

Eesti Maaülikool
Põllumajandus- ja keskkonnainstituut
Hüdrobioloogia ja kalanduse õppetool

Projekti

**“Järvede seisundi parandamiseks vajalike uuringute
teostamine ja meetmekavade väljatöötamine”**

lõpparuanne

PULLIJÄRVE MEETME- JA TEGEVUSKAVA

Koostajad:

Ingmar Ott, Ronald Laarmaa, Kairi Maileht,
Sirje Vilbaste, Margot Sepp, Katrin Saar,
Henn Timm, Anu Palm ja Katrin Ott

Tööd toetab SA Keskkonnainvesteeringute Keskus

Sisukord

Sisukord.....	2
Sissejuhatus	4
1. Uuringute kirjeldus	5
1.1. Uuringuala kirjeldus ja lähteülesanne	5
I OSA: PULLIJÄRVE SEISUNDI DÜNAAMIKA	8
1.2. Uuringu meetodikate kirjeldused	8
1.2.1. Hüdrokeemia	8
1.2.2. Fütoplankton	9
1.2.3. Zooplankton	12
1.2.4. Suurtaimed.....	12
1.2.5. Suurselgrootud.....	14
1.2.6. Kalad.....	15
1.2.7. Välis- ja sisekoormus	16
1.2.8. Hüdro-morfoloogia.....	19
2. Pullijärve seisundi kirjeldus ja dünaamika.....	22
2.1. Hüdrokeemia	22
2.2. Fütoplankton.....	25
2.3. Zooplankton.....	27
2.4. Suurtaimed	28
2.5. Suurselgrootud	29
2.6. Kalad	30
2.7. Sise- ja väliskoormus	33
2.8. Hüdro-morfoloogia.....	41
II OSA: PULLIJÄRVE MEETME- JA TEGEVUSKAVA	47
1. Kliimamuutuste mõju järvede tervendamise kontekstis	47
2. Ökosüsteemiteenused ja huvigrupid.....	49
3. Külastuskoormus ja rekreatiivne taluvus.....	53
4. Meetme- ja tegevuskava.....	54
4.1. Väliskoormuse vähendamisega seotud tegevused	54
4.1.1. Kaldavööndi ja kalda ala looduslikkuse säilitamine	54
4.1.2. Hajureostuse vähendamine järve valgalal.....	57
4.1.3. Ühisveevärgi ja -kanalisatsiooni olukord	57
4.1.4. Maakasutus järve valgalal.....	59

4.2. Sisekoormuse vähendamisega seotud tegevused	60
4.2.1. Hariliku pilliroo niitmine sisekoormuse vähendamiseks.....	60
4.2.2. Koagulantide kasutamine lahustunud fosfori sidumiseks	60
4.3. Täiendavate uuringute vajadus	62
4.4. Meetmete eeldatav maksumus ja ajakava	63
4.5. Meetmete kaalumise ja parim kombinatsioon	65
4.6. Potentsiaalsed riskid ja riskide maandamine.....	66
Kokkuvõte.....	67
Kasutatud materjalid.....	68
Lisad	73
Lisa 1. Küsitluse ankeet	74

Sissejuhatus

Euroopa Liidu Veepoliitika Raamdirektiiv (VRD) reguleerib vee kasutamise ja selle hea seisundi säilitamisega seotud seaduseid ning regulatsioone liikmesriikides. Vesi on hindamatu ressurss, mistõttu nõuab dokument liikmesriikidelt pingutusi ja tegevusi, et saavutada pinnavete hea keemiline ja ökoloogiline seisund.

Pullijärv¹ on pehme ja heleda veega eutrofeerunud oligotroofne järv ning siin elavad mitmed haruldased looduskaitsealused liigid. Lisaks on järv olulise rekreatsioonilise väärtusega kohalike seas. Viimaste uuringute käigus on järve ökoloogiline seisund olnud kesine ja mitmed kvaliteedinäitajad on oluliselt halvenenud. Seetõttu on vajalik uurida "mittehea" seisundi põhjuseid ja töötada välja tõhusad meetmed järve seisundi parandamiseks.

Eesti Maaülikool esitas Keskkonnainvesteeringute Keskuse (KIK) poolt läbiviidud taotlusvooru projekti nr 14705 "Järvede seisundi parandamiseks vajalike uuringute teostamine ja meetmekavade väljatöötamine" taotluse, mis rahastati pooles mahus. Läbirääkimiste tulemusel kooskõlastati uus lähteülesanne Keskkonnaameti poolt 28.09.2018. a (nr 7-18/18/3808-6). Uus lähteülesanne keskendub Pullijärve (VEE2155200) mittehea seisundi põhjuste väljaselgitamisele.

Uuringute käigus selgitati olemasolevate andmete alusel Pullijärve seisundi dünaamikat alates 1950. aastatest tänapäevani, uuriti sise- ja väliskoormust ning pakuti välja meetmed järve seisundi parandamiseks. Uurimismeetodid, mida kasutati hüdrokeemilistel analüüsidel ja elustiku uuringutel, on standardiseeritud või interkalibreeritud ja vastavad seadustes äratoodud nõuetele ning nendega on võimalik tutvuda põhjalikumalt töö metoodika peatükkides. Parameetrite seisundi klassipiirid pärinevad keskkonnaministri määrusest nr 44 (Pinnaveekogumite..., 2009).

Töö eesmärk on välja töötada meetme- ja tegevuskava Pullijärve hea ökoloogilise seisundi saavutamiseks järgmise veemajanduskava perioodi jooksul (2020-2027).

Uuringu lõpparuanne koosneb kahest osast:

Esimeses osas (järve seisundi dünaamika) antakse ülevaade Pullijärve funktsioneerimisest ja kvaliteedielementide dünaamikast. Esitatakse välis- ja sisekoormuse uuringute tulemused. *Teises osas* (meetme- ja tegevuskava) kirjeldatakse kliima mõju pehme- ja heledaveelisele järvele, antakse ülevaade ökosüsteemiteenustest ning pakutakse välja meetme- ja tegevuskava koos ajakavaga.

Uuringut viisid läbi ja aruande koostasid Eesti Maaülikooli Põllumajandus- ja keskkonnainstituudi Hüdrobioloogia ja kalanduse õppetooli teadlased: prof. Ingmar Ott, Ph.D. (vastutav täitja), M.Sc. Ronald Laarmaa, M.Sc. Kairi Maileht, Ph.D. Sirje Vilbaste, Ph.D. Margot Sepp, M.Sc. Katrin Saar, Ph.D. Henn Timm, M.Sc. Anu Palm ja Katrin Ott.

¹ Kasutame nime Pullijärv, mitte Pulli järv. Täheandusega järvede nimed kirjutatakse kokku (nt Mustjärv, Linajärv, Pappjärv, Särgjärv jt).

1. Uuringute kirjeldus

1.1. Uringuala kirjeldus ja lähteülesanne

Põhjaloode-lõunakagu suunalise pikitelje ja ovaalse kujuga Pullijärv (ka Pulli, Pullipõdra ja Väike Pugola järv, VEE2155200; joonis 1.1.1 ja tabel 1.1.1) asub 184,6 m kõrgusel merepinnast Haanja kõrgustiku lõunanõlval. Järv on glatsiaalse tekkega ja asub tõenäoliselt endises jääkeelenõos. Pullijärv kuulub Koiva vesikonda ja Mustjõe alamvesikonda. Kaldajoon on vähe liigestatud ja väheste lahesoppidega, kaldad on enamasti liivased-kruusased (Pullijärve ..., 2010). Järve põhja katab keskmiselt 1,4 m paksune mudakiht, mis võib olla mõnes kohas kuni 3,4 m paksune (Laarmaa jt., 2019).



Joonis 1.1.1. Pullijärv, vaade droonilt (foto K. Maileht, 15.10.2018).

Pullijärvest 100 m põhja pool asub Saarjärv (ka Misso Saarjärv; VEE2155000) ja 2 km kaugusel Kisõjärve järvestik ning nende kaitseks loodud Kisejärve maastikukaitseala (KLO1000313), Pullijärvest 1,7 km lõuna pool asub Hino järv (VEE2155500; EELIS).

Pullijärv asub Pullijärve hoiualal (KLO2000077; Keskkonnaregister), mille kaitse eesmärkideks on:

- liiva-alade vähetoiteliste järvede kaitse ja
- hariliku vingerja (*Misgurnus fossilis*, LK III kat) elupaiga kaitse.

Tabel 1.1.1. Mõned Pullijärve morfomeetrised ja limnoloogilised näitajad. Koormustaluvus on väljendatud puhverdusvõime indeksina (Ott et al., 2005; Laarmaa jt., 2019; EELIS).

	Väärtus	Ühik
Valgala	182,71	ha
Järve pindala	63,1	ha
Suurim sügavus	7,1	m
Keskmine sügavus	3,9	m
Kaldajoone pikkus	3214	m
Veevahetus	<0,5	korda/a
Koormustaluvus	väike (3,2)	
VRD tüüp	5	
Limnoloogiline tüüp	oligotroofne	

Lisaks järve ja vingerja elupaiga kaitsmisele on Pullijärve piirkond oluline potentsiaalne nahkhiirte elupaik. Kaitsekorralduskava järgi on Pullijärve ääres registreeritud suurkõrva (*Plecotus auritus*; LK II kat) elupaik, lähedal asuva Hino järve ääres on registreeritud 6 liigi (kõik LK II kat) esinemine (lendlane (*Myotis* sp.), põhja-nahkhiir (*Eptesicus nilssonii*), suurkõrv (*Plecotus auritus*), pargi-nahkhiir (*Pipisrellus nathusii*), suurvidevlane (*Nyctalus noctula*) ja kääbusnahkhiir (*Pipisrellus pipistrellus*); Masing, 2004; Pullijärve ..., 2010). Järv on pikka aega olnud kasvukohaks haruldastele veetaimedele vesilobeeliale (*Lobelia dortmanna*; LK II kat) ja järv-lahnarohule (*Isoetes lacustris*; LK II kat). Lisaks on järvest leitud vahelduvaõielist vesikuuske (*Myriophyllum alterniflorum*; LK II kat) ja valget vesiroosi (*Nymphaea alba*; LK III kat), keda 2008. a vaatluste käigus enam ei leitud, kuid olid taas olemas 2010. ja 2017. a.

Pullijärve piirkond on ka oluline puhke- ja kalastuspiirkond, mistõttu on kaldal mitmeid paate ja paadisildu, ujumiskohti ning parvsaun. Ümber järve kulgevad kaks ringikujulist matkarada (3 ja 3,6 km), lühem metsarada kulgeb järvest läänes olevas riigimetsas ning pikem kulgeb ümber järve. Põhjakaldal asub RMK Pullijärve metsamaja, lisaks mitu turismiga tegelevat asutust. Järve idakaldal asub üldkasutatav ujumisala ja laululava. Järvest möödub Riia-Pihkva maantee. Misso asulas ja selle lähikülades elab 210 elanikku (Rõuge vallavalitsuse suulised andmed, 26.02.2020).

Kõike seda arvesse võttes on Pullijärve puhul tegemist äärmiselt väärtusliku loodusliku pehmeveelise veekoguga, mis on olnud ja on siiani mitmete haruldaste liikide elupaigaks. Seetõttu on oluline välja töötada efektiivsed meetmed, mille rakendamisel järve seisund paraneks ja taastuks ökosüsteemi funktsioneerimine.

LÄHTEÜLESANNE

Projekti „Järvede seisundi parandamiseks vajalike uuringute teostamine ja meetmekavade väljatöötamine“ eesmärk on luua eeldused saavutamaks Pullijärve vähemalt hea ökoloogiline seisund. Lähteülesanne (lühendatud kujul) koosneb kolmest osast:

Järve mittehea seisundi põhjuste väljaselgitamine (koormuse uuringud)

Väliskoormuse hindamine: Pullijärv on lähtejärv, st järvel on vaid väljavool, sissevool puudub. Väljavoolu vee omaduste analüüs toimub proovipunktis VV 57°36'34.77", 27°12'56.36", et hinnata potentsiaalset reostusohu allavoolu jäävatele veekogumitele. Vooluhulka ja vee omadusi mõõdetakse kalenderaasta jooksul vähemalt 12 korral. Mõõdetud ja analüüsitud näitajatest arvutatakse järve vee- ja ainebilanss. Järve valgala ning sellel asuvad objektid ja subjektid kujundavad järve väliskoormuse. Valgalalt pärinevate toiteainete koguste hindamiseks kasutatakse fosfori ja lämmastiku ärakande koefitsiente. Nende andmete põhjal koostatakse koormustaluvuse hinnang Vollenweideri mudeli alusel.

Sisekoormuse hindamine: Pullijärve sisekoormuse uurimiseks kogutakse setteproovid kolmest proovipunktist. Igast proovipunktist kogutakse setet ühel korral. Igas setteproovis analüüsitakse: sette kuivaine, orgaanilise aine, karbonaatide ja terrigeense aine sisaldust, hinnatakse sette kogust ja koostist ning fosfori hulka ja fosfori eri fraktsioonide dünaamikat. Inkubatsioonikatsega selgitatakse enesereostuse ohu suurust.

Järve ökoloogilise seisundi dünaamika ja järve funktsioneerimine

Pullijärve ökoloogilise seisundi muutuseid kirjeldatakse ja selgitatakse, tuginedes varasematele uuringutele. Järve on väikejärvede seire raames uuritud 2008. a, 2010. a ja viimati aastal 2017. Pullijärve seisundi hindamise aluseks on Keskkonnaministri määrus nr 44 (Pinnaveekogumite..., 2009). Seisundi dünaamika hindamisel kasutatakse järgmiste kvaliteedielementide hinnanguid: vee omadused, hüdro-morfoloogiline seisund, fütoplankton, zooplankton, fütobentos, makrofüüdid, suurselgrootud ja kalad.

Meetmekava koostamine järve ökoloogilise seisundi parandamiseks

Järve seisundi parandamiseks koostatakse läbiviidud kompleksuuringu tulemustele tuginedes meetmekava koos majandusliku analüüsiga.

Lähteülesanne kooskõlastati Keskkonnaametiga 28.09.2018. a (nr 7-18/18/3808-6).

I OSA: PULLIJÄRVE SEISUNDI DÜNAAMIKA

1.2. Uuringu meetodikate kirjeldused

1.2.1. Hüdrokeemia

Pullijärve hüdrokeemiat on uuritud varasemalt 1952., 1957., 1973., 1974., 1981. ja 1990. aastal ning väikejärvede seire käigus 2008., 2010. ja 2017. aastal.

Varasemate uuringute meetodikat on kirjeldatud mitmetes publikatsioonides (Eesti järved, 1968; Mäemets, 1977). Alljärgnevalt on kirjeldatud väikejärvede seire käigus kasutatud meetodikat. Proove koguti samast veekihist hüdrokeemiliseks ja fütoplanktoni analüüsiks. Pindmisest kihist koguti proovid käega 0,2-0,3 meetri sügavuselt otse pudelisse ning põhjalähedasest kihist Limnos-tüüpi batomeetriga. Veeproovid koguti eelnevalt pestud ja järveveega loputatud plastikpudelitesse ning hoiti kuni analüüsimiseni pimedas ja jahedas. Proovivõtul lähtuti Eesti standardist EVS-ISO 5667-4. Kohapeal määrati järgmised vee füüsikalise-keemilised parameetrid: vee värvus, vee läbipaistvus ehk Secchi ketta nähtavus (SD), vee temperatuur (T), vees lahustunud hapniku sisaldus (O_2) ja küllastusprotsent ($O_2\%$), pH, elektrijuhtivus (E) ja lahustunud ainete üldsisaldus (TDS). Laboris määrati vee üldaluselisus (HCO_3^-). Vee läbipaistvust mõõdeti 30 cm läbimõõduga valge Secchi kettaga ja väljendati täpsusega 0,1 m. Vee värvus määrati silma järgi Secchi ketta taustal poole läbipaistvuse sügavusel. Temperatuur, lahustunud hapniku sisaldus ja küllastusprotsent, pH, elektrijuhtivus ning lahustunud ainete üldsisaldus mõõdeti multisensoriga YSI Pro Plus. Üldaluselisus (mg-ekv/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 (BHT_5), orgaanilise aine üldsisaldus dikromaatse oksüdeeritavusena (KHT_{Cr}), klorofüll a ($Chla$), üldlämmastiku (üld-N) ja üldfosfori (üld-P) sisaldus, ammonium- (NH_4^+), nitraat- (NO_3^-) ja fosfaatiooni (PO_4^{3-}) sisaldus ning kollase aine, sulfaatide (SO_4^{2-}) ja kloriidide (Cl^-) sisaldus. Kasutatud analüüsimeetodid on vastavuses Eesti ja rahvusvaheliste standarditega (tabel 1.2.1.1).

2008., 2010. ja 2017. aastal uuriti Pullijärve väikejärvede seire käigus ning siis hinnati ka järve ökoloogilist seisundit. Seisundi hinnang koostati füüsikalise-keemiliste näitajate (pH, üld-P, üld-N ja SD) väärtuste aasta (kasvuperioodi) aritmeetiliste keskmiste põhjal, arvestades VRD nõudeid (Veepoliitika..., 2002) ja keskkonnaministri määrust

nr 44 (Pinnaveekogumite ..., 2009). Pullijärve seisundit hinnati tabeli 1.2.1.2 järgi. Pullijärv on pehme ja heleda veega järv ning kuulub VRD järgi tüüpi V.

Tabel 1.2.1.1. OÜ Eesti Keskkonnauuringute Keskuse Tartu osakonna laboris kasutatavate meetodite vastavus Eesti ja rahvusvahelistele standarditele.

Määratav tunnus	Ühik	Meetod (standardi number)
BHT ₅	mgO ₂ /l	EVS-EN 1899-2
KHT _{Cr}	mgO/l	EVS-ISO 15705
NH ₄ ⁺	mgN/l	EVS-EN ISO 11732
NO ₃ ⁻	mgN/l	EVS-EN ISO 10304-1
Üld-N	mg/l	ISO 29441
PO ₄ ³⁻	mgP/l	ISO 15681-2
Üld-P	mg/l	ISO 15681-2
Klorofüll a	µg/l	ISO 10260
SO ₄ ²⁻	mg/l	EVS-EN ISO 10304-1
Cl ⁻	mg/l	EVS-EN ISO 10304-1
Kollane aine	mg/l	STJ nr. V30

Tabel 1.2.1.2. Seisuveekogude pinnaveekogumite ökoloogiliste seisundiklasside piirid füüsikalise-keemiliste seisundinäitajate väärtuste (andmete aritmeetiline keskmine) järgi.

Seisundinäitaja	Ühik	Väga hea	Hea	Kesine	Halb	Väga halb
pH		5,5–7	>7–7,5	>7,5–8	>8–8,5	>8,5
Üldfosfor	mg/l	<0,01	0,01–0,02	>0,02–0,04	>0,04–0,06	>0,06
Üldlämmastik	mg/l	<0,2	0,2–0,5	>0,5–0,8	>0,8–1,1	>1,1
Läbipaistvus	m	>5	3–5	2–<3	1–<2	<1

1.2.2. Fütoplankton

Pullijärve fütoplanktonit on uuritud 1952, 1957, 1973, 1974, 1981, kus meetoodika oli tänapäevasest mõnevõrra erinev. 1950. aastatel uuriti peamiselt liigilist koosseisu ja hinnati ohtrust. Hilisematel aastatel ka biomassi (alates 1973). Kuni 1981. aastani kasutati proovide loenduseks kas setitamismeetodit või filtreerimist.

Alates 1990 koguti kvalitatiivsed proovid Apsteini planktonvõrkudega (silma suurus 20 ja 48 µm) vertikaalselt veesambast ja paadi järelevoel. Kvalitatiivsed proovid koguti liigilise koosseisu määramiseks ja liikide arvu kindlakstegemiseks. Kvantitatiivsed proovid võeti järve keskosast Limnos-tüüpi batomeetriga ning fikseeriti Lugoli lahusega (joodi ja kaaliumjodiidi lahus). Proovide kogumisel kasutati proovivõtustandardi EVS-EN 16698:2015 meetodeid. Kameraaltötluseks kasutati Utermöhli meetodikat (1958), mis on EL standard (EVS-EN 16695:2015). Igast proovist sadestati 3 ml loenduskambris ja rakud loendati invertmikroskoobi (Nikon Eclipse Ti või Zeiss Axiovert 100) abil, sõltuvalt vetikate suurusest suurendustel 10 x 40, 10 x 20 ja/või 10 x 10 (või 16). Biomass arvutati vetikate ruumalade mõõtmise kaudu (Hillebrand et al., 1999). Vetikate erikaaluks võeti 1.

Pigmentide, klorofüllü (Chla, Chlb, Chlc) ja karotinoidide (Car) sisaldused määrati spektrofotomeetriliselt 96% etanooli ekstraktis (kaks paralleelproovi) ja arvutati Jeffrey & Humphrey (1975), Lorenzeni (1967) ning Stricklandi & Parsons (1972) võrrandite järgi.

Tabelis 1.2.2.1 on esitatud fütoplanktoni näitajate klassifikatsioon vastavalt VRD-le. Seisundi hindamiseks kasutati klorofüll-a sisaldust (Chla), fütoplanktoni koondindeksit (FKI), ühtluse indeksit (J) ja koosluse kirjeldust (FPK). Chla ja liikide arvu hindamisel kasutati troofsusklassifikatsiooni Kõvaski ja Miliuse (1982) kriteeriumide järgi, kuid veidi muudetud kujul, arvestades hilisemaid uurimistulemusi (tabel 1.2.2.2). Järvede seisundi hindamisel fütoplanktoni alusel kasutati ka ekspertarvamusi (näiteks indikaatorliike, dominantliikide vaheldumist kasvuperioodi jooksul jne).

Nygaardi fütoplanktoni koondindeksit kasutatakse Eestis modifitseeritud kujul (FKI; Ott & Laugaste, 1996). Fütoplanktoni koondindeks (FKI) arvutati järgmise valemi järgi:

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

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

Ühtluse indeks (J; Pielou, 1975) arvutati Shannoni liigierisusindeksi kaudu järgmiselt:

$$J = \frac{H'}{H'_{max}}$$

kus H' – Shannoni liigierisus, H' max – teoreetiline liigierisus (biomass, mis jaguneks ühtlaselt proovis leitud liikide vahel).

Ühtluse indeksi väärtused jäävad vahemikku 0-1. Skaala on jaotatud võrdselt igas järvetüübis viide klassi ja seisundikriteeriumid on kõigis järvetüüpides samasugused (tabel 1.2.2.1). Ühtluse indeks on bioloogilise seisundiga võrdeline – mida suurem indeksi väärtus, seda parem bioloogiline seisund.

Fütoplanktoni koosluse hindamiskriteeriumide kirjeldused on tabelis 1.2.2.1.

Tabel 1.2.2.1. Fütoplanktoni näitajate kriteeriumid VRD V järvetüübis.

Kvaliteediklass	Chla, µg/l	FPK*	FKI	J
väga hea	<10	A	<2	0,81-1,00
hea	10-20	B	2-4	0,61-0,80
kesine	20-30	C	>4-7	0,41-0,60
halb	>30	D	>7	0,21-0,40
väga halb	>30	E	>7	0,00-0,20

***FPK kirjeldused (A-E):**

(A) Väga hea. Viie sagedamini esineva liigi summaarse biomassi % proovi biomassist on <60. Loendusproovi fütoplanktoni biomass ≤3 mg/l. Kriteeriumite vasturääkivuse korral on otsustavaks hinnangut andva eksperdi arvamus, mis omakorda peab tuginema liikide indikaatorväärtuste hinnangule (Ott, 1987; Maileht, 2008). Kui *Gonyostomum semen* biomass on suurim, siis hinnatakse kooslust Chla väärtuse järgi (Chla väärtus on <10 µg/l).

(B) Hea. Viie sagedamini esineva liigi summaarse biomassi % proovi biomassist on 60-80. Loendusproovi fütoplanktoni biomass ≤3 mg/l. Kriteeriumite vasturääkivuse korral on otsustavaks hinnangut andva eksperdi arvamus, mis omakorda peab tuginema liikide indikaatorväärtuste hinnangule. Kui *Gonyostomum semen* biomass on suurim, siis hinnatakse kooslust Chla väärtuse järgi (Chla väärtus on vahemikus 10-20 µg/l).

(C) Kesine. Biomass on >3 mg/l ja samal ajal domineerivad 2-5 liiki (summaarne biomass >80%). Kui kriteeriumid annavad vasturääkiva tulemuse, siis on otsustavaks ekspertarvamus. Kriteeriumite vasturääkivuse korral on otsustavaks hinnangut andva eksperdi arvamus, mis omakorda peab tuginema liikide indikaatorväärtuste hinnangule. Kui *Gonyostomum semen* biomass on suurim, siis hinnatakse kooslust Chla väärtuse järgi (Chla väärtus on vahemikus >20-30 µg/l).

(D) Halb. Üks liik domineerib biomassi osas >80%. Kui *Gonyostomum semen* biomass on suurim, siis hinnatakse kooslust Chla väärtuse järgi (Chla väärtus on vahemikus >30-60 µg/l).

(E) Väga halb. Domineerivad tsüanobakteritest perekondade *Microcystis*, *Aphanizomenon*, *Radiocystis*, *Planktothrix*, *Limnothrix*, *Woronichinia*, *Dolichospermum* esindajad või rohevetikatest *Chlorococcales* >50% loendusproovi biomassist (rohkem kui üks liik) ja samal ajal on Chla sisaldus >20 µg/l. Kui *Gonyostomum semen* biomass on suurim, siis hinnatakse kooslust Chla väärtuse järgi (Chla väärtus on >60 µg/l).

Tabel 1.2.2.2. Fütoplanktoni näitajate hindamiskriteeriumid.

