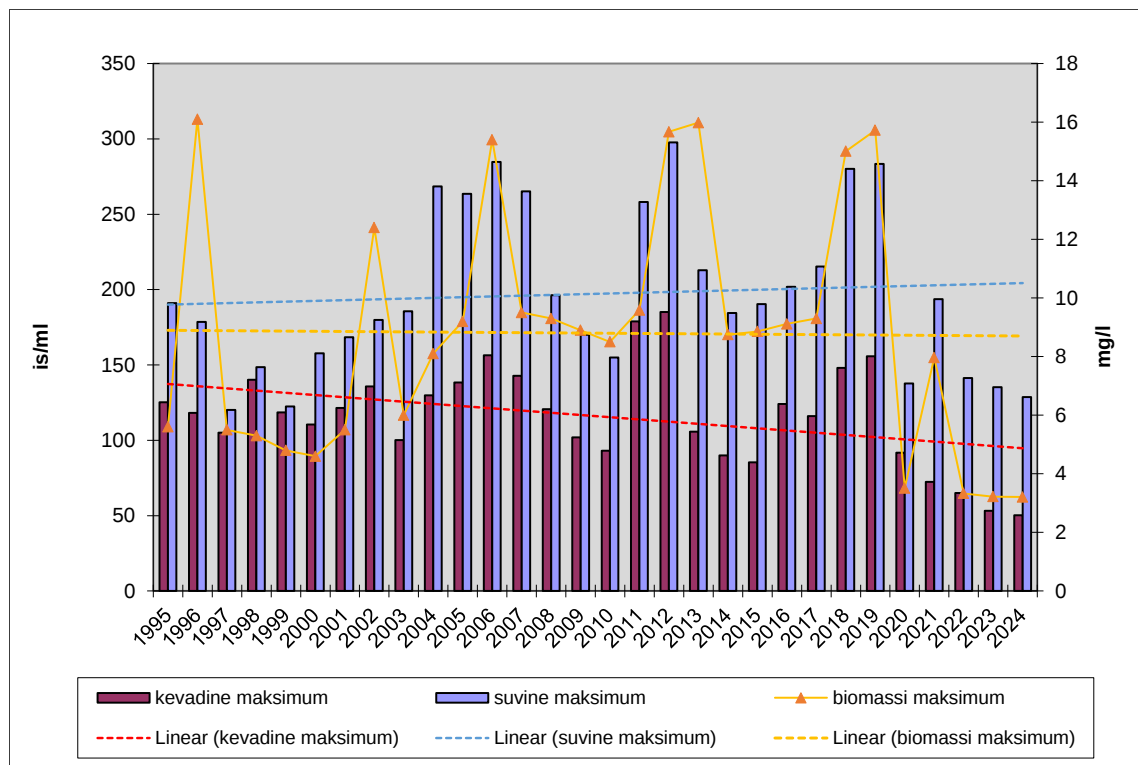
²⁸Võrtsjärve hüdrobioloogiline seire ja uuringud 2022. Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituut. Tartu 2023.

²⁹ Võrtsjärve hüdrobioloogiline seire ja uuringud 2023. Eesti Keskkonnauuringute Keskus. Tartu 2024.



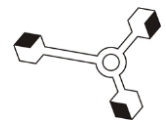
3.4. Protozooplankton

Ripsloomade kevadine arvukus on viimastel aastatel järjepidevalt vähenenud, eelmised arvukusemiinimumid olid vastavalt aastatel 2022 ja 2023 (joonis 32). 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 2024. aastal, et bakteritoidulised taandusid juunis ja asendusid suuremate vetiktoiduliste väheripsmelistega. Kevadist väikest ripsloomade arvukust võis põhjustada kas otsene ärasöömine või toitumiskonkurents hulkrakse metazooplanktoniga. Sarnaselt kevadistega, näitavad ka suvised arvukused viimastel aastatel langustrendi. Võrreldes Võrtsjärve pikaajalise (1995-2023) keskmise arvukuse (68 is./ml) ja biomassiga (2,5 mg/l) oli 2024. aasta keskmine arvukus (52,7 is./ml) ja biomass (1,5 mg/l) selgelt väiksemad.

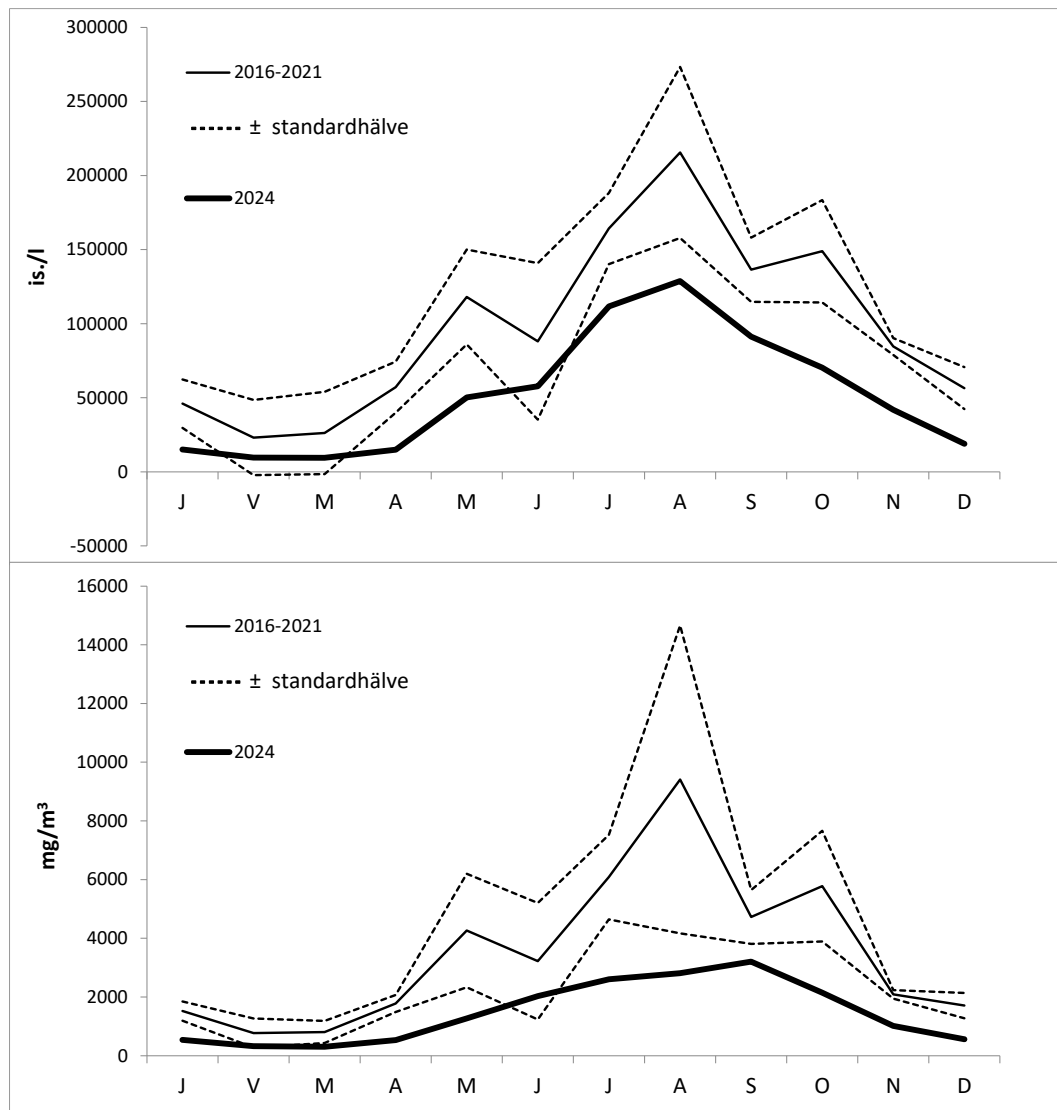


Joonis 32. Ripsloomade arvukuse ja biomassi maksimumid Võrtsjärves aastatel 1995-2024.

Võrreldes aastat 2024 aga eelneva seisundihindamise perioodiga (2016-2021) on erinevused veelgi suuremad (joonis 33). 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 madalamad. Kokkuvõtvalt iseloomustas 2024. aastat ripsloomade tavalisest väiksem 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 väike. Kogu aasta vältel ei esinenud teravaid biomassi piike ja sesoonne dünaamika oli pigem sujuv. Bakteritoidulised liigid olid hästi esindatud peaaegu kogu aasta ning nende 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 (põhjasetestest), mis soodustab nende toidulaua (bakterid) kiiret kasvu. Üldiselt võib väita, et mikroobse lingi osatähtsus püsis Võrtsjärves aastal 2024 endiselt suur, arvestades bakteritoiduliste liikide ohtrust. Ripsloomade dünaamika erinevus üldisest sesoonsest mustrist oli märkimisväärne, kuid samas oli tugev sarnasus eelmise, 2023. aastaga. Kuna kliima edasisel soojenemisel on oodata tormide sagenemist, võib ripsloomade osatähtsus Võrtsjärves suureneda ning sellega seoses kaudselt langeda klassikalise aineringe üldine tõhusus.

