

Tallinna Ülikool  
Loodus- ja terviseteaduste instituut  
Ökoloogia keskus

## Uuring Martiska järve, Ahnejärve ja Kuradijärve kaldatsoonis veetaseme languse tagajärjel taimestunud osast orgaanika eemaldamise vajaduse ja mahtude hindamiseks

Tellijaja: Kliimaministeerium

Töö teostajad: Tiit Vaasma

Egert Vandel

Marko Vainu

Galina Kapanen

Jaanus Terasmaa

Hannes Tõnisson

Konsultant: Helle Mäemets



Kaasrahanud  
Euroopa Liit



Eesti  
tuleviku heaks



KLIIMAMINISTEERIUM

Tallinn 2023

## Sisukord

<b>Sissejuhatus</b>	<b>2</b>
<b>Metoodika</b>	<b>2</b>
<b>Tulemused</b>	<b>7</b>
Ahnejärv	7
Kaldatsooni kirjeldus	7
Setteproovide tulemused	9
Settepaksuste tulemused	10
Martiska järv	14
Kaldatsooni kirjeldus	14
Setteproovide tulemused	15
Settepaksuste tulemused	17
Kuradijärv	20
Kaldatsooni kirjeldus	20
Setteproovide tulemused	21
Settepaksuste tulemused	23
<b>Järeldused ja ettepanekud</b>	<b>24</b>
Veetaseme tõusuga seonduv	24
Stsenaarium 45 ja 46 m ümp	24
Järvede puhastamistöde läbiviimisest tingitud võimalike kahjude minimeerimine	32
Näide tagasihoidlikumast veetaseme kerkest	34
Lobeelia kasvukoha taastamine	36
<b>Kokkuvõtteks</b>	<b>38</b>
<b>Kasutatud kirjandus</b>	<b>39</b>
<b>Lisad</b>	<b>40</b>

## Sissejuhatus

Riigil on plaan osaliselt taastada Ida-Virumaal Kurtna järvede veerežiim läbi uue veehaarde rajamise. Seetõttu on ette näha Vasavere veehaardest mõjutatud järvede veetaseme tõusu. Enne järvedes optimaalse veetaseme saavutamist/taastumist on oluline teha töid, mis suurendaksid veetaseme tõusust tulenevat positiivset mõju ja vähendaksid võimalikke negatiivseid tagajärgi. Ühe tegevusena on kavandatud eemaldada kaldatsoonis biomass, kamardunud pinnas, muda, kändud ja veetaseme tõusuga vee alla jääv kaldataimestik. See on vajalik, et vältida orgaanilise aine (ja võimalike ohtlike ainete) kontsentratsiooni tõusu järvede vees vee alla jääva kaldatsooni arvelt.

Andmaks hinnanguid, millistelt aladelt ja millises mahus on otstarbekas eemaldada setteid, määrasime Martiska, Kuradi- ja Ahnejärve kaldatsoonis setete orgaanilise aine mahte ning üldfosfori ja raskmetallide (Pb, Ni, Zn, Sr, Hg) sisaldused. Saadud andmete põhjal kaardistasime alad, kus on otstarbekas eemaldada setteid ja leidsime eemaldatava materjali mahud. Aruandes on näidatud ka alad, kus tuleks eemaldada kaldaveetaimestikku, vanu kuivanud puuronte, põõsaid ning metsa ja selle alustaimestikku.

Aruandes juhime tähelepanu meetmetele, mis minimeerivad orgaaniliste setete eemaldamistööde kahjulikku mõju. Lisaks käsitletakse veel vesilobeelia (*Lobelia dortmanna*) kasvukoha taastamise võimalusi ning selle tööga kaasnevaid tegevusi.

Lisades on nimetatud kõik kaardikihid ja muud failid, mis esitatakse tellijale eraldi.

Töö on tehtud Kliimaministeeriumi tellimusel töövõtuleping nr 4-1/23/83 alusel.