Parameeter	Ühik	Madal, oligotroofne	Keskmine, mesotroofne	Kõrge, eutroofne	Ülikõrge, hüpertroofne
Biomass	mg/l	< 3	3-15	15-30	> 30
Liikide arv		< 20	21-40	41-60	> 61
FKI		< 2	2-5	5-7	>7
Chla	µg/l	<7	7-25	25-50	>50

1.2.3. Zooplankton

Zooplanktoni seisundi hindamiseks koguti proovid Limnos-tüüpi batomeetriga, integraalselt erinevatelt sügavustelt järve sügavast kohast. Zooplanktoni koosluse analüüsimiseks vajaliku proovi saamiseks kurnati vähemalt 20 liitrit vett läbi 48 µm silmaläbimõõduga Apsteini planktonivõrgu. Proov fikseeriti Lugoli lahusega (joodkaaliumjodiidi hapestatud lahus) ja analüüsiti Bogorovi kambris invertmikroskoop Nikon Eclipse T_i all. Proovide kogumisel kasutati proovivõtustandardi EVS-EN 15110:2006 meetodeid, proovide edasisel analüüsimisel laboris ka zooplanktoni kvantanalüüsi (Киселев, 1956) meetodeid. Ka varasemate uuringute jaoks kogutud proovide kogumisel ja analüüsimisel on kasutatud sarnaseid meetodeid, seetõttu on ka varasemate perioodide tulemused tänapäevastega võrreldavad.

Proovis olevad taksonid määrati (40x-100x suurenduse juures), koguproovist loendati kuni 3 alamproovi. Arvukus saadi zooplankterite loendamisel kindlas koguses vees. Biomassi määramiseks mõõdeti võimalusel 20 isendit igast liigist (vormist), pikkuste alusel arvutati zooplankterite individuaalsed kaalud (Dumont et al., 1975; Ruttner-Kolisko, 1977). Loomade arvukuste ja kaalude põhjal arvutati zooplanktoni biomass. Nende meetodite põhjal leiti arvukuses ja biomassis domineerivad taksonid ning rühmade (*Rotatoria*, *Copepoda*, *Cladocera*) protsentuaalne osakaal biomassist (Clad%BM, Cop%BM ja Rot%BM) ja arvukusest (Clad%A, Cop%A ja Rot%A). Biomassi ja arvukuse hindamiseks kasutati järgmist skaalat:

	Biomass (g/m³)	Arvukus (tuh is/m³)
madal	< 1	< 50
keskmine	1 - 3	50 - 100
kõrge	> 3	> 100

Vastava metodika puudumise tõttu hinnatakse zooplanktoni ökoloogilist seisundit liigilise koosseisu ja selle muutuste ning dominantliikide indikaatorväärtuste järgi. Indikaatorväärtused põhinevad peamiselt A. Mäemetsa (1980) loodud klassifikatsioonil, ent ka uuematel andmetel (ekspertarvamusena).

1.2.4. Suurtaimed

Pullijärve taimestikku on varem uuritud 1968., 1973., 1981., 1990., 2008., 2010. ja 2017. aastal. Kuni 2008. aastani (*excl.*) oli vaatluste meetodid hilisemast pisut erinevad, neil aastail uuriti taimi kogu järve alal, määrati liigid, hinnati liikide ohtrust. Ohtruse hinnangu skaala on sama hilisema metodikaga. Meetodite kirjeldust on esitatud mitmes publikatsioonis (Eesti järved, 1968; Mäemets, 1977).

Pullijärvel läbiti paadiga kogu kaldajoon ning tehti iga 150-200 meetri tagant profiile. Igal profiilil (uuritav ala, mis algab veepiirist ning ulatub veesisese taimestiku maksimaalse levikusügavuseni) registreeriti veetaimestiku liigiline koosseis, liikide

ohtrused ning nende maksimaalsed levikusügavused. Eraldi hinnati ka suurte niitvetikate ohtrust. Töövahendina kasutati nõõri külge kinnitatud taimekonksu (möötemärkidega). Veetaimestiku ja selles aset leidnud muutuste kirjeldamiseks jagati taimed kolme erinevasse ökoloogilisse rühma – kaldaveetaimed, ujulehtedega ja ujutaimed ning veesisesed taimed (Arber, 1920; Sculthorpe, 1967). Liikide ohtruse hinnangud anti veetaimede ökoloogiliste rühmade jaoks eraldi. Ohtrusi hinnati vastavalt Braun-Blanquet (1964) skaalale järgmiselt:

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

Töös rõhutati peamiselt neid ohtruste muutusi, kus kahe uurimiskorra erinevus oli enam kui üks pall, sest väiksemad erinevused võisid olla tingitud erinevate uurijate erinevatest hinnangutest tingitud veast. Erinevate veetaimestiku vööndite (kaldavee- ja ujulehtedega taimed) laiuste mõõtmiseks kasutati Maa-Ameti kaardirakendust.

Hindamisparameetrid

Vastavalt VRD nõuetele (Pinnaveekogumite..., 2009), kasutati järvede bioloogilise seisundi hindamisel konkreetsele järvetüübile iseloomulikke veetaimestiku kriteeriume. Suurtaimede seisundi koondhinnang (I – väga hea, II – hea, III – kesine, IV – halb, V – väga halb) määrati tüübispetsiifiliste taimestiku näitajate alusel. Koondhinnangu andmisel arvestati ka varasemate uurimisaastate andmetega ning selle määramisel arvestati kõiki näitajaid. Bioloogilise seisundi hindamisel kasutati taimestiku indikaatorliikidena enamasti vaid ujulehtedega, uju- ja veesiseseid taimi ning niitvetikaid. Indikaatorliigid järjestati nende ohtruse alusel (märgitud araabia numbritega) ning selleks kasutati järgmisi lühendeid:

Ujutaimed: Hydr – konnakilbukas (*Hydrocharis*); Lem – lemlid (*Lemna*); Spir – vesilääts (*Spirodela*).

Ujulehtedega taimed: Nu – vesikupud (*Nuphar*); Nym – vesiroosid (*Nymphaea*); Pot(nat) – ujuv penikeel (*Potamogeton natans* L.); Poly – vesi-kirburohi (*Polygonum amphibium* L.); Spar – jõgitakjad (*Sparganium*).

Veesisesed taimed: Bry – sammaltaimed (*Bryophyta*); Char – mändvetiktaimed (*Charophyta*); Cer – kardhein (*Ceratophyllum*); Elo – vesikatki (*Elodea*); Iso – järvalahnarohi (*Isoetes lacustris* L.); Lob – vesilobeelia (*Lobelia dortmanna* L.); Myr – vesikuused (*Myriophyllum*); Pot – penikeeled (*Potamogeton*); Ran – särjesilmad (*Ranunculus*); Spar – jõgitakjad (*Sparganium*); Str – vesikarikas (*Stratiotes*); Utr – vesiherned (*Utricularia*).

Koondhinnang saadi erinevate taimestiku näitajate väärtuste aritmeetilise keskmise arvutamisel.

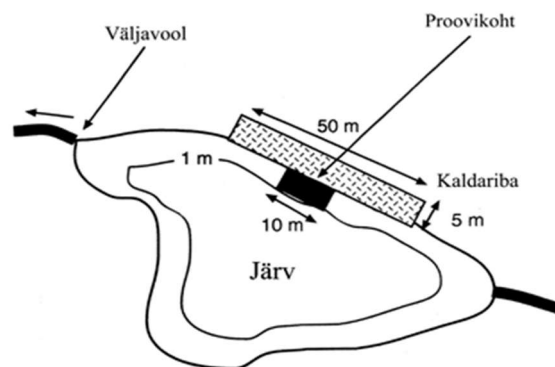
1.2.5. Suurselgrootud

Suurselgrootute seisundit hinnati järve kaguosas purde ligiduses (57,6050 N; 27,2203 E) neljal erineval aastal maikuus: 2008, 2010, 2012 ja 2017. Proovialal (joonis 1.2.5.1) oli põhi liivane ja detriidne. Vee sügavus proovikohas oli ligikaudu 0,5 m, vesi oli enamasti väga läbipaistev ja värvusetu. Veetaimi leidus vähe, peamiselt pilliroogu ning kaitsealust vesilobeeliat. Kaldal kasvas segamets (mänd, kuusk, kask), kuid prooviaala varjutatus puuvõradest oli väike.



Joonis 1.2.5.1. Pullijärve litoraali suurselgrootute prooviaala (foto H. Timm).

Suurselgrootuid püüti nelinurkse standardkahvaga (raami serva pikkus 25 cm, sõelaava läbimõõt 0,5 mm, varre pikkus 1 m; EVS-EN ISO 10870:2012). Iga proov võeti ühelaadilise põhjaga kaldalõigu (prooviaala) keskmisest osast (proovikohast), mis oli ca 10 m pikk (joonis 1.2.5.2). Iga kord võeti üks liitproov, mis koosnes 5 juhuslikult paigutatud 1 m pikkusest tõmbeproovist, ning kvalitatiivsest proovist (Johnson, 1999, Medin et al., 2001). Kvalitatiivne proov üritati võtta võimalikult mitmekesine kõigist erinevatest elupaikadest (peale vedela muda). Kahva jäänud materjal fikseeriti kohapeal 96% piiratuses. Loomad loendati ja määrati laboris stereomikroskoobi all (suurendus 7-40 korda) võimalust mööda enamasti liigini, v. a. surusääsklased, väheharjasussid ja vesilestad, kelle määramine nõuab suuremat suurendust (Timm, 2015).



Joonis 1.2.5.2. Litoraali suurselgrootute proovikoha näidis järves.

Seisundi iseloomustamiseks hinnati taksonite üldarv koos kvalitatiivse prooviga (taksonirikkus), Shannoni erisusindeks H' (Johnson, 1999), ASPT indeks (Armitage et al., 1983), EPT indeks ehk *Ephemeroptera*, *Plecoptera* ja *Trichoptera* (ühapäevikuliste, kevikuliste ja ehmesiivaliste) taksonite arv proovis (Lenat, 1988) ning Rootsi happelisusindeks A (Johnson, 1999). T, H' , ASPT ja EPT on seisundiga võrdelised, A aga happelisustasemega pöördvõrdeline. H' hinnati viie tõmbeproovi alusel, muude indeksite puhul arvestati ka kvalitatiivset proovi.

Tabelis 1.2.5.1. esitatakse bioloogilise seisundi määratlused Eesti järvede litoraalse suurselgrootute järgi (Pinnaveekogumite..., 2009). Seisundi koondhinnang (kõigi indeksite põhjal) anti järgmiselt. Igale indeksile omistati saadud kvaliteediväärtusele vastav punktide arv: 5 (väga hea), 4 (hea), 2 (kesine) 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. Proovivõtu ja seisundi hindamise täpsem kirjeldus on vastavas juhendis (Timm & Vilbaste, 2010).

Tabel 1.2.5.1. Litoraali suurselgrootute etalontingimused ja klassipiirid pehme- ja heledaveelistele järvedele. R - etalontase.

Tunnus	R	Väga hea	Hea	Kesine	Halb või Väga halb
Taksonirikkus	22	>20	18-20	13-17	<13
EPT	7	>6	6	4-5	<4
Shannoni erisus	2,7	>2,5	2,2-2,5	<2,2-1,6	<1,6
ASPT	6,3	>5,7	5,1-5,7	<5,1-3,8	<3,8
A	5	5	4 või 6	3 või 7	<3 või >7

1.2.6. Kalad

Käesoleva ülevaate koostamiseks kasutatud andmed on kogutud aastatel 2004, 2008, 2010 ja 2017 läbiviidud projektide täitmisel tehtud katsepüükide käigus (Krause & Palm 2004; Väikejärvede..., 2008, 2010, 2017). Võrdluseks on kasutatud varasemaid kalastiku kohta kogutud andmeid (Eesti järved, 1968). Kalastiku alusel järvele hinnangu andmisel on kasutatud ülaltoodud projektide koostamiseks väljatöötatud indekseid. Parema ülevaate saamiseks kalaliikide esindatusest järves koostasime arvukamatele liikidele pikkusjaotused. Lisaks võrdlesime muutusi kalastiku liigilises koosseisus. Kaitsealuse liigi vingerja osas püüdsime visuaalsel vaatlusel leida sellele kalaliigile sobilikke elupaiku.

1.2.7. Välis- ja sisekoormus

Väliskoormuse hindamine

Välitööd ja proovide kogumine: ajavahemikul 04.07.2018-20.07.2019 mõõdeti Pullijärve väljavoolust vee füüsikalisi-keemilisi parameetreid selgitamiseks reostuskoormust ja vooluhulka, mis potentsiaalselt võib mõjutada järvest allavoolu jäävaid veekogusid (peamiselt Misso Saarjärv). Selleks analüüsiti kalendriaasta jooksul (soovitatud ka Cooke et al., 2005) väljavoolu hüdrooloogilist režiimi ja Pullijärvest lähtuvat toiteainete koormust. Vooluhulkade mõõtmisel arvestati A. Maastiku (2006) koostatud vooluhulkade hindamise meetoditega ja kasutati pistelise vaatlusagedusega ujukmeetodit, sest madala veetaseme tõttu polnud võimalik *Flow Tracker Handheld ADV* vee vooluhulga mõõtjat kasutada. Vee vooluhulka mõõdeti ja veeproove koguti keemilisteks analüüsideks 4 korral kalendriaasta jooksul (madala veetaseme tõttu), proovivõtu koht on toodud joonisel 1.2.7.1. Vee omadustest mõõdeti üldlämmastiku ja üldfosfori sisaldust, nende ainete sisalduste muutused iseloomustavad koormust Saarljärvele ning ühendite kogused ja vahekorrad annavad ülevaate võimalikust toiteainete reostusest. Lisaks mõõdeti vee üldaluselisust ja kollase aine (lahustunud humiainete) sisaldust. Multisensoriga YSI Pro Plus mõõdeti kohapeal vee temperatuuri, hapnikusisaldust ja küllastusprotsenti, elektrijuhtivust, pH-d ja lahustunud ainete üldsisaldust.



Joonis 1.2.7.1. Pullijärve põhjaotsas paiknev väljavool on kitsas, kuni 0,5 m laiune kraavike. Proovipunkt tähistatud kolmnurgakesega (Maa-ameti aluskaart; foto 10.12.2018 R. Laarmaa).

Laboratoorsed analüüsid: üldlämmastiku (üld-N, mg/l) määramiseks mineraliseeriti proov eelnevalt kaaliumpersulfaadiga ($K_2S_2O_8$) ja tekkinud nitraadid (NO_3^-) määrati UV-spektrofotomeetriliselt. Analüüsi täpsus on 0,03 mg/l. Üldfosfori (üld-P, mg/l) määramiseks mineraliseeriti proov eelnevalt kaaliumpersulfaadiga ja tekkinud fosfaadid (PO_4^{3-}) määrati kolorimeetriliselt askorbiinhappe ja molübdatreaktiiviga. Eeskiri põhineb Koroleffi meetodil (Hansen & Koroleff, 1999). Määramise suhteline viga on 5%. Üldaluselisus (HCO_3^- , mg-ekv/l) määrati samamoodi, nagu on kirjeldatud

peatükis 1.2.1. Kollase aine sisaldus määrati filtreeritud proovidest spektrofotomeetriliselt lainepikkusel 380 nm.

Toiteainete ärakannet valgalalt hinnati koormust maakasutuse tüüpide järgi, kasutades fosfori ärakande koefitsiente (metoodika ja koefitsiendid on toodud Hajukoormuse..., 2013; tabel 1.2.7.1). Selle metoodika abil saab hinnata järve pindala kohta koguneva fosfori koguse ühe aasta jooksul järvega vahetult piirneval alalt või kogu valgalalt. Pullijärve valgala analüüsiti viimati väikejärvede hüdrobioloogilise seire raames 2008. a (Väikejärvede..., 2008).

Uuringu käigus teostati valgala analüüs 2018. a andmete põhjal (ESTMODEL). Valgalalt pärineva koormuse mõju järvele hinnati Vollenweideri (1975) mudeli abil.

Tabel 1.2.7.1. Lämmastiku (N) ja fosfori (P) ärakande koefitsiendid erinevate maakatte tüüpide kohta (Hajukoormuse..., 2013 järgi).

Maakatte tüüp	N koefitsient	P koefitsient
Põllumaa	20,00	0,24
Metsamaa	2,90	0,10
Eraõu	3,00	0,12
Hooned	5,30	0,84
Rohumaa	3,00	0,12
Teedeala	5,30	0,84
Veekogud	4,50	0,00

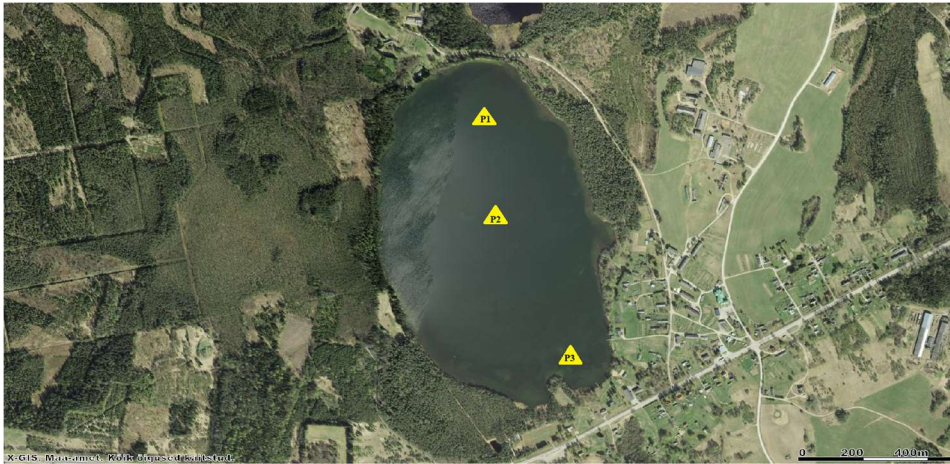
Sisekoormuse hindamine

Pullijärve sisekoormuse osakaalu hindamiseks võeti 27.02.2019 setteproovid kolmest proovipunktist. Setteuringute proovipunktide asukohad on märgitud joonisel 1.2.7.2, mille koostamiseks on kasutatud Maa-ameti kaardirakendust. Setteproovide kogumiseks kasutati Uwitec ja Willner tüüpi settepuure, mille abil saadi 6-7 cm läbimõõduga proovid koos sette pinna kohal oleva veekihiga.

Laboratoorsed analüüsid

Sette keemilise koostise määramiseks lõigustati puursüdamikud 2-5 cm paksusteks kihtideks. Setet säilitati kuni analüüside läbiviimiseni 4 °C juures pimedas (külmikus), et hoida ära muutusi sette keemilises koostises. Setteproovid homogeniseeriti enne analüüside teostamist. Laboratoorsete analüüside käigus määrati kõigist settekihtidest kuivaine, orgaanilise aine, karbonaatide (CaCO₃) ja terrigeense aine sisaldus. Kuivaine sisalduse määramiseks kuumutati setet 105 °C juures 24 h jooksul. Kuivaine sisaldus arvutati kuivatamiseelse ja -järgse kaalutise vahena. Orgaanilise aine sisaldus määrati pärast õhkuiva sette põletamist 520 °C juures 5 tunni jooksul. CaCO₃ sisalduse määramiseks kuumutati setet edasi 950 °C juures 2 tunni jooksul. Põletamisel tekkinud kaalukadu omistati karbonaatidest eraldunud süsihappegaasi

kaalule, mille kaudu arvutati karbonaatide sisaldus, väljendades seda kokkuleppeliselt kaltsiumkarbonaadina (Heiri et al., 2001). Terrigeense aine sisalduse leidmiseks lahutati õhkuiva sette kaalust orgaanilise aine ja kaltsiumkarbonaatide kaal.



Joonis 1.2.7.2. Setteuringute jaoks valitud proovipunktide (kollasega) asukohad (Maa-ameti kaardirakendus).

Veekogu setetes esineb fosfor erinevates keemilistes vormides ehk fraktsioonides. Fosfori fraktsioonide levinuimaks määramise meetodiks on keemiline ekstraheerimine, mille käigus lisatakse settele erinevaid lahuseid ja eemaldatakse erinevad fosfori vormid. Fraktsioone määrati pindmistes homogeniseeritud settekihtides, kasutades Psenner et al. (1984) fraktsioneerimisskeemi modifitseeringut (Hupfer et al., 1995; tabel 1.2.7.1). Fosfori kontsentratsioonid igas lahuses määrati spektrofotomeetriselt Murphy & Riley (1962) molübdeensinise värvusreaktsiooni meetodil. Settefosfori inkubatsioonikatse jaoks kasutati kolme järvest kogutud settepuursüdamikku. Settest vette lekkivate ainekoguste määramiseks inkubeeriti settetorusid 112 päeva 4 °C juures (hapniku juurdepääsuta). Inkubatsiooniperioodi jooksul vabanevate fosforihulkade hindamiseks määrati enne ja pärast katset sette kohal olevas vees lahustunud fosfaationide sisaldus spektrofotomeetriselt molübdeensinise meetodil (Murphy & Riley, 1962).

Tabel 1.2.7.1. Fosfori fraktsioonid (Hupfer et al., 1995 järgi).

Lühend	Fraktsioon	Kirjeldus
Labiilne-P	NH ₄ Cl-SRP	Labiilne ja nõrgalt seotud fraktsioon, kergesti vabanev fosfor
Fe-P	BD-SRP	Rauaühenditega seotud fosfor
Al-P	NaOH-SRP	Alumiiniumiühenditega seotud fosfor
Org-P	NaOH-NRP	Orgaanilise ainega seotud fosfor
Ca-P	HCl-TP	Peamiselt kaltsiumiühenditega seotud fosfor
Jääk-P	Residual-P	Orgaaniline ja raskestilahustuv fosfori fraktsioon

1.2.8. Hüdromorfoloogia

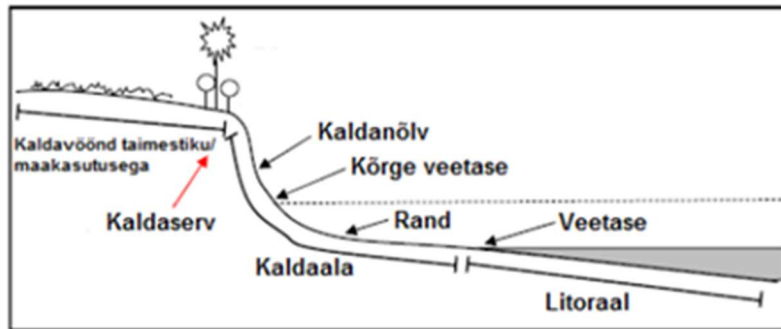
Hüdromorfoloogilise seisundi hindamisel lähtuti Eesti Maaülikooli poolt väljatöötatud meetodikast (Ott jt., 2014; lisaks Pinnaveekogumite..., 2009) ja EL standarditest: ENS-EN 16039:2011 ja ISO 11330. VRD kohaselt on võimalik saavutada väga head ökoloogilist seisundit üksnes juhul, kui puudub või esineb väga väike inimõju hüdromorfoloogilistele kvaliteeditunnustele (veekogu on looduslik või peaaegu looduslik). Põhjasubstraadi struktuur ja kvaliteet ning kaldavööndi näitajad peavad peegeldama täielikult või peaaegu täielikult inimõju puudumist. Hüdrololoogiline režiim peab olema samuti inimtegevuse poolt mõjutamata. Hea seisundi korral esineb hüdromorfoloogilise seisundi hindamisel vähesel määral mõjutatud kvaliteedi tunnuseid. Järve kallas on looduslik vähemalt 75% ulatuses, võib leida väikesi inimõjust tingitud kõrvalekaldeid. Kesise seisundi puhul esinevad mõõdukad kõrvalekalded looduslikust seisundist. Selle seisundiklassi hüdromorfoloogiliste kvaliteeditunnuste muutusi direktiiv ei määratle. Vähemalt 50% kvaliteedi-tunnustest peab olema inimtegevusest mõjutamata. Halva seisundi juures võib eeldada olulist survet inimtegevuse poolt. Olulised muutused võivad esineda põhja- ja kaldasubstraadis. Puudub suur osa looduslikust kaldavööndi ja litoraali taimestikust. Selle tagajärjel toimuvad ka olulised muutused erosiooni intensiivsuses ja setete transpordis järve. Väga halva seisundi korral on järve looduslike tingimusi oluliselt muudetud. Sellega kaasneb tõenäoliselt väga tugev inimõju valgala, muutused kaldavööndis ja litoraalil ning hüdrololoogilises režiimis. Selle seisundi puhul esinevad vähesed hüdromorfoloogilised kvaliteedinäitajad looduslikus seisundis.

Pinnavee seisundi hindamiseks hüdromorfoloogiliste kvaliteedi tunnuste alusel kasutatakse järgmisi näitajaid (lisaks määratakse veekogu kasutusala ja veekogu tüüp (looduslik või muudetud)):

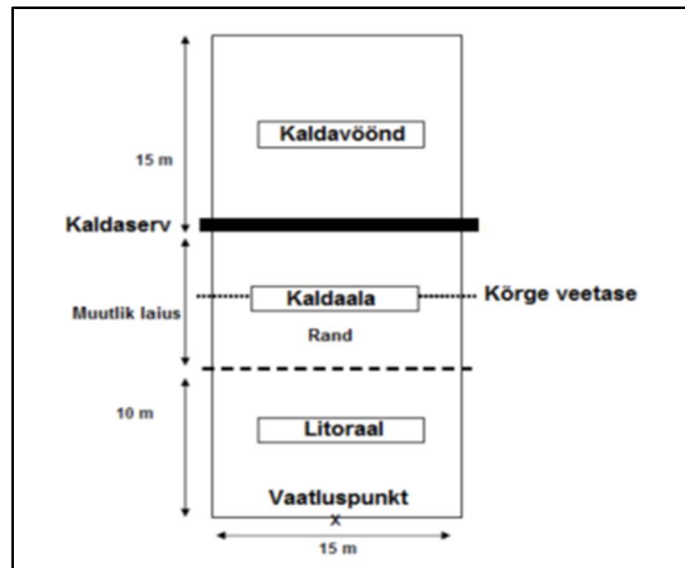
hüdrololoogilised kvaliteeditunnused: veetase, veevahetus/vee viibeaeg, sisse- ja väljavoolud (sh märgitakse inimõjude esinemine).

morfoloogilised kvaliteeditunnused: kaldavööndi seisund, kalda struktuur, järvepõhja vaheldumine, järvepõhja struktuur, setted ja aluspõhi.