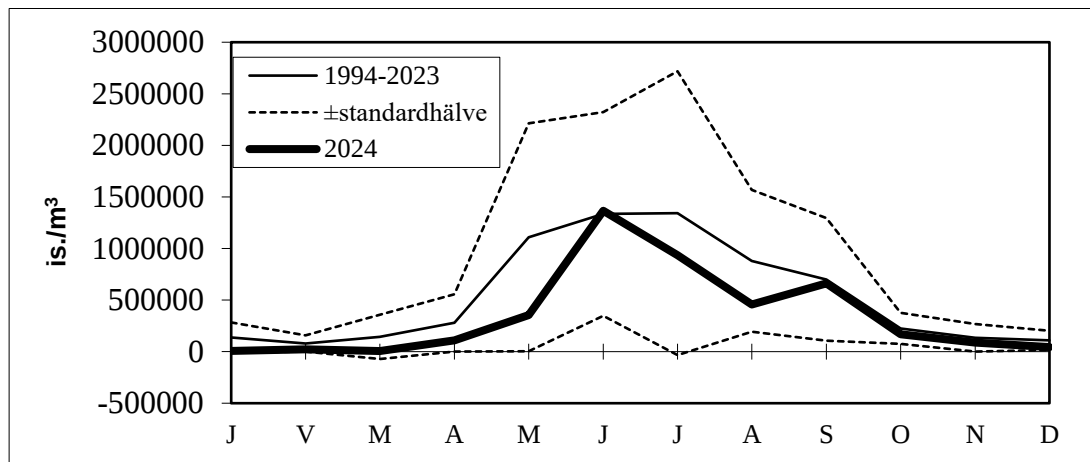


Joonis 33. Ripsloomade arvukus ja biomass Võrtsjärves aastal 2024 võrreldes eelneva seisundihindamise perioodiga (2016-2021).

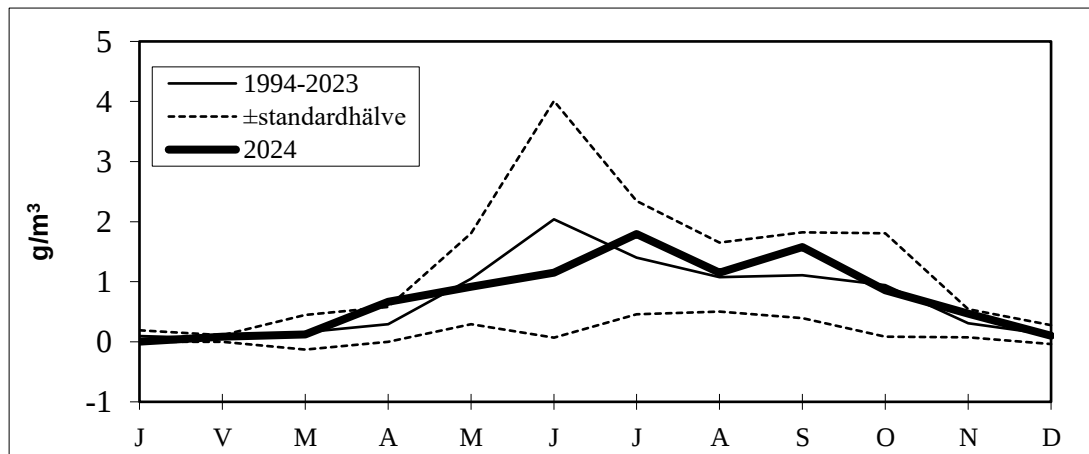


3.5. Metazooplankton

Aastat 2024. iseloomustab, sarnaselt eelnenud aastale, väike metazooplanktoni arvukus võrreldes samal ajal mõõdetud pikaajaliste (1994-2023) keskmiste väärtustega (Joonis 34). Väiksem arvukus oli tingitud vähesest keriloomade esinemisest nii varakevadises faasis kui suviste dominantide, *Anuraeopsis fissa* ja *Keratella tecta* tagasihoidlikumast arvukusest. Biomass jäi pikaajalisest keskmist madalamaks juunis, kuid ületas seda juulist septembrini (joonis 35), mil keskmisest soojem veetemperatuur võis soodustada plankterite arengut.



Joonis 34. Metazooplanktoni arvukus Võrtsjärves 2024. aastal, pikaajaline (1994-2023) keskmine ja standardhälve.

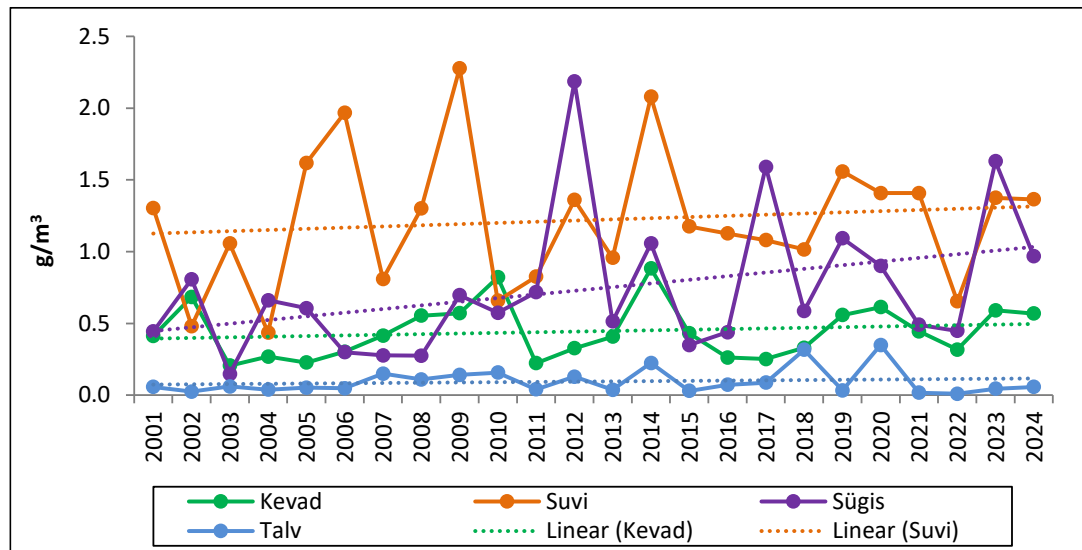


Joonis 35. Metazooplanktoni biomass Võrtsjärves 2024. aastal, pikaajaline (1994-2023) keskmine ja standardhälve.

Suvine ja sügisene metazooplanktoni biomass on Võrtsjärves kerges tõusutrendis (joonis 36). Temperatuur on oluline tegur mõjutamaks metazooplanktoni arvukuse ja biomassi dünaamikat aga ka koosseisu. Keskmise veetemperatuuri tõusu jätkudes, nagu seda on viimastel aastatel Võrtsjärves



täheldatud, võib eeldada vähilaadsete, eeskätt vesikirbuliste biomassi kasvu ning koos sellega jätkuvat metazooplanktoni biomassi tõusu.



Joonis 36. Pikaajalised muutused Võrtsjärve metazooplanktoni biomassis aastatel 2001-2024.

3.6. Suurselgrootud

I. Suurselgrootud ammutiproovidest.

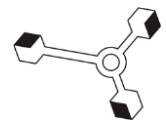
4. Pikaajalised muutused

Muutused Võrtsjärve litoraalis 2006–2024 on ära toodud Lisa 2 joonistel 1 ja 2, profundaalis Lisa 2 joonistel 3 ja 4

Võrtsjärve põhjaloomastiku 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 Mühleni ja Schneideri (1920) uuringutest ja see liik domineerib profundaalis jätkuvalt.

Tavaliselt moodustab *C. plumosus* kuni 90% põhjaloomastiku kogubiomassist, kuid viimastel aastatel on tema oskaal järjekindlalt väiksem olnud, mis võib viidata tugevale kalade toitumissurvele. Aastail 1964–2022 oli hironomiidide osakaal põhjaloomastiku arvukusest 67% ja biomassist 68%. Üldiselt oli 2024. aastal Võrtsjärve põhjaloomastiku arvukus väga väike ning biomass keskmise lähedane võrreldes pikaajaliste andmetega (Tabel 15). Pikaajalised fluktuatsioonid *C. Pumosus*'e arvukuses on Võrtsjärves tavalised (Lisa 2 joonised 5 ja 6). Väheharjasusside arvukus oli väike, kuid biomass pikaajalise keskmise lähedane tänu suurele litoraalis olevale *Tubifex newaensis*'ele (Lisa 2 joonised 1 ja 2).

Alates 1950.-1960. aastatest on järve ökoloogilistes võõrmetes säilinud samad tüüpilised ja domineerivad liigid. Mõningaid 1950. aastatel leitud liike enam Võrtsjärves ei ole leitud, näiteks

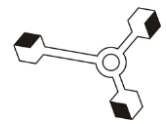


külmalembeline puhtaveeline hironomiidiliik *Corynocera ambigua* oli rohkelt esindatud, kuid nüüd näeb ühte isendit haruharva. Võrtsjärve profundaalis domineerivad surusääsk *C. plumosus* ja väheharjasuss *Potamotrix hammoniensis*, nagu see on tüüpiline madalate eutroofsete järvede mudapõhjale. Herneskarplased (*Pisidiidae*) ja teod (*Gastropoda*), on Võrtsjärvest alates 1960. aastatest taandunud (Lisa 2 joonis 7), kuid viimastel aastatel on neid jälle profundaalis leitud.