## Metoodika

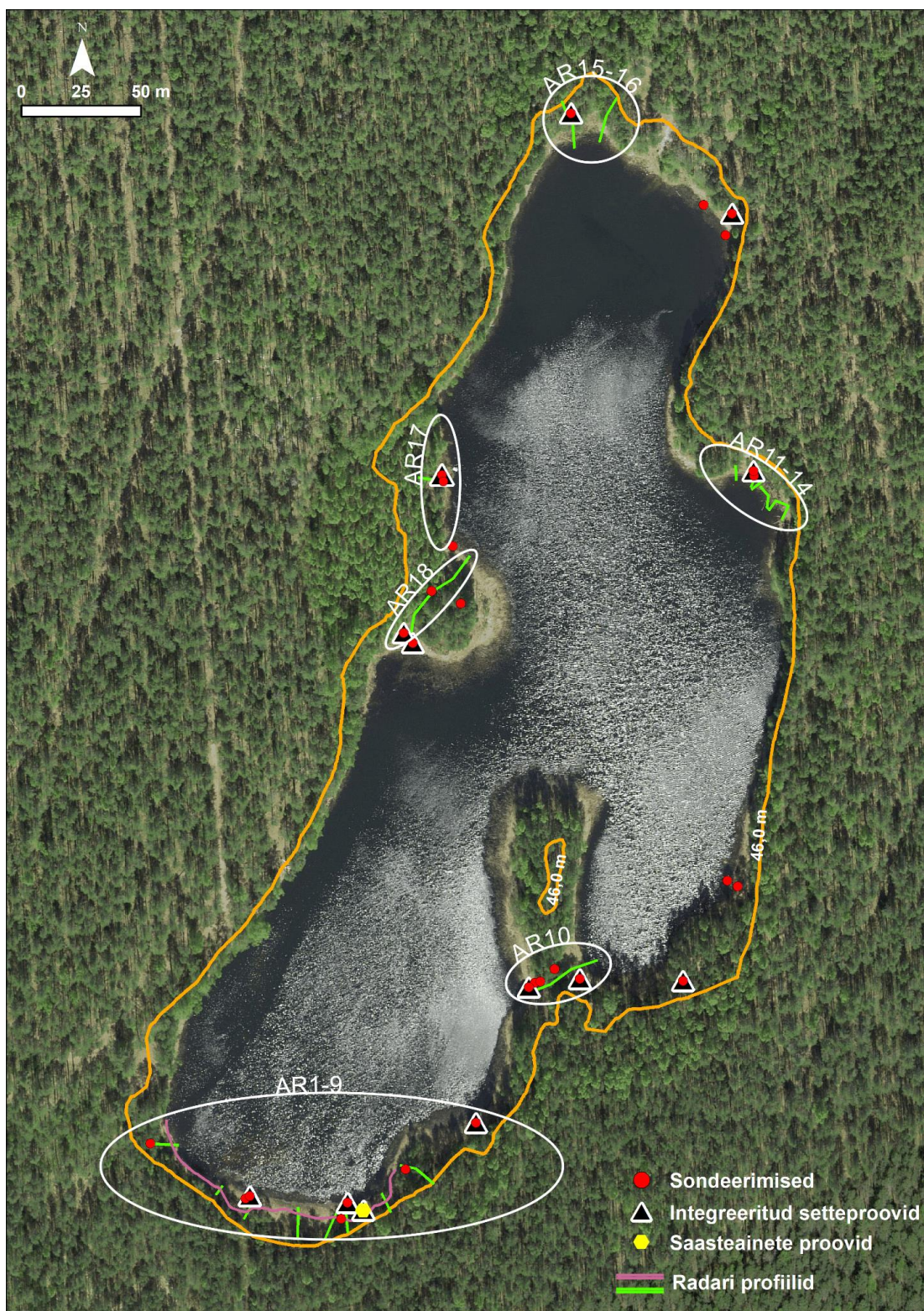
Esmalt määratlesime iga uuritava järve uuringuala (kaldatsooni) ulatuse vastavalt tellija poolt lähteülesandes sätestatule (paikneb järve sisese kaldaveetaimestiku leviku piiri ja maismaa kõrgusväärtuse vahel, mis ulatub 45,0 m ümp Martiska ja Kuradijärve ning 46,0 m ümp Ahnejärve puhul). Seejärel tuvastasime kaldatsooni settekihtide paksused ja ulatuse sondeerimise ja georadari abil. Selleks kasutasime kuni 5 cm diameetriga ja 50 cm pikka sondi/turbapuuri. Sondeerimisi viisime läbi kogu järve kaldatsooni ulatuses. Suurematel sette eemaldamist väärivatel kaldatsooni aladel viisime sondeerimisi läbi tihedamalt ning kasutasime ka georadarit *ImpulseRadar CO730, 70/300 MHz*. Niimoodi kombineerides saavutasime piisava andmehulga hindamiseks uuritava ala settekihi paksust. Kokku tegime 94 sondeerimist (joonised 1-3), millest 29 Ahnejärves, 46 Martiska järves ja 19 Kuradijärves. Kasutatavaid georadari profiile saime Ahnejärve kohta 18; Martiska järvele kuus ja Kuradijärvele ühe. Lisaks sondeerimistele kasutasime kirjeldustes ja andmete analüüsimistel kohapeal saadud vaatlusandmeid.

Iga suurema lahus asuva ala kohta, kus setete eemaldamine võis osutada otstarbekaks, leidsime vähemalt ühest integreeritud proovist (setteläbilõike keskmine proov) sette orgaanilise ja mineraalse aine ning üldfosfori sisaldused. Proovid võeti Valgevene-tüüpi turbapuuriga. Selliseid integreeritud proove võtsime kokku 19 (joonised 1-3), millest 13 kirjeldavad Ahnejärve, neli

Martiska järve ja kaks Kuradijärve. Orgaanilise ja mineraalse aine koostised määrasime kuivainest (kuivatatud 105 °C juures) proovide kuumutamisel 550 °C juures konstantse massini (Heiri jt, 2001). Selleks kasutasime termogravimeetrist analüsaatorit *Precisa prepASH 340 Series*. Üldfosfori (P) sisaldused määrasime TLÜ Ökoloogia keskuse laboris standardmetoodika järgi (Murphy ja Riley, 1962; SFS 3025, 1986; SFS 3026, 1986) kasutades *Shimadzu UV-1800* spektrofotomeetrit. Üldfosfori sisaldused on arvatud setteproovide kuivaine kohta ning ühikuks on mg/g.