Hüdromorfoloogilise seisundi hindamise jaoks kasutati kaardimaterjale, aerofotosid ja välitööde käigus kogutud andmeid. Välitööd teostati septembris 2017. a riikliku väikejärvede hüdrobioloogilise seire raames (Väikejärvede..., 2017). Pullijärvel teostati seire 10 proovipunktis. Esimene proovikoht paigutati järvele saabumiskoha lähedusse. Teised kohad paigutati enam-vähem võrdsete vahede kaugusele esimesest proovikohast. Proovikoht jaotati järgmisteks võõnditeks: kaldavöönd, kalda-ala ja litoraal (joonis 1.2.8.1). Transekt oli 15 m laiune ja vaatlused tehti transekti keskelt. Kaldavöönd paikneb kalda servast 15 m maismaa poole, kalda-ala hinnatakse kalda servast kuni veepiirini (varieeruva laiuselga osa, sõltub veetasemest). Litoraalil tehti vaatlusi veepiirist 10 m järve poole (joonis 1.2.8.2).



Joonis 1.2.8.1. Proovikoha jaotamine vöönditeks (Rowan et al., 2006).



Joonis 1.2.8.2. Hüdromorfoloogilise seire transekt. Joonisel on näidatud erinevate vööndide jagunemine proovikohas (Rowan et al., 2006).

Vaatlusi alustati maa poolt kaldavööndi kaugemast osast, liikudes järk-järgult kuni veepiirini ja sealt edasi litoraali. Surved ja inimõju kirjeldati igas transektis ja selle ümbruses. Kui töö käigus selgus, et selles proovikohas ei ole võimalik seisundit hinnata, siis valiti uus koht eelmisele võimalikult lähedal. Välitööde käigus fikseeriti proovikohtade asukohad GPS-iga transektile saabudes ja need kanti hiljem kaardile.

Hüdromorfoloogilise seisundi koondhinnang antakse VRD kehtivate kvaliteediklasside järgi. Kõigi kvaliteeditunnuste seisundihinnang koostatakse iga proovikoha jaoks eraldi. Hinnangu andmiseks summeeriti välitöödel erinevad kvaliteedinäitajad ja hinnangupunktide alusel määrati seisund vastavalt tabelile 1.2.8.1. Hinnang kvaliteeditunnuste kohta kujunes 10 proovikohaga seire hindepunktide summana. Selleks summeeriti kõigi proovikohtade kvaliteeditunnuste seisundi väärtused ja anti seisundihinnang vastavalt tabeli 1.2.8.2 skaalale. Hüdromorfoloogilise seisundi koondhinnangu saamiseks summeeriti kvaliteeditunnuste seisundile omistatud hindepunktid. Väiksem hindepunktide summa näitab paremat, suurem halvemat hüdromorfoloogilist seisundit.

Tabel 1.2.8.1. Kvaliteeditunnuste seisundi hindamise seisundiklassid ühe proovikoha jaoks.

	Hüdroloogia	Kaldavöönd	Kalda-ala	Litoraal	Inimmõju
Väga hea	20 – 24	11 – 13	3	7	25 – 28
Hea	25 – 29	14 – 17	4 – 5	8 – 9	29 – 33
Kesine	30 – 34	18 – 21	6 – 7	10 – 11	34 – 40
Halb	35 – 39	22 – 27	8	12 – 13	41 – 48
Väga halb	40 – 44	28 – 31	9	14 – 15	49 – 75

Tabel 1.2.8.2. Hüdromorfoloogilise seisundi koondhinnang vastavalt kvaliteediklassidele.

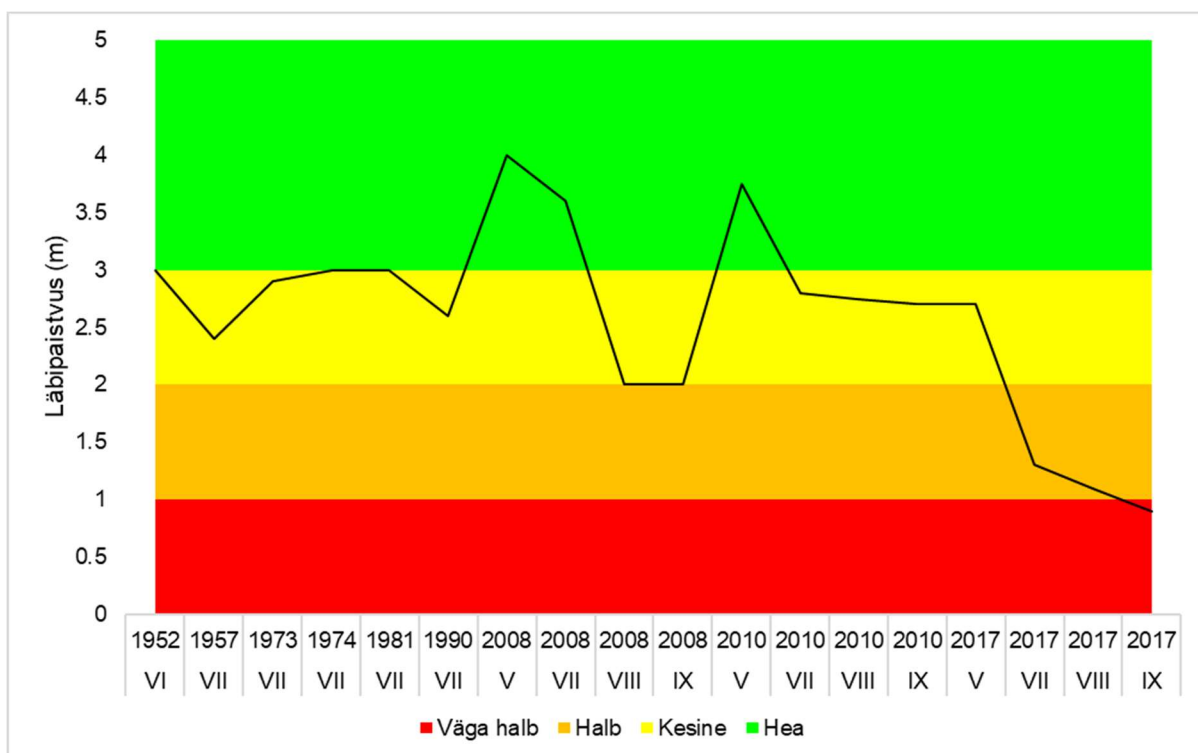
Koondhinnang 10 proovipunkti puhul	Seisundiklass	Seisundiklassi arvuline väärtus	Inimmõju
10 - 14	Väga hea	1	Mõju puudub
15 – 22	Hea	2	Nõrk mõju
23 – 30	Kesine	3	Mõõdukas mõju
31 – 42	Halb	4	Tugev mõju
43 – 50	Väga halb	5	Väga tugev mõju

TULEMUSED

2. Pullijärve seisundi kirjeldus ja dünaamika

2.1. Hüdrokeemia

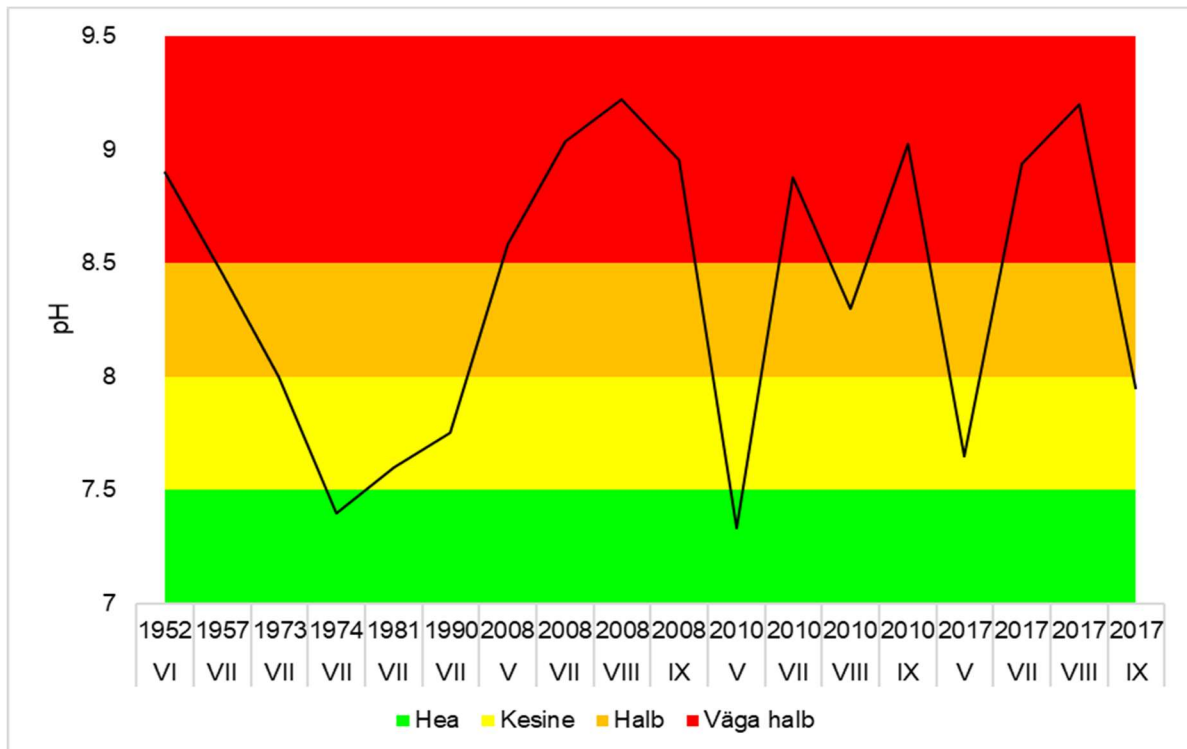
Pullijärve hüdrokeemiat on uuritud varasemalt 1952., 1957., 1973., 1974., 1981. ja 1990. aastal ning väikejärvede seire käigus 2008., 2010. ja 2017. aastal. Kõik uuringud on toimunud kasvuperioodil (maist-septembrini). Pullijärv on pehme veega ja väikese mineraalainete sisaldusega, vee üldaluselisus on uuritud aastatel olnud vahemikus 0,4-0,9 mg-ekv/l (keskmine 0,6 mg-ekv/l), elektrijuhtivus 40-80 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (keskmine 60 $\mu\text{S}/\text{cm}$) ja lahustunud ainete üldsisaldus 36-50 mg/l (keskmine 43 mg/l). Ka sulfaatide ja kloriidide sisaldus vees on olnud madal (SO_4^{2-} 0,82-1,1 mg/l ja Cl^- 2,3-2,4 mg/l). Madaluse tõttu on veesammas segunenud ning enamasti ka hapnikurikas. Pindmine veekiht on alati hapnikuga kergelt üle- või alaküllastunud olnud ($\text{O}_2\%$ 90-130). Põhja lähedal on hapnikusisaldus mõnikord oluliselt madalam olnud, ilmselt orgaanilise aine lagunemise tõttu, kuid hapnikupuudust pole tekkinud. Pullijärve vesi on enamasti olnud kollakasrohelist, harvem rohelist värvi. Kuigi Pullijärv on heledaveeline, on vee läbipaistvus seda tüüpi järve kohta pigem väike (SD 0,9-4 m, keskmine 2,6 m). Eriti väike oli läbipaistvus 2017. aastal (joonis 2.1.1). Väga head seisundiklassi ei ole järgnevatel joonisel (joonised 2.1.1.-2.1.3) näidatud, sest Pullijärve hüdrokeemiliste kvaliteedinäitajate väärtused pole kunagi sellesse klassi küündinud. Klassipiirid on illustratiivsed, sest seisundi hinnang koostatakse ühe aasta (kasvuperioodi) mõõtmiste aritmeetiliste keskmiste, mitte ühekordsete väärtuste põhjal.



Joonis 2.1.1. Pullijärve vee läbipaistvus aastatel 1952-2017 koos seisundiklasside piiridega.

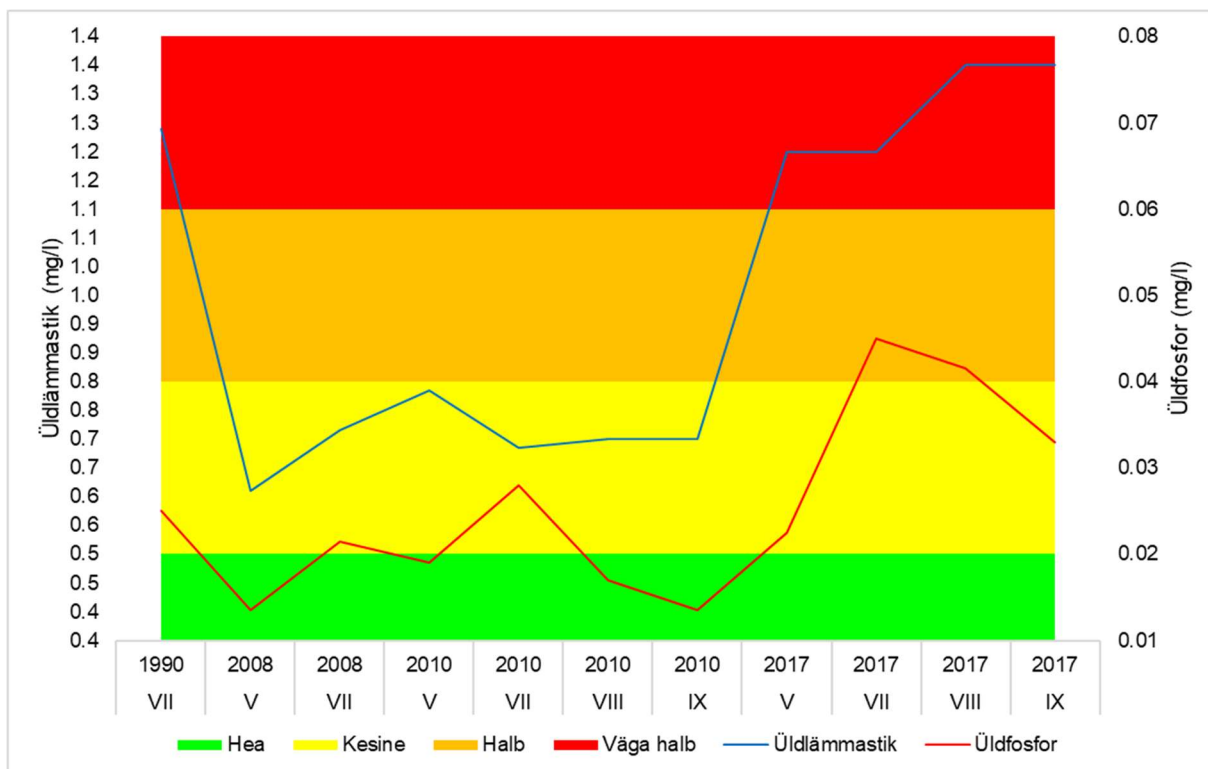
2017. aastal oli ka orgaanilise aine üldsisaldus vees suur (KHT_{Cr} 42-60 mgO/l), varem on see olnud väike kuni keskmine (KHT_{Cr} 11-38 mgO/l). BHT_5 väärtused olid 2017. aastal >2 mgO₂/l, viidates vee reostumisele inimtekkelist päritolu orgaanilise ainega. Kollase aine ehk lahustunud humiainete sisaldus vees on alati väga väike olnud (1-2 mg/l), mis on heledaveelise järve puhul loomulik, ning näitab, et orgaanilise aine sisalduse tõusu põhjuseks ei ole suurem humiainete ärakanne valgalalt järve.

Vee pH väärtused on pehmeveelise järve kohta väga kõrged (pH 6,2-9,55, keskmine 8,4), mis viitab intensiivsele primaarproduksioonile. Suvekuudel on vesi tihti aluseline olnud (pH >9), näidates halba seisundiklassi (joonis 2.1.2).



Joonis 2.1.2. Pullijärve vee pH (veesamba aritmeetiline keskmine) aastatel 1952-2017 koos seisundiklasside piiridega.

Toiteainete sisaldusi on Pullijärves mõõdetud alles 1990. aastast alates, mistõttu ei saa nende muutuste kohta pikaajalisi järeldusi teha. Lämmastiksisaldus on kõikidel uurimiskordadel seda tüüpi järve kohta olnud kõrge (üld-N 0,59-1,5 mg/l, keskmine 0,78 mg/l), kuid fosforisisaldus pigem keskmine (üld-P 0,012-0,030 mg/l, keskmine 0,020 mg/l). 2017. aastal olid aga nii fosfori- kui lämmastiksisaldused varasemate aastatega võrreldes palju kõrgemad (joonis 2.1.3), üld-N oli 1,0-1,4 mg/l ja üld-P 0,020-0,056 mg/l. Mineraalsete lämmastikuühendite (NH_4^+ ja NO_3^-) osakaal on enamasti väike olnud, ainult ammooniumisisaldus oli mõnikord kevadeti orgaanilise aine lagunemise tõttu väga kõrge (NH_4^+ 0,18 mgN/l). Ka fosfaatide sisaldus on enamasti madal olnud, kuid 2017. aasta kõrgest üldfosfori sisaldusest moodustasid fosfaadid kolmandiku kuni kaks kolmandikku (PO_4^{3-} 0,012-0,013 mgP/l). Toiteainete ja orgaanilise aine sisalduse tõus Pullijärves viitavad välisele reostusele.



Joonis 2.1.3. Pullijärve vee üldlämmastiku ja üldfosfori sisaldused (veesamba aritmeetiline keskmine) aastatel 1990-2017 koos seisundiklasside piiridega.

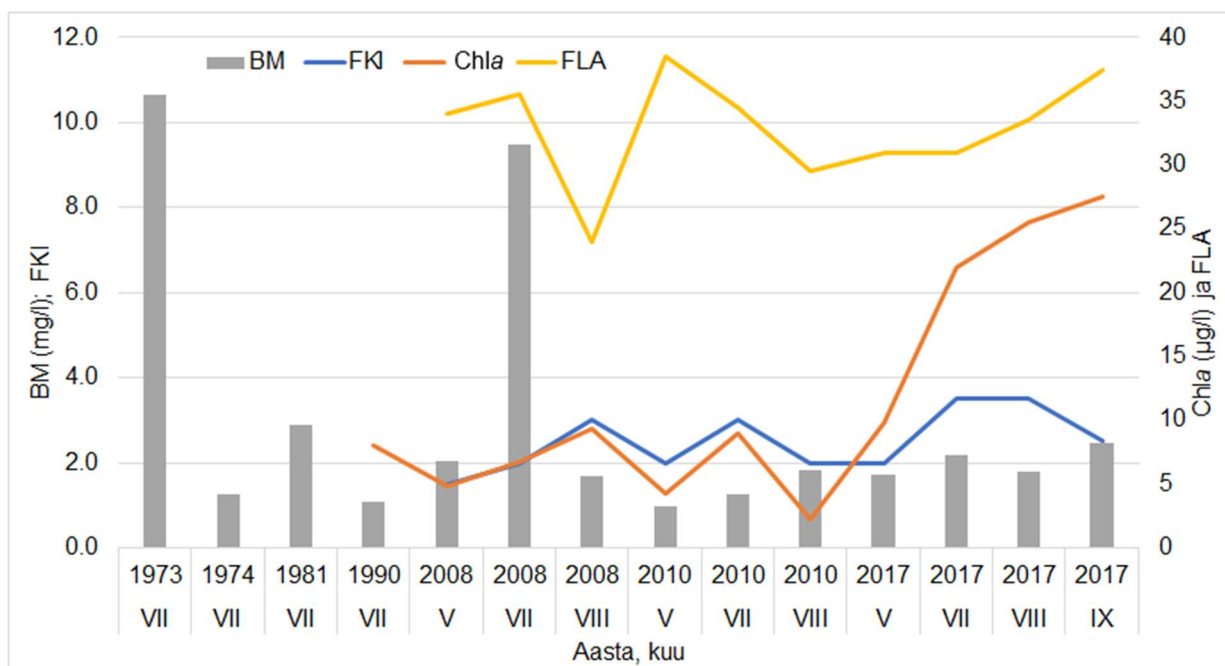
Pullijärv on füüsikaliskemiliste näitajate järgi kõikidel seireaastatel (2008, 2010 ja 2017) mitteheas seisundis olnud, kuid 2017. aastal oli seisund varasemate aastatega võrreldes halvenenud (tabel 2.1.1). Põhjuseks oli läbipaistvuse vähenemine ning toiteainete sisalduste märkimisväärne tõus.

Tabel 2.1.1. Pullijärve seisund vee füüsikaliskemiliste näitajate järgi.

Aasta	pH	Üldfosfor (mg/l)	Üldlämmastik (mg/l)	Läbipaistvus (m)	Koondhinnang
2008	8,95	0,013	0,66	2,9	Kesine
2010	8,4	0,019	0,72	3,0	Kesine
2017	8,4	0,036	1,28	1,5	Halb

2.2. Fütoplankton

Pullijärve fütoplanktoni hulk on olnud 1973-2017 väike kuni keskmine (joonis 2.2.1). 1950. aastatel domineerisid valdavalt sinivetikad (*Microcystis pulverea*, *M. aeruginosa*, *Dolichospermum lemmermannii*, *Aphanothece elabens*), koldvetikas *Uroglenopsis americana* ja vaguviburvetikas *Ceratium hirundinella*. Kohalike elanike sõnul veeõitsenguid tollal ei esinenud, kuid limnoloogide vaatluste ajal (1957) see siiski toimus. Tookord oli põhjustajaks niitjas sinivetikas *Dolichospermum (Anabaena) hassalii* (praegu on samal liigil teine nimi - *D. circinale*). Esines ka palju ikkesvetikate liike. 1970.-1980. aastatel domineerisid planktonis rohkem väiksemamõõtmelised sinivetikad (perekond *Aphanothece*) ja algohevetikad (*Tetraëdron minimum*, *Planctococcus* sp.). Sellest perioodist pärineb ka senini suurim määratud biomass, 15,3 mg/l (*Aphanothece* sp.).



Joonis 2.2.1. Pullijärve fütoplanktoni biomass (BM) ja klorofüll-a (Chla) hulk aastatel 1973-2017.

2008. a oli liikide arv keskmine kuni suur, Chla hulk ja biomass olid keskmisel tasemel. FKI oli mais ja juulis keskmine, augustis kõrge. Fütoplanktoni rühmade osas esinesid suurima biomassi väärtusega mais sini-, kold- ja neelvetikad, juulis ja augustis sinivetikad. Liikidest moodustasid mais kõrgeima biomassi sinivetikas *Aphanothece minutissima*, juulis *A. minutissima* ja *Radiocystis geminata* (kokku > 80% kogu BM), augustis *R. geminata* ja *Dolichospermum delicatula*.

2010. a oli liikide arv keskmine, biomass madal. Chla hulk oli mais ja augustis mõlemas kihis madal, juulis pinnakihis madal, põhjakihis keskmine. Fütoplanktoni koondindeks (FKI) oli mais ja augustis keskmine, juulis pinnal keskmine, põhjas kõrge. Mais moodustasid suurema biomassi väärtuse pinnal neelvetikad perekonnast *Cryptomonas* ning sinivetikas *Aphanothece minutissima*, põhjas lisaks neelvetikatele sinivetikad *Radiocystis geminata* ja *Dolichospermum delicatula* ja koldvetikas *Dinobryon sociale* var. *americanum*; juulis pinnal *R. geminata* ja vaguviburvetikas

Peridinium umbonatum var. *umbonatum*, põhjas sinivetikad *Microcystis flos-aquae*, *Aphanothece paralleloformis* ja *Aphanocapsa planctonica*; augustis pinnal ja põhjas sinivetikad *Microcystis novacekii*, *R. geminata*, *Dolichospermum curva*, ikkesvetikas perekonnast *Cosmarium* sp. ning neelvetikas *Cryptomonas* sp.

2017. a oli liikide arv loendusproovis keskmine kuni suur, biomass väike (1,26-2,56 mg/l, keskmine 2,03). Chla sisaldus oli väike kuni suur (5,6-30 µg/l, keskmine 21,2). Fütoplanktoni koondindeks (FKI) oli madal kuni ülikõrge (3,1-11,5, keskmine 5,8). Biomassilt domineerisid mais pinnal sinivetikas *Aphanothece minutissima*, koldvetikas *Dinobryon sociale*, põhjas koldvetikas *Uroglena* sp. ja rohevetikas *Scenedesmus* sp.; juulis pinnal sinivetikad *Radiocystis geminata*, *Aphanothece clathrata*, rohevetikas *Oocystis rhomboidea*, põhjas *A. clathrata*, *A. minutissima*, vaguviburvetikas *Peridinopsis elpatiewsky*; augustis pinnal *R. geminata* ja ikkesvetikas *Staurastrum tetracerum*, põhjas sinivetikad *Dolichospermum curvum*, *A. minutissima*; septembris pinnal *A. minutissima* ja neelvetikas *Cryptomonas marssonii*, põhjas sinivetikad *Dolichospermum spiroides*, *R. geminata* ja *A. clathrata*. Ülekaalukad dominandid (>80%) puudusid.

Pullijärve fütoplanktonile on iseloomulik sinivetikate rohkus, seda liikide arvu kui ka biomassi poolest. Arvukuselt on enim väikeserakulisi (<2 µm) sinivetikaliike (perekonnad *Aphanothece*, *Cyanodictyon*), mis võivad mõnikord anda ka suure osa biomassist. Suurerakuliste liikide (nt *Dolichospermum*) vohamine on kaasa toonud veeõitsenguid. Lisaks sinivetikatele annavad fütoplanktonis tooni ka rohe- ja neelvetikad. Ikkesvetikate liikide vähenemisest tingituna on FKI väärtus suurenenud. Üldiselt on järve fütoplankton nihkunud kõrgema troofsuse suunas, millest annavad tunnistust ka väikeserakuliste (1-2 µm) sinivetikate domineerimine fütoplanktonis. Peaaegu kadunud on fütoplanktonist ikkesvetikad, kuid tänu koldvetikaliikide rohkusele püsib ka FKI oligo-mesotroofsusel tasemel.