Võrtsjärve liigilise koosseisu muutuste jälgimiseks on oluline igal aastal vähemalt korra võtta proove üle järve. 2024. aasta aprillikuu suure ringi proovid olid vaesemad kui varasematel aastatel, ainult punkt 9 näitas iseloomulikku mitmekesisust. Punktis 13 on olnud tavaliselt puhtaveelisust näitavaid liike, kuid 2024. aastal leidis sealt võetud proovides ainult eutrofeerumisega kohanenud liike. Litoraali (sh sublitoraali) liigilise koosseisu vaesumist tuleb jälgida, kuna see võib kiiremini näidata võimalikku inimõju kasvu (Jonasson 1972), näiteks hajureostuse koormuse suurenemist nagu on näidanud uuringud maailmas (McGoff & Sandin 2012) ja Euroopas (McGoff et. al., 2013). Võrtsjärve puhul oleks selliste järelduste tegemiseks siiski vaja suuremat proovisagedust. Viimastel aastatel on *Varia* grupi liikide arvukus punktis 22 olnud järjepidevalt väike. 2024. aastal ei leitud litoraalist endiselt ehimestiivalisi (*Trichoptera*), kes vajavad puhtamat keskkonda. Leiti eutrofeerunud vetele iseloomulikku ühepäevikulist *Caenis horaria* (*Ephemeroptera*), kuid ta oli ainuke esindaja ühepäevikulistest. Herneskarpidest leiti ainult üksik *Pisidium supinum*, kes on puhtama vee indikaatorliik.

Oligoheetide arvukust on kasutatud näitajana järve troofsuse muutumise jälgimiseks, kus oligoheetide hulga vähenemine viitab järvede seisundi paranemisele (Zhang et al. 2019; Lang & Lods-Crozet 1997; Wiederholm 1980, Lisa 2 joonis 9). Võrtsjärve seirekoht 7 (profundaal) näitab pikaajaliste andmete põhjal statistiliselt olulist ($p = 0,002$) oligoheetide arvukuse langust, samas seos on väga nõrk ($R^2 = 0,01$; Lisa 1 joonis 9). Punktis 22 (sublitoraali) on vastavalt $p = 0,01$ ja $R^2 = 0,01$ (Lisa 1 joonis 9). Võrtsjärv on alati olnud eutrofeerunud (alates 1964 a.) ja kogenud suuri muutusi toitelsisuses viimased 60 aastat. Terve uurimisperioodi (alates 1964 a.) analüüsimine võib olla ekslik. Seetõttu täpsem seisundi muutuse analüüs peaks olema pärast tugevat eutrofeerumist 1970-1980ndatel. Analüüsides ainult viimaseid 30 aastat, on seos punktis 7 tugevam ($p < 0,0001$ ja $R^2 = 0,1$), mis võib viidata seisundi paranemisele viimase 30 aasta jooksul. Punktis 22 vastavalt $p < 0,0001$ ja $R^2 = 0,09$.

Hironomiidide osakaalu mõningane suurenemine põhjaloomastikus tuleb peamiselt väheharjasusside osakaalu vähenemise arvelt, mis võib samuti viidata troofsuse vähenemisele (Wiederholm 1980). Seda kirjeldab pikaajaline oligoheetide ja hironomiidide biomassi suhe (Lisa 2 joonis 8), kus kõrgem väärtus näitab viljakamat järve. Lisa 2 joonisel 8 näeme selget oligoheetide/hironomiidide suhte langust, mis võib viidata Võrtsjärve viljakuse vähenemisele ($p < 0,00001$).



Kirjeldatud pikaajalised muutused on kooskõlas järve elustiku üldise seisundi paranemisega viimase 30 aasta jooksul. Mida vähem toiteaineid järves, seda väiksem fütoplanktoni produktsioon ja järve detriit on toiteainevaesem.

5. Kokkuvõte

Üldiselt ei näidanud 2024. aasta suuri muutusi põhjaloomastiku seisundis. Võrreldes pikaajaliste näitajatega oli Võrtsjärve põhjaloomastiku arvukus väga väike ja biomass keskmise lähedane. Järv oli üldiselt liigivaene, kuid loodusliku muutlikkuse piires. Domineerisid pikalt esinenud liigid. Bentose kvaliteedi indeksi (BQI) ja Saetheri hironomiidide eutroofsuse skaala järgi on Võrtsjärv endiselt tugevalt eutrofeerunud ja 2024. aasta ei näita troofsuse muutust. Viimase 30 aasta lõikes näitavad oligoheedid ja nende suhe hironomiididega järve aeglast ja väikest troofsuse paranemist. *Chironomus plumosus*'e väärarengud näitavad nõrka kuni mõõdukat inimõju Võrtsjärvele.

II. Litoraali suurselgrootud kahvaprootidest.

Ajalisi muutusi hinnatakse ajavahemiku 2008-2023 alusel (tabel 24). Valma proovikoha järgi on järve seisundihinnang kõikunud kolme kvaliteediklassi vahel, napilt pooltel kordadel on see olnud väga hea, kuuel korral hea ning kolme ka kesine. Viimase põhjuseks võib pidada tugevast kirdetuulest tingitud mudastumist. Sapi proovikoht on järve seisundiks hinnanud valdavalt väga hea, aastate 2009 ja 2013 kesine seisund võis olla tingitud kõrge veetaseme ja suure lainetuse häirivast mõjust ning 2020. aasta madala tulemise põhjus on jäänud selgusetuks. Nagu mainitud on tegemist Võrtsjärves looduslike tingimuste poolest parima proovialaga. Arali proovikoht oli enne 2012. aastat tihedasse roostikku mattunud ning seisundiklass kõikus halvast heani. Peale roostiku eemaldamist on seisund olnud valdavalt väga hea, mis näitab, et alati ei pruugi mõõdukas inimõju elustikule kahjulik olla. Tarvastu proovikohas on varem sageli olnud väga hea või hea seisund, kuid muda kogunemise tõttu on see viimastel aastatel hakanud halvenema ning jõudnud ka kesisele tasemele. Varasemate paremate seisundihinnaute põhjusena võib jällegi välja tuua positiivset inimõju – mudast puhastatud põhi ujumiskohas. Kokkuvõttes on Võrtsjärve seisund litoraali suurselgrootute järgi enamasti hea või väga hea, välja arvatud mõned hüdro-morfoloogiliselt ebasoodsad aastad (nt. 2020).



Tabel 24. Võrtsjärve litoraali suurselgrootute seisund ökoloogilise kvaliteedisuhte (ÖKS) väärtuse alusel aastatel 2008-2024.

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
2024	0,95	0,75	1	0,65

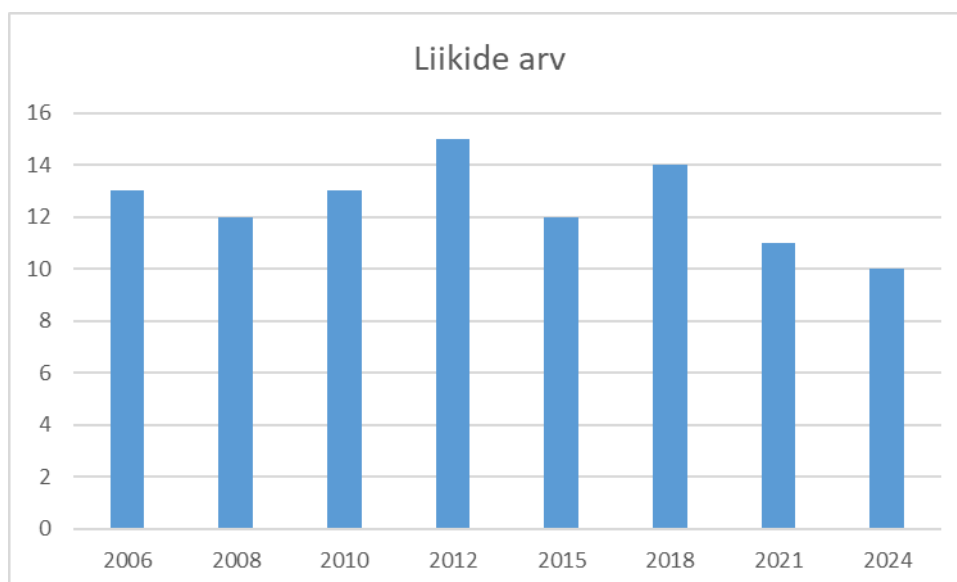
3.7. Kalastik

Võrdlus eelnevate aastatega

Varasematel seireaastatel (2005-2018) domineeris Võrtsjärve erinevates püügipiirkondades enamasti särg. 2008., 2010. ja 2015. aastal saadi suuremad kalade biomassid järve taimestikurikkamas lõunaosas, aga 2012., 2018. ja 2021. aasta püükides sellist seaduspära ei täheldatud. 2024. aasta püükides saadi uuesti suuremad biomassid järve lõunapoolses osas.

2006. aastal, kui järves oli madal veeseis, hoidusid kalad peamiselt järve põhja- ja keskossa ning lõunaosas oli kalu suhteliselt vähe.

Aastal 2006 saadi seirepüükide käigus kokku 13 liiki, 2008. aastal 12 liiki, 2010. aastal 13 liiki, 2012 aastal 15 liiki, 2015. aastal 12 liiki ja 2018. aastal 14 liiki, 2021. aastal 11 liiki ja 2024. aastal 10 liiki kalu (Joonis 37). Aastal 2024 oli keskmine liikide arv seirekohtades 7,4 püügikoha kohta. 2021. aastal oli see 5,8.



