

**Eesti Maaülikool. Põllumajandus- ja Keskkonnainstituut. Hüdrobioloogia ja  
kalanduse õppetool**



**Projektbüroo Koda OÜ**

**Verevi järve veekeskonnale avalduva väliskoormuse uuring**

Vastutav täitja:  
Ingmar Ott  
Emeriitprofessor



Autorid: Ingmar Ott, Andres Piir

Tartu. 2022

Sisukord	
Sissejuhatus .....	3
2 Materjal ja meetodid.....	4
2.1. Limnoloogilised vaatlused .....	4
2.1.1. Vaatluste aeg.....	4
2.1.2. Vee omadused.....	4
2.1.3. Vooluveekogude koormuste analüüsi meetoodika.....	4
2.1.4. Põhjavee hindamise meetoodika .....	5
2.1.5. Ilma andmed.....	6
2.2. Hüdrotehnilise töö materjalid .....	6
2.2.1. Veetaseme reguleerimise rajatiste audit. Kokkuvõtte lähtematerjalidest.....	7
3 Tulemused .....	8
3.1. Hüdrotehnilise olukorra kirjeldus.....	8
3.2. Vee- ja ainebilanss.....	13
3.2.1. Veebilanss.....	13
3.2.2. Fosfori (P) koormus .....	18
3.2.3. Lämmastiku (N) koormus .....	21
3.2.4. Järve mõõtmised .....	24
3.2.5. Salvkaevude mõõtmised .....	25
3.2.6. Vee omadused.....	25
4. Üldistused ja ettepanekud .....	26
4.1. Tehnilised probleemid ja lahendused .....	26
4.1.1. Reoveepuhastusjaama heitvee äravoolutorustik.....	26
4.1.2. Voolusängide tõkestatus .....	26
4.1.3. Veetaseme regulaatorid .....	27
4.2. Veetaseme tõstmise otstarbekus.....	27
4.3. Toiteainete koormuse üldine analüüs.....	27
4.4. Arvamused ja ettepanekud .....	28
Kirjandus.....	29
Lisa 1. Vooluhulgad.....	31
Lisa 2. Vee omaduste andmed (labori analüüsid). .....	34
Lisa 3. Vee omadused (mõõtmised vaatluskohas). .....	37
Lisa 4 ja 5. Eraldi failid. ....	41

## Sissejuhatus

Eesti Maaülikooli (EMÜ) Põllumajandus- ja Keskkonnainstituudi hüdrobioloogia ja kalanduse õppetooli koostöös Projektbüroo Koda OÜ-ga oli ülesandeks välja selgitada ning detailselt formuleerida Verevi järve väliskoormusest tulenevad põhiprobleemid. Uuriti Verevi järve veekeskonnale avalduvat väliskoormust. Sisekoormuse mõju antud töös ei käsitleta.

Verevi on Elvas paiknev väga intensiivse külastuskoormusega järv, mille kehv ökoloogiline seisund vähendab loodushüvede väärtust. Samas on see üks uuritumaid järvi Eestis, mille kohta on ilmunud palju teaduspublikatsioone. Need teadmised aitavad parandada olukorda ja õigete tervendamismeetmete kasutamisel tagada järve ökosüsteemi toimimise vähemalt heal ökoloogilise seisundi tasemel.

Järve enda tervendamismeetodite rakendamisele peab eelnema väliskoormuse taseme talutavale tasemele viimine. Kui see ületab taluvuspiiri, siis pole tervendamispingutustel mõtet. Verevi järve kohta on varem koostatud välisbilanss. Sellest on aga palju aeg möödunud ja seda tehti ka arvutuste, mitte mõõtmiste alusel. Pealegi on muutunud valgala piirid. Praeguses töös on tehtud taas vooluveekogude mõõtmisi. Samuti arvestatakse järve vahetu valgala ning põhjavee võimalikku koormust. Töös käsitletakse hüdrotehnilisi aspekte väliskoormuse haldamisel.

Uurimistöös osalesid EMÜst emeriitprofessor Ingmar Ott (üldine töökorraldus, vooluhulkade mõõtmine, andmeanalüüs), üliõpilased Mari Kägi (vooluhulkade mõõtmine, andmeanalüüs), Eliise Kara (andmeanalüüs), vanemlaborant Katrin Ott (hüdrokeemia analüüsid). Hüdrotehnilise osa ja aruande koostas hüdrotehnika insener Andres Piir (Projektbüroo Koda OÜ). Vahetu valgala (nn Verevi valgala) koormuse analüüsi tegi Ruta Tamre (Keskkonnaagentuur). Geodeetilised mõõtmised tegi Peeter Haiba (OÜ Alt ja Ülevalt). Töös aitasid kaasa peale tellija esindajate kohalikud elanikud, eriti Avo Liivamägi, Kuldar Sikk ja Rein Abel. Täname maaülikooli juhtivteadurit Peeter Nõgest konsultatsioonide eest.

## 2 Materjal ja meetodid.

### 2.1. Limnoloogilised vaatlused

#### 2.1.1. Vaatluste aeg

Vaatlusi tehti ajavahemikul 22.03.2021. – 15.06.2022 (vt lisad 1, 2, 3 algandmetega) nii vooluveekogudel kui ka järve kallastel. 11. mail 2021., 21. veebruaril 2022. ja 6. aprillil 2022. a. uuriti erandkorras ka järve veekihtides vee omadusi. Esimesel puhul oli ajendiks arvatava veeõitsengu selgitamine, teistel juhtudel aga veesamba kihistuse ja selles ainete sisalduse määramine. Tekkis hüpotees, et veesamba varajase segunemisega toimub hüpolimnioni vee järvest väljavoolamine, mis tähendab isepuhastuse intensiivistumist. Kõik vaatlused on fotografeeritud, osaliselt salvestatud videofailidena. Soovi korral on võimalik need anda Elva vallavalitsusele.

#### 2.1.2. Vee omadused

Vaatluste käigus määrati järgmised vee füüsikalised-keemilised parameetrid: vee värvus, temperatuur (T), vees lahustunud hapniku sisaldus ( $O_2$ ) ja küllastusprotsent ( $O_2\%$ ), pH, elektrijuhtivus (E), lahustunud ainete üldsisaldus (TDS), hägusus (NTU). Vee läbipaistvust mõõdeti 30 cm läbimõõduga valge Secchi kettaga ja väljendati täpsusega 0,1 m. Temperatuur, lahustunud hapniku sisaldus ja küllastusprotsent ( $O_2\%$ ), pH, elektrijuhtivus, hägusus ning lahustunud ainete üldsisaldus mõõdeti multisensoriga YSI DSS. Veeproovid koguti eelnevalt pestud ja kohaliku veega loputatud plastikpudelitesse ning hoiti kuni analüüsimiseni pimedas ja jahedas. Järve sügavamatest kihtidest võeti vesi van Dorni batomeetriga. Üldlammastik määrati nitritiks taandatuna (Cu-Cd-kolonnis) kolorimeetriselt (543 nm) sulfanüülamiidi ja n-(1-naftüül)-etüleendiaindiindihüdrokloriidiga. Üldlammastiku määramiseks proov eelnevalt mineraliseeriti kaaliumperoksodisulfaadiga. Määramise täpsus oli üldlammastiku korral  $\pm 5\%$ . Üldfosfor määrati kolorimeetriselt askorbiinhappe ja molübdfaat-tartraat reaktiiviga. Eeskiri põhineb F. Koroleffi meetodil. Üldfosfori määramiseks proov eelnevalt mineraliseeriti kaaliumperoksodisulfaadiga. Määramise suhteline viga oli  $\pm 5\%$ . Üldaluselisus ( $HCO_3^-$ , ühik mg/l) määrati tiitrimisel soolhappega (0,05 M HCl), kasutades automaattitraatorit TitroLine 6000. Analüüsil lähtuti Eesti standardist EVS-EN ISO 9963-1.

OÜ Eesti Keskkonnauuringute Keskuse Tartu osakonna laboris määrati biokeemiline hapnikutarve (BHT7).

#### 2.1.3. Vooluveekogude koormuste analüüsi meetodika

Vooluhulkade mõõtmisel arvestati A. Maastiku publikatsioonis (2006) esitatud vooluhulkade hindamise meetoditega. Vaatlusi tehti pistelises ajaskaalas, suurvee ajal sagedamini. Kasutati seadet *Flow Tracker Handheld ADV* (fotod 2.1.3.1, ja 2.1.3.2), aga raskemates oludes ujukmeetodit (madal või väga kõrge veetase ja väikesed või väga suured veekogu mõõtmised).



Foto 2.1.3.1. Vee voolumõõtja Flow Tracker Handheld ADV.



Foto 2.1.3.2. Töö voolumõõtjaga Flow Tracker Handheld ADV.

Koormuste arutamisel kasutati erinevaid lähenemisviise. Käo valgalt ärakannet mõõdeti Käo ojast. Verevi vahetult valgalalt, kus voolud olid kas väga väikesed (Jaani järvest, Tartu maantee truubist) või puudusid otsesed voolud, arvestati vooluhulgad sademetest ja koormused toiteainete ärakannete koefitsientest arvestades maakasutustüüpe. Kirjanduses on erinevaid koefitsientide väärtusi (Cooke *et al.*, 2005), kuid meie arvasime TalTechis Eesti kohta väljatöötatud meetodikat (Hajukoormus..., 2013)

#### 2.1.4. Põhjavee hindamise meetodika

Põhjavee toite arutamiseks kasutati Enno Kirdi esitatud väärtusi (Verevi., 2001).

### 2.1.5. Ilma andmed.

Kasutatud ilma andmed on saadud Keskkonnaagentuurist. Analüüsitud on Tõravere-Tartu ilmajaama mõõtmistulemusi. Elva ilmajaamas tehakse vaatlusi vaid soojal aastaajal. Need andmed meil on, aga ei kasutanud. Analüüsisime sademete ja õhutemperatuuri kuude keskmisi väärtusi alates 2012. aastast.

Järve veetaseme mõõtmised sondiga.

Veetaseme mõõtmiseks paigaldati järve sissevoolu laiendatud osasse (vt. **Joonis 2.1.5.1**, koordinaadid B:58.22971; L:26.395501) vastav seade. See ala kirjeldab järve veetaset. Valima pidime koha, kus loodetavasti ei häirita mõõtmist. Sellele vaatamata avastasime, et seadet on liigutatud 23. juunil 2021. Seadme mõõdik on *Dtalaogger Type 575/570* firmalt *Hydrotechnik*. Veetaset ja veetemperatuuri mõõdetakse ühe tunni intervalliga kogu vaatlusperioodi jooksul. Vooluveekogude ja järve veetasemete mõõtmised absoluutkõrgustes tehti varem. Seepärast ei saa sondiga tehtud mõõtmisi kanda tollesse skaalasse. Antud kontekstis oli oluline just veetaseme kõikumise selgitamine arutamaks küsimust järve optimaalse taseme võimalikku muutmist.



Joonis 2.1.5.1. Verevi veetaseme mõõtja paiknemine 2021. a.

## 2.2. Hüdrotehnilise töö materjalid

Verevi järve ökoloogiline seisundi kujunemisel omavad olulist tähtsust lisaks vee kvaliteedile järve sisse- ja väljavoolule ehitatud regulaatorid, mis kujundavad järve veetaset ja läbivoolu.

Võimalikult tõepärase teadmispõhise ülevaate saamiseks Verevi järvega seotud tehniliste rajatiste seisukorra ja mõju kohta Verevi järvele on tehtud analüüs varasemalt tehtud alljärgnevatele projektidele:

1. Kavilda jõe korrastamine tõkettammid Verevi järve sisse- ja väljavoolul OÜ Enno Kirt projekt,

Mihkel X Töö nr. E-97-55-2, 1998.(arh nr 58)

2. Verevi järve veevahetuse parandamine ja reostuskoormuse vähendamine OÜ Enno Projekt töö nr E-01-119.2PD ,2001.(arh nr 5)

3. Topo-geodeetilised uurimistööd Verevi järvest puhastusseadmeteni REIB OÜ. Töö nr TT-0177T,

4. Elva reoveepuhasti äravoolutorustiku Verevi järve sissevoolu ja väljavoolu teostusmöödistus, FIE Alser Kubja, 2002.

5. Verevi järve sügavuskaart. Toomas Kõiv, 2017;

6. Elva linna sademeveesüsteemide eskiisprojekt. Eesti Veeprojekt töö nr 14-17, 2017.

Lisaks eelpoolnimetatud materjalide analüüsile on ära kuulatud Verevi järve probleemide aruteludel Elva Vallavalitsuse veekomisjoni istungitel osavõtjate seisukohad.

Objektiivse tehnilise hinnangu andmiseks Verevi järve vee reguleerimisega seotud rajatistele (ülevooluregulaatorid, torustikud, vooluveekogud jmt) tehti 2021. a kevadperioodil geodeetilised uurimistööd ja koostati maa-ala plaan M1:500 (vt lisa 4, joonis Põhiplaan. NB! Esitatud eraldi failis). Põhiplaanile on kantud Euroopa kõrgussüsteemi järgi Verevi järve sügavuskaarti andmed (T. Kõiv, 2017) ja biotiigid Eesti põhikaardilt.

### 2.2.1. Veetaseme reguleerimise rajatiste audit. Kokkuvõtte lähtematerjalidest

Varasemad Verevi järvega seotud projektid koostati ja teostati enne 2018. aastat. Teatavasti arvestatakse alates aastast 2018 absoluutset kõrgust ja sügavust Euroopa kõrgussüsteemi ehk Amsterdamini nulli suhtes. Eestis loobuti Kroonlinna nullist, mis oli seni kõrgussüsteemi aluseks. Geodeetiliste kõrguste võrdlemisel on arvestatud erinevate kõrgussüsteemide vaheliste seostega. Verevi järve põhiliste parameetrite kohta on avalikult kättesaadavas infos ja eelpoolnimetatud projektides esitatud erinevaid andmeid. Kõige uuemad instrumentaalselt mõõdistatud ja arvutuslikud andmed on esitatud Verevi sügavuskaardil (T. Kõiv, 2017) :

- Pindala 11,7 ha
- Keskmine sügavus 3,8 m
- Suurim sügavus 11,3 m
- Veemaht 446,7 tuh. m<sup>3</sup>

Ülevaate saamiseks on Verevi järve sügavuskaarti sügavusandmed esitatud käesoleva töö põhiplaanil (vt lisa 4, joonis Põhiplaan).