Vastavalt Veepoliitika Raamdirektiivi nõuetele on järve seisund fütoplanktoni näitajate alusel halvenenud (tabel 2.2.1).

Tabel 2.2.1. Pullijärve seisund (keskmised väärtused) fütoplanktoni näitajate alusel. Chla - klorofüll-a; FKI - fütoplanktoni koondindeks; FPK - fütoplanktoni kooslus, J - ühtluse indeks.

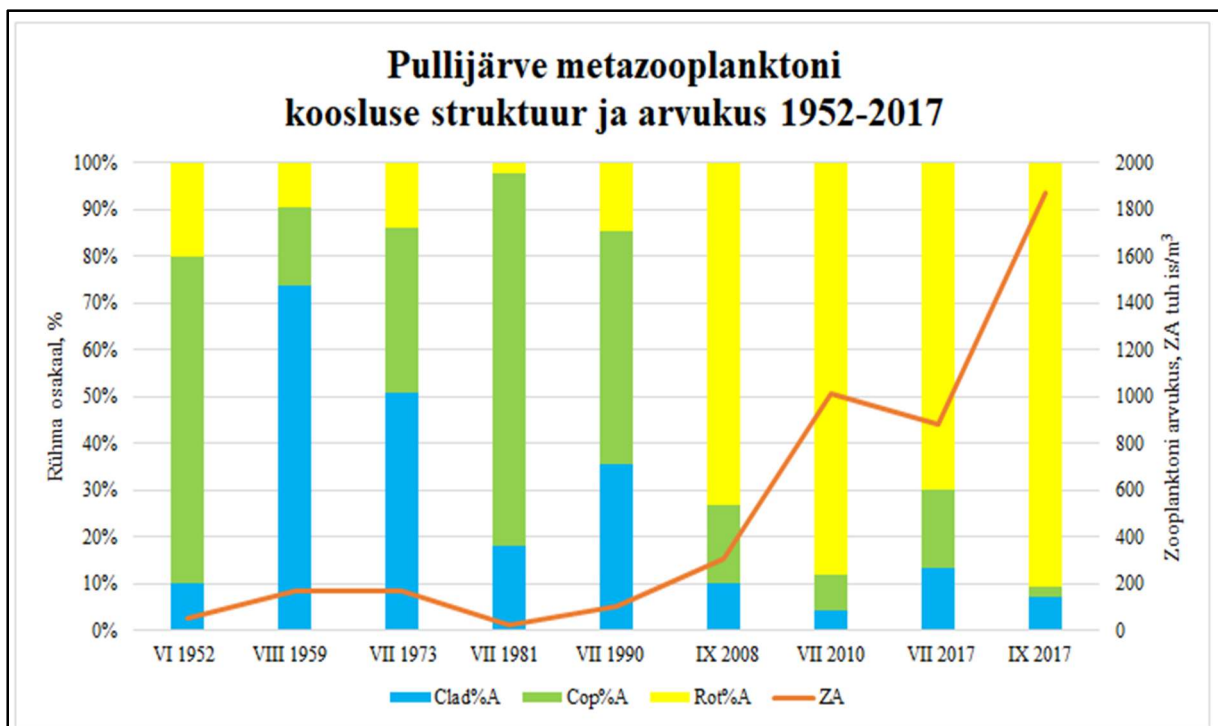
Aasta	Chla (µg/l)	FKI	FPK	J	Koondhinnang
2008	6,9	3,7	3	0,57	hea
2010	5,1	3,6	3	0,76	hea
2017	21,2	5,9	3	0,74	kesine

2.3. Zooplankton

Pullijärve zooplanktoni koosluse dünaamikat saab jagada tinglikult kaheks perioodiks (joonis 2.3.1): esmastest uuringutest 1952. aastal kuni 1990. aastani ning 1990. aastast kuni tänapäevani.

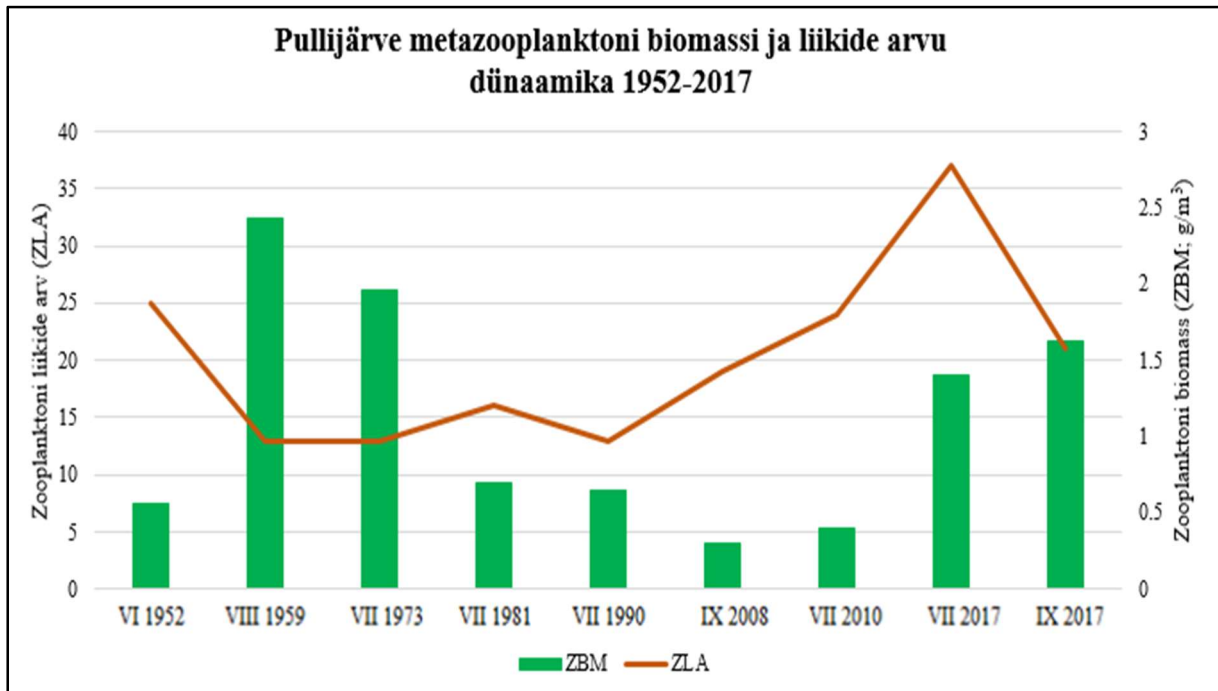
Esimest perioodi (1952-1990) iseloomustab stabiilne ja vähearvukas liigistik, kus domineerisid enamasti aerjalalised, harvem ka vesikirbulised. Aerjalaliste seas domineerisid peamiselt noorjärgud (naupliused ja sõudikuliste kopepodiitsed järgud), täiskasvanud isenditest olid tavalised *Eudiaptomus gracilis* ja *Mesocyclops leuckarti*. Keriloomade osakaal ja liigiline mitmekesisus olid madalad, liikidest esinesid arvukamalt *Conochilus* sp., *Kellicottia longispina*, *Asplanchna priodonta* ja *Keratella cochlearis*. Koosluses esines mitmeid oligo-mesotroofset keskkonda eelistavaid indikaatorliike, vähearvukalt esines ka haruldusi, nt hormikuline *Heterocope appendiculata*, vesikirbulised *Holopedium gibberum* ja *Daphnia galeata*.

Teist perioodi (1990-...) iseloomustab arvukuse ja eutroofset keskkonda eelistavate liikide osakaalu järk-järguline suurenemine. Keriloomade osakaal ja liigiline mitmekesisus olid oluliselt suurenenud, arvukaimaks taksoniks oli muutunud *Keratella cochlearis*, kes võis koosluse arvukusest moodustada isegi üle poole (50,7%, 11.09.2017). Kadunud olid haruldased ja keskkonnatingimuste suhtes nõudlikud liigid (*H. gibberum*, *H. appendiculata*) ja need olid asendunud tolerantsematega (*Chydorus sphaericus*, *Synchaeta* sp., *Ceriodaphnia pulchella* jt).



Joonis 2.3.1. Pullijärve metazooplanktoni koosluse proportsioonid ja üldarvukuse dünaamika 1952-2017.

Järves oli zooplanktoni biomass enamasti keskmine või madal, kõrgemad väärtused tulenesid tavaliselt suuremate vesikirbuliste või keriloomade esinemisest koosluses (joonis 2.3.2). Zooplanktoni kõrged arvukuse väärtused aga tulenesid otseselt keriloomade osakaalu suurenemisest koosluses. Koosluse seisundi ja mitmekesise liigistiku tagasid tasakaal toiduvõrgustikus ning seda mõjutavad nii „alt-üles“ survetegurid (toidubaas ja keskkonnatingimused) ning „ülevalt-alla“ survetegurid (vaenlaste olemasolu).



Joonis 2.3.2. Pullijärve metazooplanktoni biomassi ja liikide arvu dünaamika uurimisperioodil 1952-2017.

2.4. Suurtaimed

Pullijärv on pehme- ja heledaveeline järv, mille taimestikku on varem uuritud 1968., 1973., 1981., 1990., 2008. ja 2010. aastal. Järves esines 2017. aastal 36 liiki makrofüüte – 19 liiki kaldaveetaimi, 5 liiki ujulehtedega ja 4 liiki veesiseseid taimi.

Kaldaveetaimestikus domineeris harilik pilliroog (*Phragmites australis*), mis moodustas ümber järve ebaühtlase roostikuvööndi. Roostikuvabadel aladel domineeris konnaosi (*Equisetum fluviatile*) koos laialehise hundinuia (*Typha latifolia*), nõelalsi (*Eleocharis acicularis*) ning tarnadega (*Carex* sp).

Ujulehtedega taimestik oli valdavalt vähene ning ühtset vööndit ei moodustanud. Mõõdukalt leidis ujulehtedega taimi järve lõuna- ja idaosa soppides.

Veesiseses taimestikus domineeris vahelduvaõiene vesikuusk (*Myriophyllum alterniflorum*, LK II) koos vesilobeeliaga (*Lobelia dortmanna*, LK II) ühtse vööndina kogu järve ulatuses (va lõunaosa).

2010. a järvest esmakordselt leitud looduskaitse II kategooria alla kuuluv mõru vesipipar (*Elatine hydropiper*) esines järves ka 2017. a. Võrreldes 2010. aastaga oli vähenenud mändvetiktaimede (*Chara* sp.) ohtrus ning järvest ei leitud sel korral pikka penikeelt (*Potamogeton praelongus*). Nii 2010. kui 2017. a oli Pullijärve seisund suurtaimede järgi hea (tabel 2.4.1).

Tabel 2.4.1. Pullijärve seisund suurtaimede alusel 1990, 2008., 2010. ja 2017. aastal.

Aasta	Sammalde sügavuspiir	Tähtsamad hüdrofüütide taksonid ohtruse järjekorras	Lahnarohtude või vesilobeelia ohtrus	Vahelduvaõieise vesikuuse ohtrus	Vesikatku või ujulehtedeta penikeelte ohtrus	Suurte niitvetikate rohkus	Koondhinnang
1990*	-	Myr, Lob=Char	3	5	1		hea
2008	-	Myr, Lob	4	5	2	3	hea
2010	-	Myr, Lob	3	4	1	3	hea
2017	-	Myr=Lob	3	3	1	2	hea

* 1990. a taimekoosus oleks tänaste VRD klassipiiride alusel heas ökoloogilises seisundis.

2.5. Suurselgrootud

Pullijärve kaldalähedast madalaveelist põhja iseloomustab selgrootute väga madal asustustihedus (32-70 isendit/m²) isegi teiste sama tüüpi järvede seas (pehme- ja heledaveelised järved) ning väike taksonirikkus ühe proovi kohta. Väga madal arvukus ja biomass on olnud ka sügavamas vees, kus viimastel aastatel pole mõõtmisi tehtud. Et taksonirikkus kuulub seisundit iseloomustavate parameetrite hulka, siis võib looduslik taksonite vähesus seisundi hinnangule olulist mõju avaldada.

Neljast proovist kokku (2008-2017) leiti kõigest 28 taksonit. 2008. a domineerisid vesikakand (*Asellus aquaticus*) ja väheharjasussid (*Oligochaeta*), 2010. a vesikakand ja herneskarbid (*Pisidium* sp.), 2012. ja 2017. a aga surusääsklased (*Chironomidae*). Järve suurselgrootute seisundihinnang oli 2008. a ebatavaliselt madal, hiljem on see olnud vähemalt hea (tabel 2.5.1).

Tõenäoliselt põhjustas 2008. a formaalselt halva seisundi mingi kõrvaline sündmus (võib-olla veetaseme ootamatu muutus), mida enam kindlaks teha ei saa.

Hiljutine põhjalik Eesti materjalil põhinev uurimus näitas, et surusääsklaste vastsete arvukuse ja protsendi kasv litoraalis suurenevad sünkroonselt järve seisundi halvenemisega (Timm & Haldna, 2019). Kui nii 2008. kui ka 2010. a oli sama suures proovis 4 surusääsklase isendit, siis 2012. a leidus neid 19 ning 2017. a 44 isendit.

Samas on seisundi koondhinnang sellega paralleelselt kehvemaks läinud, kuigi pole veel heast seisundist allapoole jõudnud. Kui ka järvevesi ja muu järve-elustik peaksid ilmutama samasugust suundumust, võib arvata, et järv on aeglaselt, kuid kindlalt eutrofeerumas.

Tabel 2.5.1. Pullijärve seisundihinnangud suurselgrootute järgi. T - taksonirikkus, H' - Shannoni erisus, ASPT - taksoni keskmine tundlikkus, EPT - tundlike taksonite rikkus, A - happelisusindeks.

Kuupäev	T	H'	ASPT	EPT	A	Koondhinnang
05.05.2008	9	2,11	4,89	3	4	halb
17.05.2010	18	2,9	5,71	8	6	väga hea
03.05.2012	19	3,42	4,93	8	5	hea
03.05.2017	11	2,34	6,7	7	4	hea

2.6. Kalad

Arvukamad liigid on läbi uuritud ajaperioodi jäänud samaks – need on ahven ja särge, järgnevad latikas ja viidikas. Linask, roosärge, hõbekoger ja kiisk on olnud katsepüükide saagis esindatud üksikute isenditega ja nende tabamine võib olla pigem juhusliku iseloomuga.

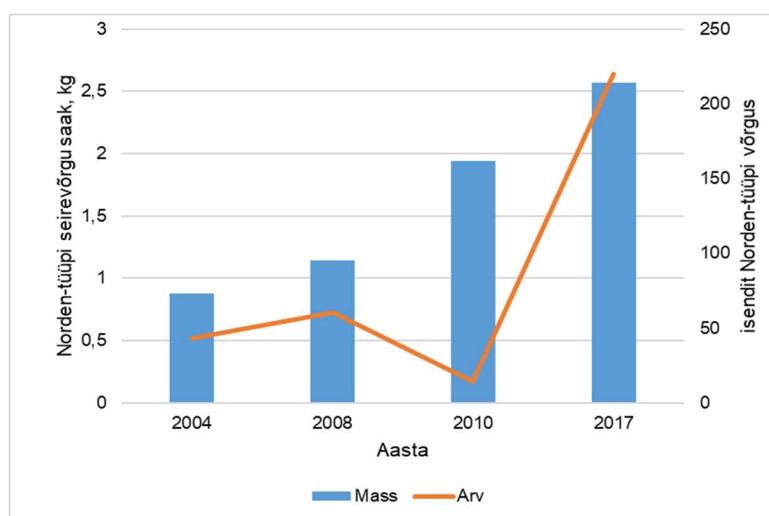
Kaitsealune vingerjas, kes esimesel eluaastal hingab välislõpuste abil, on Eestis oma levila põhjapiiril ja asustab enamasti Emajõe seotud mudaseid või turbaseid jõe- ja järveosi. Mudase elava liigina satub ta seirepüügi saaki väga harva, enamasti kas tugeva tormi või äikeselise ilmaga, seetõttu ei ole meil võimalik vingerja olemasolu järves objektiivselt hinnata. Küll aga vaatlesime Pullijärve kaldaid otsides vingerjale sobivaid elupaiku ja leidsime mõned kohad, kus taimestiku vahel ka muda leidub. Üldjoontes on kaldaosas järve põhi liivane ja sobib paremini teisele kaitsealusele kalaliigile - hingule. Elupaiga vaatluse alusel võib arvata, et vingerjas eelistab elamist lähedalasuvas Saarijärves, kuid võib varakevadel kudema tulla ka Pullijärve. Alt lahtise põhjaga poolenisti vetteulatuv paat võib varakevadel osustuda vingerjale sobivaks kunstkoelmuks. Muutused kalastikus on esitatud tabelis 2.6.1.

Eelmise sajandi keskpaigast pärinevate andmete võrdluses on järves nüüd dominandiks ahven, tookordse särje asemel. Katsepüügist on puudunud vingerjas, luts ja angerjas, kes on järvedes pigem vähearvukad liigid. Üllatav oli, et 2017. a katsepüügi saagist puudus muidu järves arvukaks osutunud haug. Vaadeldud ajavahemikul ongi suurim muutus kalastikus seotud haugi isendite arvu ja massiga ning selle tippkiskja arvukuse järsust vähenemisest tuleneva lepiskalade arvukuse tõusuga, mis omakorda peegeldub ka röövkalade osakaalu näitava indeksi KI väärtustes (tabel 2.6.2). Võrdlus Norden tüüpi seirevõrkudes (joonis 2.6.1) näitab kalade biomassi pidevat tõusu (võrreldes aastaid 2004 ja 2017 on kalade biomass

järves ca 2,5 korda tõusnud), millest johtuvalt on järve seisundihinnang nii kalade arvu kui massi osas aastatega märgatavalt halvenenud. Kalastiku arvukuse tõusu taga vahemikus 2008-2010 oli särg, 2010-2017 aga selgelt ahven, kelle asurkond on aastaid hea järelkasvuga olnud (joonis 2.6.2). Ka suurte ahvenate osa järves on kasvanud. Nii oli 2017. a katsepüügi saagis meie poolt Pullijärvest püütud suurim ahven igati esinduslikult 39 cm pikk ja massiga 819 g. Läbi aastate on ahven olnud katsepüükide saagis esindatud 7-10 põlvkonnaga, samas kui särg on olnud saagis stabiilselt viie põlvkonna ja väga ühtlase põlvkondade tugevusega (joon. 2.6.3).

Tabel 2.6.1. Muutused Pullijärve kalastikus kirjanduse ja katsepüükide alusel.

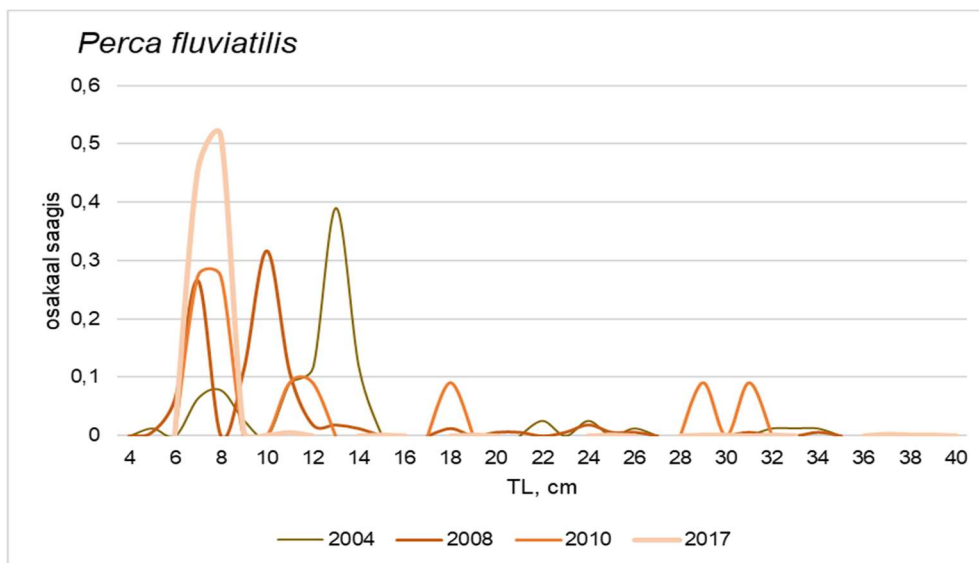
Liik	1968	2004	2008	2010	2017
Latikas (<i>Abramis brama</i>)	x	x	x	x	x
Viidikas (<i>Alburnus alburnus</i>)	x	x	x	x	x
Angerjas (<i>Anguilla anguilla</i>)	x				
Höbekoger (<i>Carassius gibelio</i>)	x				x
Haug (<i>Esox lucius</i>)	x	x	x	x	
Kiisk (<i>Gymnocephalus cernuus</i>)	x	x		x	x
Luts (<i>Lota lota</i>)	x				
Vingerjas (<i>Misgurnus fossilis</i>) LK III kat	x				
Ahven (<i>Perca fluviatilis</i>)	x	x	x	x	x
Särg (<i>Rutilus rutilus</i>)	x	x	x	x	x
Roosärg (<i>Scardinius erythrophthalmus</i>)	x	x			x
Linask (<i>Tinca tinca</i>)	x	x			
Liike kokku	12	8	5	6	7



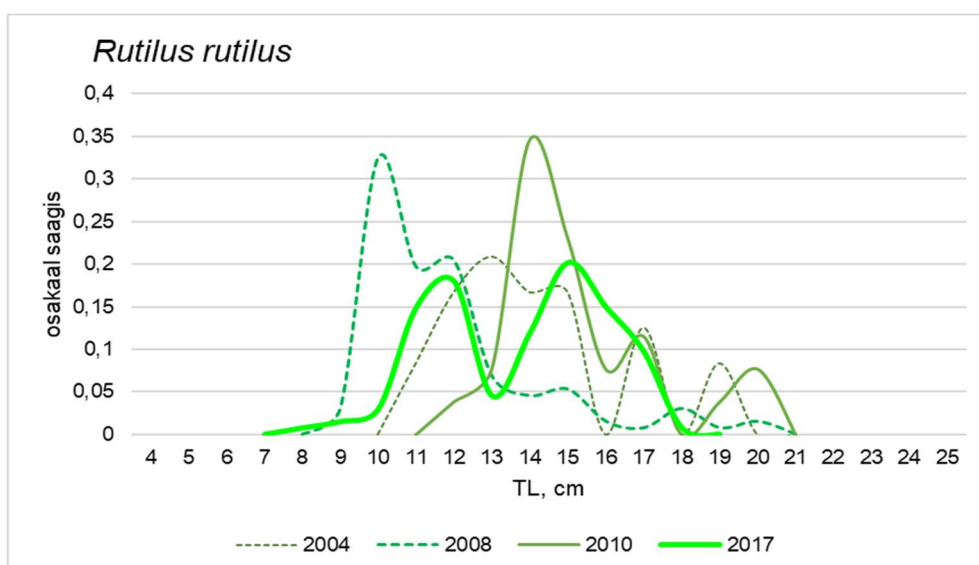
Joonis 2.6.1. Muutused Pullijärve kalastiku arvukuses ja massis Norden-tüüpi seirevõrkude saagi alusel.

Tabel 2.6.2. Suurima kõikumisega indekse: lepiskalade osa saagis KI, röövtoidulise ahvena osa saagis RAI ning ahvenlaste vs karpkalalaste massiindeks Aw:Kw arvvaartused ja hinnanguklassid Pullijärvele.

	JK _{KI}	JK _{RAI}	JK _{Aw:Kw}
2004	0,85	0,68	0,84
2008	0,86	0,82	0,79
2010	0,93	1,00	0,47
2017	0,53	0,64	0,63



Joonis 2.6.2. Ahvena (*Perca fluviatilis*) pikkusjaotuse võrdlus Pullijärve katsepüügi saagis.



Joonis 2.6.3. Särje (*Rutilus rutilus*) pikkusjaotuse võrdlus Pullijärve katsepüügi saagis.

Kolmandaks Pullijärve kalastiku dominantliigiks (massi poolest) on olnud latikas, kelle osakaal saagis on aastaid olnud 30% ümber. Latika arvukus on seejuures olnud pigem madal. Suurimad 0,8 kg massiga latikad oleme püüdnud 2004. ja 2008. a katsepüügi, hiljem on saagis olnud vaid kuni 0,5 kg massiga isendeid.

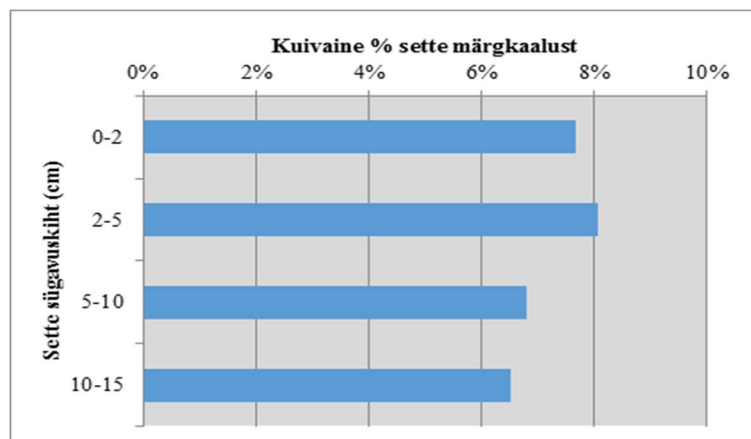
Lepiskalade osa saagis on Pullijärves läbi uuritud ajavahemiku olnud esmalt ühtlaselt väga heal, seejärel 2017. a. järsult kesisel tasemel. Ka kalastiku biomassi suurene mine on toimunud lepisakalde arvelt, lisaks, meie viimasesse katsepüüki haug ei sattunud. Lepiskaladest oleme püüdnud veel roosärge (2004 ja 2017).