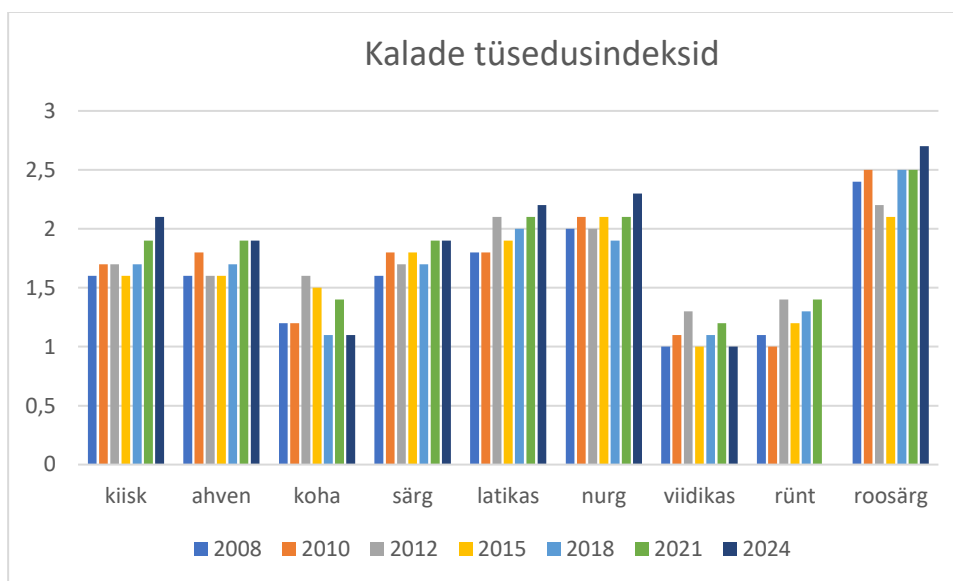
Joonis 37. Kalaliikide koguarv seirepüükides.

Hapnikurežiimi suhtes tundliku tindi arvukus ja biomass olid 2015. aastal kasvanud võrreldes 2005.-2012. aastatega. 2008. a. püükides saadi tinti neljast püügipiirkonnast, 2010. aastal kahest ja 2012. a. kolmest piirkonnast, 2015. aastal juba 10 seirekohast üle kogu järve. 2018. aastal saadi tinti ainult järve põhjaotsast, aga 2021. ning 2024. aastal tinti keskkonnaseire püükidega ei tabatud. Siiski saadi vähesel arvul tinti 2024. a. töönduskalade seirel. Suure tõenäosusega on peipsi tindi vähenemise üks põhjustest see, et Võrtsjärves läheb kohal hästi ja tint on tema eelistatuim toiduobjekt.

Kui 2006. aastal olid põhjaosast püütud kalad keskmiselt raskemad kui lõunaosast püütud, siis 2008., 2010., 2012. ja 2018. aastal kala keskmine kaal lõuna- ja põhjaosa vahel oluliselt ei erinenud. 2015. aasta seirepüükidel ilmnas, et kalad olid järve lõunapoolsetes ja taimestikurikkamates piirkondades keskmiselt raskemad. Samuti olid 2024. aasta püükides kalad keskmiselt raskemad järve lõunaosas.

Aastatel 2006-2010 oli keskmine WPUE vahemikus 3000-4000 g võrgu kohta. 2012. aastal kõikusid võrgusaagid suurtes piirides (WPUE 249-7105) ja keskmiselt saadi 1835 g võrgu kohta. Samas olid püügid siiski suuremad kui 2005. aastal. Kui 2018. aasta WPUE võrgu kohta jäi vahemikku 320-3100 g ja keskmiselt saadi võrgu kohta 1312 g kala, siis 2021. aastal olid need näitajad vastavalt 1328 g võrgu kohta (209-2377) ning 2024. aastal 2786,1 g (256,5-8758g).

Kalade tüsedused kõikusid piirkonniti, kuid järve keskmised väärtused olid enamasti veidi suuremad kui 2021. aastal (tabel 21, Joonis 38). Kõige arvukamate liikide, särje ja ahvena, tüsedus oli 2010. aastal võrreldes 2008. aastaga natuke kasvanud, aga 2012. aastal uuesti vähenenud. 2015. aastal oli kalade tüsedus võrreldes 2012. aastaga natuke langenud, mis viitab sellele, et elu- ja toitumistingimused olid 2015. aastal veidi ebasoodsamad kui 2012. aastal. 2018. aastal oli koha tüsedus võrreldes varasemate aastatega vähenenud, aga tindi oma kasvanud. 2021. ja 2024. a. andmete alusel olid enamiku kalaliikide tüsedused võrreldes varasemate aastatega kasvanud.



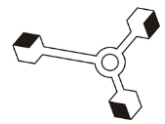
Joonis 38. Kalade түsedusindeksid. Түsedusindekseid saab võrrelda omavahel ainult ühe kalaliigi piires.

3.8. Ökoloogiline seisundiklass

Võrtsjärve ökoloogiline seisundiklass on ajavahemikul 2013-2024 a. kõikunud kahe seisundiklassi piires (tabel 25). Kesises seisundiklassis on järv olnud ajavahemikul 2013-2014 ja 2018-2020 ning heas seisunduklassis ajavahemikul 2015-2017 ja 2021-2024. Kesise seisundiklassi põhjused on valdavalt füüsikalise-keemiliste ja fütoplanktoni kvaliteedielementide kesise seisundi tõttu. Aastatel 2016, 2019 ja 2023 oli võimalik hinnata ka veekogumi koondhinnangut, mis oli halb halva keemilise seisundi tõttu.

Tabel 25. Võrtsjärve ökoloogilise seisundi kvaliteedielementide hinnangud ja seisundi koondhinnang aastatel 2013-2024 (*osaline hinnang).

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
FÜKE												
FÜPLA												
FÜBE						-	-		-	-		-
SUSE												
SPETS	-	-	-		-	-		-	-	-		-
ÖSE												
KESE	-	-	-	*	-	-		-	-	-		-
KOOND	-	-	-	*	-	-		-	-	-		-



4. Kokkuvõte

Füüsikalis-keemiliste näitajate keskmiste järgi olid 2024. aastal pH ja vee läbipaistvus kesises ning üldlämmastik ja üldfosfor heas ökoloogilises seisundiklassis ning koondmäärang oli heas klassis. Fütoplanktonit iseloomustas 2024. aastal pikk ja efektiivne kasvuperiood aprillist detsembrini. Keskmine biomass oli lähedane viimase üheteistkümne (2014-2024) aasta keskmisele, samuti langes taksonite arv kokku viimase üheteistkümne aasta keskmisega. Fütoplanktoni ja sinivetikate biomassi muutused on olnud lainelise iseloomuga, kõige hiljutisema langusega 2021-2023, mis pöördus tõusule 2024.a. Fütoplanktoni näitajate järgi oli Võrtsjärve seisund klorofüll (chl *a*) andmete alusel hea, ränivetikate alusel väga hea. Litoraali suurselgrootute järgi oli Võrtsjärve seisund proovipunktides hea või väga hea, vaid ühes kesine, kõigi punktide keskmisena oli seisundihinnang hea. Võrtsjärv kuulus 2024. määruses nr. 19 toodud kvaliteedielementide alusel heasse ökoloogilisse seisundiklassi.



Lisad

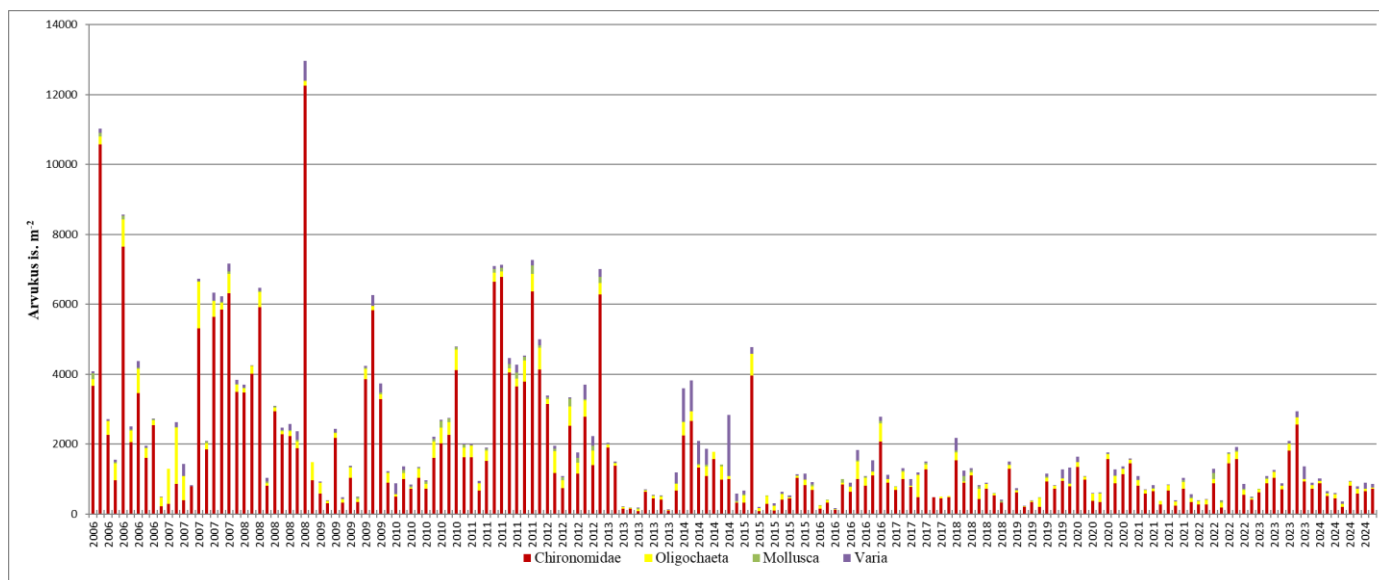
Lisa 1. Määratavate näitajate katsemeetodid, mõõteprintsiihid ja kasutatud vahendid

Füüsikalis-keemilised näitajad.