Verevi järve valgala koosneb Käo oja valgast 10,7 km<sup>2</sup> ja Verevi järve valgast ca 0,8 km<sup>2</sup>, seega kogu valgala on ca 12 km<sup>2</sup>. Käesolevas töös esitatud Käo oja valgala (vt Lisa 5. joonis. Valgala kaart) on koostatud Maa-ameti kaardirakenduste ning Põllumajandus- ja Toiduameti maaparandussüsteemide registri andmete põhjal. Käo oja maakasutustüüpide kaart on koostatud Keskkonnaagentuuri poolt (vt joonis 3.2.1.1)

Verevi järv toitub põhiliselt Käo oja valgalalt. Maaparandustöödega on Käo ojast tehtud õgvendatud ja süvendatud maaparandussüsteemide eesvool.

Maaparandussüsteemide registri (MSR) andmete järgi on Käo oja pikkus 7,55 km, valgala 11,02 km<sup>2</sup> (kood 2103630020000/001).

Vabariigi Valitsuse korraldus „Riigi poolt korrashoitavate ühisesvoolude loetelu“ märgib Käo oja alguspunktiks suudme Verevi järve ja lõpp-punktiks Jõhvi-Tartu-Valga maanteetruubist 3,53 km vastuvoolu (vt Lisa 5. joonis. Valgala kaart).

Lisaks Käo ojale toimub vee juurdevool Verevi järve valgalalt (vt Lisa 5. joonis. Valgala kaart) põhjapoolsetest Jaani ja Linajärvedest, idapoolt Tartu maantee sademeveesüsteemidest ja maapinna pindmisest sademevee äravoolust. Verevi järve valgala kaart on koostatud Maa-ameti kaardirakenduste ja Elva linna sademeveesüsteemide eskiisprojekti andmete alusel (Eesti Veeprojekt töö nr 14-17, 2017). Töös „Verevi järve veevahetuse parandamine ja reostuskoormuse vähendamine OÜ Enno Projekt töö nr E-01-119.2PD, 2001 (arh nr 5)“ on esitatud Verevi järve juurdevoolu ja veevahetuse kohta arvutuslikud andmed. Arvutuse aluseks on võetud keskmine aasta keskmine päeva juurdevool 9400m<sup>3</sup>/d. so 3,4 milj. m<sup>3</sup>/a (sh allikaline põhjavee juurdevool 3,8 l/s).

Arvestades järve veemahuks 446,7 tuh. m<sup>3</sup> (vt eespool), võib nimetatud andmete põhjal väita, et arvutuslik veevahetus Verevi järves toimub aastas ca 7,6 korda, aga see ei kehti meie uurimisperioodil.

## 3 Tulemused

### 3.1. Hüdrotehnilise olukorra kirjeldus

Verevi järve veetaseme reguleerimiseks on ehitatud 2002. aastal kaks statsionaarse laialävelise ülevooluga raudbetoonist šahtregulaatorit. Oluline on, et looduliku veerežiimiga järvest tehti paisjärv (vt Lisa 4. joonis Põhiplaan; Foto 3.1.1).

Regulaator 1 asub Verevi järve väljavoolul Kavilda jõkke. Ülevoolulävendi kõrgus regulaatoril on 49,75 m abs, mis tagab veetaseme kõrgusel ca 49,80 m abs (24.04.2021).





Foto 3.1.1. Regulaator 1 (Foto: Andres Piir 31.04.2021) vt Lisa 4. Joonis. Põhiplaan

Regulaator 2 (Foto 3.2.2) asub Käo ojal Verevi järve suubumiskohast ca 730 m vastuvoolu. Regulaatori ülevoolu kõrgus on 49,87 m abs.

Kui veetase järves tõuseb üle kõrgusmärgi 49,87 m abs, algab lisaks regulaatorile 1 vee äravool regulaatorist 2, mille tulemusena hoitakse veetase stabiilselt kõrgusel ca 40.80 m abs. (v.a. veevaesel perioodil, kus veetase jääb madalamaks regulaator 1 ülevoolulävendist so 49,75 m abs).

Regulaatorit 2 kasutatakse heitveesuublana Elva linna veepuhastusjaama heitvee möödajuhtimiseks Verevi järvest. Regulaatorist juhitakse heitvesi Lammerdi kraavi (suubub Kavilda jõkke).

AS Emajõe Veevõrk selgituste kohaselt toimub Elva reoveepuhastis reovee mehaaniline puhastus (suuremate osiste sh liiva eraldamine) ja bioloogiline puhastus. Reovee bioloogilise puhastusega eemaldatakse orgaanilise aine. Bioloogiline ärastuse meetodil eemaldatakse fosfor ja lämmastik. Lisaks fosfori bioloogilisele ärastusele toimub reoveest fosfori keemiline sadestamine.



Foto 3.2.2. Regulaator 2 (Foto: Andres Piir 31.05.2021) vt Lisa 4. Joonis. Põhiplaan

Reoveepuhastist regulaatorisse 2 suubuva heitveetorustiku läbimõõt ( $d=217/315$  PVC) ei ole piisav torusse suunatud vooluhulga ärajuhtimiseks, seetõttu esineb olukordi, milles keskmistest suuremate vooluhulkade esinemisel täidab heitvesi torustikutrassi kaevud ja kergitab üles kaevukaaned. Tulemusena kandub heitvesi maapinna pindmise äravooluga Kõo oja kaudu Verevi järve. AS Emajõe Veevärgi reovee käitlemise vastutavad spetsialistid väidavad, et 2022. a teostatakse tõhusamat kontrolli ja üritatakse ajatada heitvee äravoolu, et tagada surveta vabavoolne äravool torustikus.

Verevi järve veetasemete regulaatorite 1 ja 2 toimimise eelduseks on asjaolu, et Lammerdi peakraavis ja Kavilda jõe voolusängides on tagatud takistusteta liigvee äravool.

Kontrollmõõdistamine (24.04.2021) näitab, et Kavilda jõgi ja Lammerdi peakraavi säng vajab süvendamist ja voolutakistuste (erineva koostisega sete, puidurisu, koprapaisud) eemaldamist.

Kavilda jõe Jõhvi - Tartu maantee truubi (Foto 3.2.3) sissevoolu kõrgus on 48,64 m abs. Regulaatori 2 heitveetorude väljavoolud on 48,34 m abs ja 48,44 m abs st truubi sissevool Kavilda jões Jõhvi Tartu mnt on 20...30 cm kõrgemal. Lisaks sellele on vahetult enne maanteetruupi koprapais, mille harja kõrgus on 48,96 m abs.



Foto 3.2.3. Voolutakistused Kavilda jões, vaade Jõhvi - Tartu – Valga teelt (Foto: Andres Piir, 31.05.2021). Koordinaadid: 58.236937; 26.390587.

Äravoolu takistused Kavilda jões tekitavad paisutust, mis pikendab oluliselt veevahetuse tsüklit Verevi järves.

Paisutus Lammerdi peakraavis (nt sellised ja kõrgemad nagu **Foto 3.2.4**) võib põhjustada sademerikkal perioodil Elva linna reoveepuhasti väljavoolutorustiku suubla uputamist, mille tagajärjel ülevooluregulaatorist 1 võib heitvesi tungida Verevi järve.



Foto 3.2.4. Voolutakistused Lammerdi peakraavis tekitavad veepaisutust (Foto: Andres Piir 31.05.2021)

Riskide vähendamiseks eriolukordade jaoks (nt avariide esinemisel) on Käo oja ehitatud voolusängi sulgemiseks regulaator 3 (vt Lisa 4 Joonis. Põhiplaan), mis peaks koosnema kaitsetammist ja kaevregulaatorist. Kaevregulaator peaks paiknema pinnasest kaitsetammi sees, kaevu läbiv veelaskmetoru on võimalik sulgeda kaevu paigaldavate puitvarjade abil. Vajadusel saab tehniliselt korrasoleva kaevregulaatori abil sulgeda täielikult Käo oja sissevoolu Verevi järve. Käeolevaks ajaks on kaitsetamm lõhutatud (vt foto 3.2.5) ja kaevregulaatoriga ei ole võimalik tõkestada veevoolu Käo ojast Verevi järve.



Foto 3.2.5. Regulaatoril 3 Kåo oja sulgemiseks puudub kaitsetamm (Foto: Andres Piir 31.05.2021)

## 3.2. Vee- ja ainebilanss

### 3.2.1. Veebilanss

Ilma andmed toetamaks voolude hindamist.

Aastajaad olid vaatlusperioodil ebaselgete piiridega, mis suurendas mõõtmiste määramatust. Sellest võib ka oletada, et selle üheaastase vaatluse põhjal ei saa teha selgeid prognoose tuleviku kohta. Eesti kohta on teada, et pikaajaks külmem kuu on veebruar, aga meie uurimisperioodil oli see hoopis detsember. Vee voolamine oli ebaregulaarse dünaamikaga. Väljavool puudus 72 päeva jooksul.

Kuna meil olid ajas pistelised vaatlused, siis kasutasime mitmeid näitajaid olukorra täpsustamiseks. Püsiva jääkatte tekkimise selgitamiseks arvestasime Tartu-Tõravere ilmajaama ja Elva jõe andmeid. Arvestasime Kåo oja jäätekk alguseks 21. dets. Kåo ojas 2022. aasta voolamise alguseks panime 11. veebr., sest oli pidevalt positiivne päevane õhutemperatuur. Sama mõtet toetas Elva jõe veetaseme püsivaatlus. Tolle järgi oli see 10. veebr. Viimase kümne aasta ilma andmed on tabelis 3.2.1.1. Vaatamata rahutule aastasele dünaamikale oli uuritud ajal õhutemperatuur eelmise kümne aastaga pisut suurem (keskmine vastavalt 6,7 ja 6,9 °C) ning ka sademeid veidi rohkem (vastavalt 715 ja 732 mm).

Tabel 3.2.1.1. Ilma andmed Tartu-Tõravere vaatlusjaamast Aprill 2012 – Aprill 2022 (Keskkonnaagentuur).

Aeg	Sademe summa, mm	Keskmine õhutemperatuur, °C
Aprill 2012 - Aprill 2013	753,1	5,1
Aprill 2013 - Aprill 2014	556,8	7,5
Aprill 2014 - Aprill 2015	804,5	7,2
Aprill 2015 - Aprill 2016	737,6	6,6

Aprill 2016 - Aprill 2017	791,6	6,6
Aprill 2017 - Aprill 2018	752,2	5,6
Aprill 2018 - Aprill 2019	610,9	7,7
Aprill 2019 - Aprill 2020	739,9	7,9
Aprill 2020 - Aprill 2021	697,4	6,6
Aprill 2021 - Aprill 2022	<b>732</b>	<b>6,9</b>

Hüdroloogilise režiimi kirjanduse andmed

August Loopmann (1984) on uurinud Verevi järve hüdrooloogilist režiimi (tabel 3.2.1.2).

Tabel 3.2.1.2. A. Loopmanni tulemused Verevi järve hüdrooloogilise režiimi kohta.

Näitaja	Q norm	Q 5%	Q 95%
Aastane juurdevool erineva tõenäosusega (Q), l/sek.*km <sup>2</sup>	10	15	5,5
Aastane juurdevool erineva tõenäosusega, m <sup>3</sup>	345000	515000	190000
Veevahetuskorda/a.	0,51	0,75	0,28

Peeter Nõges (2005, tabel 3.2.1.3) uuris Verevi vee- ja ainebilanssi 1991 ja 1993. a andmete alusel.

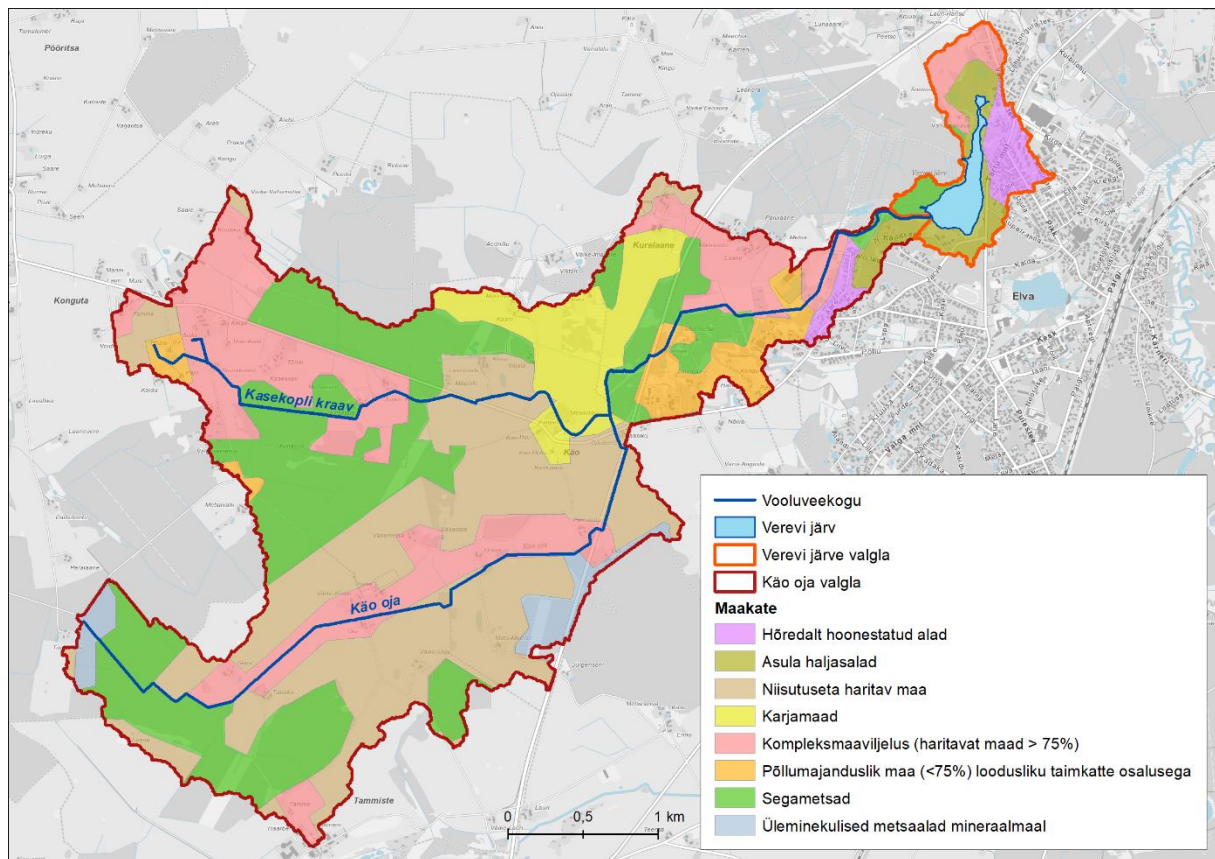
Kuna Verevi järve voolud reguleeriti hiljem, siis on praeguseks tingimused muutunud.