Enama kui 50 ha suuruse pindalaga VRD II ja III tüüpi järvede hindamiseks kalastiku alusel on välja töötatud rsLAFIEE indeks, mille hinnang Pullijärvele oli 2017. a. katsepüügi alusel heas seisundiklassis. Samas VRD V tüüpi Pullijärve kalastik võib veekogu toitelisuse muutustele järsult reageerida. Kalastiku seisukohalt oli 2017. a. tegemist ahvena-latika järvega, kus haugi osatähtsus kalastikus on nii looduslikult kasina koelmuala (vastupidiselt allavoolu jäävale Saarjärvele) kui ka eelnevate aastate kehvast kevadisest veerežiimist johtuvalt poole võrra kahanenud. Röövtoidulise ahvena osakaalu suurenemine võib ka lepisakalde arvukust ohjata.

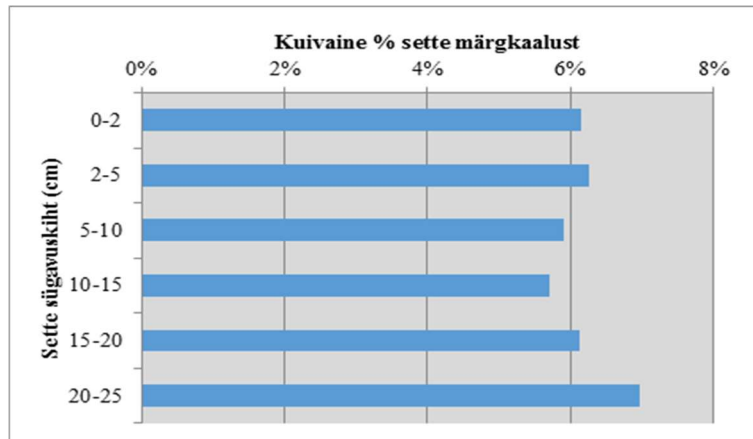
2.7. Sise- ja väliskoormus

Pullijärve sisekoormus

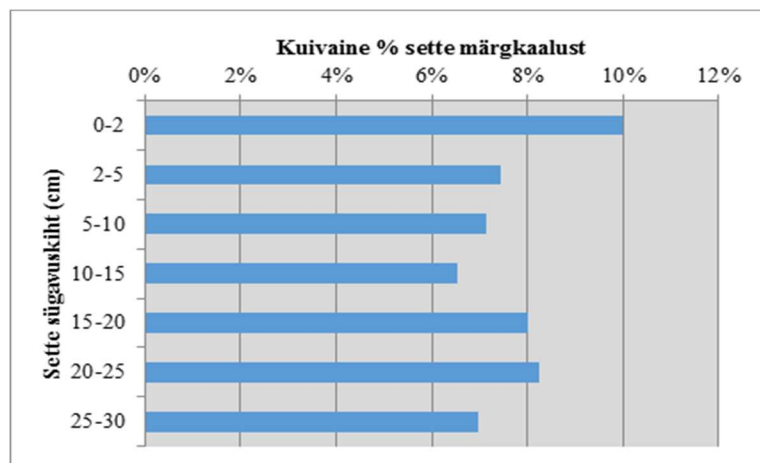
Pullijärve sette kuivainesisaldus oli madal ja varieerus 6-10% sette märgkaalust (joonised 2.7.1-2.7.3). Kõikides proovipunktides muutus kuivaine sisaldus sette sügavuse suurenedes vähe.



Joonis 2.7.1. Pullijärve sette kuivaine sisaldused (% märgkaalust) P1.

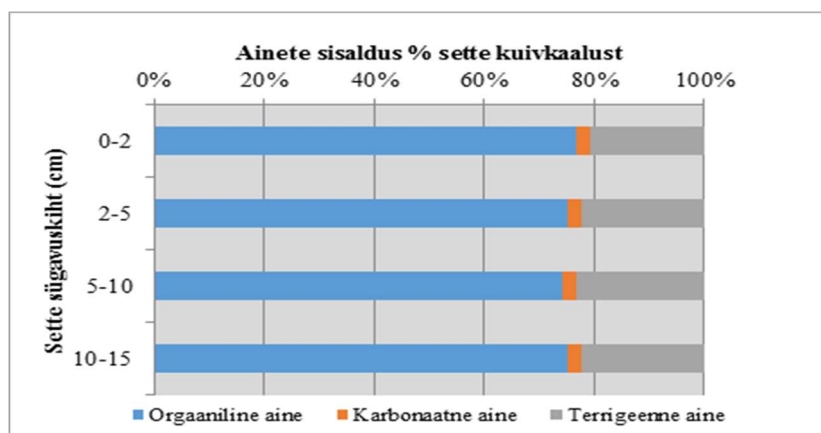


Joonis 2.7.2. Pullijärve sette kuivaine sisaldused (% märgkaalust) P2.

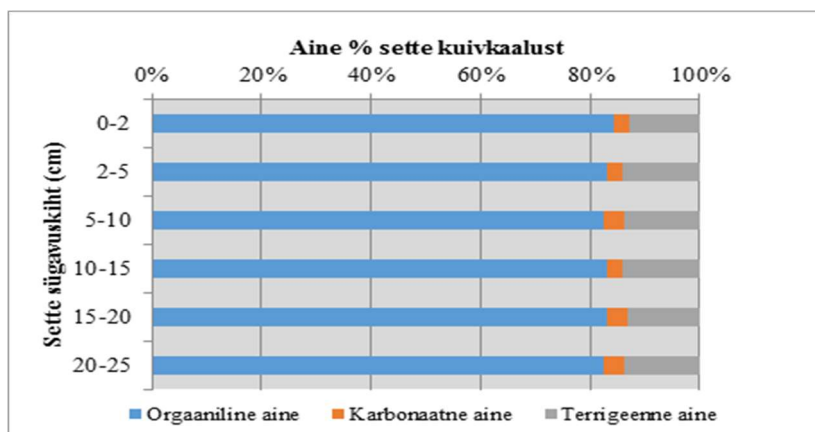


Joonis 2.7.3. Pullijärve sette kuivaine sisaldused (% märgkaalust) P3.

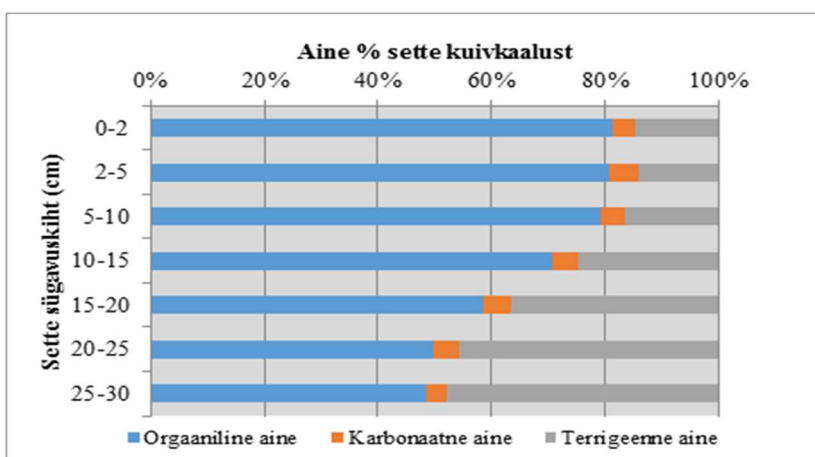
Sette kuivaine jaguneb omakorda orgaaniliseks, karbonaatseks ja terrigeenseks osaks (joonised 2.7.4-2.7.6). Pullijärve sette kuivaine koosnes peamiselt orgaanilisest ainest, mis moodustas 49-84% kuivaine sisaldusest. Teiste Eesti järvedega võrreldes on see kõrge. Proovipunktides P1 ja P2 püsis orgaanilise aine sisaldus sügavuse suurenedes ühtlane. P3 vähenes orgaanilise aine sisaldus sügavuse suurenedes. Terrigeenne aine moodustas 13-48% kuivaine sisaldusest. Kaltsiumkarbonaatide sisaldus oli kõikides proovides madal – 3-5%. P1 ja P2 ei muutunud kaltsiumkarbonaatide ega terrigeense aine sisaldused sügavuse suurenedes, vaid P3 suurenes terrigeense aine hulk sügavuse suurenedes.



Joonis 2.7.4. Pullijärve sette kuivaine koostis P1.



Joonis 2.7.5. Pullijärve sette kuivaine koostis P2.



Joonis 2.7.6. Pullijärve sette kuivaine koostis P3.

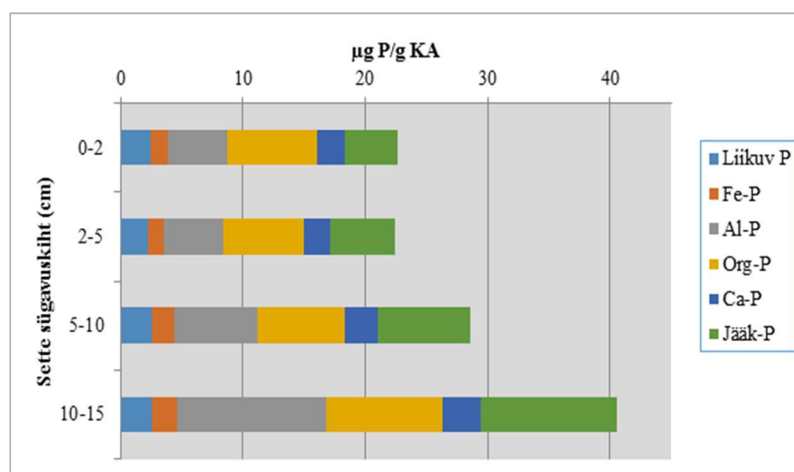
Fosforivormid settes: veekogu setetes esineb fosfor erinevate keemiliste vormide ehk fraktsioonidena. Olenevalt veekogus esinevatest keskkonnatingimustest on mõned nendest fosfori vormidest kergesti settest vabanevad ning taimedele ja fütoplanktonile kättesaadavad. Mõned antud vormidest on inertsed ega osale veekogu fosforiringes, vaid talletuvad settesse. Seega, kui on teada fosforivormide jaotus settes, siis on võimalik ka paremini mõista veekogu fosforiringe eripärasid.

Pullijärve fosforivormide summa pindmises settekihis oli 22 $\mu\text{g P/g KA}$ (P1), 53 $\mu\text{g P/g KA}$ (P2), 23 $\mu\text{g P/g KA}$ (P3). Võrreldes teiste Eesti järvedega on Pullijärve sette pindmise kihi fosforisisaldus väga madal. See tuleneb sellest, et tegemist on pehmeveelise oligotroofse järvega. Varasemad järvede settefosfori uuringud on keskendunud peamiselt eutroofsete või hüpertroofsete järvede uurimisele, nt suure sekundaarreostusega Harku järvele (P sisaldus 2300 $\mu\text{g P/g KA}$) ja Ruusmäe järvele (5200 $\mu\text{g P/g KA}$) (Kisand, 2008). Ka võrreldes teiste oligotroofsete järvedega maailmas on Pullijärve fosforisisaldused madalad. Näiteks kolmes Rootsi oligotroofses järves, Burattnet, Mjölkvattnet ja Ännsjön, olid sette üld-P sisaldused vastavalt 880, 870 ja 830 $\mu\text{g P/g KA}$ (Ahlgren et al., 2006).

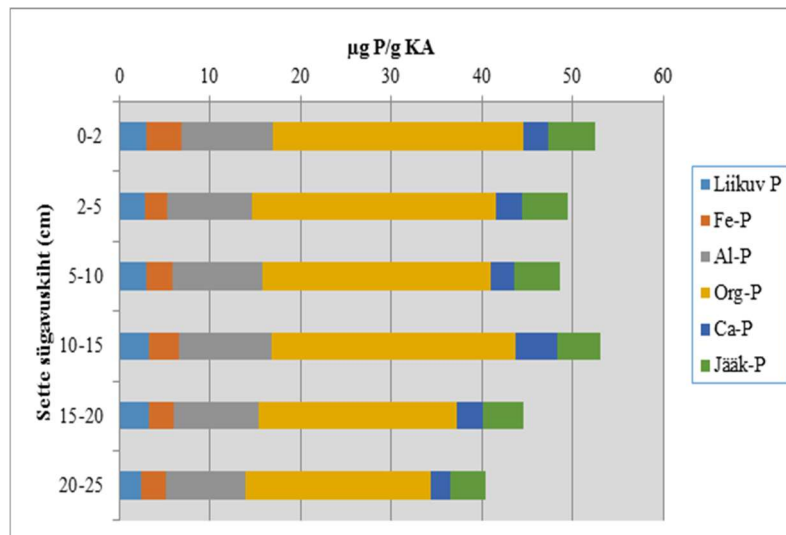
Suurim osa fosforist oli seotud orgaanilise ainega ja moodustas pindmises settekihis 32-53% fosforivormide summast (joonised 2.7.7-2.7.9). Sügavuse suurenedes vähenes see fraktsioon kõikides proovipunktides. Orgaanilise ainega seotud fosfor

vabaneb bakteriaalse lagundamise tagajärjel fosfaatses vormis sette poorivette ning võib sealt kanduda veesambasse. Lisaks võivad bakterite enda elutegevuse tõttu muutuda keskkonnatingimused settes (nt hapniku olemasolu, pH, rauaühendite vm sisaldus), mis soodustavad fosfori vabanemist veelgi. Labiilne fosfor moodustas 1-10% fosfori fraktsioonide summast. Tavaliselt jääb selle fraktsiooni sisaldus all 1%. Kõrgeim sisaldus oli P1 ning seal piirkonnas võib eeldada ka fosfori vabanemist settest veesambasse. Labiilne fosfori fraktsioon sisaldab poorivees lahustunud või nõrgalt setteosakestega seotud fosforit. Antud fraktsiooni sisaldus järvesettes on väga oluline, sest tegemist on kergesti settest vette vabaneva fraktsiooniga, mis on suurtaimedele ja fütoplanktonile kättesaadav. Rauaühenditega seotud fosfori hulk oli võrdlemisi väike, varieerudes 6-12% erinevates proovipunktides. Raud-P fraktsioon sõltub järves olevatest hapnikutingimustest ning on potentsiaalselt vabanev. Madalad järved on tavaliselt hapnikurikkad ning seega on fosfor seotud raud(III)oksiidi osakestega. Samas, kuigi sette pindmine kiht on aeroobne, võib fosfor difundeeruda sügavamatest anaeroobsetest settekihtidest järvevette. Samuti võib rauaga seotud fosfor vabaneda talvel, kui järv on ummuksil, või suvel, kui tihe suurtaimestik kasutab öö jooksul ära järvevees oleva hapniku. Alumiiniumiühenditega seotud fosfor oli üks kolmest peamisest P fraktsioonist settes ja selle sisaldus varieerus erinevate proovipunktide pindmises settekihis 15-22%. P1 ja P3 Al-P fraktsiooni sisaldus sügavuse suurenedes suurenes ning P2 vastupidiselt vähenes. Alumiiniumiühenditega seotud fosfor võib sobivate keskkonnatingimuste juures olla potentsiaalselt vabanev, kuid seda peetakse vastupidavamaks fraktsiooniks kui rauaühenditega seotud fosforit.

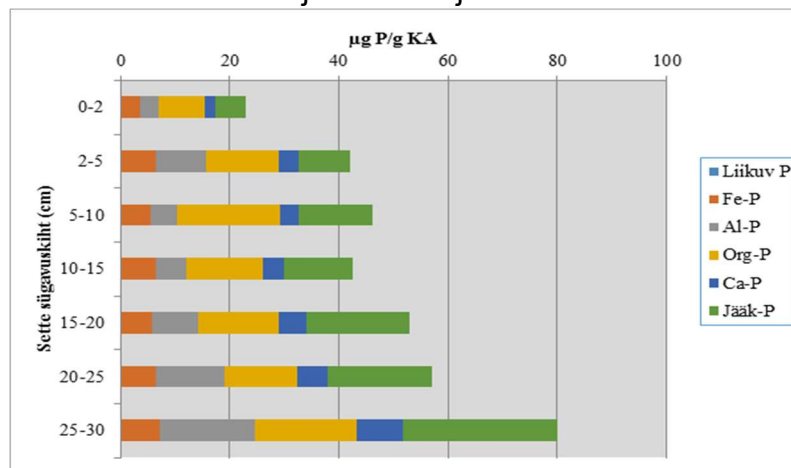
Jääk-P oli üks kolmest peamisest P fraktsioonist settes ning moodustas 10-24% pindmise settekihi P sisaldusest. Kaltsiumiühenditega seotud P hulk oli võrdlemisi tagasihoidlik, moodustades 5-10% pindmise settekihi P sisaldusest. Vähenes Ca-P on ka loogiline, sest tegemist on pehmeveelise järvega. Jääk-P ja kaltsiumiühenditega seotud fosfori vorme peetakse võrdlemisi inertseks ja arvatakse, et need ei osale veekogu fosforiringes. Inertsed fosfori fraktsioonid moodustasid 15-33% sette fosfori sisaldusest. Seega on suurem osa Pullijärve settefosforist labiilses vormis (67-85%) ning järvesete on sekundaarreostuse allikas.



Joonis 2.7.7. Fosfori fraktsioonide jaotus Pullijärve P1 sette kuivaines (KA).



Joonis 2.7.8. Fosfori fraktsioonide jaotus Pullijärve P2 sette kuivaines (KA).



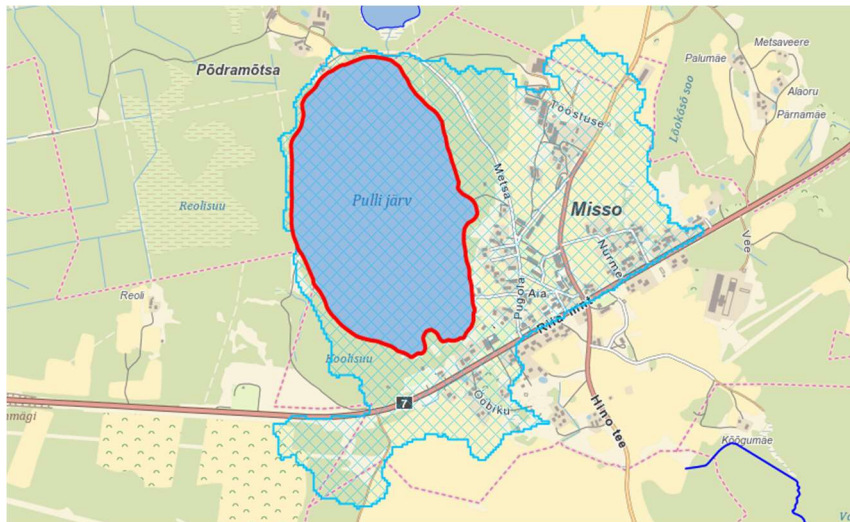
Joonis 2.7.9. Fosfori fraktsioonide jaotus Pullijärve P3 sette kuivaines (KA).

Inkubatsioonikatse: sette roll veekogu fosforiringes oleneb sellest, kas fosfor seotakse settesse või vabaneb vette. Setteosakeste vahele jääb poorivesi, milles lahustunud fosfori hulk on võrreldes sette üldfosfori sisaldusega väike (tavaliselt alla 1%). Sellegipoolest ületab poorivees lahustunud fosfori hulk kordades (sageli 5- kuni 20-kordselt) sette kohal oleva vee fosforisisaldust. Seega tekib sette ja vee piirpinnal fosforisisalduste erinevuse tõttu kontsentratsioonigradient, mis põhjustab lahustunud fosfori kandumist pooriveest veesambasse (Boström et al., 1982). Juba osaline lahustunud fosfori kandumine järve vette võib oluliselt tõsta selle fosfori kontsentratsiooni (Søndergaard et al., 2003). Katse käigus uuriti setteproovidest vabanevaid fosforivoogusid. Selgus, et 112 päevase inkubatsiooniperioodi jooksul vabanes kogutud proovidest 51,5 mg P/m² ehk 0,46 mg P/m² päevas. Pullijärve settest vabaneb hulk fosforit, mis on pehmeveelise oligotroofse järve jaoks oluline sekundaarreostuse allikaks.

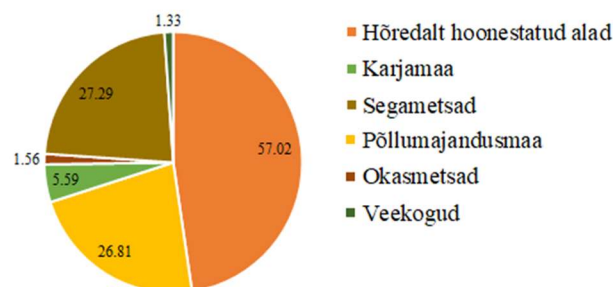
Väliskoormus valgalalt

Pullijärve koguvalgala koos Pullijärvega on 182,71 ha, Pullijärveta on valgala pindala 119,61 ha (joonis 2.7.10). Järve valgala asub sanduri alal, Haanja kõrgustiku lõunaosas ning on vahelduva pinnamoe ja pinnakattega. Järve kaldad on valdavalt

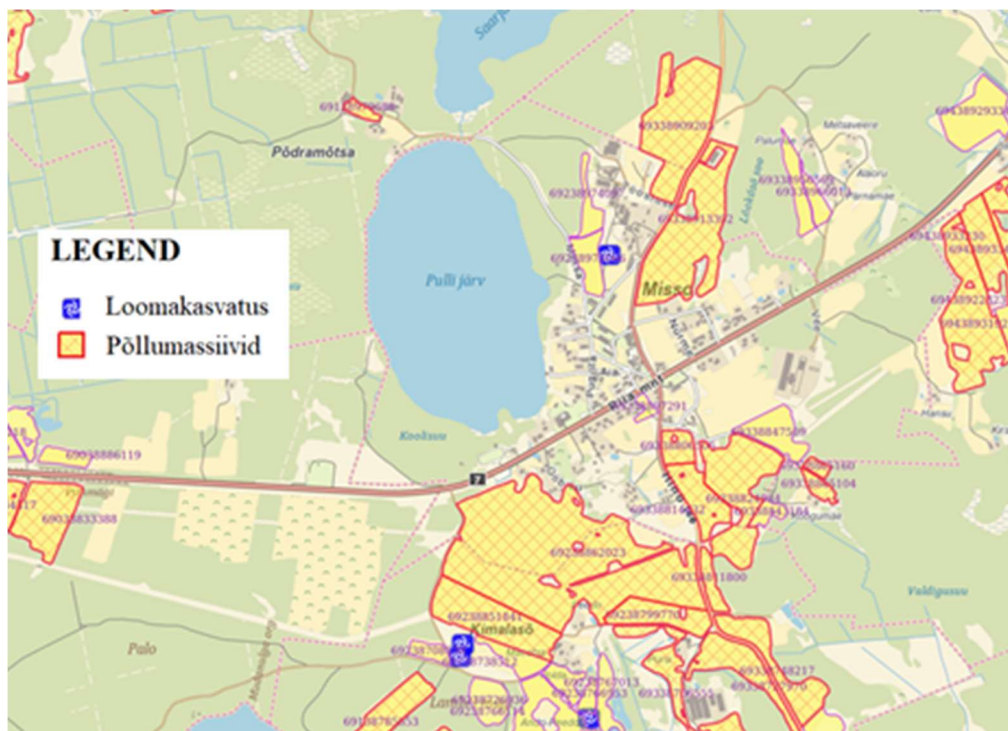
liivased-kruusased, järve põhja katab kuni 3,4 m (keskm 1,4 m) paksune mudakiht. Valgala kõlvikulises koosseisus on suurim osakaal hõredalt hoonestatud alal (Misso asula, 47,7%; 57,02 ha), kõlvikute osakaalus järgnevad segametsad (22,8%; 27,3 ha) ja põllumaa (22,4%; 26,82 ha). Valgala maakattetüüpide osakaalud on toodud joonisel 2.7.11. Valgala kaguservas asuv Misso asula jääb praktiliselt kogu ulatuses järve valgale. Asulas elab 210 inimest, asula reovesi juhitakse peale puhastamist otse Pedetsi jõkke. Valgalale jäävad mõned põllumassiivid ja üks loomakasvatushoone (kasvatatakse kanu; joonis 2.7.12).



Joonis 2.7.10. Pullijärve valgala (helesinine joon) ja Pullijärve hoiuala (punane joon; ESTMODEL, 2018. a andmete alusel).



Joonis 2.7.11. Pullijärve valgala maakattetüüpide protsentuaalne jaotus (valgla pindala 119,61 ha; ESTMODEL andmete alusel 2018. a).



Joonis 2.7.12. Pullijärve vahetus ümbruses paiknevad põllumassiivid ja loomakasvatushooned (PRIA, 19.02.2020).

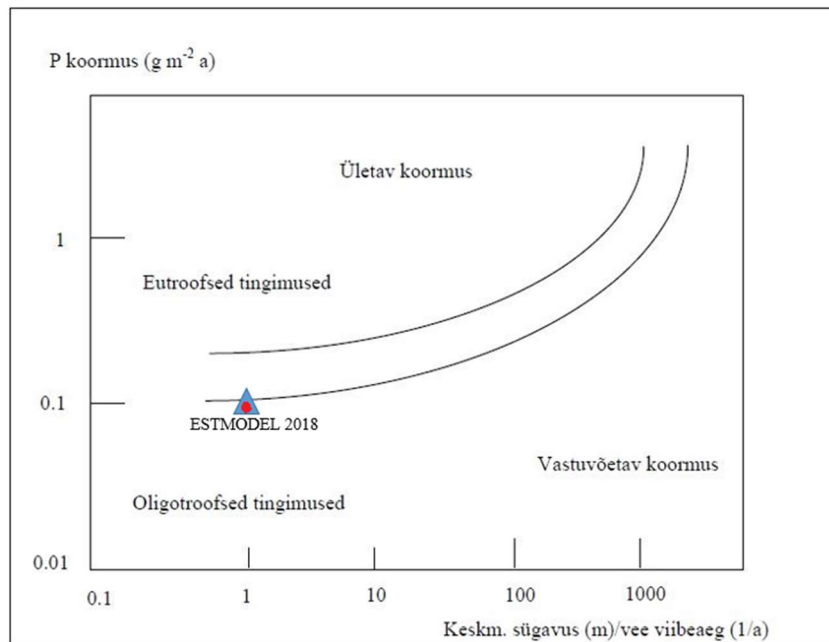


Joonis 2.7.13. Pullijärve väljavooluks on väikene ja kitsas kraavikene, mis voolab Misso Saarljärve (22.04.2019, foto R. Laarmaa).