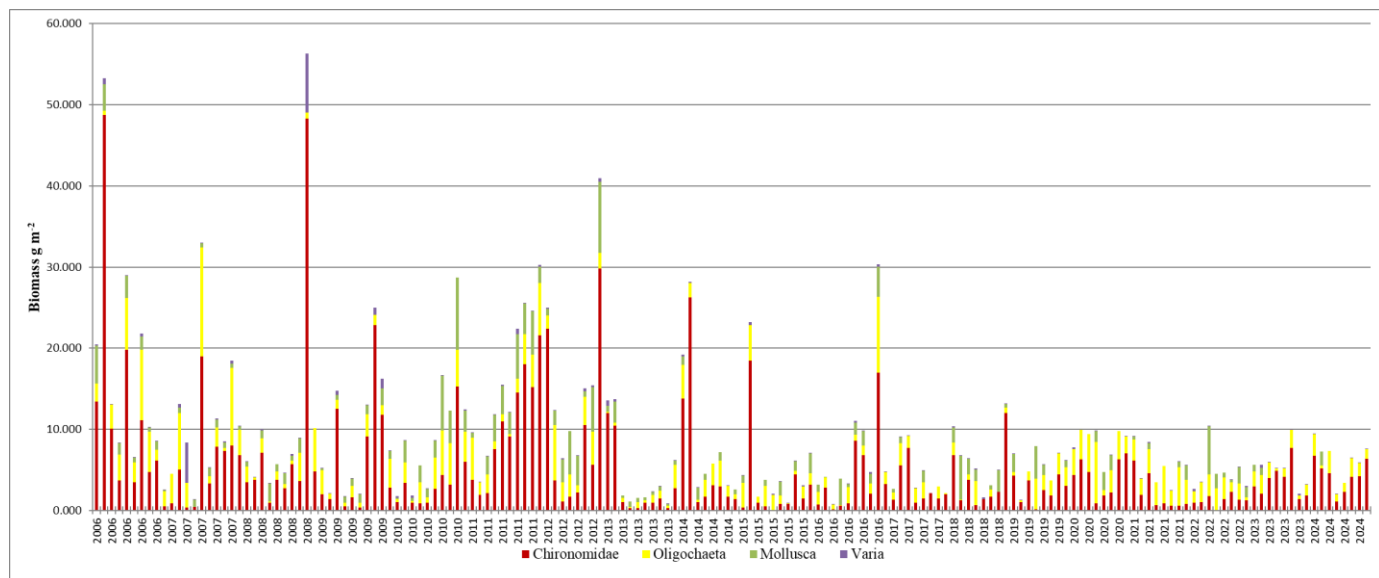
Määratav näitaja	Katsemeetod	Mõõteprintsiip	Vahendid
Temperatuur	EVS-EN ISO 5667-4	elektrokeemia	Kombineeritud mõõtevahend HandyLab680, SI Analytics GmbH, 2015
Hõljuvaine	EVS-EN 872	gravimeetria	
pH	ISO 10523	elektrokeemia	Kombineeritud mõõtevahend HandyLab 680, SI Analytics GmbH, 2015
Lahustunud hapnik	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, 2021
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



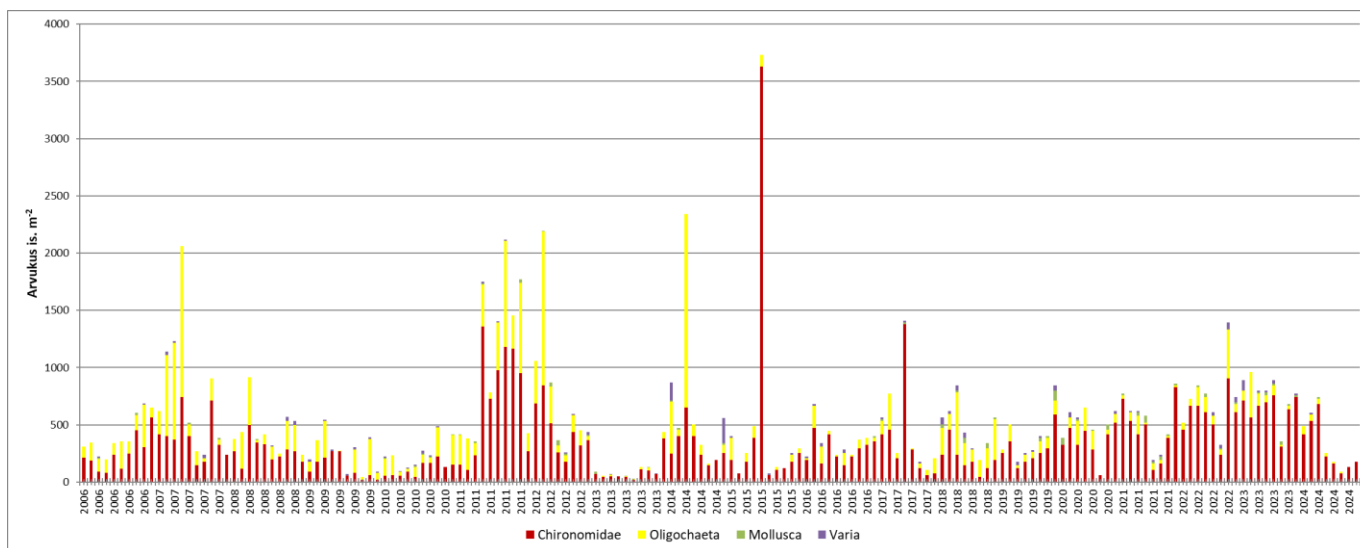
Lisa 2. Suurselgrootud



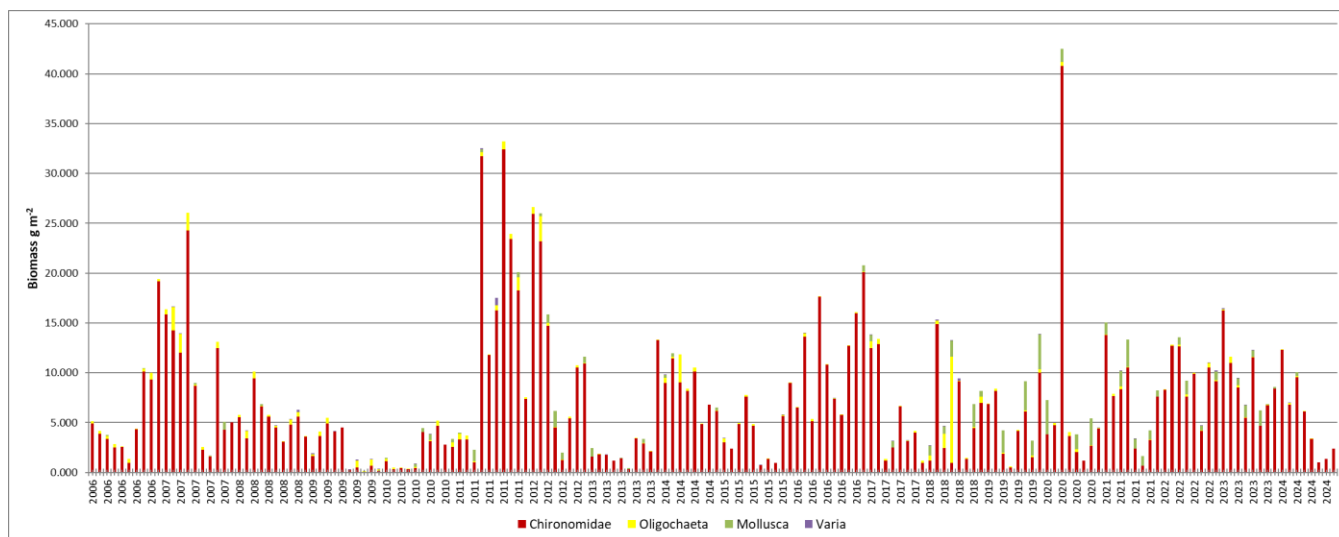
Joonis 1. Põhjaloode arvukuse sesoonsed muutused Võrtsjärve litoraalis (punkt 22) aastatel 2006–2024.