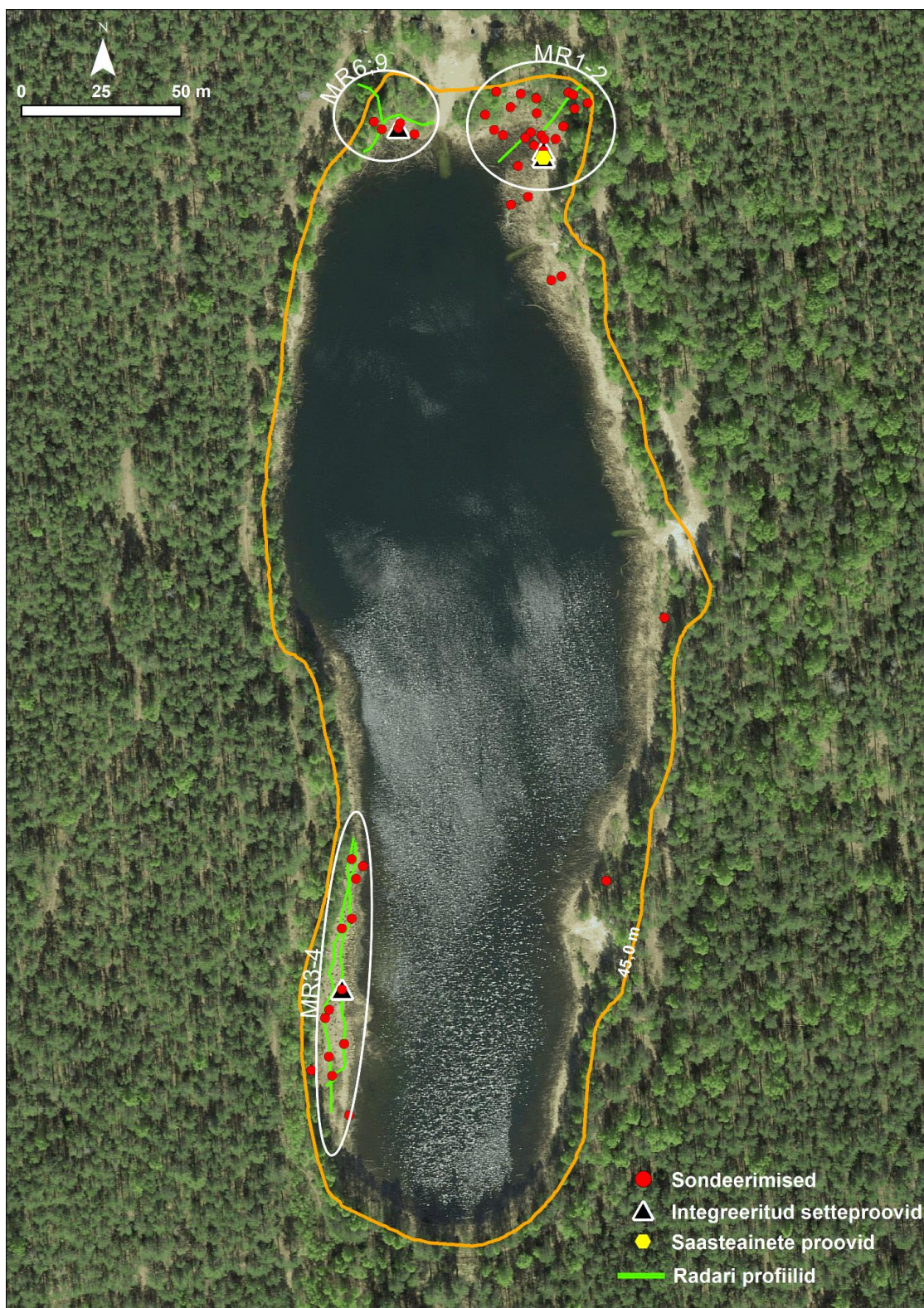
Raskmetallide määramiseks võtsime setteproovid Valgevene-tüüpi turbapuuriga. Raskmetallidest lasime OÜ Eesti Keskkonnauuringute Keskuse laboris määrata nikli (Ni), plii (Pb), tsingi (Zn), strontsiumi (Sr) ja elavhõbeda (Hg) sisaldused. Määranguteks võtsime igast järvest proovid (joonised 1-3: legend Saasteainete proovid) ühest 50 cm paksusest läbilõikest 10 cm sammuga (st igast järvest 5 proovi; kokku 15 proovi). Võetud proovidest määrasime ka sette orgaanilise ja mineraalse aine ning üldfosfori sisaldused. Raskmetallide sisalduste ohtlikkuse hindamiseks kasutasime Keskkonnaministeeriumi poolt kehtestatud siht- ja piirarve (Keskkonnaministri 28.06.2019 määruses nr 26 „Ohtlike ainete sisalduse piirväärtused pinnases”). Määruse Lisas on toodud ohtlike ainete sisalduse sihtarv ja piirarv elamumaal, mis Ni ja Pb puhul on vastavalt 50 ja 150, Zn puhul 200 ja 500 ning Hg puhul 0,5 ja 2 mg/kg. Strontsiumi sihtarvu ei ole veel pinnases reguleeritud, kuid see on hea võrdluselement ravimudadega võrreldes - st, et kui seal on see lubatud, siis on see ohutu ka inimesele. Eesti balneoprotseduurides kasutatava Haapsalu Tagalahe, Käina lahe ja Värska lahe proovides on Sr keskmise sisalduse väärtused vastavalt 35,8, 17,0 ja 26,8 mg/kg (Kapanen jt, 2023). Raskmetallide sisaldused on arvatud setteproovide kuivaine kohta ning ühikuks on mg/kg.





Joonis 1. Ahnejärvel läbiviidud sondeerimiste ja georadari profiilide asukohad (valge joonega sõõrid tähistavad lahustükke, mille nimetused tulenevad vastaval alal olevatest radari profiilide nimetustest) ning integreeritud ja saasteainete ehk raskmetallide setteproovide võtmise kohad. Pruun 46,0 m samakõrgusjoon tähistab absoluutkõrgust (müp), milleni võib vesi lähteülesande kohaselt kerkida.