Tabel 3.2.1.3. Verevi järve hüdrooloogilise režiimi tulemused (Nõges, 2005).

Bilansi komponent või näitaja	1991	1993
Sissevool (pinna- ja põhjavesi), m <sup>3</sup>	328048	224884
Sademed järve pinnale, m <sup>3</sup>	80993	83639
Väljavool, m <sup>3</sup>	283944	203302
Aurumine järve pinnalt, m <sup>3</sup>	77540	77540
Akumulatsioon, m <sup>3</sup>	47557	27681
Vee kõikumise amplituud, m	0,77	0,51
Veevahetuskorda/a.	0,9	0,67

Verevi valgala (järve vahetu valgala) hüdrooloogiline režiim

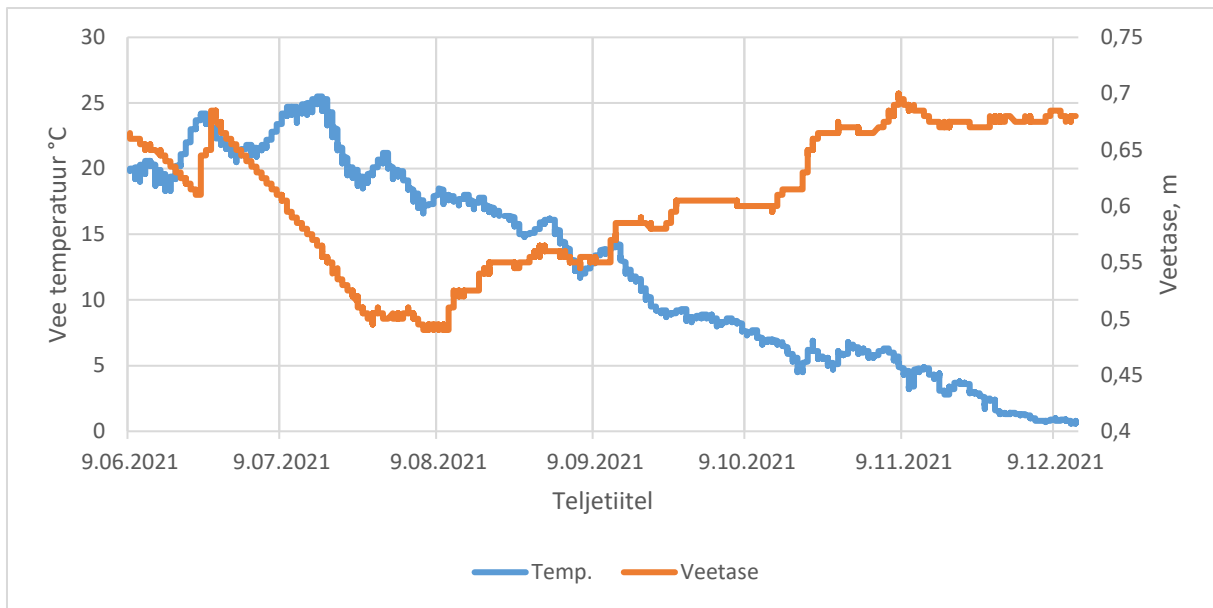
Enne Verevi väljavoolule regulaatori ehitamist olid valgala piirid hoopis teistsugused. Nii A. Loopmann (1984) kui ka P. Nõges (2005) käsitlevad hoopis väiksemat valgala ja praegu võime sellena käsitleda kaldaga piirnevat ala, kus sisuliselt pole pidevat sissevoolu. P. Nõgese järgi on Verevi valgala pindala koos järvega 1,1 km<sup>2</sup> ja kaart vastab enamvähem praeguses töös vahetu valgala käsitlusele. Praeguste mõõtmiste alusel (Keskkonnaagentuur, pers. comm. Ruta Tamrega) on vahetu ehk Verevi valgala koos järvega 0,887 km<sup>2</sup> (Joonisel 3.2.1.1 helepunase joonega piiratud ala).



Joonis 3.2.1.1. Kõo oja ja Verevi järve valgala kaart (Keskkonnaagentuur, Ruta Tamre *pers. comm.*).

### Veetase

Veetaseme ja temperatuuri dünaamika vaatlusperioodi ajavahemikul 9.06.2021. – 13.12.2021. on kajastatud **joonisel 3.2.1.2.** Veetaseme muutuse ulatus oli sellel perioodil 21 cm. Kuigi vaatlused ei hõlmanud kevadist perioodi, siis võib oletada, et see ongi Verevi veetaseme kõikumise ulatus. Veetaseme mõõtja paigaldati vähemärgatavasse kohta. Sellele vaatamata on seadeldist ilmselt liigutatud 23. juunil 2021, mis on mõnevõrra häirinud väärtuste hindamist. Veetemperatuuri dünaamika pole väga ühtlane sõltuvalt ilmaoludest. Selle ööpäevane dünaamika on aga väga väikese amplituudiga olles suurim suve alguses 2 °C ulatuses.



Joonis 3.2.1.2. Veetaseme ja veetemperatuuri dünaamika Verevi järves (9.06.21.-13.12.21.; Koordinaadid B:58.22971; L:26.395501). Veetase on määratud sondi paiknemisega allapoole veepinda (m).

#### Üldine veebilanss

Verevi järv on tugevasti reguleeritud veevahetusega järv. Meie vaatluste alusel suve veetase langeb sedavõrd, et väljavool puudub. Peamine sissevool on Kāo ojast, õige pisut Jaani järvest ja Tartu maantee truibist. On ka mitmeid kraave (nt Tartu maantee poolt ja Linajärvest). Need on kas seisva veega või enamuse aastast ilma veeta. Kokku on üheksa pinnavee sissevoolu.

Veebilansi koostamiseks olid tarvilikud voolude mõõtmistele lisaks oletuslikud arvutused. Need tehti Verevi valgala, põhjavee ja aurumise kohta. Verevi valgala puhul lähtuti sademetest (Tõravere-Tartu ilmajaama andmed) arvestades käsitletavat pindala. Kuigi me mõõtsime Jaani järve väljavoolu, siis see jäeti veebilansi arvutustest välja arvestades, et väärtused kajastuvad sademete kaudu. Jaani järvest väljavool oli ka väga väikese vooluhulgaga ja ka toiteainete sisaldused (eriti fosfor) olid väikesed. Elva linna sademevee puhul arvestasime, et see voolab valgalalt järve. Üsna keeruline on hinnata põhjaveelist toitumist. Antud juhul võtsime aluseks Enno Kirdi (Verevi järve veevahetuse..., 2001) varasema töö, milles on toodud vastav äravoolu intensiivsus. Järvelt aurumise arvestamiseks kasutasime P. Nõgese (2005) varasemat tööd Verevi kohta. Arvestasime ka A. Järveti (Võrtsjärv, 2003) seletust aurumise väärtuste kohta Võrtsjärves. Veevaestel aastatel on aurumine sademetega tasakaalus, aga keskmiste veerežiimiga aastatel ületavad sademed aurumise, kuid mitte oluliselt (nt 7%). Meie vaadeldud aastane periood oli võrreldes eelmise kümne aastaga õige pisut soojem (0,2 °C) ja sademeterikkam (17 mm). Seepärast arvestasime meie vaatlusperioodi ilmaolud keskmiseks.  **Tabelis 3.2.1.4**  on esitatud veebilansi tulemused. Bilanss on positiivne, vahe juurdevoolu ja äravoolu vahel on

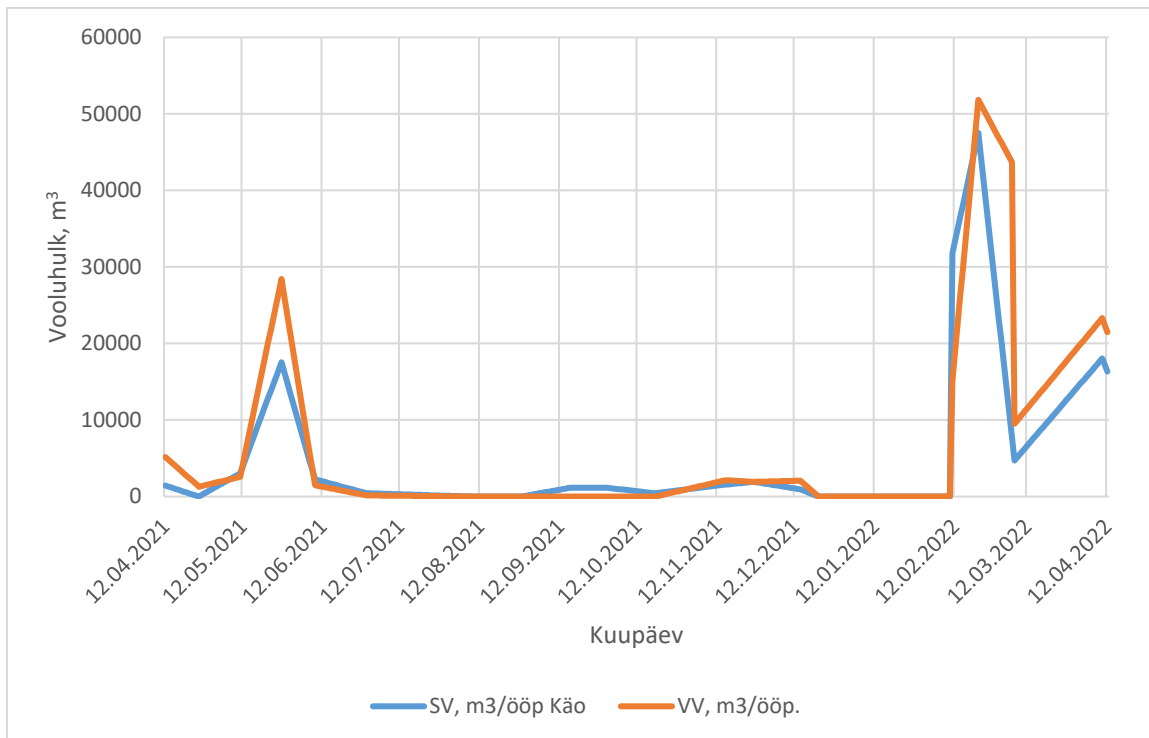


6%. See bilansi sidumatus on põhjustatud mõõtmismääramatusest, aga oletatavasti teadmiste puudusest põhjavee juurdevoolu kohta.

Tabel. 3.2.1.4. Verevi järve veebilansi näitajad aprill 21- aprill 22.

Voolubilanss	Koormus, 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	Äravool ja aurumine, 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	Bilanss 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
Käo oja valgla	1,692		
Põhjavesi	0,164		
Verevi valgla	0,534		
Sademed järvele	0,081		
Verevi väljavool		2,235	
Aurumine järvelt		0,078	
Kokku	2,471	2,312	0,159

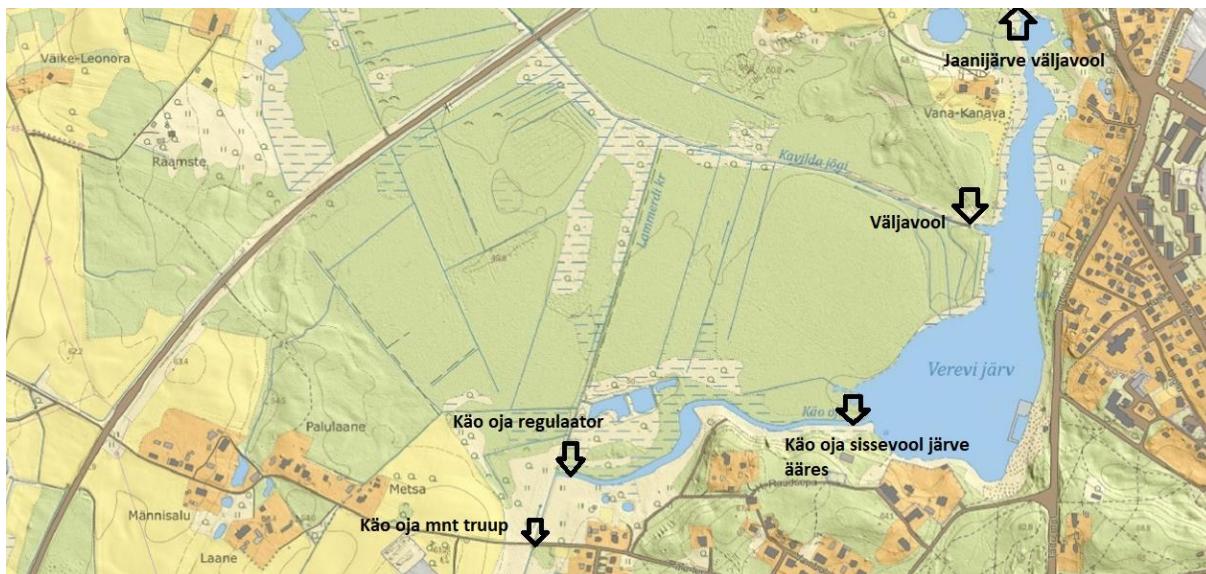
Veevahetuse kiiruse kohta on väga erinevaid varasemaid andmeid. On loogiline, et varasemal ajal, kui valgala oli väiksem, siis arvutati veevahetus <1 korra aastas (Mäemets, 1977; Loopmann, 1984; Verevi..., 1991; Nõges, 2005). Enno Kirt on valgala suurenemise järel arvanud veevahetuse intensiivsuseks 7,6 korda aastas. Meie arvutuste andmetel on see 5,5 korda aastas. See tundub sügava, kihistunud järve kohta liialt suur. Kui aga arvestada nn isepuhastumist toiteainetest kevadtalvel ja kevadel, siis tundub see mingil määral loogiline. Käo oja ja Verevi järve väljavoolu dünaamika on esitatud **joonisel 3.2.1.3**. Ühtlasi võib teha siit ühe olulise järelduse, et veevahetuse intensiivistumisega enne kasvuperioodi võidakse järvest eemaldada oluline kogus reostust. See peab toimuma aga nii, et kasvuperioodiks tekiks kiiresti terav kihistus, mis hoiab liigsed biogeenide varud järve põhjakihtides. Igatahes on see sellel aastal niimoodi juba toimunud.