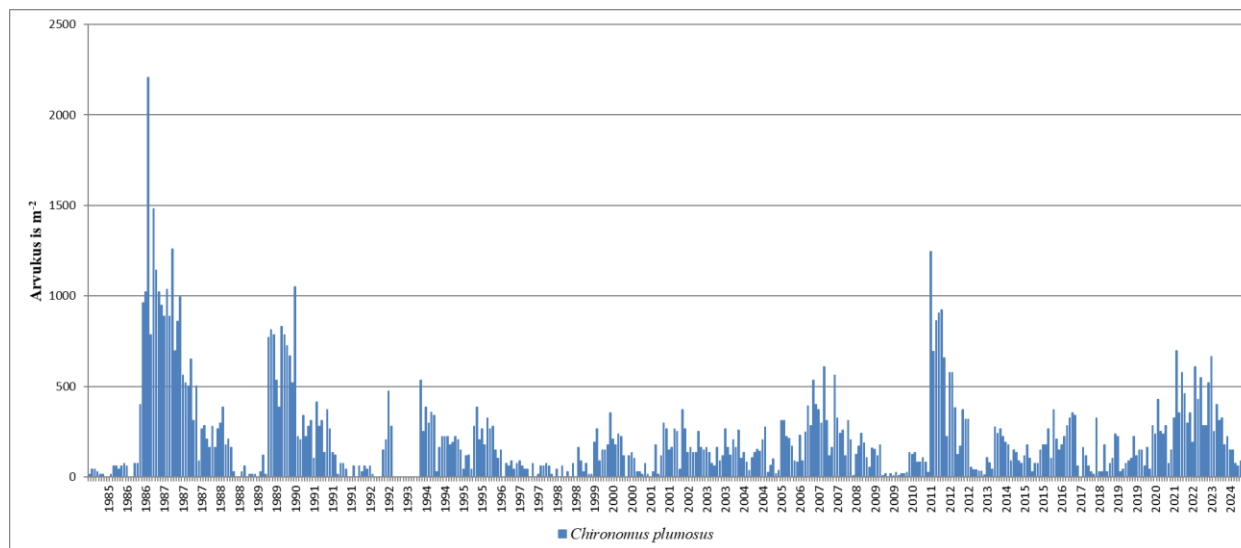
Joonis 2. Põhjaloode biomassi sesoonsed muutused Võrtsjärve litoraalis (punkt 22) aastatel 2006–2024.



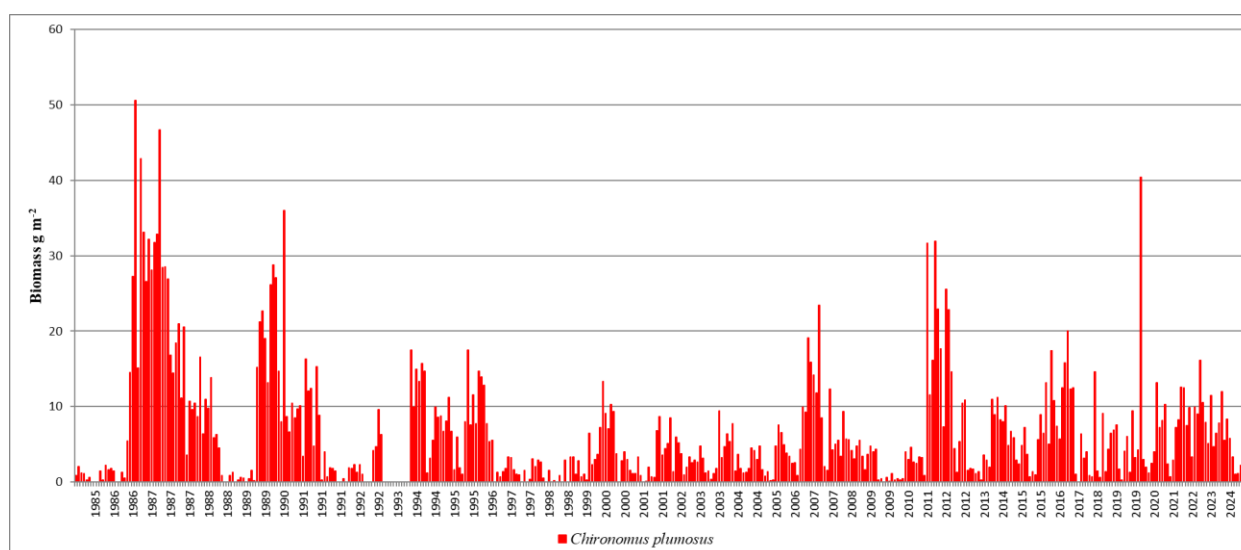
Joonis 3. Põhjaloormade arvukuse sesoonsed muutused Võrtsjärve profundaalis (punkt 7) aastatel 2006–2024.



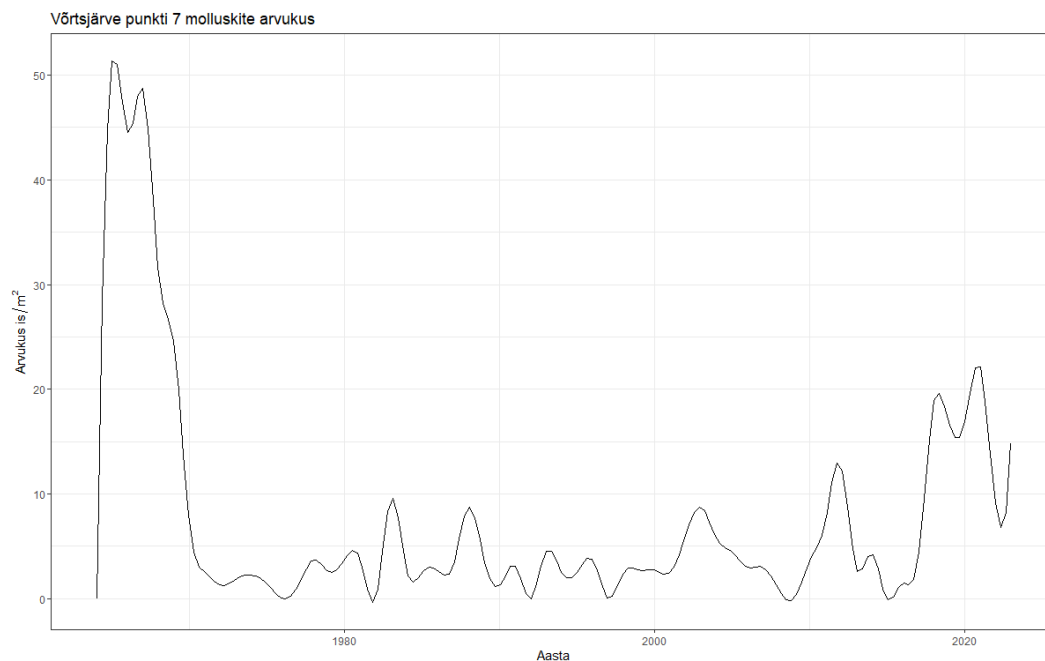
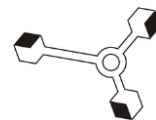
Joonis 4. Põhjaloormade biomassi sesoonsed muutused Võrtsjärve profundaalis (punkt 7) aastatel 2006–2024.



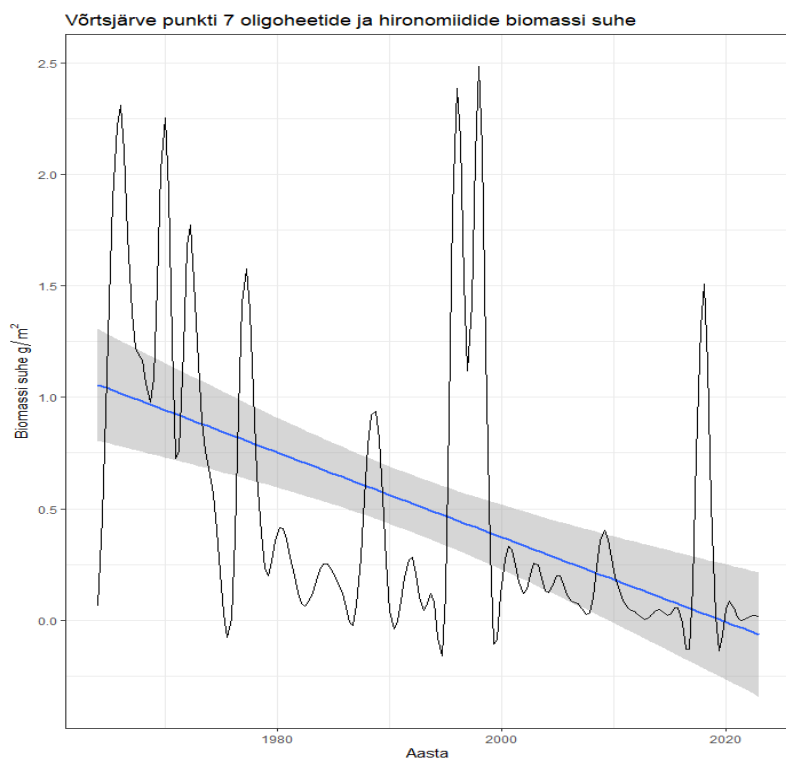
Joonis 5. *Chironomus plumosus*’e arvukuse pikaajalised kõikumised Võrtsjärve profundaalis (punkt 7) aastatel 1985–2024. Aasta 1993 andmed ei kajasta *C. plumosus*’t.