Joonis 2. Martiska järvel läbiviidud sondeerimiste ja georadari profiilide asukohad (valge joonega sõõrid tähistavad lahustükke, mille nimetused tulenevad vastaval alal olevatest radari profiilide nimetustest) ning integreeritud ja saasteainete ehk raskmetallide setteproovide võtmise kohad. Pruun 45,0 m samakõrgusjoon tähistab absoluutkõrgust (müü), milleni võib vesi lähteülesande kohaselt kerkida.





Joonis 3. Kuradijärvel läbiviidud sondeerimiste ja georadari profiilide asukohad (valge joonega sõõr tähistab lahustükki, mille nimetus tuleneb alal olevast radari profiili nimetusest) ning integreeritud ja saasteainete ehk raskmetallide setteproovide võtmise kohad. Pruun 45,0 m samakõrgusjoon tähistab absoluutkõrgust (müü), milleni võib vesi lähteülesande kohaselt kerkida.

Setete koostist puudutavatest andmetest koostasime GIS kaardikihid tarkavaraga *ArcMap*, kus on välja toodud setete ja taimestiku eemaldamiseks otstarbekad alad, eemaldatavate settekihtide paksused ja sette koostist iseloomustavad näitajad (vastavad kaardikihid ja muud failid on esitatud tellijale ka Lisadena).

Martiska järve puhul on setete ja taimestiku eemaldamise otstarbekust hinnatud ka vesilobeelia kasvukohtade taastamise aspektist ning kirjeldatud selleks vajaminevaid töid. Hinnangud ja tööde kirjeldus baseerus teaduskirjandusel ja Helle Mäemetsa pika-aegsetel kogemustel.

Kuna setete eemaldamisega järvedest võib esineda järvevee kvaliteedi langust, kirjeldame aruandes ka meetmeid, mis minimeerivad orgaanika eemaldamisel tööde kahjulikku mõju. Tööde kirjeldused baseerusid teaduskirjandusel ja “Järvede tervendamise käsiraamatul” (Kõiv jt, 2011).

## Tulemused

### Ahnejärv

#### Kaldatsooni kirjeldus

Ahnejärve ümbruses, mis ulatub kuni 46,0 m ümp, on peaaegu kõikjal puude rinne (peamiselt harilik mänd, aga vähesel määral ka lehtpuid). Puud puuduvad sissetallatud/rajatud radade ja alade osas. Mõnes piirkonnas, kus kallast tõuseb järsku ja 46,0 m samakõrgusjoon asub praeguse veepiiri lähedal on puid hõredalt ja üksiku reana. Metsa pindala, mis jääb järve ja 46,0 m samakõrgusjoone vahele on kokku umbes 1,11 ha. Võsastunud alasid leidub tükati mitmel pool, kuid enim on võsastunud järve kogu põhjaots ja lahustüki ala AR11-14. Kõige lõunapoolsem ala on osaliselt kamardunud ning hõredalt võsastunud (foto 1). Seal leidub ka rohkelt maha langenud vanu puutüvesid. Sarnane pilt avaneb ka järve idakaldal vastu järve suurimat poolsaart (foto 2).

Pilliroogu leidub hõredalt mitmel pool, kuid laiemad vööndid jäävad järve põhjaotsa ja poolsaarte ümbrusesse, ka lahustükist AR11-14 põhja poole väikese poolsaareliku nuki taga.

Ahnejärve põhjakaldalt on viimati leitud aastal 2014 hännak-rabakiili (*Leucorrhinia caudalis*; LK III) (EELIS; vaadatud 30.10.2023). Välitööde käigus leidsime järve läänekaldalt lahustükilt AR17 kasvamas harilikku porssa (*Myrica gale*; LK III). Helle Mäemets on “Kurtina järvestu loodusdirektiivi järveelupaigatüüpide inventuuris” (käesoleva aruande ajal oli nimetatud töö veel mustandi seisundis) märkinud, et Peedu Saar on leidnud 2023. aastal sadade taimedena tumedat nokkheina (*Rhynchospora fusca*; LK II; koordinaat: 59,26054 27,56315) alal, kus asub lahustükk AR11-14.





Foto 1. Vaade Ahnejärve kõige lõunapoolsemale alale (AR1-9).



Foto 2. Vaade Ahnejärve idakaldale (üleval paremal asub järve suurim poolsaar).