**Joonis 3.2.1.3.** Käo ojast juurdevoolu (SV) ja Kavilda jõkke äravoolu (VV) dünaamika 12. apr. 21. – 12. apr. 22.

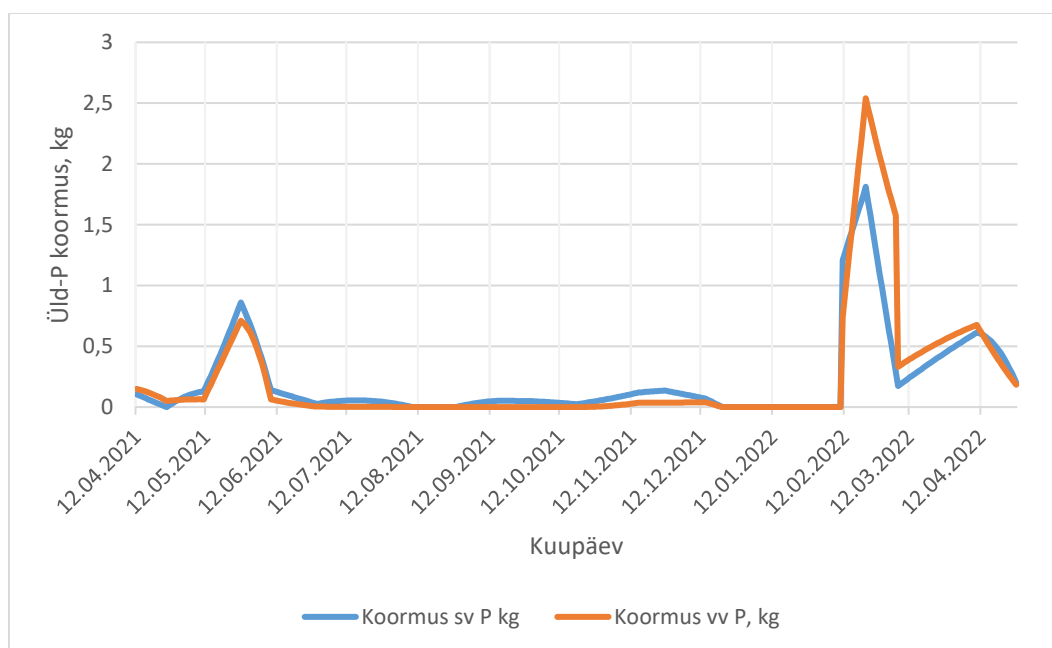
### 3.2.2. Fosfori (P) koormus

Toiteainete koormuse selgitamiseks uuriti enne vaatlusi järve suubuvaid veekogusid, kaasaarvatud Lammerdi kraav, vanad biotiigid, Kavilda jõe algus ja kaldad Käo oja maantee truibist kuni järveni. Viimast vaadeldi jalgsi kaldalt ja paadiga Käo oja regulaatorist järveni. Koormuse pikemaegset hindamist segasid Elva reovee puhasti õnnetused ja Käo oja puhastamine Põllumajandusameti tellimisel. Sete tõsteti otse oja kaldale, mis on Verevi järve kaitset arvestades lubamatu tegevus. Käo ojast koormuse hindamiseks kasutati vooluhulki ja toiteainete koguseid ning biokeemilist hapnikutarvet (BHT) kahest kohast, Elva-Kurelaane maantee truubi juurest ja Lammerdi kraavi/Käo oja nurgast (vt joonist 3.2.2.1). Kogu järve kallast vaadeldi mitmel korral kontrollimaks võimalikke sissevoolusid sealsetest kraavidest.



Joonis 3.2.2.1. Vaatluspunktid toiteainete koormuste hindamiseks Verevi järvele.

Fosfori koormust mõõdeti rohkem kui aasta vältel, aga bilansi arvutamiseks kasutati ajavahemikku 12. apr. 2021. – 12. apr. 2022. P dünaamika Käo ojast ja väljavoolust on kogu vaatlusperioodi kohta (Joonis 3.2.2.2). Jooniselt 3.2.2.2. on näha, et kevadtalvel ja kevadel on P väljavool järvest oluliselt suurem ning sel ajal on järve veesammas segunenud - toimub nn isepuhastumine.



Joonis 3.2.2.2. Fosfori koormuse dünaamika Käo ojas ja Verevi järve väljavoolus 12.04.2021.- 27.04.2022. SV – sissevool; VV – väljavool.

P bilanss on esitatud tabelis 3.2.2.1. Käo oja valglast saime koormuse enda mõõtmiste alusel, aga Verevi valgalast P ärakande koefitsientide järgi. Arvestasime, et Elvas ei toimu sademevee eemaldamist valgalalt ja see jõuab järve. Koormuseks saime 24,4 kgP aastas arvestades vahetu valgala

maakasutustüüpide pindaladest (Keskkonnaagentuuri andmed, vt [joonis 3.2.1.1](#)) P ärakande koefitsiente (Hajukoormuse..., 2013; [tabel 3.2.2.2](#)). See on üsna suur proportsioon võrreldes Käo oja valgala pindalaga. Võimalik, et tegelik kogus on väiksem. Käo oja valgala. Verevi valgala ja põhjaveest imbuvaks koormuseks kokku saime P 17,3 kg, mis on kolmandik järves olevast fosforist.

Tabel 3.2.2.1. Verevi järve fosfori (P) bilanss 12.04.21. – 12.04.22.

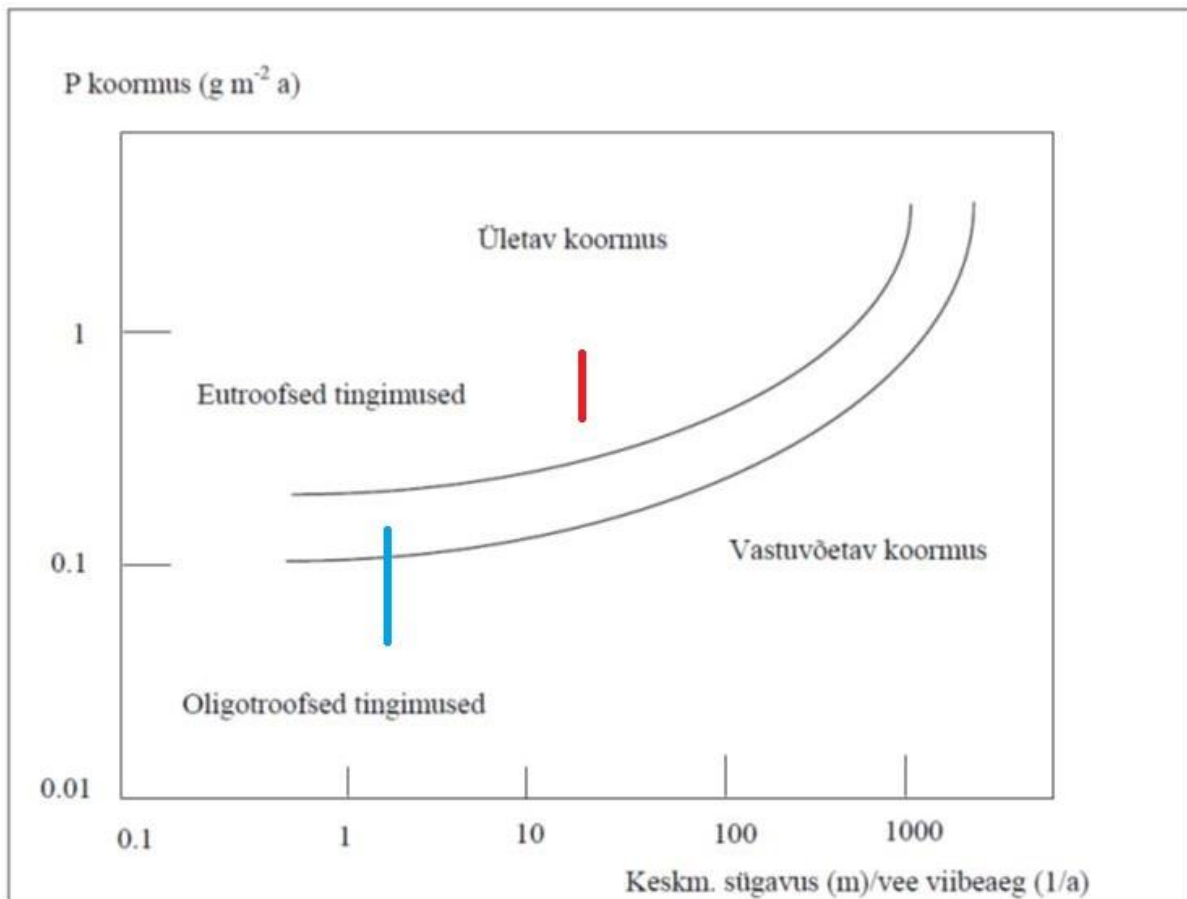
Ala	P koormus, kg	P äravool, kg	Bilanss, kg P
Käo oja valgla	71,9		
Põhjavesi	1,4		
Verevi valgla	24,4		
Verevi väljavool		80,4	
Kokku	97,7	80,4	17,3

Tabel 3.2.2.2. Verevi valgala (vahetu valgala) maakasutustüüpide pindalad ja toiteainete ärakande koefitsiendid

Verevi valgala	Pindala, km <sup>2</sup>	Osakaal valgalast, %	N kg/ha*a	P kg/ha a.
Segametsad	0,070892	9	2,9	0,1
Kompleksmaaviljelus (haritavat maad > 75%)	0,152224	20	20	0,24
Hõredalt hoonestatud alad	0,188074	25	5,3	0,84
Asula haljasalad	0,35611	46	3	0,12

#### Järve P koormustaluvus

Laialdaselt kasutatakse peamise toiteaine, fosfori, järvele vastuvõetava koguse selgitamiseks nn Vollenweideri mudelit (1975). Selles arvutatakse P kogus grammides ruutmeetri järve pinna kohta. Järve omadustest kasutatakse keskmist sügavust ja vee viibeage (pöördväärtus veevahetusest). Meie varasemad ja praegused tulemused on esitatud [joonisel 3.2.2.3](#). Rõhtheljel oleva väärtuse koht on nihkunud, sest arvestatakse ka Käo oja valgala. See tähendab ühtlasi, et suurema veevahetusega järv on koormusele tugevama vastupanuvõimega. Kuna avastasime, et hilistalvel ja varakevadel on veesammas segunenud ja toimub järve isepuhastumine, siis sellistes erilistes tingimustes mudel ei tööta. Sellele vaatamata peab rõhutama, et kui sellist veesamba segunemist ei toimuks (külmem talv, vähem sademeid), oleks koormus järvele vastuvõetamatul tasemel.



Joonis 3.2.2.3. Verevi järve koormustaluvuse hinnang Vollenweideri (1975) alusel. Sinine joon – varasem hinnang (enne 200ndaid aastaid; Ott et al., 2005). Punane joon – praegune uuring. Mudel ei arvesta järvest ärakantavat kogust ja ei vasta seepärast tegelikkusele. Punase joone ülemine osa tähistab olukorda, mil arvestatakse nii Käo oja valgala, põhjavee toidet ja Verevi valgala, alumine osa aga koormust ilma Verevi valgalata.