Pullijärve veekogusid ei suubu (läänekaldal leidub allikaid), järvest lähtub kraav, mis voolab Saarljärve kaudu Pedetsi jõkke (joonis 2.7.13). Veevahetus on järves väga aeglane, 0,3-0,5 korda/a (Loopmann, 1984; EELIS).

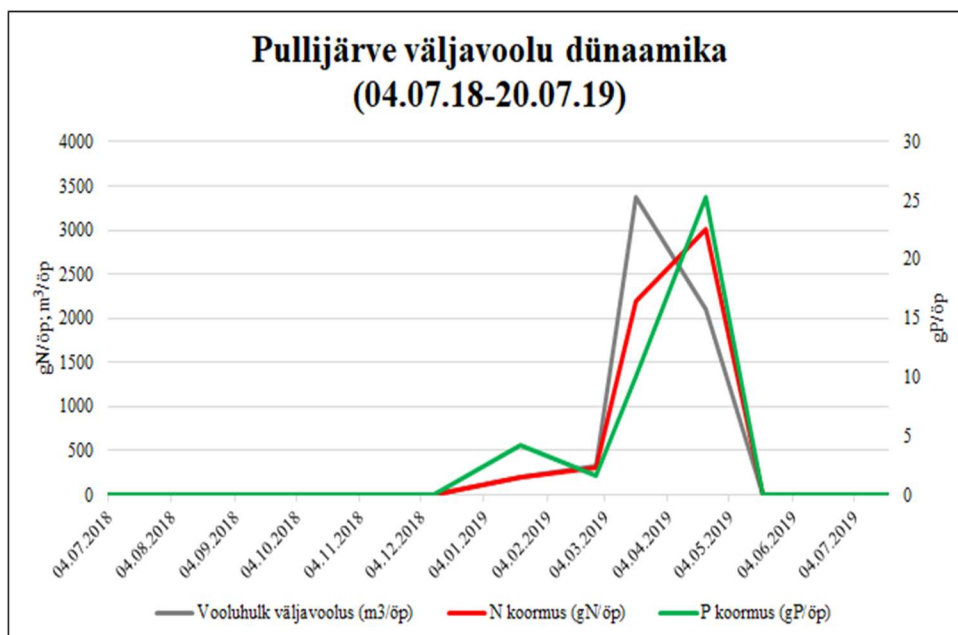
Pullijärve valgala on väike, majapidamised suures osas ühendatud ÜVK-ga ning sellel on võrdlemisi suur osakaal looduslikel maakattetüüpidel. Pullijärve vastupanuvõimet nõrgestab pigem pikk vee viibeaeg (aeglane veevahetus). ESTMODEL-i 2018. a

andmete alusel on valgalalt pärinev toiteainete koormus väike: fosforikoormus 0,09 gP/m²/a ja lämmastikukoormus 1,24 gN/m²/a. Vollenweideri (1975) mudeli alusel on fosforikoormus järve jaoks “vastuvõetaval tasemel”.



Joonis 2.7.14. Pullijärve koormustaluvus ESTMODEL 2018. a valgala andmete alusel. Valgalalt pärinev koormus on järve jaoks “vastuvõetaval tasemel”.

Kalenderaasta jooksul (4.07.2018-20.07.2019) jälgiti pistelise sagedusega ka Pullijärve väljavoolu hüdrooloogilist režiimi ja toiteainete koguseid. Tulemused on toodud joonisel 2.7.15. Väheste sademete tõttu oli järve veetase uuringuperioodi jooksul madal ja seetõttu puudus 8 uuringukuu jooksul väljavool järvest. Ka toiteainete kogused ja vooluhulgad on tagasihoidlikud, mistõttu Pullijärv olulist ohtu allavoolu asuvatele veekogumitele ei kujuta.



Joonis 2.7.15. Pullijärve väljavoolu toiteainete koormuse ja vooluhulga dünaamika (2018-2019).



Joonis 2.7.16. Metsaraie Pullijärve läänekaldal. Raiutus ala ja järve vahele jäänud kitsas puuderiba on tormide tõttu osaliselt murdunud (foto I. Ott, 9.03.2020. a)

2.8. Hüdromorfoloogia

Väikejärvede seires uuriti Pullijärve hüdromorfoloogilisi tingimusi viimati 2010. a ja siis oli seisund hea. Proovipunktide asukohad on toodud joonisel 2.8.1 ja seisundi koondhinnang tabelis 2.8.1 (Väikejärvede..., 2017).



Joonis 2.8.1. Hüdromorfoloogia seisundi hindamiseks valitud proovikohad Pullijärvel (Väikejärvede..., 2017).

Järve veetase oli seire toimumise ajal kõrge ja hüdroloogiline seisund kesine, veevahetus on väga nõrk. Järve valgala on väike ja järv toitub peamiselt sademetest ja põhjaveest, läänekaldal leidub allikaid. Väljavool toimub põhjaosast. Kesine hüdroloogiline seisund oli tingitud nõrgast veevahetusest ja kõrgenenud veetasemest. Pullijärv on ovaalse kuju ja vähe liigestatud kaldajoonega, esineb üksikuid väikesi lahesoppe, lõunaosas ulatub järve maanukk. Järv asub Misso asula juures. Lääne- ja põhjakallas on metsased, loodes ulatub kaldale raba. Kagupool esineb ka aia- ja põllumaad, lõunas heinamaad. Kaldavöönd oli halvas seisus ning see tulenes peamiselt inimõjust. Järve kalda-ala oli heas seisus. Kalda-ala substraat on peamiselt liivane, mõnes kohas ka mudane. Kaldad on valdavalt lauged ning erosiooni esineb vähe kuni mõõdukalt.

Põhi on kalda lähedal enamasti liivane, aga sügavamal kaetud kuni 1 m paksuse mudakihi (Mäemets, 1977). Litoraali seisund oli kesine. Välitööde ajal moodustas enamuse litoraali substraadist liiv, kuid kohati esines ka muda (P1, P7). Mitmes proovipunktis esines ka paks perifüüton (P2, P5, P10). P9 juures oli põhi küll peamiselt kivine, kuid sealt eraldus ebameeldivat haisu.

Tabel 2.8.1. Pullijärve hüdro-morfoloogilise seire seisundi hinnang kvaliteedi-elementide ja proovipunktide kaupa.

Proovipunkt	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	Summa	Hinnang
Hüdroloogia	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	30	3
Kaldavöönd	4	2	3	4	1	3	3	4	4	4	32	4
Kalda-ala	1	1	2	2	2	3	1	3	3	2	20	2
Litoraali	4	2	3	2	3	2	2	3	2	3	26	3
Inimmõju	3	2	2	4	1	3	2	3	4	3	27	3
Järve seisundi hinnang												kesine

Inimmõju järvele on mõõdukas ning tuleneb järve asukohast Misso aleviku juures (mitmed majapidamised otse järve kaldal; fotod 2.8.1, 2.8.2). Aleviku juures asuva ujumiskoha kõrvale on ehitatud otse vee äärde uuselamu, ilmselt vana paadikuuri asemele ning ligipääsu piiramiseks ehitatud ka aed otse veepiirini (foto 2.8.3). Pullijärv omab suurt puhkeväärtust – ümber järve kulgeb kaks matkarada, kaldal on RMK metsamaja koos puhkekohaga (foto 2.8.4) ning Piksepini Turismitalu. Lõunas asub väikesel maanukil (Sõbrasaar) pinkidega varustatud puhkekoht. Idakaldal asub laululava. Samuti esineb mitmeid era- ja ühiskasutuses olevaid ujumiskohti, lõkkekohti (Pullijärve..., 2010). P6 juures asub vees „puhke-ehitis“ koos vesirattaga (foto 2.8.5). Lõunakaldal Sõbrasaare juures asub biotiik, mis peaks olema kasutusest väljas. Maastikukaitseala kaitsekorralduskava põhjal on probleemiks järve kaldal kulgev amortiseerunud kanalisatsioon, mis kujutab endast võimalikku keskkonnaohtu. Biotiik on kaitsekorralduskava kohaselt plaanis likvideerida. Mitmes kohas leidis prahti nii vees kui ka järve kaldal.

Järve hüdro-morfoloogilise seisundi koondhinnang oli kesine. Võrreldes 2010. aastaga oli seisund halvem. Eelmisel korral hinnati seda vana meetodika alusel, mis põhineb inimeste heaolul ning ei peegelda looduslikku olukorda piisaval määral. Kesine seisund oli tingitud tugevast inimõjusest järvele (asukoht alevikus, kunagine väliskoormus Misso puhastussüsteemide heitveest).



Foto 2.8.1. Misso asula avaldab suurt inimõjuse järvele ja selle hüdro-morfoloogilisele seisundile (foto K. Saar).



Foto 2.8.2. Otse veepiiril asuv ehitis Pullijärve ääres (foto K. Saar).




Foto 2.8.3. Veepiirile rajatud ehitis Misso asulas ujumiskoha kõrval. Ligipääsu veele takistab veepiirini ehitatud aed (foto K. Saar).



Foto 2.8.4. RMK metsamaja proovipunktis nr 4 (foto K. Saar).



Foto 2.8.5. Puhkamise eesmärgil ehitatud ehitis koos vesirattaga proovipunktis nr 6. Siin leidus prahti nii kaldal kui ka vees (foto K. Saar).

A wide, calm lake with a forested shoreline in the background and evergreen trees in the foreground. The water is still, reflecting the sky and the distant shore. The sky is overcast and grey. The trees in the foreground are dark green and dense.

II OSA:

PULLIJÄRVE MEETME- JA TEGEVUSKAVA

II OSA: PULLIJÄRVE MEETME- JA TEGEVUSKAVA

Meetmekavas antakse üldine ülevaade kliimamuutuste mõjust pehmeveelise järve funktsioneerimisele, Pullijärvega seotud huvigruppide ja neid enim kõnetavatest ökosüsteemiteenustest. Hinnatakse järve rekreatiivset koormustaluvust. Meetmekava koostamisel lähtuti aruande esimesest osast, mis hõlmas Pullijärve (VEE2155200) seisundi dünaamika kirjeldust 1950. a alates. Tausta- ja üldandmetena kasutati ka erinevates andmebaasides olevaid avalikke materjale (nt Eesti eluslooduse infosüsteem EELIS, Keskkonnaregister, Keskkonnaseire infosüsteem KESE, VeeVeeb, Maa-ameti geoportaal, Metsaportaal, Keskkonnaameti avalik inforegister ja PRIA põllumassiivide kaart), lisaks kinnitatud ja kehtivaid dokumente ning arengukavades toodud infot. Kohalike huvigruppide arvamuse teadasaamiseks kasutati kirjaliku küsitluse meetodit.

1. Kliimamuutuste mõju järvede tervendamise kontekstis

Kliima mõju pehmeveeliste järvede funktsioneerimisele on väga oluline, nagu ka muud mõjurid. Pehmeveelised järved on lisaks veel ka kas umb- või lähtejärved, millel on väga pikk vee viibeaeg. Sellised veekogud on sageli väikese pindala ja mahuga, mis omakorda kahandavad vastupanuvõimet mõjutustele. Pullijärv on madal lähtejärv, millel on väike valgala.

Eesti kohta on koostatud kliimastsenaariumid aastani 2100 (Luhamaa jt., 2014). On arvestatud kahte stsenaariumit, üks tagasihoidlikumate RCP4.5 ja ja teine suuremate kliimamuutustega RCP8.5. Mõlema järgi on oodata õhutemperatuuri tõusu. Neist esimese alusel on temperatuuri tõus 2,7 ja teise järgi 4,3 kraadi. Samamoodi muutub arvatavasti ka sademete hulk. Kuu keskmiseid sademeid on sajandi lõpuks aasta kohta vastavalt 16% või 19% rohkem. Erinevate mudelitega rõhutatakse ka ekstreemsete sademetehulgaga valingute sagenemist. Eestis on täheldatud lõuna-kaarte tuulte tugevnemist (Nõges jt., 2012). Järve funktsioneerimist võib mõjutada tormide võimsus ja tugevatuuleliste päevade arv.

Pullijärv on madal (maksimaalne 7,1 m, keskmine 3,9 m), väga väikese valgala lähtejärv. Vahel on täheldatud mõne näitaja puhul veesamba kihistust. Ilmselt on see lühiajaline ja olulist mõju järve funktsioneerimisele ei avalda. Ilmaolude muutused võiksid mõjuda erineva morfomeetria ja vee omadustega järvedele erinevalt. Pullijärve puhul pole arvatavasti olulised ei sademete võimalik suurenemine ega ka tuule mõju suurenemine. Tuule mõju suurenemine võiks kõne alla tulla ainult sel juhul, kui valgala väheneks mets väga oluliselt. Õhutemperatuuri ja selle kaudu veetemperatuuri tõus muudab järve funktsioneerimist. Oluline on ka temperatuuri aastane dünaamika. Viimastel aastatel on meie järvedes täheldatud ühe peamise mõjurina kasvuperioodi pikenemist. On ka olnud aastaid, kus olulise ökoloogilise faktorina saab käsitleda lühiajalisi kuumaperioode. Eriti suur mõju on siis, kui need kuumaperioodid toimuvad

kevad, kasvuperioodi alguses. Suurim toime on seejuures sügavamatele järvedele, kuid sellele võivad reageerida väga tugeva surve korral ka madalad.

Veetemperatuuri tõus intensiivistab bioloogilisi protsesse, muudab liigilist koosseisu, liikide arvu ja koosluste proportsioone. Nimetama peab ka, et liikide arvukuse ja biomassi dünaamika võib muutuda. Pullijärve puhul võib oletada, et veetemperatuuri ühtlasem jaotus on järve funktsioneerimisele väga üldises tähenduses kasulik, sest toiteainete ressursid jaotuvad kasvuperioodile ühtlasemalt. Seda nähtust on Eesti väikejärvedes juba praegu mitmel viimasel ajal täheldatud. Kevad on varajasem, sügis hilisem, jääkatte periood lühem, kevadine suurvesi lühemal ajal või puudub ja on nõrgem, sademete ja temperatuuri dünaamika ühtlane. Sellistes tingimustes ei ole väga olulisi ökoloogilise kvaliteedi langusi.

Pullijärve puhul võib mõlema kliimastsenaariumi rakendumisel oodata järgmist:

Järvesisesed ökoloogilise kvaliteedi näitajad vee omaduste ja hüdrobiontide seisukohalt oluliselt ei muutu. Otsustavaks võivad hoopis saada kliimast tingitud muutused valgatal.

Haruldased taimeliigid võivad asendada teistega. Samamoodi võivad ülekaalu saada laiemate ökonõudlustega, nn vastupidavad liigid. Suuremate temperatuuride puhul järve aineriingi kiireneb, mille tõttu ilmnevad eutrofeerumisega kaasnevad nähtused (nt veeõitsengute intensiivistumine; vt ka foto 1.1).



Foto 1.1. Rohevetikatesse mattunud vahelduvaõiesed vesikuused Pullijärves 2008. a. suvel (foto I. Ott).

2. Ökosüsteemiteenused ja huvigrupid

Viimasel ajal on keskkonnapoliitikas süvenenud arusaam, et ökosüsteemide seisundi halvenemist ja elurikkuse kadu saab avalikule sektorile paremini selgitada, kui kirjeldada ökosüsteeme kui üksusi, millel on võime pakkuda majanduslikus mõistes kaupu ja teenuseid, mis rahuldavad inimese vajadusi otseselt või kaudselt. Niisuguseid ökosüsteemide poolt ühiskonnale heaolu kindlustavaid hüvesid on hakatud nimetama ökosüsteemiteenusteks (ÖST) ehk looduse hüvedeks.

Eestis on 2016. aastal välja töötatud Euroopa Majanduspiirkonna Finantsmehhanismi 2009–2014 programmi „Integreeritud sise- ja mereveekogude majandamine“, Veekogude ökosüsteemiteenuste määramise ja kaardistamise üldine metodoloogia koostöös Peipsi Koostöö Keskuse, Eesti Maaülikooli, Tallinna Ülikooli, Tartu Ülikooli, Keskkonnaagentuuri, SEI Tallinna ja Norra Loodusuuringute Instituudiga (NINA) (Kosk jt., 2016). Selles valiti välja olulisemad veekogude poolt pakutavad ökosüsteemiteenused ja töötati välja teenuste pakkumise kiirhindamise maatriks. Sealne ökosüsteemiteenuste klassifikatsioon lähtub enim rahvusvahelist kasutust leidnud Euroopa Keskkonnaagentuuri poolt 2013. a välja töötatud CICES klassifikatsioonist, mida täiendati 2018. a (CICES V5.1). Selle järgi jagatakse ökosüsteemiteenused järgmistesse kategooriatesse: (1) varustavad, (2) reguleerivad ja säilitavad ning (3) kultuurilised teenused. Meie lähtusime oma uuringu raames meetodikas pakutud ökosüsteemiteenustest (tabel 2.1), mis variantidena ankeetides (lisa 1) vastustena ka välja pakuti.

Tabel 2.1. Pullijärve ökosüsteemiteenused (ÖST).

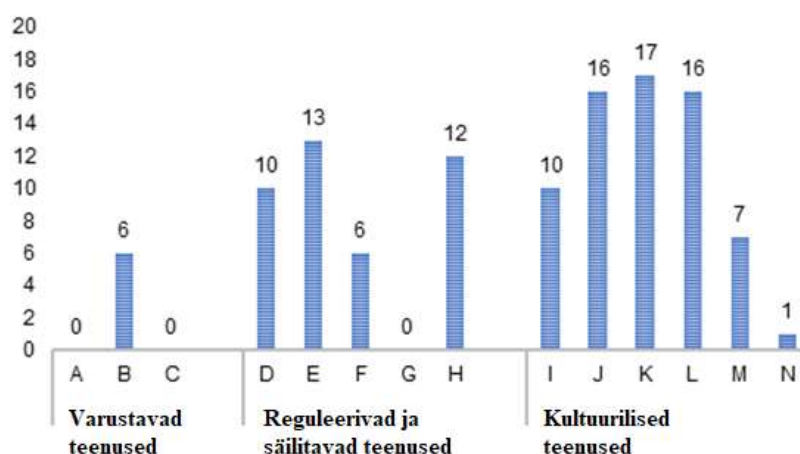
ÖST kategooria	ÖST	Tähis joonisel 2.1
Varustavad teenused	Joogivesi	A
	Tarbevesi (aiamaa/kasvuhoone kastmisvesi)	B
	Ehitusmaterjal (pilliroog)	C
Reguleerivad ja säilitavad teenused	Veelindude pesitsuspaik	D
	Veeloomade (kahepaiksed, kalad, imetajad) elupaik	E
	Looduskaitse all olevate veetaimede elupaik	F
	Heitvee lahjendamine ja puhastamine	G
	Puhas õhk	H
Kultuurilised teenused	Kalapüük	I
	Matkamisvõimalused järve ääres	J
	Ujumine ja suplemine	K
	Paadisõit	L
	Õuesõpe	M
	Pühapaik	N

Avalikkuse kaasamise eesmärgil viisime läbi huvigruppide ankeetküsitluse. Huvigruppide küsitlus toimus Misso koolimajas, kuhu kohalikud inimesed olid kogunenud mälumängu harrastama, 20. jaanuaril 2020. Selleks, et selgitada välja, milliseid ökosüsteemiteenuseid hindavad kohalikud inimesed, palusime neil täita ankeetlehed. Vastajaid oli 20, neist 9 naist ja 11 meest, kellest pensionäre oli kolm. 15 inimest töötas, kaks olid õpilased ning üks õppis ja töötas samaaegselt. Vanuseliselt jagunesid vastajad suhteliselt ühtlaselt (vt tabel 2.2). Kõige enam oli nii mehi kui naisi vanuserühmas 46-55 a.

Tabel 2.2. Ankeetküsitluse osalejate vanuseline jagunemine.

Vanus:	<15 a	16-25 a	26-35 a	36-45 a	46-55 a	56-65 a	>65 a
Mehed	0	2	1	2	4	0	2
Naised	1	0	2	0	4	1	1

Küsimuse „Milliseid hüvesid (ökosüsteemiteenuseid) Pullijärv sulle ja sinu perele pakub, mida peate oluliseks?“ vastused on koondatud joonisele 2.1.



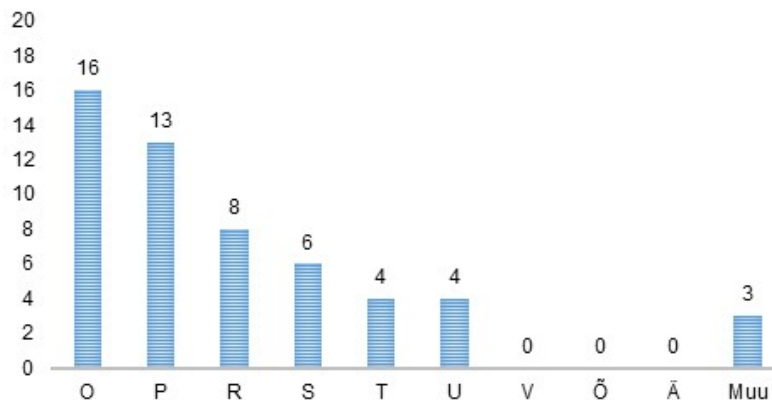
Joonis. 2.1. Pullijärve hüvede (ökosüsteemiteenuste) jaotus vastajate hinnangul. Ökosüsteemiteenuste kirjeldused on esitatud tabelis 2.1. alfabeetilises järjekorras: A – joogivesi; B – tarbevesi (aiamaa/kasvuhoone kastmisvesi); C – ehitusmaterjal (pilliroog); D – veelindude pesitsuspaik; E – veeloomade (kahepaiksed, kalad, imetajad) elupaik; F – looduskaitse all olevate veetaimede (vesilobeelia, vahelduv-õiene vesikuusk, mõru vesipipar) elupaik; G – heitvee lahjendamine ja puhastamine; H – puhas õhk; I – kalapüük; J – matkamisvõimalused järve ääres; K – ujumine ja suplemine; L – paadisõit; M – öuesõpe; N – pühapaik.

Kohalikele elanikele on Pullijärv eelkõige puhke ja vabaaja veetmise koht. Seoses sellega hindavad nad üle kõige kultuurilisi teenuseid, mida järv neile pakub (joonis 2.1). Pullijärve puhul on meil tegemist väikejärvega, mis olulisi varustusteenuseid ei paku. Tegemist ei ole tööstusliku kalapüügi piirkonnaga, seega kalapüük on ainult hobipüügi tasemel, mis on kultuuriline teenus. Keegi kohalikest ei kasuta järvevett joogiveena, kuigi kastmisvett mõned majapidamised siiski ammutavad järvest. Järves kasvavat

pilliroogu samuti keegi ei kasuta ei ehitusmaterjalina ega ka soojustuses. Nii selgubki intervjuust, et järv varustab kohalikke elanikke vaid kastmisveega ning muid varustavaid teenuseid ei paku.

Selgub, et kohalikud inimesed hindavad väga kõrgelt järve poolt pakutavaid kultuurilisi teenuseid. Kõige rohkem märgiti ära ujumist ja suplemist järves, samuti hinnati matkamisvõimalusi järve ääres ning paadisõitu järvel. Pooled vastanutest hindasid kalapüüki. Kuid ka õuesõpet peeti oluliseks ning ühele vastajale oli järv pühapaik. Kuigi inimesed olid kõige enam huvitatud kultuurilistest teenustest, on rõõm märkida, et ka reguleerivad ja säilitavad teenused lähevad neile korda. Veeloomade ja -lindude pesitsuspaigana nähti järve rohkem kui pooltel juhtudest. Looduskaitse all olevate veetaimede (vesilobeelia, vahelduvaõiene vesikuusk ja mõru vesipipar) elupaigana hinnati järve ca kolmandikul kordadest. Rohkem kui pooled vastajatest pidasid lugu järve kohal olevast puhtast õhust, kuid järve kui heitvee lahjendajat ja puhastajat ei osatud hinnata.

Küsümuse „Mis häirib praegu Pullijärve juures?“ vastused on koondatud joonisele 2.2.



Joonis 2.2. Pullijärve survetegurid vastajate hinnangul. O – kinnikasvavad supluskohad ja mudastuvad kaldad; P – vetikate vohamine (vee õitseng); R – loodusliku kalda-ala muutmine ja ehitamine kalda lähedal; S – prügi kaldal ja vees; T – väike veevahetus; U – väike kalasaak; V – liiga intensiivne paadisõit suvel; Ö – liiga intensiivne jäärajasõit talvel; Ä – liiga intensiivne puhkevõimaluste kasutamine.

Kohalikke elanikke häirivad kõige enam kinni kasvavad ja mudastuvad supluskohad ning tihenunud veeõitsengud. Üks vastajatest märkis, et häirib „järve üldine kinnikasvamine ja muda ladestumine“. Veel tuuakse esile looduslike kaldaalade muutmist, prügi esinemist nii kaldal kui ka vees ning väikest veevahetust. Viimane on looduslik nähtus ja seda on raske muuta. Kaldaalal on tehtud suuri ümberkorraldusi Pullijärve puhkekülas. Kallaste kindlustamiseks on kohale veetud suuri kive ja kruusa ning mullakoormad ootavad laialiajamist (joonis 2.3)



Joonis 2.3. Järve kaldale (Pullijärve puhkeküla juures) on toodud täiendavalt kruusa ja mulda, mis sisaldavad toiteelemente. Hävinud puhvervööndi tõttu on erosioon suur ja toiteelemendid jõuavad otse järve, tulemuseks on veeõitsengud (9.03.2020, foto I. Ott).