## Setteproovide tulemused

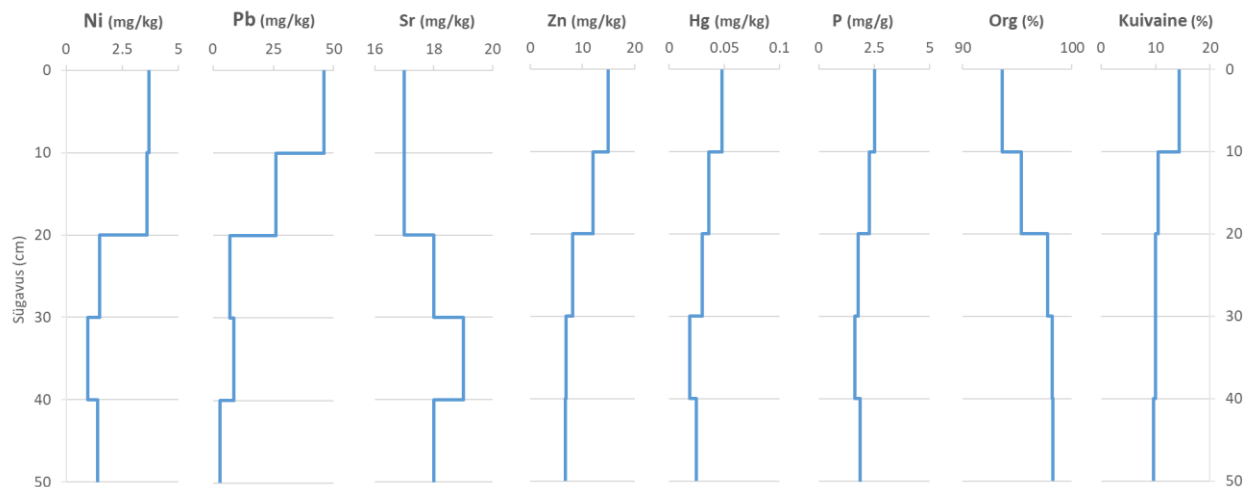
Ahnejärve kaldatsooni setteproovide orgaanilise aine protsentuaalne sisaldus on peaaegu kõikjal üle 80% ning valdavalt üle 90% (joonis 4). Vaid järve suurima poolsaare läänepoolsest kaelaosast võetud setteproovis (A.Int II - 1) on orgaanilist ainet alla 80%, kus selle väärtuseks on 43,6%.

Ahnejärve kaldatsooni setteproovide üldfosfori sisaldused jäävad vahemikku 0,96-3,00 mg/g (joonis 4). Keskmiseks P sisalduseks on 1,89 mg/g.



Joonis 4. Ahnejärve setteproovide orgaanilise aine (%) ja üldfosfori (mg/g) sisaldused. Pruun 46,0 m samakõrgusjoon tähistab absoluutkõrgust (m ümp), milleni võib vesi lähteülesande kohaselt kerkida.

Raskmetallide analüüsi tulemustest (joonis 5) on näha, et mitte ühegi elemendi sisaldus settes ei ületa Keskkonnaministri 28.06.2019 määruses nr 26 „Ohtlike ainete sisalduse piirväärtused pinnases” näidatud sihtarve, jäädes Ni puhul vahemikku 0,97-3,7 mg/kg, Pb puhul 2,9-46,0 mg/kg, Zn puhul 6,7-15,0 mg/kg ja Hg puhul 0,019-0,048 mg/kg. Üldise trendina on täheldatav Ni, Pb, Zn ja Hg sisalduste vähenemine sügavamate settekihtide suunas. Ahnejärve Sr sisaldus jääb vahemikku 17,0-19,0 mg/kg, mis on võrreldes Eesti ravimuda koostisega madal.



Joonis 5. Ahnejärve 50 cm paksuse setteläbilõike proovidest saadud raskmetallide (mg/kg), üldfosfori (mg/g) ning orgaanilise ja kuivaine (%) sisaldus.

Üldfosfori sisaldus (joonis 5) järve lõunaotsast (asukoht on sama prooviga A.Int 10; vt jooniselt 4) võetud 50 cm paksuses setteläbilõikes näitab sügavuse suurenedes langemise trendi: olles pinnal 2,50 mg/g ja madalaim väärtus on 30-40 cm vahel 1,64 mg/g. Keskmiseks üldfosfori väärtuseks on läbilõikes 2,01 mg/g.

### Settepakuste tulemused

Ahnejärve sondeerimiste ja georadari profiilide (joonised 6-10) tulemused näitavad kaldatsooni orgaaniliste setete paksuse suurt varieeruvust, st mõnest sentimeetrist viie meetrini. Igas lahustükis leidub alasid, kus orgaanilise settekihi paksus ületab 50 cm.

Järve põhjaosas asuva lahustüki (AR15-16; joonis 6) orgaaniliste setete paksus suureneb järve suunas saavutades tuseduseks kuni 3 m.

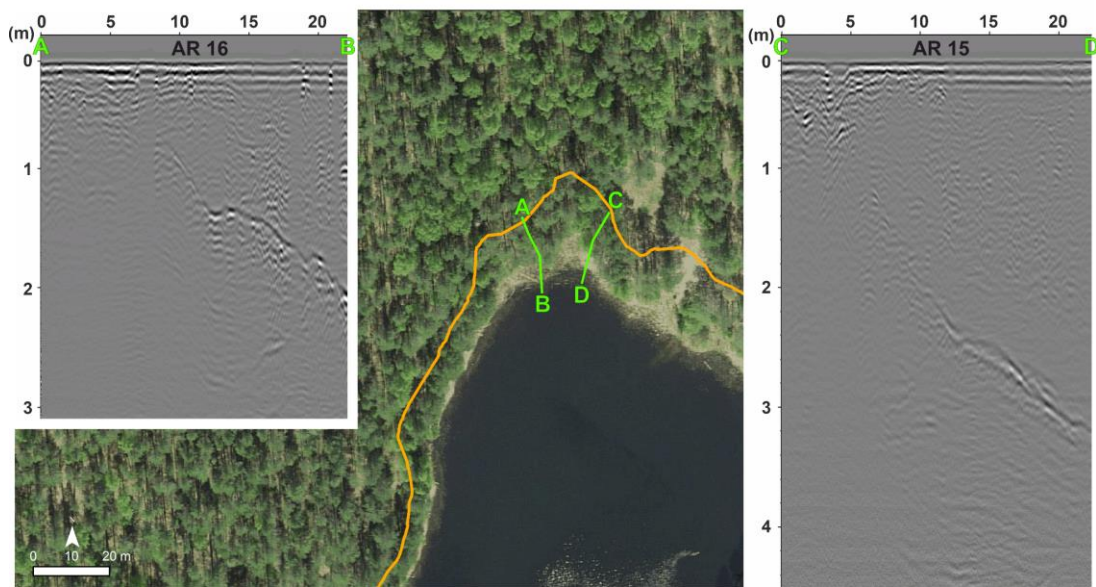
Järve idapoolseima osa lahustüki puhul (AR11-14; joonis 7) on tegemist kuni 5 m paksuse orgaanilise aine kihiga, mis on väga vesine ja kohati õõtsikuline.