### 3.2.3. Lämmastiku (N) koormus

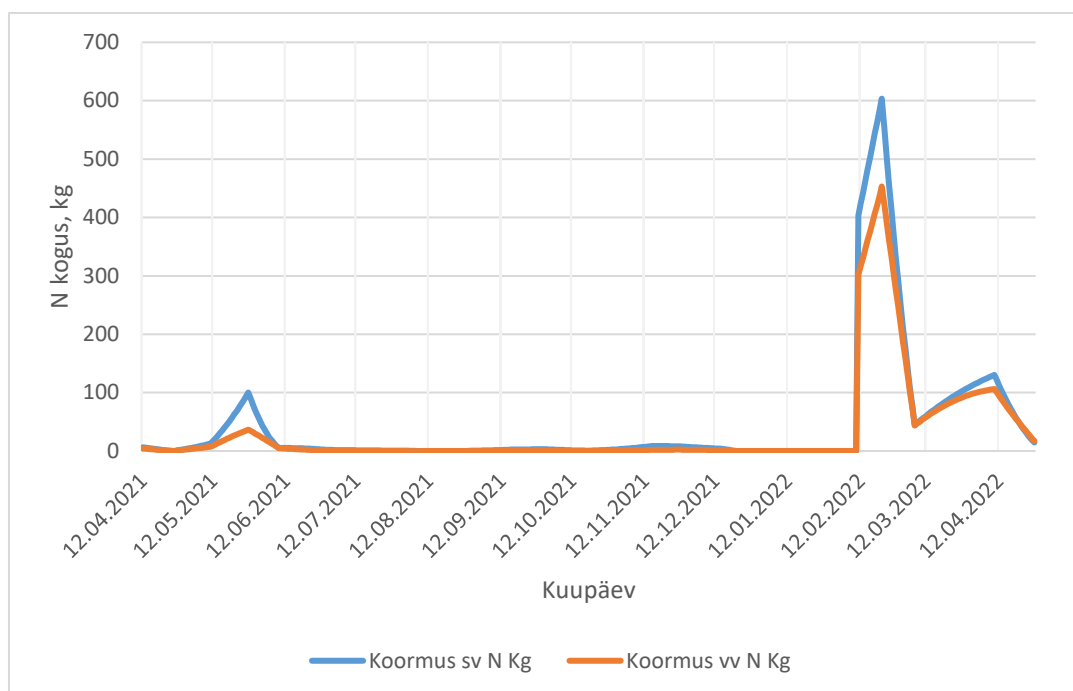
Lämmastiku proove koguti ja analüüsiti fosforiga samadest kohtadest. N ringe on P ringest palju keerukam ning peamiselt põhjusel, et üks aine olekutest on gaasiline. Osad organismid on võimelised õhulämmastikku siduma (fikseerima) ja osad gaasiliseks muutma. Nende voogude määramine on aga väga keerukas. Verevi kohta on arutanud N ainevoogu Ilmar Tõnno kaasautoritega (Tõnno et al., 2005) ja lämmastiku koormusi Peeter Nõges (2005). Nimetatakse, et Verevi järve tingimused sobivad denitrifitseerimiseks ja sellel võib olla suur osakaal N bilansis. N fikseerimine toimub mõnede sinivetikaliikide poolt. Viimaste komplekssete uuringute alusel (Väikejärvede..., 2017) oli keskmine fütoplanktoni biomass  $4,48 \text{ g/m}^3$ , mis pole suur väärtus. Suurim arvukus on olnud sinivetikatest liigil *Planktothrix agardhii* ( $10 \text{ g/m}^3$ , septembris 2017), kes ei fikseeri lämmastikku. Ühekordsel vaatlusel 2021. mais oli Verevi pinnavees teise sinivetika perekonna, *Dolichospermum*, esindajad. Neil on N sidumise võime, kuid arvukus oli väike. Üldiselt ei saa olla õhulämmastiku fikseerimisel Verevi N ringes

suurt osakaalu. Denitrifitseerimine, mille tulemusel tekivad gaasilised lämmastiku ühendid, toimub hapnikuvaestes tingimustes settes ja hüpolimnionis. Verevis võivad olla sellised alad nii põhjasete, hüpolimnion kui ka Käo oja järvelähedane ala. Viimasena nimetatud alal oli meie vaatluste ajal vees juba augustis hapnikuvaegus (1-1,7 mgO/l). Seal oli küll rikkalikult veetaimi ja pealiskasvu, kuid vaatamata sellele olid hapnikuolud kehvad (Foto 3.2.3.1). Ala on sarnane veepuhastile, mitte looduslikule veekogule. Võimalik, et see ongi kujunenud järve eelpuhastiks. Ülekaalukalt olulisem N fikseerimisest ja denitrifitseerimisest voogudest on koormust pinna- ja põhjaveest. Verevi valgala on suurendatud 10 korda kaksikümne aastat tagasi. Valgala suurendamine tähendab igal juhul ka koormuse suurendamist, veevahetuse intensiivistumist. Võrreldes varasema järve veebilansi uuringutes esitatud tulemustega (Nõges, 2005) on N koormus väga oluliselt suurenenud, kuid võrreldavaks on jäänud Verevi valgala (st vahetu järvega piirneva ala) koormus.



Foto 3.2.3.1. Käo oja laiend 9.08.2022. Koordinaadid: 58.230055; 26.395435. Foto: I. Ott

Meie poolt mõõdetud Käo oja koormuse dünaamika on esitatud joonisel 3.2.3.1. Suurvee ajal on N koormus suurem järve ärakandest. Vastupidise tulemuse saime fosfori kohta 2022. a. hilistalvel ja varakevadel. Kuna vaatlusperioodil olid aastaegade vaheldumine ebamäärane, siis see kajastub ka N koormuse dünaamikas.



**Joonisel 3.2.3.1.** Lämmastiku koormuse dünaamika Käo ojas ja Verevi järve väljavoolus 12.04.2021.- 27.04.2022. SV – sissevool; VV – väljavool.

Verevi järve N koormuse kogubilanss on esitatud tabelis 3.2.3.1. Siin on arvestatud nii Käo oja kui ka Verevi valglat. Viimase puhul on koormus arvatud maakasutustüüpide ärakande koefitsientidest (vt tabel 3.2.2.2). Põhjavee koormus saadi salvkaevude mõõtmiste keskmise väärtuse korrutamisel põhjavee kiildumisega järve (Verevi järve veevahetuse..., 2001). Denitrifitseerimise hindamiseks kasutasime kirjandusest leitavaid väärtusi (Seitzinger, 1988). Arvutuste tulemusena on N bilanss suure väärtusega. Suurest N reostusest annab tõestust ka 14. juunil 2022. Keskkonnauuringute Keskuse tehtud veeanalüüs Verevi järve pinnaveest, kus määrati N kontsentratsiooniks 2300 mg/m<sup>3</sup>, mis on üle kahe korra suurem, kui meie kompleksuuringute uuringute ajal 2017. a. kasvuperioodi keskmine väärtus (1100 mg/m<sup>3</sup>). Sellise N reostuse põhjused on meile teadmata.

Tabel 3.2.3.1. Verevi järve lämmastiku (N) bilanss 12.04.21. – 12.04.22.

Ala	N koormus, kg	N äravool/lendumine kg	Bilanss kg N
Käo oja valgla	14953		
Põhjavesi	1789		
Verevi valgla	532		
Verevi väljavool		11328	
Denitrifitseerimine		2306	
Kokku	17274	13634	3640

### 3.2.4. Järve mõõtmised

Toiteainete bilanssi mõjutab oluliselt veesamba kihistus. Vooluveekogude vaatluste ajal soovisime kontrollida hilistalvel ja kevadel ka järve omaduste olukorda. Kui kihistus puudub, siis võib järves toimuda nn isepuhastumine. See tähendab, et erinevalt kihistunud perioodiga on toiteainete sisaldused veesambas ühtlasemad ja seepärast võivad suured kogused järvest välja voolata. Verevi kohta on sellele ka varem viidatud (Nöges, 2005). Veebruari ja aprilli vaatlused vee omaduste kohta järves (tabelid 3.2.4.1 - 3.2.4.3) lubavad arvata, et põhjalähedasest kihist on kandunud toiteained kogu veesambasse ja väljavoolu kaudu lahkeb suur osa järvest. EKUKi 15. juuni 2022. järve pinnalt üldfosfori  $20 \text{ mg/m}^3$  ja üldlämmastiku  $2300 \text{ mg/m}^3$  sisaldused (andmed M. Berg-Jürgens, *pers. comm.*) viitavad samale seletusele. Need väärtused on fosfori osas kasvuperioodi tavalisest oluliselt väiksemad ja lämmastiku osas suuremad (suur N reostus valglalt).

Tabel 3.2.4.1. Verevi järve veesamba omaduste näitajate väärtused 21.02.2022 kell 12 (koordinaadid 58.230205; 26.403438).

Näitaja	Vahetult jää alt	2 m	3 m	5 m
Temperatuur, °C	0,1	1,6	2	2,4
O <sub>2</sub> %	83	51	42	29
O <sub>2</sub> mg/l	11,6	6,9	5,3	3,9
Elektrijuhtivus µS/cm	256	393	403	419
Erijuhtivus µS/cm	489	711	720	738
Lahustunud ainete sisaldus, mg/l	318	462	468	480
pH	7,96	7,65	7,53	7,45
Redokspotentsiaal	166	168	171	173
Hägusus, nefelomeetriline hägususe ühik	21,4	1,6	1,4	7,45

Tabel 3.2.4.2. Verevi järve veesamba omaduste näitajate väärtused 6.04.2022 kell 17:55 (koordinaadid 58.230422; 26.406009)

Näitaja	0,3 m	1 m	2 m	3 m	4 m
Temperatuur °C	2,6	3,4	3,4	3,3	3,1
O <sub>2</sub> %	123,7	89,6	59,8	44,4	29,2
O <sub>2</sub> mg/l	16,4	11,63	7,75	5,77	3,82
Elektrijuhtivus, µS/cm	341	436	445	446	448
Erijuhtivus, µS/cm	596	744	757	761	768
Lahustunud ainete sisaldus, mg/l	387	484	492	495	499
pH	7,78	7,59	7,49	7,41	7,36



Redokspotentsiaal	134	143	148	151	152
Hägusus, nefelomeetriline ühik	2,1	1,2	0,9	0,8	6

Tabel 3.2.4.3. Verevi järve üldaluselisuse väärtus (HCO<sub>3</sub>), üldlämmastiku (Üld-N) ja üldfosfori (Üld-P) sisaldus veesambas.

Kuupäev	Proovipunkt	HCO <sub>3</sub> mg/l	Üld-N mg/m <sup>3</sup>	Üld-P mg/m <sup>3</sup>
6.04.2022	Verevi järve pind	280,6	7870	40
6.04.2022	Verevi järve põhi	366,0	5950	20

### 3.2.5. Salvkaevude mõõtmised

Oletatavasti on põhjaveel suur mõju Verevi järve režiimile. Sellele viitavad varasemad uuringud (Mäemets, 1977; Verevi..., 1991; Nõges, 2005). Eelnevates uuringutes nimetatakse, et tegelikult on põhjavee koormust väga raske hinnata. Tabeli 3.2.5.1 alusel võib taas tõdeda, et väga oluline paistab olevat lämmastiku võimalik filtratsioon põhjaveest järve, kuid fosfori puhul on see väga väike. Verevi monograafias (Verevi..., 1991) on nimetatud, et Järve tn 4a salvkaevus oli üldlämmastiku sisaldus 4200 mg/m<sup>3</sup> ja üldfosfor 0.

Tabel 3.2.5.1. Verevi järveäärsete elamute salvkaevude üldlämmastiku (Üld\_N) ja – fosfori (Üld-P) sisaldused.

Kuupäev	Proovipunkt	Üld-N mg/m <sup>3</sup>	Üld-P mg/m <sup>3</sup>
15.06.2022	Elva Tartu mnt 24B	12600	5
15.06.2022	Elva Tartu mnt 18D salvkaev	9200	12

### 3.2.6. Vee omadused

Lisa 2 esitatud tabelis on laboris määratud vee omadused ja lisa 3 tabelis vaatluspaikades sondiga mõõdetud väärtused. Üldlämmastiku ja -fosfori kohta on esitatud värviliselt ka hinnangud viiepallilises skaalas, aga silmas peab pidama, et tegelikult antakse ökoloogilise seisundi hinnang abioteelsete väärtuste keskmise -, mitte üksikmõõtmiste alusel. Seepärast peab nendesse värvitud hinnangutesse suhtuma kui kvalitatiivsesse lisateabesse. Tulemused on kooskõlas vaatluste ajal märgatuga. Nt suurenes hägususe väärtus Käo oja puhastamise järel. Üldfosfori väärtused on reeglina parema kvaliteediga ja üldlämmastik oluliselt kehvemaga. Biokeemiline hapnikutarve, mida kasutatakse vooluveekogude kvaliteedi hindamiseks on keskmiselt kesisel tasemel (3,1 mgO/l). Looduslikes järvedes kasutati seda näitajat varem, praeguseks ajaks on sellest loobutud (st seda pole vastavas keskkonnaministri määruses; Pinnaveekogumite..., 2020). Kui siiski kasutada seda vana väärtusskaalat

kolmeks jaotatud skaalas (<2; 2-6; >6 mgO/l) on tulemus Verevi väljavoolu ja järve ääres Käo oja sissevoolu proovipunktis eutroofselt ehk keskmisel tasemel (2,6 mgO/l).

Kolmel korral võeti proove samal ajal Lammerdi kraavi algusest ja Käo ojust, mis suundub regulaatori kõrvalt järve. Eelnevalt saadi veelaskme aja kohta Elva reovee puhastusjaamast. Ülesandeks oli kontrollida, kas pumpamise ajal toimub ülevool Käo ojasse. Seda ei avastatud ühelgi korral meie vaatluste ajal. Siiski on teada, et selliseid õnnetusi on juhtunud.

## 4. Üldistused ja ettepanekud

### 4.1. Tehnilised probleemid ja lahendused

#### 4.1.1. Reoveepuhastusjaama heitvee äravoolutorustik

Elva reoveepuhastusjaama heitvee äravoolutorustiku läbilaskevõime puhastusjaamast Verevi järve regulaatorini 2 ei ole piisav. Aeg-ajalt on torustik uputatud ja töötab surve all, selle tulemusena heitvesi surutakse kaevudest üles maapinnale (Foto 4.1.1.1) ja kantakse maapinna pindmise äravooluga Käo oja kaudu Verevi järve.



Foto 4.1.1.1. Elva linna reoveepuhasti äravoolutorustiku kaevuümbrus (Foto: Ingmar Ott juuni, 2021)

#### Lahendus

Heitveetorustik tuleb rekonstrueerida vastavalt vooluhulkadele, selliselt et torustikus oleks tagatud vabavoolne äravool maksimaalsete vooluhulkade korral.

#### 4.1.2. Voolusängide tõkestatus

Lammerdi peakraavi ja Kavilda jõe voolusäng on olulisel määral settinud ja kohati koprapaisudega ning puitrisuga osaliselt tõkestatud. Kavilda jõe Jõhvi-Tartu mnt on truup 30 cm kõrgemal kui Verevi järve

regulaator 2 väljavoolutorud, põhjustades märkimisväärsed paisutust Kavilda jões, mis takistab regulaatori 2 normaalset toimimist.