Kalapüügihuvilised märgivad veel ka vähenenud kalasaake. Uuringud on näidanud, et kalastiku biomass järves on küll viimastel aastatel kasvanud, kuid seda lepiskalade arvelt. Kalameeste meeliskala – haugi osatähtsus on järves kahanenud. Inimesi häirib ka järve läheduses toimunud lageraie (vt ka joonis 2.7.16) – selle tõid esile kaks vastajat „metsa lageraie kalda-ala läheduses“ ning „lageraie kalda piiranguvööndis“. Lageraielank ei ulatanud küll järve kaldajooneni, kuid tuulemurd, mis on tekkinud pärast lageraiet on jõudnud järveni. Osa mahalangenud puudest ulatuvad otsapidi vette.

3. Külastuskoormus ja rekreatiivne taluvus

Külastuskoormuse hindamisel on asulate suurusest tulenevalt lähtunud analoogiast Verevi järvega Tartumaal, mille puhul hinnati külastuskoormuseks 200 inimest päevas ning suvitusperioodi pikkuseks 100 päeva. Verevi järve puhul hinnati, et 10% külastajatest reostab järve (uriin, ekskrementid), põhjustades suveperioodil kokku koormuse 4,65 kg lämmastikku ja 0,205 kg fosforit.

Viitna Pikkjärve järve reostuskoormust käsitlevas töös viidati uuringutele, mille kohaselt eritub inimese keha pinnalt vees olles (kare vesi, 22°C) keskmiselt 140 mg lämmastikku ning 1,4 mg fosforit (Ott & Lokk, 1996).

Pullijärve hinnangulise külastuskoormuse puhul on vastav koormus 2,8 kgN/a ja 0,028 kgP/a. Supelranna kasutamine põhjustab ka rannaliiva ja pinnase kandumist järve, vee segunemist ja sette resuspensiooni, mis võib olla olulisem mõju suplejatelt erituvate ainete kogustega võrreldes.

Järve ümbruses on mitmeid puhkevõimalusi (RMK puhkeala koos matkaradadega ja Pullijärve Puhkeküla; joonis 3.1). Puhkajate arv pole teada.



Joonis 3.1. Läänekaldale rajatud Pullijärve puhkeküla (9.03.2020, foto I. Ott).

4. Meetme- ja tegevuskava

4.1. Väliskoormuse vähendamisega seotud tegevused

Pullijärv on pehme ja heleda veega, järv on aeglase veevahetusega, mistõttu on see äärmiselt tundlik ökosüsteem ja reageerib muutustele valgatal. Siinkohal pakutakse välja meetmeid ja tegevusi väliskoormuse piiramiseks ning vähendamiseks.

4.1.1. Kaldavööndi ja kalda ala looduslikkuse säilitamine

Kaldavöönd on tundlik igasuguse tallamise suhtes, mistõttu erodeerub kaldalt veekokku nii setteid kui ka taimetoiteaineid, mis ohustab nii litoraalis elavaid loomi ja taimi kui ka mõjutab järve funktsioneerimist. Järve ümber on rajatud paatide vettelaskmiseks mitmeid kohti (nt joonis 4.1.1.1), siin-seal paadisildu ning tuvastati mitme ujumiskoha esinemine Pullijärve kaldal.



Joonis 4.1.1.1. Mitteametlik paatide vettelaskmise koht Pullijärve põhjakaldal, väljavoolu lähistel (ülemine foto 15.10.2018, alumine 22.07.2019; fotod: R. Laarmaa).

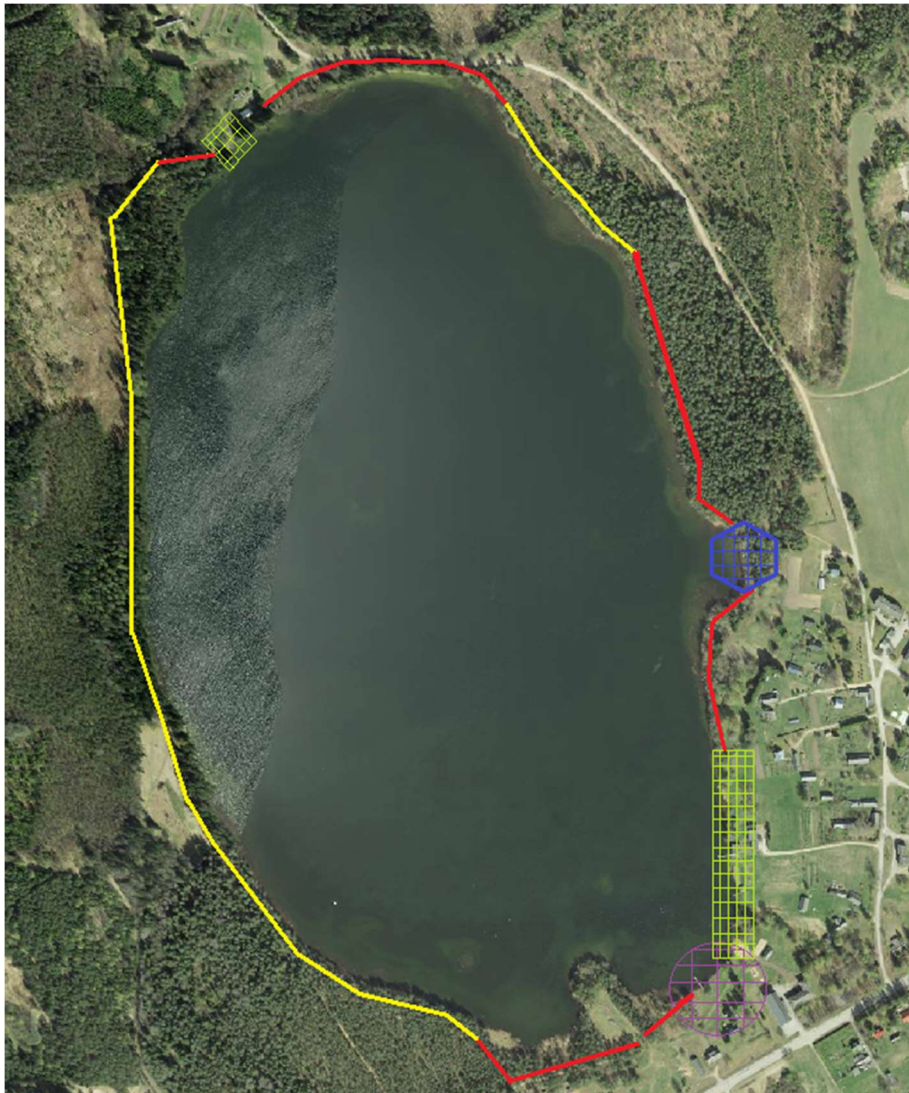
Selleks, et vältida erosiooniohtu ja säilitada kaldavööndi ja kalda ala looduslikkus, oleks soovitatav rajada üks ametlik paatide vettelaskmise koht, kust vajadusel saaks vett võtta ka tuletõrje. Selle jaoks tuleks luua ka vastav taristu: betoonist paadislipp, paadisillad paatide hoiustamiseks, infotahvel, prügikastid, puidust piirded. Muud paadisillad järve kallastelt tuleks võimaluse korral likvideerida.

Praktikas on Eestis kasutatud pehmeveeliste järvede kaldavööndi kaitsmiseks puidust piirdeid (nt Viitna Pikkjärv, joonis 4.1.1.2; Kreitsberg jt., 2016), mis takistaksid inimestel paatide vette laskmist selleks mitte ettenähtud kohtades.






Võimaluse korral kaaluda hoiuala piiride suurendamist ja kaldavööndi piiramist puidust piiretega (va avalikud kohad; joonis 4.1.1.3). Soovitame rajada üks avalik ranna-ala järve lõunakaldale. Muud paadisillad ja ujumiskohad tuleks likvideerida.



Joonis 4.1.1.2. Puidust piire, mis on rajatud Viitna Pikkjärve kaldavööndi kaitseks (18.09.2019; foto R. Laarmaa).



LEGEND

-  avalik rannaala
-  puhverribade rajamine (soovitavad alad)
-  avalik paatide vettelaskmise koht ja tuletõrje veevõtukoht
-  puidust piire (esmane vajadus)
-  puidust piire (teisene vajadus)

Joonis 4.1.1.3. Võimalikud puidust piirete ja puhveralade asukohad järve kaldavööndis.

Puhverribad (taimestik, põõsad ja puud kaldavööndis) vähendavad toiteainete jõudmist järve. Ilma puhverribata on erosioonihoht kalda-alalt suur. Sellised alad võivad olla nii raielangid kui ka asulas niidetud muruga alad (joonised 2.3 ja 4.1.1.4). Soovitame rajada (joonis 4.1.1.3) ka ühe avaliku ranna-ala (lõunakaldale), muud isetekkelised rannad likvideerida ja kalda-ala vajadusel piirata puidust piiretega (vajadusel rajada ka puhverriba).

Soovitav eesmärk: kaldavöönd ja -ala on kaitstud ja heas looduslikus seisundis ning erosioonihoht on vähenenud.

Põhitegevus: avaliku ja ametliku paatide vettelaskmise koha rajamine, kus oleks vajadusel võimalik tuletõrjel vett võtta; puidust piirete rajamine kaldavööndi looduslikkuse tagamiseks.

Täiendav tegevus: puhverribade loomine soovitatud aladele ja avaliku ranna-ala loomine järve lõunakaldale.



Joonis 4.1.1.4. Raielank Pullijärve (vaade lõuna suunas) läänekaldal. Kitsal ribal järve ja raielangi vahele jäetud lõikamata puudest on paljud murdunud. Taimestikuta aladelt võib olla ka suur erosioonihoht (9.03.2020; foto I. Ott).

4.1.2. Hajureostuse vähendamine järve valgalal

Järjest enam muutuvad meie järvedel populaarsemaks erinevat tüüpi ujuvsaunad. Praegusel hetkel on tegemist reguleerimata valdkonnaga, sest puudub ülevaade saunade arvust, nende reovee kogumise süsteemidest ja kasutamise sagedusest, mistõttu pole võimalik hinnata ka koormust (mõju) järvele. Ilma täiendava kontrollita on tegemist potentsiaalse reostusallikaga, eriti kui vesi juhitakse otse või kaudselt järve. Potentsiaalsed reostusallikad võivad olla ka kaldavööndis asuvad saunad, mille reovee kogumise süsteemist puudub samuti ülevaade.

Soovitav eesmärk: hajureostus koormus Pullijärvele väheneb.

Põhitegevus: (ujuv-)saunade kasutamise reguleerimine ja vajadusel kontroll nii Pullijärvel kui ka selle kaldavööndis.

4.1.3. Ühisveevärgi ja -kanalisatsiooni olukord

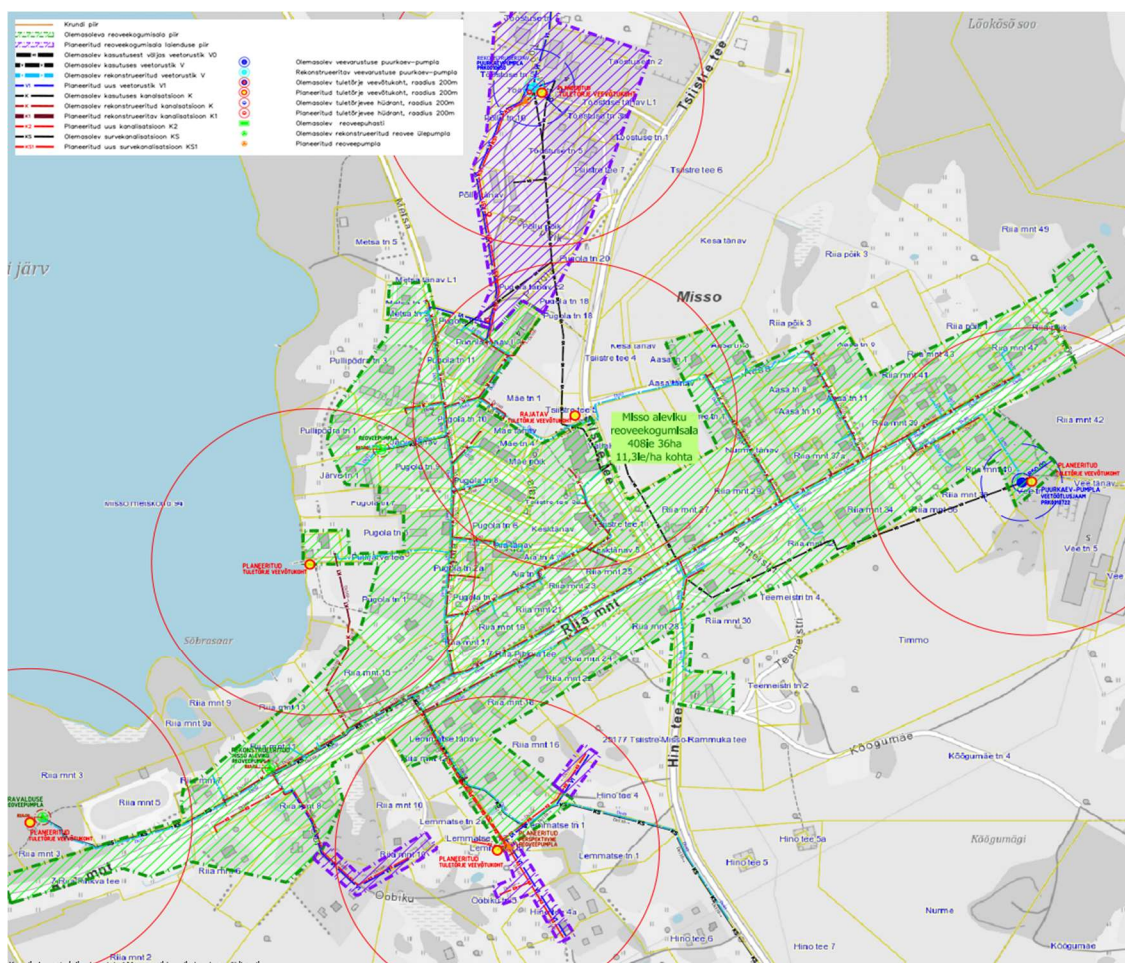
Misso aleviku ühisveevärgi ja -kanalisatsiooni (ÜVK) arendamist reguleerib Rõuge valla ÜVK 2018-2029 (<https://rouge.kovtp.ee/veemajandus>). Misso aleviku elanike ja asutuste ühendust ÜVK-ga võib hinnata heaks. Suur osa aleviku hoonetest on ühendatud ÜVK-ga, Misso puhastisse (vee erikasutusluba nr L.VV/329922, OÜ Rõuge Kommunaalteenus) juhitakse aastas keskmiselt 7500 m³ heitvett. Veetarbimine ühisveevärgist on u 8000 m³ aastas. Misso ühisveevärk baseerub keskasula puurkaevul (katastri nr 10722). Veevõtt toimub Ülem-Devoni (D3) põhjaveekihi. ÜVK-ga on liitunud ca 171 inimest, so 87% elanikest, kellele on loodud liitumisvõimalus. Ülejäänud elanikkond juhib tekkiva reovee kas kogumiskaevudesse või septikutesse. Olemasolev kanalisatsioonivõrk on ehitatud PVC torudest. Torustik on uuendatud. Kanalisatsioonivõrgus on kolm reovee ülepumplat. Kanalisatsiooni-torustike pikkus on

ca 4,5 km. 2016. a rekonstrueeriti ca 1,44 km reovee torustikku, millest 0,17 km on iseveolne- ja 1,27 km on survetorustik. Misso reoveepuhasti rajati 1974. a ja rekonstrueeriti 2016. a. Rõuge valla ÜVK-s on planeeritud Misso aleviku ÜVK piirkonna laiendamine kahes etapis (joonis 4.1.3.1): perioodide 2018-2020 ja 2021-2024 jooksul plaanitakse rajada 382 m ulatuses veetorustikke, 180 m ulatuses survekanalisatsiooni torustikke ja 890 m ulatuses kanalisatsioonitorustikke. Lisaks plaanitakse rajada asulasse 6 tuletõrje veevõtukohta, rajada reoveepumpla. Suviti võetakse järvest kastmisvett, kuid veevõtu kogustest ülevaade puudub. Võimaluse korral tuleks hinnata ega see näiteks veevaesel ja kuumal suvel järve talitlust ja hüdrooloogilist režiimi negatiivselt ei mõjuta.

Soovitav eesmärk: iga valgatal asuv majapidamine on ühendatud Misso ÜVK-ga, potentsiaalsete reostusallikate vähenemine järve valgatal.

Põhitegevus: kontrollida periooditi ÜVK-ga mitteliitunud hoonete ja majapidamiste kogumiskaevude ja septikute seisukorda, pidades silmas üldiseid veekaitseõudeid.

Täiendav tegevus: veevaestel ja soojadel suvekuudel jälgida kastmisvee võtmise koguseid järvest; veetase ei tohi inimtegevuse tõttu märgatavalt alaneda.



Joonis 4.1.3.1. Misso aleviku ühisveevarustuse ja -kanalisatsiooni rajatiste skeem. **Lillaga** on tähistatud planeeritav reoveekogumisala, **rohelisega** praegu olemasolev. **Punaste** ringide keskpunktidesse on planeeritud tuletõrje veevõtukohtad (Rõuge valla ÜVK arengukava 2018-2029, lisa 11).

4.1.4. Maakasutus järve valgalal

Järve valgalalt kantakse pinnaveega järve täiendavaid taimetoiteaineid (hajukoormus valgalalt). Praegusel hetkel on valgalalt pärinev fosforikoormus järve jaoks talutaval tasemel, kuid maakatte kõlvikute osakaalu muutus (ja inimtegevus kalda alal; joonis 4.1.4.1) võib aga tundlikku järve tuua täiendavaid toiteaineid ja koormus võib järve jaoks muutuda kiiresti liiga kõrgeks (eriti pehmeveeliste veekogude puhul). Seetõttu tuleks maakasutus valgalal ja kaldavööndis säilitada vähemalt sellisel tasemel - st, ei tohiks suureneeda ei põllu- ega teedeala, halveneda ei tohiks hüdroloogiline režiim.

Soovitav eesmärk: säilib valgala looduslik seisund ja väheneb hajukoormus valgalalt.

Põhitegevus: jälgida maakasutuse muutust Pullijärve valgalal ja võimalusel suurendada looduslike maakattetüüpide osakaalu ning hüdroloogilist režiimi (pidada silmas erinevate tegevuslubade väljastamisel).

Täiendav tegevus: säilitada puude- ja pöösasteriba (puhverriba) järve kaldavööndis, võimaluse korral rajada uusi puhveralasid (vt joonis 4.1.3.1).



Joonis 4.1.4.1. Sõbrasaarele on rajatud eeldatavalt ranna- ja puhkeala, selleks on eemaldatud puhverriba ja toodud täiendavat pinnast. Selline tegevus avaldab pehmeveelisele veekogule tugevat mõju (9.03.2020. a, foto I. Ott).

4.2. Sisekoormuse vähendamisega seotud tegevused

4.2.1. Hariliku pilliroo niitmine sisekoormuse vähendamiseks

Litoraali vööndis on järk-järgult laienenud toiteainerikast keskkonda eelistav pilliroog (*Phragmites australis*; foto 4.2.1.1), kes vähendab looduskaitsealuse ja haruldase taimeliigi vesilobeelia (*Lobelia dortmanna*, LK II kat) kasvukoha kvaliteeti. Lisaks haruldaste liikide elupaikade kvaliteedi tõstmisele, vähendaks pilliroo niitmine ka sisekoormust Pullijärvele, sest pilliroog sisaldab toiteelemente, mida oleks võimalik ökosüsteemist niitmise teel välja viia. Pilliroo niitmisele peavad eelnema lisauuringud, mis selgitaksid välja täpsed niitmisalad ja hindaksid niitmisalade mõju looduskaitsealustele ning haruldastele liikidele ja nende elupaikadele litoraalis.

Soovitav eesmärk: põhiliste toiteelementide väljaviimine ökosüsteemist ja looduskaitsealuste liikide elupaikade kvaliteedi parandamine.

Põhitegevus: pilliroo niitmine järve litoraalis, mille alad määrab vastav ekspert pärast looduskaitsealuste liikide ja nende elupaikade uuringut (vt ptk. 4.3. uuring 2).



Foto 4.2.1.1. Pilliroovöönd idakaldal (30.07.2012, foto I. Ott)

4.2.2. Koagulantide kasutamine lahustunud fosfori sidumiseks

Fosforiringe on pehmeelistes veekogudes võrdlemisi kiire, sest puuduvad ioonid, mis seaksid efektiivselt lahustunud fosforit (nt karbonaadid). Seetõttu on fosfor primaarprodutsentidele alati kättesaadav.

Selleks, et vähendada Pullijärve sisekoormust, võib kaaluda kemomanipulatsiooni meetodeid (koagulantide kasutamist; vt Kõiv, 2011 ptk 8.5.2. <http://pk.emu.ee/userfiles/instituudid/pk/Tervendamine/Ptk.8.pdf>). Siinkohal esitame

väljavõtte meetodist. Koagulant PHOSLOCK® on lantaanil põhinev kemikaal lahustunud fosfori sidumiseks ja settimiseks. Lantaani toksilisus ja vabade ionide sattumine vette vähenes oluliselt, kui lantaan seoti tugeva adsorbendi – bentoniidiga. Tulemusena saadi uuenduslik kemikaal, mida tuntakse kaubamärkide PHOSLOCK® ja BENTOPHOS® all. Vette lisamisel (foto 4.2.2.1) ja veesambas settimise käigus eemaldatakse veesambast praktiliselt kogu lahustunud fosfor ja adsorbeeritakse bentoniidis lahustumatuks kompleksühendiks, mis pole enam vetikatele kättesaadav. Settimisel moodustub vee-sette piirpinnale tihe kiht, mis jätkab lahustunud fosforivormide sidumist ning takistab sügavamates settekihtides oleva fosfori jõudmist veesambasse. Meetodi suureks eeliseks on kemikaali võime töötada väga laias pH vahemikus, töötamise optimaalne pH on 6-8. Töötamiseks vajalike koguste arvutamisel tuleb lähtuda vee fosforisisaldusest ja üldaluselisusest. Lantaan seob küll eelistatult fosfaate suhtes 1:1, kuid reageerib lisaks ka vees leiduvate karbonaatidega. Madala üldaluselisuse korral tuleks arvutustes lähtuda vaid fosfaatide kogusest, leides vajaliku kemikaalikoguse veesambas oleva fosfori sidumiseks ja põhjasettes paikneva barjääri moodustamiseks. Tavaliselt manustatakse kemikaali suhtes 100:1, seega 1 g fosfori eemaldamiseks kulub 100 g PHOSLOCK®-i. Vajalikud kemikaalide kogused on seega tunduvalt väiksemad kui näiteks alumiiniumisoolade kasutamisel. Selleks, et arvutada vajamineva koagulandi kogust, tuleb eelnevalt läbi viia sette paiknemise ja түseduse uuringud (vt ptk 4.3. uuring 2 ja tabel 4.4.1 tegevus 11). Enne koagulandi kasutamist järvel, tuleb eelnevalt viia läbi väiksemamahulised eelkatsed laboratooriumis.

Soovitav eesmärk: Pullijärve sisekoormus on vähenenud ja saavutatakse veekogumi hea ökoloogiline seisund.

Põhitegevus: Koagulantide kasutamine lahustunud fosfori sidumiseks veesambast ja sette pindmisest kihist.



Foto 4.2.2.1. Phoslocki kasutamine Mill Pondil Southamptonis, New Yorgis (foto: D. Shaw, 2013; <https://tinyurl.com/ru2nx57>).

4.3. Täiendavate uuringute vajadus

Selleks, et tagada järve looduskaitsealine väärtus, tuleks kaaluda täiendavate uuringute läbiviimist, sest need ei olnud antud projekti ülesandeks. Projektis osalevad eksperdid pidasid vajalikuks täiendavate uuringutena välja tuua järgmised tegevused (vt ka tabel 4.4.1):

Pullijärve valgala detailne analüüs – projektis polnud planeeritud vahendeid valgala detailseks analüüsiks, mistõttu lähiajal tuleks vastavasisuline uuring läbi viia. Pullijärve valgala ei ole väga suur, seetõttu pole uuring väga kulukas. Lähteülesanne tuleb kooskõlastada Keskkonnaametiga ja selle käigus tuleb tuvastada valgalal asuvad reostusallikad ja nende mõju Pullijärvele. Uuring peab sisaldama välitõid ja avalikes andmebaasides olevate andmete analüüsi.

Sette tüseduse ja paiknemise hindamine – selleks, et võimalikult täpselt hinnata kasutatava koagulandi kogust (ja tervendamistegevus oleks tõhus), peab teadma setete paiknemist ja paksust, sest koagulandid seovad fosforit ka settest.

Looduskaitsealuste loodusobjektide seisundi ja elupaiga kvaliteedi uuring – uuringu käigus tuleb hinnata looduskaitsealuste liikide (veetaimed, suurselgrootud, kalad) seisund ja hinnata elupaiga kvaliteeti. Uuring on keskmise kulukusega, maksumus sõltub lähteülesandest. Lähteülesanne tuleb kooskõlastada Keskkonnaametiga. Uuring peab sisaldama välitõid ja varasemate andmete (sh riikliku seire andmed) analüüsi.

Riikliku väikejärvede seire jätkumine seisundi jälgimiseks. Kui meetmeid ja tegevusi ei rakendata, siis tuleks seiret jätkata tavapäraselt. Meetmete rakendamisel (ka osaliselt) kaaluda võimaluse korral tihendatud seiret (3 korda meetmekava perioodi jooksul) seisundi ja meetmete tõhususe jälgimiseks.

4.4. Meetmete eeldatav maksumus ja ajakava

Potentsiaalsed meetmed koos eeldatava maksumusega on toodud tabelis 4.4.1. Maksumus on hinnanguline ja selgub tööde hankeprotsessi käigus.

Tabel 4.4.1. Võimalikud meetmed Pullijärve ökoloogilise seisundi parandamiseks.