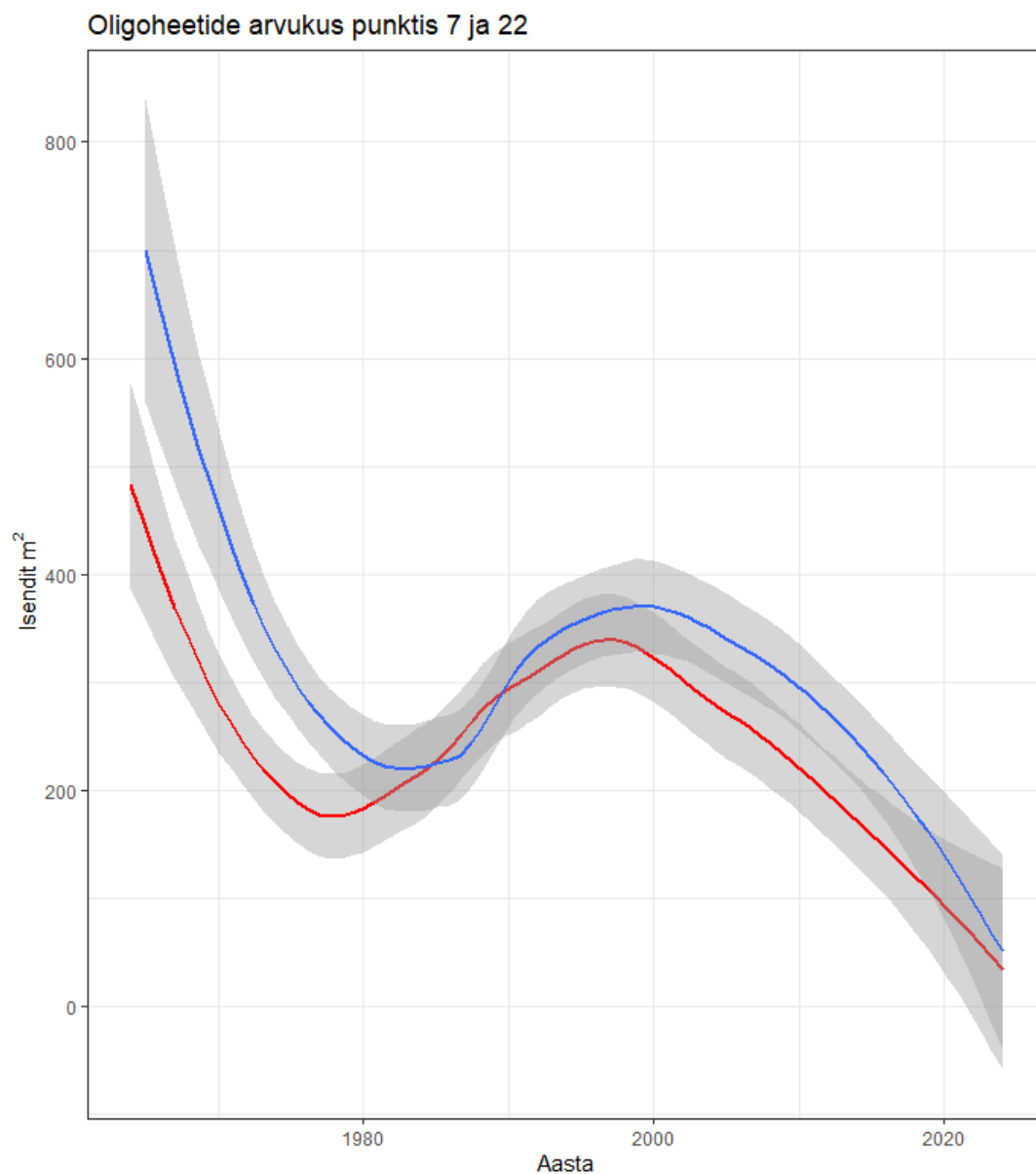
Joonis 6. *Chironomus plumosus*’e biomassi pikaajalised kõikumised Võrtsjärve profundaalis (punkt 7) aastatel 1985–2024. Aasta 1993 andmed ei kajasta *C. plumosus*’t.



Joonis 7. Väikeste limuste arvukus perioodil 1964–2023 Võrtsjärve seirepunktis 7. Pärast 60ndaid limused taandusid profundaalist, tõenäoliselt eutrofeerumise tõttu. Väikeste limuste esinenemine profundalis hilisematel aastatel võib viidata järve seisundi paranemisele.



Joonis 8. Pikaajaline oligoheetide ja hironomiidide biomassi suhe. Joonise loetavuseks on seda silutud, suhe tegelikult negatiivseks ei lähe.

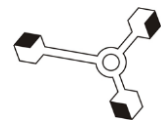


Joonis 9. Oligoheetide arvukus punktis 7 (punane) ja punktis 22 (sinine) aastatel 1964-2024 koos 95% usaldusintervalliga. Viimased 30 aastat on oligoheetide arvukuse langus statistiliselt oluline (p -väärtus $<0,0001$ ja $R^2 = 0,1$ punktis 7 ning $R^2 = 0,09$ punktis 22).

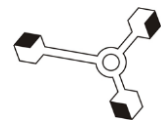
2024. a. Võrtsjärvest leitud põhjaloomade liigid

**Tabel 3.** Võrtsjärvest leitud põhjaloomade liigid aastatel 2014–2024.

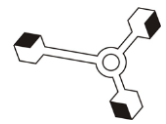
<i>Diptera: Chironomidae</i>	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
<i>Ablabesmyia phatta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Camptochironomus tentans</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chironomus commutatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>C. luridus, pseudothummi, uliginosus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>C. muratensis</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>C. plumosus</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Cladopelma gr. laccophila</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cladopelma lateralis</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
<i>Cladotanytarsus mancus</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Cladotanytarsus gr. Mancus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Corynocera ambigua</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Corynoneura scutellata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Corynoneura sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cricotopus algarum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>C.intersectus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>C. gr. Sylvestris</i>	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cryptochironomus gr.defectus</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>C. supplicans</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>C. ussouriensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Demicryptochironomus vulneratus</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Dicrotendipes nervosus</i>	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
<i>D. notatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>D. pulsus</i>	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Einfeldia carbonaria</i>	1	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	0
<i>Endochironomus albipennis</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>E. impar</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>E. tendens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Fleuria lacustris</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Glyptotendipes glaucus</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>G. gripekoveni</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>G. imbecillis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>G. pallens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>G. paripes</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>G. severini</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
<i>Lipiniella arenicola</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Harnischia curtilamellata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Microchironomus tener</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Microtendipes pedellus</i>	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1
<i>Monodiamesa bathyphila</i>	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nanocladius bicolor</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



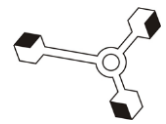
<i>Orthocladus sp.</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
<i>Parachironomus arcuatus</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Parachironomus vitiosus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Paracladopelma sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Paratanytarsus sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Paratanytarsus austriacus</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
<i>Paratanytarsus confusus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>P. quintuplex</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Paratendipes albimanus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Phaenopsectra flavipes</i> = <i>Pentapedilum exsectum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Phaenopsectra sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Polypedilum bicrenatum</i>	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
<i>P. convictum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>P. cultellatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>P. nubeculosum</i>	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
<i>P. pedestre</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>P. scalaenum</i>	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0
<i>P. tetracrenatum</i>	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
<i>P. (Pentapedilum) sordens</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Potthastia campestris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>P. longimana</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Procladius choreus</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>P. ferrugineus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>P. nigriventris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Psectrocladius delatoris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>P. septentrionalis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>P. simulans</i>	0	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	0
<i>Psectrocladius sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pseudochironomus prasinatus</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Psilotanypus imicola</i>	0	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	0
<i>S. gr. crassiforceps</i>	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0
<i>S. gr. histrio</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
<i>S. rosenschoeldi</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
<i>Tanypus kraatzii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>T. punctipennis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Tanytarsus brundini</i>	0	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	0
<i>T. holochlorus, volgensis või occultus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>T. lugens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>T. medius</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0



<i>T. mendax</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
<i>T. usmaensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>T. verralli</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tanytarsus sp.</i>	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0
<i>Thienemannimyia sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Thienemanniola ploenensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tribelos intextus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Zavreliella marmorata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kokku:	21	22	23	19	20	17	19	18	20	25	17
<i>Insecta</i>											
<i>Anobolia nervosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Atripsodes cinereus</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Cyrnus flavidus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cyrnus sp.</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Caenis horaria</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>C. moesta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Caenis sp.</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ceradea annulicornis</i>	0	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	1
<i>Chaoborus flavicans</i>	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0
<i>Coleoptera sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Donacia sp.</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ecnomus tenellus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Eloeophila sp.</i>											1
<i>Haliphus sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Heptagenia sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>H. fuscogrisea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hydroptilidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hydropsyche contubernalis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Limnephilus stigma</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Limnephilus sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Micronecta sp.</i>	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
<i>Micronecta minutissima</i>					1	1	1	0	1	1	1
<i>Molanna angustata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Molanna sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Mystacides sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Oecetis lacustris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ortotrichia sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Oulimnius tuberculatus</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Oxyethira sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Phryganea bipunctata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Psychomyia pusilla</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tabanidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kokku:	4	4	2	3	3	3	4	1	4	3	4



<i>Crustacea</i>											
<i>Asellus aquaticus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gammarus lacustris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gammarus sp.</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Hydracarina gen.sp.</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Kokku:	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1
<i>Bivalvia (Mollusca)</i>											
<i>Anodonta anatina</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Anodonta cygnea</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Anodonta sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Unio pictorum</i>	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0
<i>U. tumidus</i>	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1
<i>Unio sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dreissena polymorpha</i>	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1
<i>Euglesa acuminata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Euglesa crassa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>E. dupuiana</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>E. fedderseni</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>E. fossarina</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>E. henslowana</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>E. nitida</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>E. ponderosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>E. ruut</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>E. suecica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>E. tanuga</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>E. tenuisculpta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Euglesa sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Neopisidium torquatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pisidium sp.</i>	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0
<i>Pisidium amnicum</i>			1		1	0	0	1	0	0	0
<i>P. casertanum</i>					1	0	0	0	0	0	0
<i>P. casertanum f. Ponderosa</i>					1	1	1	0	0	1	0
<i>P. henslowanum</i>					0	0	1	0	0	1	0
<i>P. nitidum f. Crassa</i>					1	0	0	0	0	0	0
<i>P. supinum</i>			1		1	0	1	0	1	1	1
<i>Sphaerium corneum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kokku:	3	3	4	3	4 (8)	3	2(4)	3	4	3(6)	3
<i>Gastropoda (Mollusca)</i>											
<i>Acroloxus lacustris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ancylus fluviatilis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Anisus albus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bithynia leachi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>B. tentaculata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
<i>Bithynia sp.</i>	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0