Lahendus

Teha regulaarselt Lammerdi kraavi ja Kavilda jõe hooldustöid selliselt, et oleks tagatud nendes vooluveekogudes normaalne äravool. Paigaldada õigele kõrgusele Kavilda jõe Jõhvi-Tartu mnt. truup nii, et suurte vooluhulkade esinemisel ei tekiks truubist ülesvoolu paisutust.

#### 4.1.3 Veetaseme regulaatorid

Raudbetoonist regulaatorid 1 (väljavoolul) ja 2 (Käo oja sissevoolu läheduses) on pealt kaetud tsingitud plekist horisontaalse soojustatud katendiga. Regulaatorite pekk-katendi kandekonstruksiooni puitprussidest talad ja ülejäänud puitmaterjal on pehkinud ja vajavad väljavahetamist. Kohati on regulaatori šahti sisene soojustuskiht lagunenu ja vajab parandamist (asendamist). Regulaatoril 1 puudub šahti aval sulgemisluuk.

Regulaatori 2 paisu pinnaskeha on avariiohtlikus olukorras ja vajab rekonstrueerimist.

Käo oja Verevi järve sissevoolu sulgemisregulaator 3 on lagunenu ja ei toimi.

Lahendus

Koostada vajalikud tehnilised tööprojektid ja teha regulaatoritele 1; 2 ;3 asjakohased rekonstrueerimistööd.

#### 4.2. Veetaseme tõstmise otstarbekus

Veetaseme kõikumine oli meie mõõtja järgi 21 cm. Elva elanikud on esitanud arvamuse, et veetaset peaks kergitama ja sellisena säilitama. Järve talitluse mõttes on mõttekas hoida võimalikult kõrget veetaset, mis suurendab järve mahtu ja lahjendab sinna lahustunud ainete kontsentratsiooni. Samas võib see üle ujutada kalda-alad, mis toob kaasa sealse orgaaniliste jt ainete valgumist vette. Kõrgem veetase võib ka hõivata inimeste poolt seni kasutatavat ala ja seda kahjustada. Arvutuste järgi nt 20 cm veetaseme tõstmine suurendaks veemahtu ca mõne protsendi võrra. See tähendab, et nn ökoloogilise seisundi paranemist sellest ei oleks.

#### 4.3. Toiteainete koormuse üldine analüüs

Uuringu periood sattus ajale, mille alusel on raske teha üldistusi mõjurite keskmiste väärtuste kohta Verevi järve talitlusele. Ilmaolud olid keskmisest erinevad, toimusid ebaregulaarsed õnnetused Elva reovee puhastis, mõju avaldas Käo ojast sette ja taimede eemaldamine. Seda tehti eirates looduskaitse põhimõtteid.

Selgus, et lämmastiku koormus Verevile oli väga suur. Selle allikad on teadmata. Võimalik, et selles on suur osa Käo oja vahetule kaldale laotatud peamiselt orgaanilistes setetes. Talvise külmumise ajal muutusid olulised keemilised, ka geeljad struktuurid ja sulaveega kanti suured kogused lämmastikku järve. Settes oleva orgaanilise aine nitrifitseerimine toimub temperatuurist sõltumatult, mis tähendab, et lämmastiku koormus väljatõstetud settest võib toimuda pidevalt.

Lämmastiku kontsentratsioonid olid suured ka salvkaevudes. Täpset põhjavee osa bilansis on keeruline hinnata.

Fosforit on peetud siseveekogudes lämmastikust olulisemaks toiteaineks. Selle koormus tuli küll mudeli järgi üle järve taluvuspiiri, kuid kui arvestada kevadtalvel avastatud järve veesamba läbisegunemisest tingitud järve isepuhastumist, siis võib nimetada olukorda heaks. Sajandi alguses muudetud järve veerežiim on andnud sellise tulemuse, et veevahetus on oluliselt suurenenud, kuid see ei löhu veesamba kihistust kasvuperioodil. See juhtub nõ sobivaimal ajal, kevadtalvel. Sel perioodil kandub järvest välja kasvuperioodil põhjakihtides paiknenud reostus. Kui kevadel tekib kiiresti uuesti kihistus, siis see lukustab taas reostuse hüpolimnionisse. Kui väliskoormus on talutaval tasemel, siis puhastub järve mitme aasta jooksul ise ja polegi tarvis olulisi meetmeid rakendada. Sellise nähtuse ajaliskulgu ei saa ennustada, sest sõltub ilmaoludest.

Verevi järve puhul on mitmel korral tõusnud küsimus suplejatelt erituvate ainete koormuses järvele. Arvestamata külustuskoormuse hulka kõiki võimalikke mõjusid peale ainete eraldumise suplejate kehadelt, on Verevi kohta varem üldistatud, et selline mõju on tühine (Ott *et al.*, 2005).

#### 4.4. Arvamused ja ettepanekud

Lämmastiku koormus oli vaadeldud perioodil väga suur ja tuleks selgitada selle allikad (Käo oja valgala punktreesus ja hajukoormuse allikad ja kogused), mis ei kuulunud selle töö hulka.

Elva linna sademete kohta tehtud kavad (nimetatud ka järve meetmekavas) tuleks kiiresti realiseerida, kuid sama kogusega veetoide järve peaks säilima (st sademevee puhastust).

Järve üldine veetaseme tõstmine ei aita oluliselt kaasa ökoloogilise seisundi parandamisele.

Heitveetorustik tuleb rekonstrueerida vastavalt vooluhulkadele, veeregulaatorid on tarvilikud remontida ja korraldada nende edaspidine hooldus.

Järve looduskaitse seisukohalt on otstarbekas vooluveekogude puhastamisel alustada allavoolu paiknevalt alalt ja liikuda ülesvoolu. Sealjuures peab eemaldatava sette paigutama veekogust sellisele kaugusele, et toiteained ei valguks veekogusse tagasi. Eesmärk ei tohiks olla ainult voolutakistuste eemaldamine, vaid prioriteetseks tuleks tõsta looduskaitse eesmärke. Seda eriti paikades, kus kasutatakse intensiivselt loodushüvesid, nagu Verevi järv.

Kui jääda arvamuse juurde, et suur N koormus on ajutine ning igal aastal toimub järve kevadine (või ka sügisene) isepuhastumine, siis on otstarbekas kavandada järve tervendamist. Sobivad meetodid on seletatud inglise keeles Verevi viimases teaduslikus publikatsioonis (*Lake Verevi...*, 2005). Sealt on need võetud ka meetmekavasse (2015). Tahaksime rõhutada, et olukorra parandamiseks on sellel aastal tekkinud kaks uut võimalust. Oleme neid seletanud Elva Vallavalitsusele ja saanud ka sellekohase toetuskirja. Ühe projektitaotluse kohta tuleb otsus käesoleva aasta septembris. Tegevus on kavandatud kolmeks aastaks alates jaanuarist 2023.

Projektitaotluse nimetus:

Vee-ökosüsteemide tervendamine ja jätkusuutlik majandamine Balti regioonis: koostöö ja pilootalade uuringud eutrofeerumise leevendamiseks (*Restoration and Sustainable Management of Water Ecosystems in the Baltic Region: framework and Pilot Studies to Mitigate Eutrophication*)

Verevi töödest osavõtvad riigid:

Läti (juhtiv riik). Kogu projekti liider on Läti Veeökoloogia Instituut, veel Läti Ülikool jt

Soome. Partnerid: Helsingi Ülikool, Soome Keskkonnainstituut, Lahti linn,

Eesti. Üks partner: Eesti Maaülikool.

Verevi järves kavandatavad tegevused

Innovaatiline järve tervendamismeetod: pumbata hüpolimnioni vett (HV) järvest välja, seda töödelda ja lasta tagasi valguda. Tavapärase ja ammune meetod on nn Olszewsky toru kasutamine, st vesi suunatakse allavoolu. Toimimine: HV suunatakse alale, kus aereeritakse, lisatakse vajadusel kaltsiumit, rauda, koagulante (biopolümeere); edasi läbi liivafiltrit; edasi läbi mägala; töödeldud HV tagasi järve. Sama ideed on tutvustatud Keskkonnaministeeriumi veosakonnale ja Riigimetsa Majandamise Keskuse Looduskaitse osakonnale. Eesti riigil on ülesanne 2027. aastaks tervendada EL Ühtekuulussfondi rahalisel toel mitusada hektarit siseveekogusid. Verevi järv võiks olla üks kandidaatidest. Selle otsustamiseks peaks Elva Vallavalitsus hoidma ühendust vastavate ametkondadega.

## Kirjandus

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

Eesti väikejärvede hüdrobioloogiline seire 2017. Ott, I. (vast.) Eesti Maaülikool. Tellija EV Keskkonnaagentuur. 248 lk.

Elva reoveepuhasti äravoolutorustiku Verevi järve sissevoolu ja väljavoolu teostusmõõdistus, FIE Alser Kubja, 2002.

Elva linna sademeveesüsteemide eskiisprojekt. Eesti Veeprojekt töö nr 14-17, 2017.

Hajukoormuse ja sellest tuleneva keskkonnamõju analüüs. Juhtumiuuringu aruanne (2013). 39 lk. Kättesaadav:

[http://gauja.balticrivers.eu/files/01\\_hajukoormuse\\_ja\\_sellest\\_tuleneva\\_keskkonnamoju\\_analuus.pdf](http://gauja.balticrivers.eu/files/01_hajukoormuse_ja_sellest_tuleneva_keskkonnamoju_analuus.pdf)

Kavilda jõe korrastamine tõkkesammid Verevi järve sisse-ja väljavoolul OÜ Enno Kirt projekt,

Lake Verevi, Estonia – A Highly stratified hypertrophic lake. 2005. Ott, I., Kõiv, T. (editors). Developments in hydrobiology 182. Springer. 203 pp.

Loopmann, A. 1984. Suuremate Eesti järvede morfomeetrilised andmed ja veevahetus. Eesti NSV Teaduste Akadeemia. Tallinna Botaanikaead. Tln. 152 lk.

Maastik, A. 2006. Hüdroloogia ja hüdroomeetria. Eesti Maaülikool. Kirjastus Halo, 108 lk.

Mihkel X Töö nr. E-97-55-2, 1998.(arh nr 58)

Mäemets. A., 1977. Eesti NSV järved ja nende kaitse. „Valgus“. 263 lk.

Nõges, P. 2005. Water and nutrient mass balance of the partly meromictic temperate Lake Verevi. *Hydrobiologia*. 547:21-31. In: I. Ott & T. Kõiv. (eds). Lake Verevi, Estonia – A Highly Stratified Hypertrophic Lake.

Ott, I., Kõiv, T., Nõges, P., Kisand, A., Järvalt, A., Kirt, E. 2005. General description of partly meromictic hypertrophic Lake Verevi, its ecological status, changes during the past eight decades, and restoration problems. 547:1-20. In: I. Ott & T. Kõiv. (eds). Lake Verevi, Estonia – A Highly Stratified Hypertrophic Lake.

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.

Seitzinger, S.P. 1988. Denitrification in freshwater and coastal marine ecosystems: Ecological and geochemical significance. *Limnol. Oceanogr.*, 33(4, part 2). p.702-724.

Topo-geodeetilised uurimistööd Verevi järvest puhastusseadmeteni REIB OÜ. Töö nr TT-0177T,

Tõnno, I., Ott, K., Nõges, T. 2005. Nitrogen Dynamics in the steeply stratified, temperate Lake Verevi, Estonia. *Hydrobiologia*. 547:63-71. In: I. Ott & T. Kõiv. (eds). Lake Verevi, Estonia – A Highly Stratified Hypertrophic Lake.

Verevi järve meetmekava. 2015. Kreitsberg, M. jt. Eesti Maaülikool. 59 lk.

Verevi järve rannaala detailplaneeringu keskkonnamõju strateegiline hindamine. Aruanne. 2020. Juhtekspert T. Esperk. Alkranel OÜ. Tellija Elva Vallavalitsus. Käsikiri. 135 lk.

Verevi järve seisund. H. Timm (koostaja). 1991. Hüdrobioloogilised uuringud XVII. Eesti Teaduste Akadeemia Zooloogia ja Botaanika Instituut. Tartu. 140 lk.

Verevi järve sügavuskaart. Toomas Kõiv, 2017

Verevi järve veevahetuse parandamine ja reostuskoormuse vähendamine OÜ Enno Projekt

töö nr E-01-119.2PD ,2001.(arh nr 5)

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

Võrtsjärv. Loodus. Aeg. Inimene. 2003. Eesti Entsüklopeediakirjastus. Tln. 542 lk.

## Lisa 1. Vooluhulgad.

Tabelis pole märgitud neid aegu, kui vesi ei voolanud. Järvest vett välja ei voolanud 9.08.-19.10.2021. 21.12.-10.02.22. Käo ojust sissevoolu polnud 9.08.-28.08.2; 21.12.-10.02.22.