Tegevus ja selle lühikirjeldus	Meetme elluviijad	Eeldatav maksumus	Võimalikud rahastusallikad
Väliskoormuse vähendamisega seotud meetmed			
1) Ühisveevärgi ja -kanalisatsiooni ning tuletõrje veevõtukohtade rajamine	Rõuge Vallavalitsus	260 000 € (2018-2024)	KIK või EL vahendid
2) Maakasutusutuse säilimine vähemalt praegusel tasemel	Rõuge Vallavalitsus, Keskkonnaamet; RMK; PRIA jt lube väljastavad või kooskõlastavad asutused	-	-
3) Avalik paatide vettelaskmise ja vajadusel tuletõrje veevõtukoht ja infotahvlid	Rõuge vallavalitsus RMK	45 000 €	KIK, KOV või EL vahendid
4) Ujuvsaunade kasutamise reguleerimine	Keskkonnaamet, Keskkonnainspeksioon	-	-
5) Kaldajoone ja kalda-ala looduslikkuse säilitamine. Puidust piirete rajamine.	RMK	5000 €	RMK
Sisekoormuse vähendamisega seotud meetmed			
6) Toiteainete väljaviimine ökosüsteemist ja looduskaitsealuste liikide elupaikade kvaliteedi parendamine pilliroo niitmise kaudu	Keskkonnaamet	10 000 €	KIK või EL vahendid
7) Koagulantide kasutamine fosfori sidumiseks vees ja setetes	KOV, Keskkonnaamet, RMK, huvigrupid	70 000 €	KIK või EL vahendid
Vajalikud uuringud ja monitooring			
8) Riiklik väikejärvede seire jätkumine , võimaluse korral tihendatud sagedusega seisundi jälgimiseks	Keskkonnaagentuur	Seire 1x meetmekava perioodi jooksul u 4500 €, tihendatud seire korral 3x meetmekava perioodi jooksul u 13 500 €	KAUR
9) Valgala detailne analüüs potentsiaalsete reostusallikate tuvastamiseks	Keskkonnaamet, Rõuge Vallavalitsus	4000 €, hind sõltub lähteülesandest	KIK või KAUR

10) Looduskaitsealuste liikide inventuur ja elupaiga seisundi hindamine (taimed, suurselgrootud, kalad)	Keskkonnaamet	5000 €, hind sõltub lähteülesandest	KIK või KAUR
11) Täiendavad uuringud setete түseduse ja asukoha määramiseks enne koagulantide kasutamist	Keskkonnaamet	4000 €, hind sõltub lähteülesandest	KIK või RMK

Kuna järvede tervendamise tööd kulgevad võrdlemisi pika perioodi jooksul, mitte ühekordsete töödena, siis pakume välja ka võimaliku tööde ajaraamistiku. Meetmete elluviimise järjekord, parim kombinatsioon ja ajaraamistik on toodud tabelis 4.4.2.

Tabel 4.4.2. Võimalike tegevuste ajakava ja eeldatav maksumus

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	Eeldatav maksumus
ÜVK rajamine	x	x	x	x	x				260 000 €
Avalik paatide vettelaskmise koht ja paadisillad			x						45 000 €
Puidust piirded	x								5 000 €
Valgala detailne analüüs		x	x						4 000 €
Looduskaitsealuste liikide inventuur			x	x					8 000 €
Sette түseduse uuringud			x						4 000 €
Setete töötlemine koagulantidega						x			70 000 €
Pilliroo niitmine					x	x	x		10 000 €
Seire (3x VMK)		x			x			x	13 500 €
	KOKKU:								419 500 €

4.5. Meetmete kaalumine ja parim kombinatsioon

Pakutud meetmed jagunevad investeringuteks ja järelevalve tegevusteks. Investeringud tuleb kanda KOV-il, objekti omanikul RMK-l, kohalikel elanikel või riigil. Finantsvahendeid investeringuteks võib hankida KIK-ist, EL finantsvahenditest, riigieelarvest või RMK vahenditest.

Järelevalve tegevuste alla kuuluvad tegevused, mis seostuvad (ujuv-)saunade kontrollimisega järve kallastel ja valgala maakasutuse proportsioonide säilitamisega (lubade väljastamisel). Need tegevused ei vaja suuri täiendavaid finantsvahendeid.

Investeringutena nimetame tegevusi, mille läbiviimisel/rajamisel väheneb koormus Pullijärvele, mis loob eelduse ökoloogilise seisundi paranemiseks, kuid vajavad täiendavaid finantsvahendeid. Mõnede tegevustega saab alustada koheselt (tabel 4.4.2), mõned tegevused vajavad eelnevalt lisauuringuid (vt tabel 4.4.1 vajalikud uuringud ja monitooring).

Meetmekava koostanud ekspertide hinnangul on tõhusaim [*parim meetmete kombinatsioon*] viia läbi tegevused kahes etapis. Esimeses etapis rajatakse betoonist avalik paatide vettelaskmise koht, kust vajadusel saab tuletõrje järvevett võtta, lisaks rajatakse järve kallastele puidust piirded ja rajatakse puhveralaid. Samal ajal toimub ÜVK ja tuletõrje veevõtukohtade rajamine vastavalt Rõuge valla ÜVK kavale ning riiklik väikejärvede seire vastavalt pakutud ajakavale (tabel 4.4.2). Teine etapp algaks eeluuringutega (valgala detailne analüüs, looduskaitsealuste liikide ja nende elupaikade seisundi uuring ning sette tüseduse ja leviku uuring), mille järel saaks alustada pilliroovööndi vähendamise ja kemomanipulatsiooniga. Vastavad alad soovitavad eksperdid. Tegevuste lõpus viiakse läbi riiklik kompleksseire, et hinnata meetmete mõju ja tõhusust.

4.6. Potentsiaalsed riskid ja riskide maandamine

Kuna meetmed ja tegevused, mis kavas välja pakutakse, satuvad erinevate ametkondade haldusalasse, siis meetmete ja tegevuste rakendamine ning eesmärkide saavutamine eeldab kõikide asjaosaliste pidevat koostööd ning tegevuste läbiarutamist. Mõned tegevused on arengukavadega juba tegevusse võetud, mõned tegevused eeldavad täiendavaid finantsvahendeid ning koostööd erinevate osapoolte vahel (avalik paatide vettelaskmise ja tuletõrje veevõtukohta rajamine). Probleeme võib tekkida finantsvahendite hankimisega investeringute teostamiseks. Seetõttu on mõned riskid, mis võivad soovitud tulemuse saavutamist mõjutada. Riskid on toodud tabelis 4.6.1.

Tabel 4.6.1. Võimalikud riskid ja nende maandamine

Võimalik risk	Võimalik realiseerumine	Riski maandamine
Meetmed järve seisundi parandamiseks pole piisavad	Keskmine	Lisauuringute läbiviimine vastavalt tabelis 4.4.1 väljapakutule.
Finantsvahendite puudumine	Keskmine-kõrge	Võimalikult paljude osapoolte kaasamine lahenduste leidmiseks. Strateegilise tegevusplaani koostamine finantsvahendite leidmiseks ja hankimiseks.
Kõik elanikud ei liitu ÜVK-ga, säilivad potentsiaalsed hajuja/või punktreostusallikad	Keskmine	Hinnata periooditi ÜVK-ga mitteliitunud elanike (sh (ujuv-)saunade) reovee kogumise ja hoiustamise võimekust ning hinnata reoveekäitluse vastavust veekaitse nõuetele. Juhul, kui reovee kogumine, säilitamine või käitlemine on ÜVK-ga mitteliitunud elanike jaoks üle jõu käiv, tuleks valla- ja järelvalveametnikel selgitada kohalikele asula pakutavaid võimalusi viia reoveekäitlus kooskõlla üldiste veekaitse nõuetega.
Keskkonnalubade väljastamisel puudub tervikpilt järve valgala maakatte tüüpide osakaalu muutuste kohta.	Madal	Periooditi (1x 7 a jooksul) hinnata Pullijärve valgala maakatte muutust Maa-ameti ortofotode alusel.
Inimeste vastuseis piirangutele kaldavööndis.	Keskmine-Kõrge	Selgitustöö piirangute eesmärkidest ja järve väärtustest.

Muud riskid

Järvede tervendamine on tihti pikk ja keeruline protsess ning vajab etteulatavaid saavutatavaid (vahe-)eesmärke, mistõttu tervendamistöödeks koostatud meetmekavasid (ja meetmete tõhusust) võiks hinnata iga veemajanduskava perioodi alguses ning vajadusel planeerida lisauuringud, -tegevused või -investeeringud.

Kokkuvõte

Pullijärv on heleda- ja pehmeveeline eutrofoerunud oligotroofne järv Koiva vesikonnas. Järve ökoloogiline seisund on olnud viimaste uuringute käigus kesine. Seisundit kujundavate survetegurite leidmine, kaardistamine ja meetmete väljatöötamine on hädavajalik leidmaks võimalusi olukorra parandamiseks.

Projekti käigus uuriti Pullijärve seisundi dünaamikat (sh vee keemia, plankton, suurtaimed, suurselgrootud, kalad), järvele mõjuvaid koormusallikaid (nii sise- kui ka väliskoormus) ja hüdro-morfoloogilist seisundit. Nende ja avalike andmete ning kohalike seas läbiviidud küsitlusel kogutud andmete põhjal koostati Pullijärvele meetme- ja tegevuskava.

Kuna tegemist on tundliku ökosüsteemi ja väärtusliku elupaigaga, siis järve seisundi parandamiseks oleksid vajalikud täiendavad investeeringud. Pehme vee, aeglase veevahetuse ja kliima surve suurenemise tõttu ei pruugi aga siinkohal soovitava eesmärgi saavutamine olla pikaajaliselt võimalik. Seetõttu vajab järv täiendavaid uuringuid ka tulevikus. Järvede tervendamine on tihti võrdlemisi pikk ja keeruline protsess ning vajab etteulatuvaid saavutatavaid (vahe-)eesmärke. Tervendamistöödeks koostatud meetmekavasid (ja nende meetmete tõhusust) võiks seetõttu hinnata iga veemajanduskava perioodi alguses ning vajadusel planeerida lisauuringud, -tegevused või -investeeringud.

Aruandes välja pakutud parima meetmete- ja tegevuste kombinatsiooni täies mahus rakendamine soodustab Pullijärve vähemalt hea ökoloogilise seisundi saavutamist.

Kasutatud materjalid

PUBLIKATSIOONID

- Ahlgren, J., Reitzel, K., Danielsson, R., Gogoll, A. & E. Rydin, 2006. Biogenic phosphorus in oligotrophic mountain lake sediments: Differences in composition measured with NMR spectroscopy. *Water Research*, 40:3705-3712.
- Arber, A., 1920. *Water plants. A study of aquatic angiosperms.* Cambridge University Press, 436 pp.
- Armitage, P.D., Moss, D., Wright, J.F. & M. T. Furse, 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.
- Boström, B., Jansson, M. & C. Forsberg, 1982. Phosphorus release from lake sediments. *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.*, 18:5-59.
- Braun-Blanquet, J., 1964. *Pflanzensoziologie, Grundzüge der Vegetationskunde*, 3rd Ed. Springer-Verlag, Berlin. 865 pp.
- Cooke, G. D., Welch, E. B., Peterson, S. A. & S. A. Nichols, 2005. *Restoration and management of lakes and reservoirs.* Taylor & Francis Group. 588 pp.
- Dumont, H. J., Van de Velde, I., & S. Dumont, 1975. The dry weight estimate of biomass in a selection of cladocera, copepoda and rotifera from the plankton, periphyton and benthos of continental waters. *Oecologia*, 19:75-97.
- Eesti järved, 1968. Mäemets, A. (toim.). Valgus, Tallinn, 548 lk.
- Hansen, H. P. & F. Koroleff, 1999. Determination of nutrients. In: Grasshoff, K., Kremling, K., Ehrhardt, M. (eds). *Methods of Seawater Analysis.* WILEY-VCH Verlag GmbH, 159-228.
- Heiri, O., Lotter, A. F. & G. Lemcke, 2001. Loss of ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results. *Journal of Paleolimnology*. 25. 101-110.
- Hillebrand, H., Dürselen, C. D., Kirschtel, D., Zohary, T. & U. Pollinger, 1999. Biovolume calculation for pelagic and benthic microalgae. *J. Phycol.* 35: 403-424.
- Hupfer, M., Gachter, R. & R. Giovanoli, 1995. Transformation of phosphorus species in settling seston and during early sediment diagenesis. *Aquatic Sciences*. 57. 305-324.
- Jeffrey, S.W. & G. F. Humphrey, 1975. New spectrophotometric equations for determining chlorophylls a, b, c1 and c2 in higher plants, algae and natural phytoplankton. *Biochemie und physiologie der Pflanzen* 167: 191-194.
- Johnson, R.K., 1999. Benthic macroinvertebrates. In: Wiederholm, T. (ed). *Bedömningsgrunder för miljö kvalitet. Sjöar och vattendrag. Bakgrundsrapport 2. Biologiska parametrar.* Naturvårdsverket Förlag, 85-166.

- Kisand, A. 2008. Sediment phosphorus forms and their role in lake ecosystems. Doktoritöö. Eesti Maaülikool. 102 lk.
- Киселев (Kisseljov), И. А. 1956, Методы исследования планктона. В кн.: Павловский, Е. Н. & В. И. Жадин (ред.). Жизнь пресных вод СССР IV, Москва-Ленинград: 183-265.
- Krause, T., Palm, A. 2004. Misso järvede (Pullijärv, Pabra järv, Misso Saarijärv) kalastik, järvede kalamajanduslik hinnang. Uurimistöö. EPMÜ ZBI Võrtsjärve limnoloogiajaam, Tartu, 33 lk.
- Kõvask, V. & A. Milius, 1982. Lõuna-Eesti järvede fütoplankton. Eesti NSV järvede nüüdisseisund. Tartu, 75-85.
- Laarmaa, R., Ott, I., Timm, H., Maileht, K., Sepp, M., Mäemets, H., Palm, A., Krause, T., Saar, K., 2019. Eesti järved. Varrak. 256 lk.
- Lenat, D.R., 1988. Water quality assessment of streams using a qualitative collection method for benthic macroinvertebrates. J. North Amer. Benthol. Soc. 7: 222-233.
- Loopmann, A., 1984. Suuremate Eesti järvede morfomeetrilised andmed ja veevahetus. Eesti NSV Teaduste Akadeemia, Tallinna Botaanikaaed. 150 lk.
- Lorenzen, C. J., 1967. Determination of chlorophyll and pheopigments: Spectrophotometric equations. Limnol. Oceanogr. 12: 343-346.
- Maastik, A., 2006. Hüdroloogia ja hüdrimeetria. Eesti Maaülikool. 108 lk.
- Maileht, K. 2008. Fütoplanktoni indikaatorlus EL Veepoliitika Raamdirektiivi järvede klassifikatsioonis. Magistritöö. Eesti Maaülikool.
- Medin, M., Ericsson, U., Nilsson, C., Sundberg, I. & P.-A. Nilsson, 2001. Bedömningsgrunder för bottenfaunaundersökningar. Medins Sjö- och Åbiologi AB. Mönlycke, 12 pp.
- Murphy, J. & I. P. Riley, 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. Analytica Chemica Acta, 27: 31-36.
- Mäemets, A., 1977. Eesti NSV järved ja nende kaitse. Valgus, Tallinn, 263 lk.
- Мяеметс (Mäemets), A., 1980. Изменение зоопланктона. В кн: Антропогенное воздействие на малые озера. с. 54-64.
- Nõges, P., Jaagus, J., Järvet, A., Nõges, T. & A. Laas, 2012. Kliimamuutuse mõju veeökosüsteemidele ning põhjaveele Eestis ja sellest tulenevad veeseireprogrammi võimalikud arengusuunad. Eesti Maaülikool, 249 lk.
- Ott, I. & R. Laugaste, 1996. Fütoplanktoni koondindeks (FKI). Üldistus Eesti väikejärvede kohta. Eesti Keskkonnaministeeriumi Infoleht nr 3.
- Ott, I. & S. Lokk, 1996. Viitna Pikkjärv ja puhkajad. Eesti Loodus, 6: 174-176.
- Ott, I. 1987. Pikaajalised fütoplanktoni muutused Eesti järvedes ja nende seosed keskkonnateguritega. Väitekiri. Tartu Riiklik Ülikool, 203 lk.

Ott, I., Kõiv, T., Nõges, P., Kisand, A., Järvalt, A. & E. Kirt, 2005. General description of partly meromictic hypertrophic Lake Verevi, its ecological status, changes the past eight decades and restoration problems. *Hydrobiologia*, 547: 1-20.

Pielou, E. C., 1975. *Ecological diversity*. Wiley, New York. 165 pp.

Psenner, R., Puccsko, R. & M. Sager, 1984. Die Fraktionierung organischer und organischer Phosphorverbindungen von Sedimenten: Versuch einer Definition ökologisch wichtiger Fraktionen. *Arch. Hydrobiol. Suppl.*, 70: 111-155.

Rowan, J. S., Soutar, I., Bragg, O. M., Carwardine, J. & M. E. J. Culter. 2006. *Lake habitat survey in the United Kingdom. Field survey guidance manual*, 1-138.

Ruttner-Kolisko, A., 1977. Suggestions for biomass calculations of plankton rotifers. *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.*, 8: 71-76.

Sculthorpe, C. D., 1967. *The biology of aquatic vascular plants*. St. Martin's Press, New York. 610 pp.

Søndergaard, M., Jensen, J. P. & E. Jeppesen, 2003. Role of sediment and internal loading of phosphorus in shallow lakes. *Hydrobiologia*, 506-509: 135-145.

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

Timm, H. & M. Haldna, 2019. Do abundance and percentage of dipteran larvae and Oligochaeta indicate low water quality in streams and lake littoral? *Oceanological and Hydrobiological Studies [ilmumas]*.

Timm, H., 2015. *Eesti sisevete suurselgrootute määraja. Identification guide to freshwater macroinvertebrates of Estonia*. Kuma Print, 424 lk.

Utermöhl, H., 1958. Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton methodik. *Mitt. int. Ver. Theor. Angew. Limnol.*, 9: 1-38.

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

ARUANDED

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; viimati külastatud: 29.02.2020.

Kreitsberg, M., Kreitsberg, R. & L. Tuvikene, 2016. Viitna Pikkjärv. Meetmekava. Eesti Maaülikool, Põllumajandus- ja keskkonnainstituut, Limnoloogiakeskus. 63 lk. Kättesaadav: <http://hdl.handle.net/10492/5491>; viimati külastatud: 29.02.2020.

Luhamaa, A., Kallis, A., Mändla, K., Männik, A., Pedusaar, T. & K. Rosin, 2014. Eesti tuleviku kliimastsenaariumid aastani 2100. Keskkonnaagentuur. 90 lk. Kättesaadav: https://www.envir.ee/sites/default/files/kliimastsenaariumid_kaur_aruanne_ver190815.pdf; viimati külastatud: 29.02.2020.

Masing, M., 2004. Nahkhiirte elupaigad Võrumaal. Võrumaa keskkonnateenistus, MTÜ Sicista Arenduskeskus. Tartu. Käsikiri Keskkonnaameti Põlva-Valga-Võru regiooni Võrumaa kontoris.

Väikejärvede hüdrobioloogiline seire 2008. a. Lõpparuanne. Ott, I (vastutav täitja). Käsikiri Eesti Maaülikooli Hüdrobioloogia ja kalanduse õppetoolis.

Väikejärvede hüdrobioloogiline seire 2010. a. Lõpparuanne. Ott, I (vastutav täitja). Käsikiri Eesti Maaülikooli Hüdrobioloogia ja kalanduse õppetoolis.

Väikejärvede hüdrobioloogiline seire 2017. a. Lõpparuanne. Ott, I (vastutav täitja). Käsikiri Eesti Maaülikooli Hüdrobioloogia ja kalanduse õppetoolis.

Pullijärve hoiuala kaitsekorralduskava (2010-2019), 2010. Keskkonnaamet, 25 lk. Kättesaadav:

https://www.keskkonnaamet.ee/sites/default/files/pullijarve_ha_kkk_2010_2019.pdf; viimati külastatud: 29.02.2020.

SEADUSED JA REGULATSIOONID

Pinnaveekogumite moodustamise kord ja nende pinnaveekogumite nimestik, mille seisundiklass tuleb määrata, pinnaveekogumite seisundiklassid ja seisundiklassidele vastavad kvaliteedinäitajate väärtused ning seisundiklasside määramise kord, 2009. Keskkonnaministri 28. juuli 2009. a määrus nr 44 (RTL, 06.08.2009, 64, 941).

Rõuge valla ühisveevärgi ja -kanalisatsiooni arengukava 2018-2029. 69 lk. Kättesaadav:<https://rouge.kovtp.ee/veemajandus>; viimati külastatud: 29.02.2020.

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

STANDARDID JA METOODIKAD

CICES V5.1 (2018). Kättesaadav: <https://cices.eu/>; viimati külastatud 29.02.2020.

EVS-EN ISO 10870:2012. Water quality – Guidelines for the selection of sampling methods and devices for benthic macroinvertebrates in fresh waters (ISO 10870:2012).

EVS-ISO 5667-4:2016. Vee kvaliteet. Proovivõtt. Osa 4: Juhised looduslikest ja tehiskärvetest proovide võtmiseks.

EVS-EN ISO 9963-1:1999. Vee kvaliteet. Leeliselisuse määramine. Osa 2: Karbonaatse leeliselisuse määramine.

EVS-EN 16698:2015, Vee kvaliteet. Siseveekogudest fütoplanktoni kvantitatiivsete ja kvalitatiivsete proovide võtmise juhised.

EVS-EN 16695:2015. Vee kvaliteet. Juhised fütoplanktoni biomahu määramiseks.

EVS-EN 15110:2006. Water Quality – Guidance standard for the routine sampling of zooplankton from standing waters.

ENS-EN 16039_2011. Water quality- Guidance standard on assessing the hydromorphological features of lakes.

ISO 11330:1997. Determination of volume of water and water level in lakes and reservoirs.

Kosk jt., 2016. Kättesaadav:

https://www.kik.ee/sites/default/files/uuringud/empost_aruanne_all.pdf; viimati külastatud 29.02.2020.

Ott, I. (vastutav täitja), 2014. Pinnavee ökoloogilise seisundi hindamine hüdro-morfoloogiliste kvaliteedielementide alusel. Eesti Maaülikool, Põllumajandus- ja keskkonnainstituut, Limnoloogiakeskus. 48 lk. Kättesaadav:

https://www.envir.ee/sites/default/files/hymo_jarved_2014_11_24.pdf; viimati külastatud: 29.02.2020.

Timm, H. & S. Vilbaste, 2010. Pinnavee ökoloogilise seisundi hindamise meetodika bioloogiliste kvaliteedielementide alusel. Bentiliste ränivetikate kooslus jões.

Suurselgrootute põhjaloomade kooslus jões ja järves. Aruanne EV

keskkonnaministeriumile. Eesti Maaülikool, 112 lk. Kättesaadav:

https://www.envir.ee/sites/default/files/aruanne_28.10.10.pdf; viimati külastatud: 29.02.2020.

AVALIKUD ANDMEBAASID

Eesti eluslooduse infosüsteem EELIS; kättesaadav: <http://eelis.ee/>; viimati külastatud: 29.02.2020.

Keskkonnaregister; kättesaadav: <http://register.keskkonnainfo.ee/>; viimati külastatud: 29.02.2020.

PRIA põllumassiivide kaart; kättesaadav: <https://kls.pria.ee/kaart/>; viimati külastatud: 29.02.2020.

Keskkonnaseire infosüsteem KESE; kättesaadav:

<https://kese.envir.ee/kese/welcome.action>; viimati külastatud: 29.02.2020.

Keskkonnaministeriumi Veeveeb; kättesaadav: <https://veeveeb.envir.ee/vesi/>; viimati külastatud: 29.02.2020.


Maa-ameti geoportaal; kättesaadav: <https://geoportaal.maaamet.ee/>; viimati külastatud: 29.02.2020.

Google Earth kaardirakendus; kättesaadav: <https://earth.google.com/web/>; viimati külastatud: 29.02.2020.

Metsaportaal; kättesaadav: <https://register.metsad.ee/#/>; viimati külastatud: 29.02.2020.

Keskkonnaameti keskkonnateenuste portaal; kättesaadav:

<https://eteenus.keskkonnaamet.ee/>; viimati külastatud: 29.02.2020.

A scenic view of a lake with reeds in the foreground and a forest in the background under a blue sky with clouds. The reeds are tall and green, with some yellowing at the tips. The water is calm, reflecting the sky and the reeds. The forest in the background is dense and green. The sky is a clear blue with scattered white clouds. In the bottom left corner, the dark interior of a boat is visible, including a wooden oar.

Lisad

Lisa 1. Küsitluse ankeet

Ankeet Pullijärve ökosüsteemiteenuste kohta:

1. Milliseid hüvesid Pullijärv sulle ja sinu perele pakub, mida peate oluliseks?
 - Kalapüük
 - Ehitusmaterjal (pilliroog)
 - Joogivesi
 - Tarbevesi (aiamaa/kasvuhoone kastmisvesi)
 - Veelindude pesitsuspaik
 - Veeloomade (kahepaiksed, kalad, imetajad) elupaik
 - Looduskaitse all olevate veetaimede (vesilobeelia, vahelduvõiene vesikuusk, mõru vesipipar) elupaik
 - Heitvee lahjendamine ja puhastamine
 - Puhas õhk
 - Matkamisvõimalused järve ääres
 - Ujumine ja suplemine
 - Paadisõit
 - Õuesõpe
 - Pühapaik
2. Mis häirib praegu Pullijärves?
 - Vetikate vohamine (vee õitseng)
 - Kinnikasvavad supluskohad/mudastuvad kaldad
 - Prügi kaldal/vees
 - Loodusliku kalda-ala muutmine/ehitamine kalda lähedal
 - Väike veevahetus
 - Liiga intensiivne paadisõit suvel
 - Liiga intensiivne jäärajasõit talvel
 - Liiga intensiivne puhkevõimaluste kasutamine
 - Väike kalasaak
 - Muu

Olen mees või poiss

naine või tüdruk

Minu vanus on:

<15 16-25 26-35 36-45 46-55 56-65 >65

Olen: Õpilane Töötan Töötu Pensionär