Ahnejärve suurima poolsaare kaelaosa radargramm (AR10; joonis 8) näitab, et orgaanilist setet on rohkem idapoolses osas. Kaela keskosast lääne poole on ala kaetud õhukese kuni paarikümne cm paksuse orgaanilise aine kihiga.

Järve kõige lõunapoolsema lahustüki (AR1-9; joonis 9) orgaaniliste setete paksuse varieeruvus on suur. Piirkonnas, kus asuvad radari profiilid AR5 ja AR6, suureneb orgaanilise sette paksus veepiirist maismaa suunas. Selles piirkonnas on tegemist mudade all kõrgema liivase künkaga ning selle ja praeguse maismaa vaheline ala on täitunud orgaanilise settega.

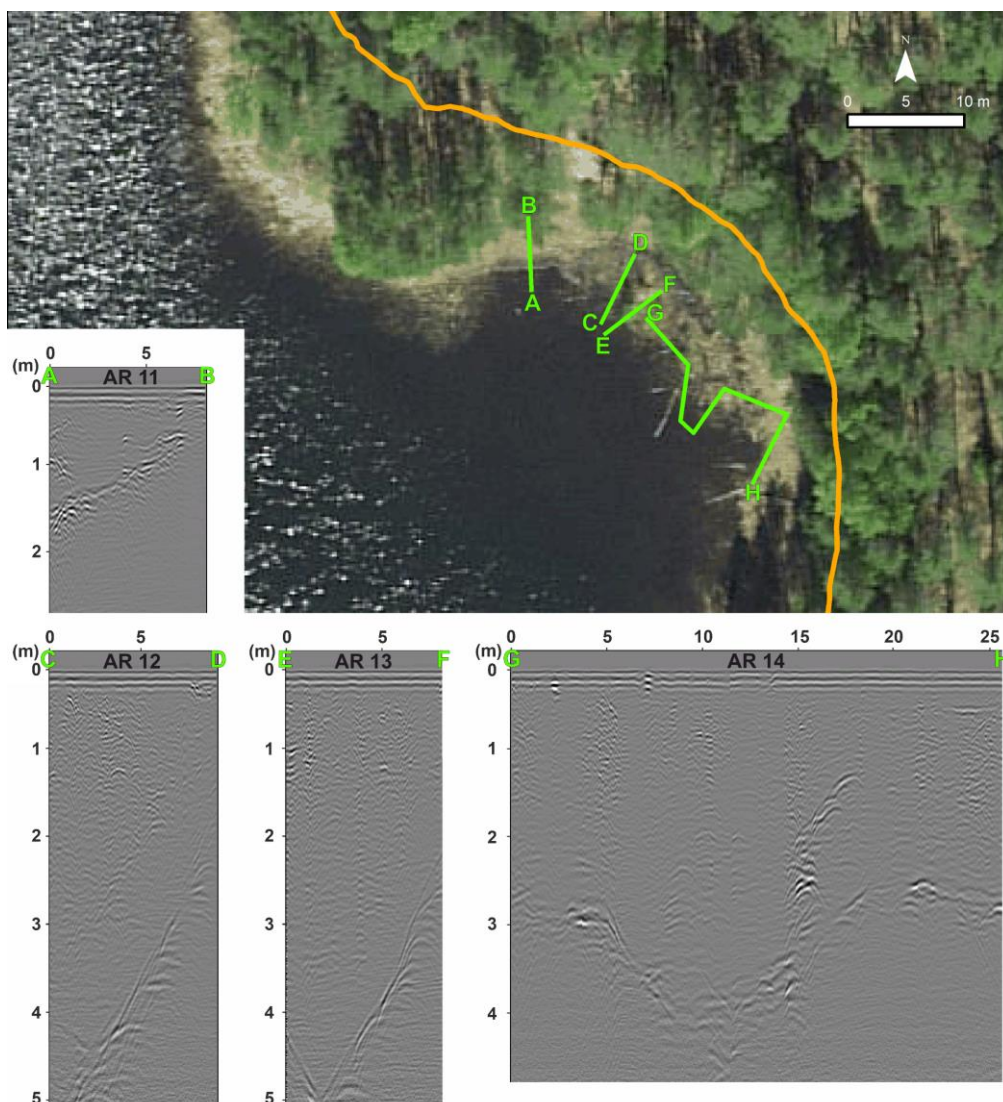
Ahnejärve kõige läänepoolsemad lahustükid on AR17 ja AR18 (joonis 10). Radargramm AR 17 saab alguse puude vahelt, kus on üle 3 m turbast orgaanilist ainet ja mis tüseneb mõnevõrra järve

suunas, kus see muutub õõtsikuliseks. Radargramm AR 18 kulgeb üle järve läänekaldal oleva poolsaare kaelaosa, kus orgaanilise sette paksus on suurem (kuni 1 m) veepoolsetes osades ja jäädes keskosas kohati mõne cm paksuseks.