Vaatluskoht	Kuupäev	Kell	N koordinaat	E Koordinaat	Vooluhulk, m <sup>3</sup> /sek.
Verevi vv Valga- Tartu maantee juures	16.03.2021	15:15	58.236861	26.390754	0,1128
Verevi sv Käo ja Lammerdi nurk	22.03.2021	16:05	58.229205	26.390924	0,0708
Verevi sv Kavilda ja Lammerdi nurk	22.03.2021	16:35	58.235148	26.394765	0,1302
Verevi sv Käo ja Lammerdi nurk	27.03.2021	11:50	58.229205	26.390924	0,0768
Verevi sv Käo ja Lammerdi nurk	27.03.2021	12:20	58.229205	26.390924	0,0753
Verevi vv järve ääres	12.04.2021	14:25	58.233357	26.404864	0,0649
Verevi sv Käo ja Lammerdi nurk	12.04.2021	15:20	58.229205	26.390924	0,0167
Verevi möödaviik Lammerdi kraav	12.04.2021	15:35	58.229517	26.390865	0,0049
Verevi vv järve ääres	25.04.2021	14:40	58.233357	26.404864	0,0150
Verevi sv Käo ja Lammerdi nurk pärast heitvee lasku	11.05.2021	14:00	58.229205	26.390924	0,0348
Verevi vv järve ääres	11.05.2021	15:50	58.233357	26.404864	0,0296
Verevi sv Käo ja Lammerdi nurk enne heitvee lasku	27.05.2021	13:32	58.229205	26.390924	0,2035
Verevi sv järve ääres	27.05.2021	15:54	58.229922	26.400997	0,2956
Verevi vv järve ääres	27.05.2021	17:36	58.233357	26.404864	0,3289
Verevi sv Käo ja Lammerdi nurk enne heitvee lasku	9.06.2021	13:47	58.229205	26.390924	0,0257
Verevi vv järve ääres	9.06.2021	16:55	58.233357	26.404864	0,0170
Verevi sv mnt truubi juures	29.06.2021	12:51	58.220812	26.389829	0,0048
Verevi vv järve ääres	29.06.2021	16:17	58.233357	26.404864	0,0017
Verevi sv mnt truubi juures	16.09.2021	12:37	58.220812	26.389829	0,0037
Verevi sv Käo ja Lammerdi nurk	16.09.2021	12:45	58.229205	26.390924	0,0016
Verevi sv mnt truubi juures	30.09.2021	9:57	58.220812	26.389829	0,0037

Vaatluskoht	Kuupäev	Kell	N koordinaat	E Koordinaat	Vooluhulk, m <sup>3</sup> /sek.
Verevi sv Käo ja Lammerdi nurk	30.09.20	10:4	58.22920	26.39092	0,0016
	21	9	5	4	
Verevi sv mnt truubi juures	19.10.20	12:5	58.22081	26.38982	0,0049
	21	1	2	9	
Verevi sv mnt truubi juures	15.11.20	14:1	58.22081	26.38982	0,0119
	21	1	2	9	
Verevi sv Käo ja Lammerdi nurk	15.11.20	14:3	58.22920	26.39092	0,0046
	21	6	5	4	
Verevi vv järve ääres	15.11.20	12:3	58.23335	26.40486	0,0298
	21	9	7	4	
Jaanijärve väljavool Verevisse	15.11.20	13:3	58.23741	26.40685	0,0011
	21	2	5	8	
Verevi sv mnt truubi juures	26.11.20	11:0	58.22081	26.38982	0,0200
	21	8	2	9	
Verevi sv Käo ja Lammerdi nurk	26.11.20	11:5	58.22920	26.39092	0,0153
	21	1	5	4	
Verevi vv järve ääres	26.11.20	13:0	58.23335	26.40486	0,0199
	21	5	7	4	
Jaanijärve väljavool Verevisse	26.11.20	13:5	58.23741	26.40685	0,0009
	21	8	5	8	
Verevi sv mnt truubi juures	14.12.20	13:3	58.22081	26.38982	0,0107
	21	4	2	9	
Verevi vv järve ääres	14.12.20	14:1	58.23335	26.40486	0,0242
	21	8	7	4	
Verevi sv mnt truubi juures	21.02.20	10:1	58.22081	26.38982	0,5500
	22	4	2	9	
Verevi sv Käo ja Lammerdi nurk	21.02.20	11:0	58.22920	26.39092	0,1228
	22	0	5	4	
Verevi vv järve ääres sondiga	21.02.20	12:4	58.23335	26.40486	0,6052
	22	9	7	4	
Jaanijärve väljavool Verevisse	21.02.20	13:4	58.23741	26.40685	0,0017
	22	2	5	8	
Verevi sv mnt truubi juures	7.03.202	14:3	58.22081	26.38982	0,0333
	2	3	2	9	
Verevi sv Käo ja Lammerdi nurk	7.03.202	14:5	58.22920	26.39092	0,0544
	2	6	5	4	
Verevi vv järve ääres	7.03.202	15:5	58.23335	26.40486	0,1100
	2	4	7	4	
Verevi sv mnt truubi juures	10.04.20	14:0	58.22081	26.38982	0,2088
	22	4	2	9	
Verevi sv Käo ja Lammerdi nurk	10.04.20	14:2	58.22920	26.39092	0,1344
	22	7	5	4	
Verevi vv järve ääres sondiga	10.04.20	15:4	58.23335	26.40486	0,2743
	22	2	7	4	
Verevi sv mnt truubi juures	27.04.20	13:1	58.22081	26.38982	0,0407
	22	5	2	9	
Verevi sv Käo ja Lammerdi nurk	27.04.20	13:2	58.22920	26.39092	0,0686
	22	9	5	4	



Vaatluskoht	Kuupäev	Kell	N koordinaat	E Koordinaat	Vooluhulk, m <sup>3</sup> /sek.
Verevi vv järve ääres	27.04.20 22	14:3 4	58.23335 7	26.40486 4	0,0889

## Lisa 2. Vee omaduste andmed (labori analüüsid).

Väärtused on värvitud EL Veepoliitika Raamdirektiivi viie kvaliteediklassi järgi vastavalt kas vooluveekogude või seisuveekogude ökoloogilise seisundi väärtustele.

Verevi vahetu sissevool on hinnatud seisuveekogu alusel. Sinine – väga hea; roheline hea; kollane – kesine; oranž – halb; punane väga halb. Biokeemilise hapnikutarbe (BHT7) on ümber arvutatud BHT5-ks, mille kohta on väärtusskaala.

Lammerdi kraavile kui reovee suublale on teised nõuded, mida siin ei hinnata.

Kuupäev	Proovipunkt*	HCO <sub>3</sub> mg/l	Üld-N mg/m <sup>3</sup>	Üld-P mg/m <sup>3</sup>	BHT7, mg O/l	BHT5, mgO/l
12.04.2021	Verevi väljavool	335,5	3000	29	2,4	2,1
12.04.2021	Käo oja Lammerdi kraavi alguse juures	350,8	4500	73	3,2	2,7
12.04.2021	Lammerdi kraav	186,1	22500	268	9,3	7,9
25.04.2021	Verevi väljavool (vv)	329,4	3000	39	4,5	3,8
25.04.2021	Käo oja Lammerdi kraavi alguse juures	378,2	2500	71	3,4	2,9
25.04.2021	Lammerdi kraav	219,6	15000	122	3,9	3,3
11.05.2021	Verevi sv Käo ja Lammerdi nurk <b>enne</b> heitvee lasku	359,9	4280	43	1,3	1,1
11.05.2021	Verevi möödaviik Lammerdi kraav <b>enne</b> heitvee lasku	326,4	9520	287	5,9	5,0
11.05.2021	Verevi sv Käo ja Lammerdi nurk <b>pärast</b> heitvee lasku	369,1	4280	42	1,4	1,2
11.05.2021	Verevi möödaviik Lammerdi kraav <b>pärast</b> heitvee lasku	268,4	9520	140	2,2	1,9
11.05.2021	Verevi sv järve ääres	344,7	3810	30	2,2	1,9
11.05.2021	Verevi vv	329,4	2380	25	3,1	2,6
27.05.2021	Verevi sv Käo ja Lammerdi nurk <b>enne</b> heitvee lasku	341,6	5667	50	2,2	1,9
27.05.2021	Verevi möödaviik Lammerdi kraav <b>enne</b> heitvee lasku	329,4	7380	575	15	12,8
27.05.2021	Verevi sv Käo ja Lammerdi nurk <b>pärast</b> heitvee lasku	341,6	5710	49	2,2	1,9
27.05.2021	Verevi möödaviik Lammerdi kraav <b>pärast</b> heitvee lasku	244,0	12380	166	3,6	3,1
27.05.2021	Verevi vv	329,4	2090	43	5,2	4,4
9.06.2021	Verevi sv Käo ja Lammerdi nurk <b>enne</b> heitvee lasku	427,0	2260	62	4,3	3,7
9.06.2021	Verevi möödaviik Lammerdi kraav <b>enne</b> heitvee lasku	277,6	7100	340	7,2	6,2
9.06.2021	Verevi sv Käo ja Lammerdi nurk <b>pärast</b> heitvee lasku	427,0	2380	63	4,3	3,7
9.06.2021	Verevi möödaviik Lammerdi kraav <b>pärast</b> heitvee lasku	265,4	5700	136	8,4	7,2
9.06.2021	Verevi sv järve ääres	335,5	2430	33	3,5	3,0

Kuupäev	Proovipunkt*	HCO <sub>3</sub> mg/l	Üld-N mg/m <sup>3</sup>	Üld-P mg/m <sup>3</sup>	BHT7, mg O/l	BHT5, mgO/l
9.06.2021	Verevi vv	317,2	2210	35	3	2,6
29.06.2021	Käo oja mnt truubi juures	375,2	4760	110	2,2	1,9
29.06.2021	Käo oja Lammerdi kraavi alguse juures	317,2	4450	61	2,2	1,9
29.06.2021	Verevi sv järve ääres	292,8	1500	30	2,8	2,4
29.06.2021	Verevi vv	317,2	1500	26	2,2	1,9
9.08.2021	Käo oja mnt truubi juures	353,8	1000	62	1,4	1,2
9.08.2021	Käo oja Lammerdi kraavi alguse juures	250,1	2330	443	2,4	2,1
9.08.2021	Verevi sv järve ääres	271,5	1030	25	1,9	1,6
9.08.2021	Verevi vv	274,5	904	34	1,2	1,0
28.08.2021	Käo oja mnt truubi juures	439,2	2575	65		
28.08.2021	Käo oja Lammerdi kraavi alguse juures	396,5	1200	77		
28.08.2021	Verevi sv järve ääres	265,4	925	16		
28.08.2021	Verevi vv	478,9	875	48		
16.09.2021	Käo oja mnt truubi juures	353,8	2300	42	2,6	2,2
16.09.2021	Käo oja Lammerdi kraavi alguse juures	366,0	1980	46	3,1	2,6
16.09.2021	Verevi sv järve ääres	277,6	975	14	2,1	1,8
16.09.2021	Verevi vv	274,5	850	20	2,3	2,0
30.09.2021	Käo oja mnt truubi juures	451,4	2900	150	7,5	6,4
30.09.2021	Käo oja Lammerdi kraavi alguse juures	451,4	2750	42	5,9	5,0
30.09.2021	Verevi sv järve ääres	292,8	825	16	1,5	1,3
30.09.2021	Verevi vv	292,8	850	20	1,8	1,5
19.10.2021	Käo oja mnt truubi juures	466,7	2180	110	4	3,4
19.10.2021	Käo oja Lammerdi kraavi alguse juures	433,1	1880	55	6,1	5,2
19.10.2021	Verevi sv järve ääres	305,0	1050	22	1,8	1,5
19.10.2021	Verevi vv	305,0	880	22	2,2	1,9
15.11.2021	Käo oja mnt truubi juures	420,9	5600	78	2,8	2,4
15.11.2021	Käo oja Lammerdi kraavi alguse juures	439,2	5300	73	3,9	3,3
15.11.2021	Verevi sv järve ääres	305,0	1200	24	2,8	2,4
15.11.2021	Verevi vv	305,0	1100	17	3,3	2,8
15.11.2021	Jaanijärve väljavool	378,2	1050	15	3,1	2,6
26.11.2021	Käo oja mnt truubi juures	420,9	4200	71		
26.11.2021	Käo oja Lammerdi kraavi alguse juures	414,8	4150	68		
26.11.2021	Verevi sv järve ääres	295,9	1530	21		
26.11.2021	Verevi vv	302,0	1150	19		
26.11.2021	Jaanijärve väljavool	347,7	1100	16		
14.12.2021	Käo oja mnt truubi juures	427,0	4250	72	2,6	2,2
14.12.2021	Verevi vv	311,1	1430	19	2,7	2,3
21.02.2022	Käo oja mnt truubi juures	305,0	13000	37		
21.02.2022	Käo oja Lammerdi kraavi alguse juures	323,3	12400	38		
21.02.2022	Verevi sv järve ääres	295,9	12000	42		
21.02.2022	Verevi vv	292,8	9500	49		
21.02.2022	Jaanijärve väljavool	378,2	1100	24		

Kuupäev	Proovipunkt*	HCO <sub>3</sub> mg/l	Üld-N mg/m <sup>3</sup>	Üld-P mg/m <sup>3</sup>	BHT7, mg O/l	BHT5, mgO/l
7.03.2022	Käo oja mnt truubi juures	356,9	9500	39		
7.03.2022	Käo oja Lammerdi kraavi alguse juures	359,9	9400	37		
7.03.2022	Verevi sv järve ääres	372,1	10200	38		
7.03.2022	Verevi vv	320,3	9300	35		
6.04.2022	Verevi järve pind	280,6	7870	40		
6.04.2022	Verevi järve põhi	366,0	5950	20		
10.04.2022	Käo oja mnt truubi juures	292,8	7160	35		
10.04.2022	Käo oja Lammerdi kraavi alguse juures	292,8	7260	32		
10.04.2022	Verevi sv järve ääres	277,6	6840	38		
10.04.2022	Verevi vv	280,6	5870	29		
27.04.2022	Käo oja mnt truubi juures	366,0	4130	59		
27.04.2022	Käo oja Lammerdi kraavi alguse juures	366,0	4150	54		
27.04.2022	Verevi sv järve ääres	323,3	5050	34		
27.04.2022	Verevi vv	323,3	4950	24		
15.06.2022	Elva Trt mnt 24B salvkaev		12600	5		
15.06.2022	Elva Tartu mnt 18D salvkaev		9200	12		

\*Vaatluspaikade koordinaadid:

Verevi sv Käo ja Lammerdi nurk	58.229205	26.390924
Verevi sv järve ääres	58.229922	26.400997
Verevi vv järve ääres	58.233357	26.404864
Verevi järv 21.02.22	58.230205	26.403438
Verevi järv, 6.04.22	58.230422	26.406009
Lammerdi kraav	58.229517	26.390865
Jaanijärve väljavool	58.237415	26.406858
Käo oja, Verevi sv mnt truubi juures	58.220812	26.389829