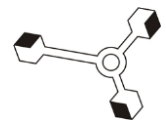
<i>Lymnaea auricularia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lymnaea sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Planorbis carinatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Planorbidae</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Radix balthica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Radix sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Segmentina sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Valvata antiqua</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>V. depressa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>V. piscinalis</i>	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Valvata sp.</i>	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0
Kokku:	2	3	3	3	3	1	1	1	3	3	2
<i>Oligochaeta</i>											
<i>Bothrioneurum vej dovskyanum</i>	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1
<i>Cognettia glandulosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dero digitata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Globulidrilus riparius</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Limnodrilus claparedeanus</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1
<i>L. hoffmeisteri</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>L. profundicola</i>	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0
<i>L. udekemianus</i>	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0
<i>Lophochaeta ignota (vana Tubifex ignotus)</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lumbriculus variegatus</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
<i>Marionina ? sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nais pardalis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Peipsidrilus saamicus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Potamothenix bedoti</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>P. hammoniensis</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>P. moldaviensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Psammoryctides albicola</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
<i>P. barbatus</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1
<i>Rhyacodrilus coccineus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rhynhelms limosella</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Spirosperma ferox</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Stylaria lacustris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Stylodrilus heringianus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Trichodrilus sp.</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tubifex newaensis</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>T. tubifex</i>	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0
<i>Uncinatis uncinata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kokku:	9	10	8	8	6	4	5	5	5	8	8
<i>Hirudinea</i>											
<i>Alboglossiphonia heteroclita</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0



<i>Agrypnia pagetana</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Erpobdella octoculata</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>E. testacea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
<i>Erpobdella sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Glossiphonia complanata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>G. heteroclita f. papillosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Helobdella stagnalis</i>	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0
<i>Hemiclepsis marginata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Piscicola geometra</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Kokku:	2	1	0	1	0	0	1	0	1	3	1
<i>Mermithidae gen.sp. indet.</i> (Nematoda)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Kokku	42	44	42	39	38(42)	30	34(36)	29	39	48(51)	38

Kirjandus

- Goretti, E.; Pallottini, M.; Pagliarini, S.; Catasti, M.; La Porta, G.; Selvaggi, R.; Gaino, E.; Di Giulio, A.M.; Ali, A. 2020. Use of Larval Morphological Deformities in *Chironomus plumosus* (Chironomidae: Diptera) as an Indicator of Freshwater Environmental Contamination (Lake Trasimeno, Italy). *Water* 12, 1. <https://doi.org/10.3390/w12010001>
- Jonasson, P. M. 1972. Ecology and production of the profundal benthos in relation to phytoplankton in Lake Esrom. *Oikos* 14:1-148.
- 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).
- Lang, C., Lods-Crozet, B. 1997. Oligochaetes versus chironomids as indicators of trophic state in two Swiss lakes recovering from eutrophication. *Arch. Fur Hydrobiol.* 139, 187–195.
- Langdon, P. G., Zoe Ruiz, Klaus P. Brodersen, Ian D. L. Foster. 2006. Assessing lake eutrophication using chironomids: understanding the nature of community response in different lake types. *Freshwater Biology* 51, 562–577
- 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.
- 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.
- Moller Pillot, H. K. M. 2009. Chironomidae Larvae: Biology and Ecology of the Chironomini: Vol. 2: Chironomini. Published by KNNV Publishing, 288 pp.



- Ntislidou, C.; Bobori, D.; Lazaridou, M. 2021. Suggested Sampling Methodology for Lake Benthic Macroinvertebrates under the Requirements of the European Water Framework Directive. *Water* 13, 1353. <https://doi.org/10.3390/w13101353>
- Peng, K.; Dong, R.; Qin, B.; Cai, Y.; Deng, J.; Gong, Z. 2023. Macroinvertebrate Response to Internal Nutrient Loading Increases in Shallow Eutrophic Lakes. *Biology*, 12, 1247. <https://doi.org/10.3390/biology12091247>
- Rubinskij, A. O. 1991. [Karyotypes and morphology of larvae tribes Chironomini. Atlas]. Akademiia Nauk SSSR, Sibir - skoje otdelenie, Institut Citologii i Genetiki, Novosibirsk "Nauka", 115 pp. (Vene keeles).
- Saether O.A., 1979. Chironomid communities as water quality indicators. *Holarctic Ecology* 2: 65-74.
- Spellerberg, Ian F., and Peter J. Fedor. 2003. A tribute to Claude Shannon (1916–2001) and a plea for more rigorous use of species richness, species diversity and the 'Shannon–Wiener' Index. *Global Ecology and Biogeography* 12.3, 177-179.
- Zhang, Y.; Cheng, L.; Kong, M.; Li, W.; Gong, Z.J.; Zhang, L.; Wang, X.L.; Cai, Y.J.; Li, K.Y. 2019. Utility of a macroinvertebrate-based multimetric index in subtropical shallow lakes. *Ecol. Indic.* 106, 9.
- Wiederholm, Torgny 1980. Use of Benthos in Lake Monitoring Source: Journal (Water Pollution Control Federation) , Mar., Vol. 52, No. 3, Part I (Mar., 1980), pp. 537-547.
- ISO10870, 2012. Water Quality—Guidelines for the Selection of Sampling Methods and Devices for Benthic Macroinvertebrates in Fresh Waters. International Organization for Standardization: Geneva, Switzerland, pp.1-26.

Lisa 3. Ettepanekud Keskkonnaministri määruse nr. 19 täiendamiseks

Siinkohal tuuakse ära eelmistest aruannetest pärinevad aktuaalsed ettepanekud^{30 31 32 33}.

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.

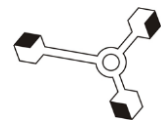
II. Klasside väärtusvahemikud ei kata kogu mõõdetavat ala, vaid jätavad nende vahele lüngad. Nii näiteks on heale seisundile vastav Secchi vahemik 0,8-0,7 ja kesisele 0,6-0,5. Aastal 2021 saadud mai-

³⁰ Võrtsjärve hüdrobioloogilise seire ja uuringud 2020. Eesti Maaülikool, Põllumajandus- ja keskkonnainstituut. Tartu 2021.

³¹ Võrtsjärve hüdrobioloogilise seire ja uuringud 2021. Eesti Maaülikool, Põllumajandus- ja keskkonnainstituut. Tartu 2022.

³² Võrtsjärve hüdrobioloogilise seire ja uuringud 2022. Eesti Maaülikool, Põllumajandus- ja keskkonnainstituut. Tartu 2023.

³³ Võrtsjärve hüdrobioloogilise seire ja uuringud 2023. Eesti Keskkonnauuringute Keskus. Tartu 2024.



septembri keskmine väärtus 0,61 jäi kahe klassi vahelisele „eikellegimaale“. Sama probleem on kõigi näitajatega.

III. 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 piirid³⁴, mis tuleks lisada määrusesse.

IV. 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.

Seda sesiukohta toetab ka Vesikonna veeseireprogrammi 2022-2027 seletuskiri³⁵, 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“.

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.

V. Suurselgrootud. 1. On raske öelda, kas Võrtsjärve indikaatorliikide puudumine seireproovides on inimõjust põhjustatud probleem või tuleneb see järjest väiksemast seiresagedusest ja proovikohtade arvust ning proovikohast võetavate paralleelproovide arvust, mille tõttu neid liike lihtsalt ei tabata, kuigi nad võivad järves olemas olla. Seega soovitame jätkata igakuise seirega senistes ühes profundaali ja ühes sublitoraali seirekohas märtsist oktoobrini ning teha üks ülejärveline proovitõttmine lisaks kevadele ka sügisel.

2. Võrtsjärv on keskkonnaministri 19.06.2020 määruse nr 19 „Pinnaveekogumite nimekiri, pinnaveekogumite ja territoriaalmere seisundiklasside määramise kord, pinnaveekogumite

³⁴Feldmann, 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 Vesikonna veeseireprogramm 2022-2027, seletuskiri. Lääne-Eesti, Ida-Eesti ja Koiva veemajanduskavade 2022-2027 lisa 5. Keskkonnaagentuur.



ökoloogiliste seisundiklasside kvaliteedinäitajate väärtused ja pinnaveekogumiga hõlmamata veekogude kvaliteedinäitajate väärtused“ alusel veekogutüübi S6 ainuke esindaja. Tema seisundi klassipiirid litoraali põhjaloomastiku alusel on välja töötatud üle-Euroopaliselt tunnustatud metoodika alusel ja võimaldavad hästi hinnata kaldaaladelt lähtuva inimõju ulatust. Samas on, eriti suurte järvede puhul, ka avaveelade põhjaloomastiku muutustel inimõjude hindamise mõttes oluline indikatiivne roll. Ettepanek on Võrtsjärve jaoks välja töötada seisundihindamise klassipiirid ka profundaali ja sublitoraali alusel.

3. Liikide taksonoomia areneb iga aastaga, mistõttu varasemad andmed mõne liigi kohta võivad olla ebausaldusväärsed või väärad (vt ptk 2, Tulemused) ning viia valede järeldusteni veekogu seisundi ja eriti selle muutuste kohta. Võimalikult täpsete liigiandmete saamiseks oleks vaja teha geneetilised uuringud.