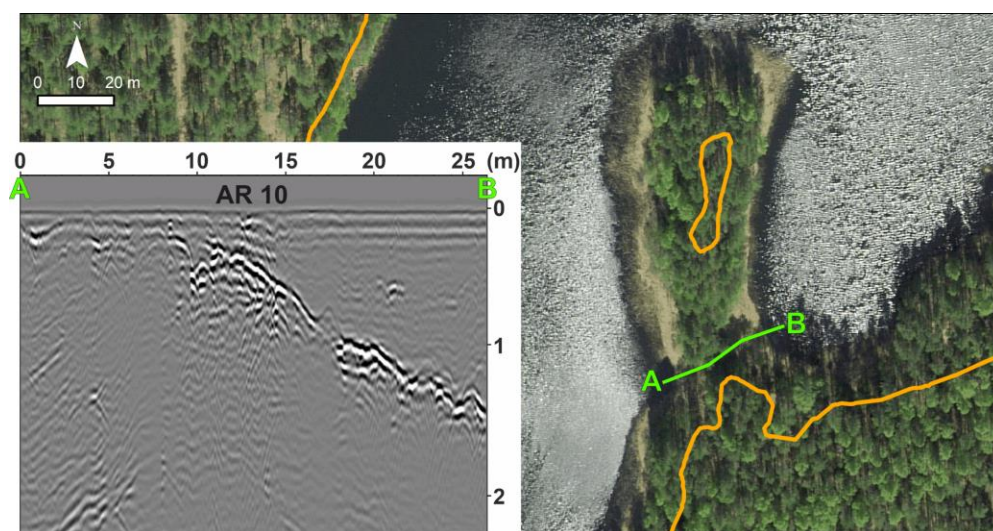


Joonis 6. Ahnejärve põhjapoolseima osa georadari profiilide asukohad ja nende radargrammid.



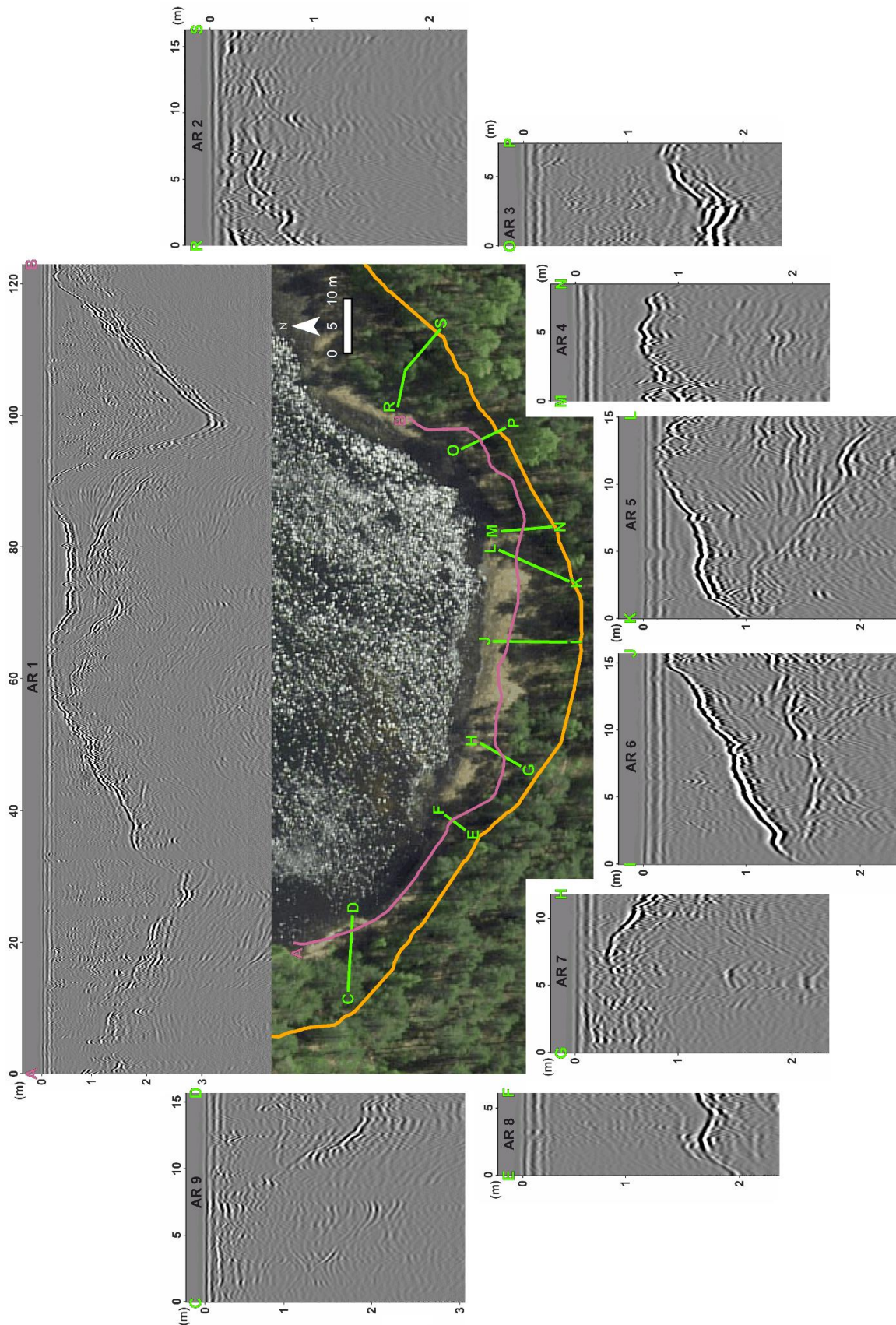


Joonis 7. Ahnejärve idapoolse osa georadari profiilide asukohad ja nende radargrammid.