### Lisa 3. Vee omadused (mõõtmised vaatluskohas).

T – veetemperatuur °C; E – elektrijuhtivus µS/cm; SPC – erijuhtivus µS/cm; TDS – lahustunud ained, mg/l; ORP – redokspotentsiaal; NTU – hägusus nefelomeetrilises ühikus; SD – vee läbipaistvus, m. SV – sissevool; VV - väljavool

Vaatluskoht	Kuupäev	Kell	T	O <sub>2</sub> %	O <sub>2</sub> mg/l	E	SPC	TDS	pH	ORP	NTU	SD	värvus
Verevi vv järve ääres	12.04.2021		6,7	97,6	11,87	41,7,6		41,5,2	8,04	10,8			
Verevi sv Käo ja Lammerdi nurk	12.04.2021		9	91,2	10,5	51,4		48,1	7,82	10,3,5			
Verevi möödaviik Lammerdi kraav	12.04.2021		10	52,5	5,76	77,9		70,0	7,01	10,10	9,4		
Verevi vv järve ääres	25.04.2021		9,3	11,5	13,6	44,5		44,2	8,5	12,2	1,3		
Verevi sv Käo ja Lammerdi nurk	25.04.2021		6,2	81,2	9,93	48,2		49,0	7,78	11,5	5,4		
Verevi möödaviik Lammerdi kraav	25.04.2021		8,6	59,4	6,84	72,5		68,7	7,18	28,5	2,1		
Verevi sv Käo ja Lammerdi nurk enne heitvee lasku	11.05.2021	12:47	13,8	98	10,2	53,2		44,0	8,8	90,90	2,4		
Verevi möödaviik Lammerdi kraav enne heitvee lasku	11.05.2021	12:55	11,3	61	6,6	73,9		65,0	7,29	18,6	3,7		
Verevi sv Käo ja Lammerdi nurk pärast heitvee lasku	11.05.2021	14:00	14,8	10,6	10,74	54,6		44,1	8,02	18,2	2,5		
Verevi möödaviik Lammerdi kraav pärast heitvee lasku	11.05.2021	14:10	11,7	74	8,9	75,4		65,6	7,21	70,70	2,1		
Verevi sv järve ääres	11.05.2021	15:12	15,8	10,9	10,8	54,1		42,3	8,18	18,1	1,5		
Verevi järv	11.05.2021	15:25	14,2	14,0	14,5	49,5		40,5	8,73	14,6	1,6	1,9	hägune kollane
Verevi vv järve ääres	11.05.2021	15:50	14,6	12,6	12,9	49,5		40,2	8,65	14,3	2,1		
Verevi sv Käo ja Lammerdi nurk enne heitvee lasku	27.05.2021	13:32	10,1	97,6	10,9	44,2		40,0,1	8,14	13,7	2,8		
Verevi möödaviik Lammerdi kraav enne heitvee lasku	27.05.2021	13:36	10,3	97,1	10,8	46,4		41,9	8,19	10,2	4,1		
Verevi sv Käo ja Lammerdi nurk pärast heitvee lasku	27.05.2021	15:07	10,5	98,1	10,86	44,4,5		40,0	8,12	81,81	2,4		
Verevi möödaviik Lammerdi kraav pärast heitvee lasku	27.05.2021	14:58	11,5	83,2	8,9	61,7		54,0	7,5	32,30	2,6		
Verevi sv järve ääres	27.05.2021	15:54	15,8	10,9	10,8	54,1		42,3	8,18	18,1	1,5		
Verevi vv järve ääres	27.05.2021	17:36	14,1	12,2	12,4	47,6		39,1	8,79	14,3	2,1		
Verevi sv Käo ja Lammerdi nurk enne heitvee lasku	9.06.2021	13:47	18,1	80	7,51	64,7		48,4	7,91	99,9	5,1		

Vaatluskoht	Kuupäev	Kell	T	O <sub>2</sub> %	O <sub>2</sub> mg/l	E	SPC	TDS	pH	ORP	NT U	S D	värvus
Verevi möödaviik Lammerdi kraav <b>enne</b> heitvee lasku	9.06.2021	13:53	16,4	76,5	7,43	891		693	7,52	85,3	8,8		
Verevi sv Käo ja Lammerdi nurk <b>pärast</b> heitvee lasku	9.06.2021	15:02	18,8	105,8		653		482	7,91	62,4	4,1		
Verevi möödaviik Lammerdi kraav <b>pärast</b> heitvee lasku	9.06.2021	14:55	15,7	82,1	8,08	882		697	7,37	36,70			
Verevi sv järve ääres	9.06.2021	17:55	22	127	11,6	607		416	8,49	96,6	1,4		
Verevi vv järve ääres	9.06.2021	16:55	23,1	92,7	7,88	596		402	8,37	47,3	0,7		
Verevi järv	9.06.2021	17:45										2,7	kollane
Verevi sv mnt truubi juures	29.06.2021	12:51	17,7	62,7	5,9	60		453,1	7,62	165,8	3,1		
Verevi sv Käo ja Lammerdi nurk	29.06.2021	13:21	18,9	65,3	5,96	591		434	7,69	141,1	2,1		
Verevi sv järve ääres	29.06.2021	15:38	24,6	148	12,24	558		365	8,6	140,4	1,9		
Verevi vv järve ääres	29.06.2021	16:17	23,9	88,4	7,37	571		379	8,2	23,8	1,2		
Verevi sv mnt truubi juures	9.08.2021	11:14	15,8	21,9	2,19	612		483	8,8	19,9	4,8		
Verevi sv Käo ja Lammerdi nurk	9.08.2021	12:22	18,2	18,2	1,71	437		326	7,75	12,4	8,3		
Verevi sv järve ääres	9.08.2021	14:21	20,6	63,6	5,69	533		346	8,11	13,1	1,1		
Verevi vv järve ääres	9.08.2021	15:09	19,4	76,5	7,01	474		345	8,09	12,3	1,1		
Verevi sv mnt truubi juures	28.08.2021	16:10	14,1	9,5	0,97	874	1103	717	7,42	88,1	22,8		
Verevi sv Käo ja Lammerdi nurk	28.08.2021	16:26	15,8	40,7	4,02	362	767	498,7	7,97	20,2	7,4		
Verevi sv järve ääres	28.08.2021	17:41	17,6	68,6	6,51	453	527	343	8,23	89,3	11,3		
Verevi vv järve ääres	28.08.2021	16:56	16,1	53,1	5,2	456	556	357	7,97	16,7	0,2		
Verevi sv mnt truubi juures	16.09.2021	12:37	8,5	55,4	6,47	483	704	458	7,9	11,4,5	1,6		
Verevi sv Käo ja Lammerdi nurk	16.09.2021	12:45	9,7	66	7,51	506	715	465	8,08	13,2	2,5		
Verevi sv järve ääres	16.09.2021	12:12	12,5	71,5	7,62	401	527	343	8,42	12,1,4	0,6		
Verevi vv järve ääres	16.09.2021	13:47	10,6	44,7	4,97	375	518	337	8,04	76	0,3		

Vaatluskoht	Kuupäev	Kell	T	O <sub>2</sub> %	O <sub>2</sub> mg/l	E	SPC	TDS	pH	ORP	NT U	S D	värvus
Verevi sv mnt truubi juures	30.09.2021	9:57	8,1	42,5	5,1	528	780	507	7,87	104	28,1		
Verevi sv Käo ja Lammerdi nurk	30.09.2021	10:49	8,3	21	2,41	546	802	521	7,87	21,7	11,1		
Verevi sv järve ääres	30.09.2021	11:20	9,1	52,7	6,14	372	535	347	8,19	13,7	0,5		
Verevi vv järve ääres	30.09.2021	11:51	8,9	63	7,37	384	555	360	8,22	84,2	0,5		
Verevi sv mnt truubi juures	19.10.2021	12:51	4,6	63,7	8,22	506	830	540	7,91	13,9,2	20,3		
Verevi sv Käo ja Lammerdi nurk	19.10.2021	13:20	3,6	38,3	5,08	441	747	486	7,46	93,3	6,3		
Verevi sv järve ääres	19.10.2021	13:49	4,9	66,3	8,49	349,3	567	368,5	7,82	12,6	0,7		
Verevi vv järve ääres	19.10.2021	14:24	4,2	39,2	5,11	337	559	363	7,74	13,5	0,3		
Verevi sv mnt truubi juures	15.11.2021	14:11	1,3	82,7	11,8	464	847	551	7,51	12,4	9,1		
Verevi sv Käo ja Lammerdi nurk	15.11.2021	14:36	1,3	80,5	11,49	464	847	550	7,49	11,0,5	9,9		
Verevi sv järve ääres	15.11.2021	15:14	3,8	68,7	9,17	405	680	442	7,62	11,5	2,5		
Verevi vv	15.11.2021	12:39	4,2	87,7	11,62	347	575	374	7,89	12,9	0,5		
Jaanijärve väljavool Verevisse	15.11.2021	13:32	3,9	69,1	9,23	413	693	450	7,83	96,8	1		
Verevi sv mnt truubi juures	26.11.2021	11:08	3,7	81,5	10,5	479	807	525	7,78	97	9,2		
Verevi sv Käo ja Lammerdi nurk	26.11.2021	11:51	3,9	77,3	9,89	480	804	523	7,61	15,7	8,9		
Verevi sv järve ääres	26.11.2021	12:35	1,9	82,1	11,09	333	596	388	7,87	12,4	1,3		
Verevi vv järve ääres sondiga	26.11.2021	13:05	3,3	91,3	12,3	338	583	379	7,79	13,5			
Jaanijärve väljavool Verevisse	26.11.2021	13:58	3,1	68,5	8,97	387	664	432	7,73	11,0	1		
Verevi sv mnt truubi juures	14.12.2021	13:34	0,9	87,8	12,47	324	601	391	7,89	14,9,1	0,7		
Verevi vv järve ääres sondiga	14.12.2021	14:18	0,5	81,2	11,63	431,9	811	527	7,97	10,5	10,4		
Verevi sv mnt truubi juures	21.02.2022	10:14	1,3	94,5	12,9	345	632	410	8,72	12,4	4,2		
Verevi sv Käo ja Lammerdi nurk	21.02.2022	11:00	3,9	77,3	9,89	480	804	523	7,61	15,7	8,9		
Verevi sv järve ääres	21.02.2022	11:42	1,9	82,1	11,09	333	596	388	7,87	12,4	1,3		
Verevi vv järve ääres sondiga	21.02.2022	12:49	3,3	91,3	12,3	338	583	379	7,79	13,5			

Vaatluskoht	Kuupäev	Kell	T	O <sub>2</sub> %	O <sub>2</sub> mg/l	E	SPC	TDS	pH	ORP	NTU	SD	värvus
Jaanijärve väljavool Verevisse	21.02.2022	13:42	3,1	68,5	8,97	387	664	432	7,73	110	1		
Verevi järv 0 m	21.02.2022	12:00	0,1	83	11,6	256	489	318	7,96	166	21,4		
Verevi järv 2 m	21.02.2022	12:00	1,6	51	6,9	393	711	462	7,65	168	1,6		
Verevi järv 3 m	21.02.2022	12:00	2,4	42	5,3	403	720	468	7,53	171	1,4		
Verevi järv 5 m	21.02.2022	12:00	2,4	29	3,9	419	738	480	7,45	173	7,45		
Verevi sv mnt truubi juures	7.03.2022	14:33	0,4	92,4	13,26	394	742	482	7,92	161	1,7		
Verevi sv Käo ja Lammerdi nurk	7.03.2022	14:56	0,4	93,5	13,45	399	752	484	7,63	176	2		
Verevi sv järve ääres	7.03.2022	15:23	0,9	94,8	13,45	403	748	486	7,57	156	2,6		
Verevi vv järve ääres sondiga	7.03.2022	15:54	1,6	89,4	12,45	377,5	683	444	7,66	170	1,6		
Verevi järv, 0,3 m	6.04.2022	17:55	2,6	123,7	16,4	341		387	7,78	134	2,1		
Verevi järv, 1 m	6.04.2022	17:55	3,4	89,6	11,63	436		484	7,59	143	1,2		
Verevi järv, 2 m	6.04.2022	17:55	3,4	59,8	7,75	445		492	7,49	148	0,9		
Verevi järv, 3 m	6.04.2022	17:55	3,3	44,4	5,77	446		495	7,41	151	0,8		
Verevi järv, 4 m	6.04.2022	17:55	3,1	29,2	3,82	448		499	7,36	152	6		
Verevi sv mnt truubi juures	10.04.2022	14:04	5,2	105,1	13,08	352	566	368,2	7,77	239	5,2		
Verevi sv Käo ja Lammerdi nurk	10.04.2022	14:27	5,3	106,4	13,19	354,2	567	368,8	7,82	149,6	4,7		
Verevi sv järve ääres	10.04.2022	15:10	2,3	93,8	12,63	296,1	523	340,2	7,82	170,1	5		
Verevi vv järve ääres	10.04.2022	15:42	3,8	98,6	12,74	337	566	368	7,66	184,4	2,9		
Verevi sv mnt truubi juures	27.04.2022	13:15	7,5	107,3	12,87	461,6	693	450	8,5	224,5	3,5		
Verevi sv Käo ja Lammerdi nurk	27.04.2022	13:29	8,2	110	12,97	471	694	450,8	7,97	123,8	3,9		
Verevi sv järve ääres	27.04.2022	13:58	10,1	110,7	12,48	467	653	424	9,08	134,2	1,7		
Verevi vv järve ääres	27.04.2022	14:34	9,8	112,7	12,8	462	651	423	8,05	103,6	1,6		



Lisa 4 ja 5. Eraldi failid.

Lisa 4 Joonis Põhiplaan

Lisa 5 Joonis Käo oja valgala kaart