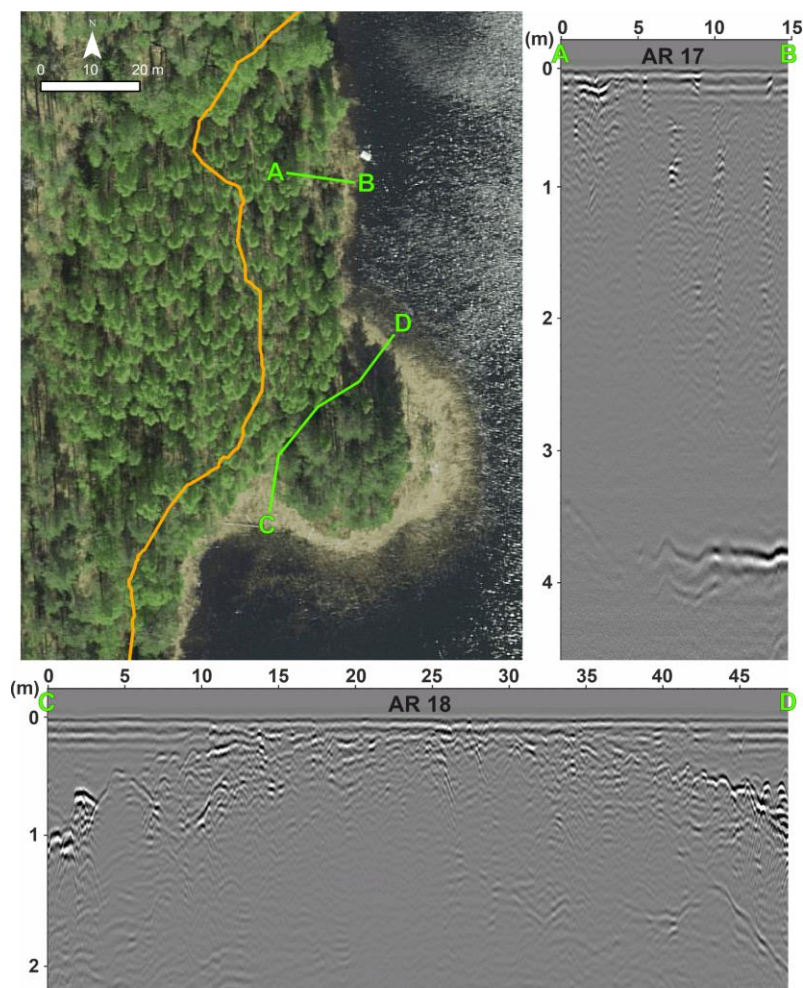


Joonis 8. Ahnejärve kagupoolse osa (suurima poolsaar kaela osas) georadari profiilide asukohad ja nende radargrammid.





Joonis 9. Ahnejärve lõunapoolseima otsa georadari profiilide asukohad ja nende radargrammid.



Joonis 10. Ahnejärve länepoolse osa georadari profiilide asukohad ja nende radargrammid.

## Martiska järv

### Kaldatsooni kirjeldus

Martiska järve ümbruses, mis ulatub kuni 45,0 m ümp, on peaaegu kõikjal puude rinne (peamiselt harilik mänd, aga vähesel määral ka lehtpuid). Puud puuduvad sissetallatud/rajatud radade ja alade osas. Mõnes piirkonnas, nt järve lõunaotsas, kus kallast tõuseb järsku ja 45,0 m samakõrgusjoon asub praeguse veepiiri lähedal, on puid hõredalt ja üksiku reana. Metsa pindala, mis jääb järve ja 45,0 m samakõrgusjoone vahele, on kokku umbes 0,41 ha. Tihedamalt võsastunud alasid leidub peamiselt sissetallatud/rajatud radade ümbruses. Võsastunud on järve kogu põhjaots ja lahustüki AR3-4 ala. See ala on osalt ka kamardunud ning seal leidub rohkelt maha langenud vanu puutüvesid. Seal ulatuvad vanad püstised ja maha langenud puutüved metsa piirilt kuni mitmete meetrite kaugusele vette, mis moodustab niiviisi kohati kuni 20 m laiuse ala. Sarnane pilt avaneb ka järve põhjaosas (foto 3).





Foto 3. Vaade Martiska järve põhjaotsas asuvale lahustükile MR1-2.

Pilliroogu leidub järve kaldatsoonis pea kõikjal, va sissetallatud/rajatud radade ja alade osades ning järve lõunaotsas. Ka lahustüki AR3-4 alal on seda hõredalt. Kogu idakaldal on pilliroovöönd lai ja tihe. Näiteks lahustüki AR1-2 alal on pilliroovööndi laius u 20 m ja sealt lõunapoole kogu idakalda pikkuses tihti kuni 10 m. Läänekaldal on pilliroovöönd kitsam ja hõredam.

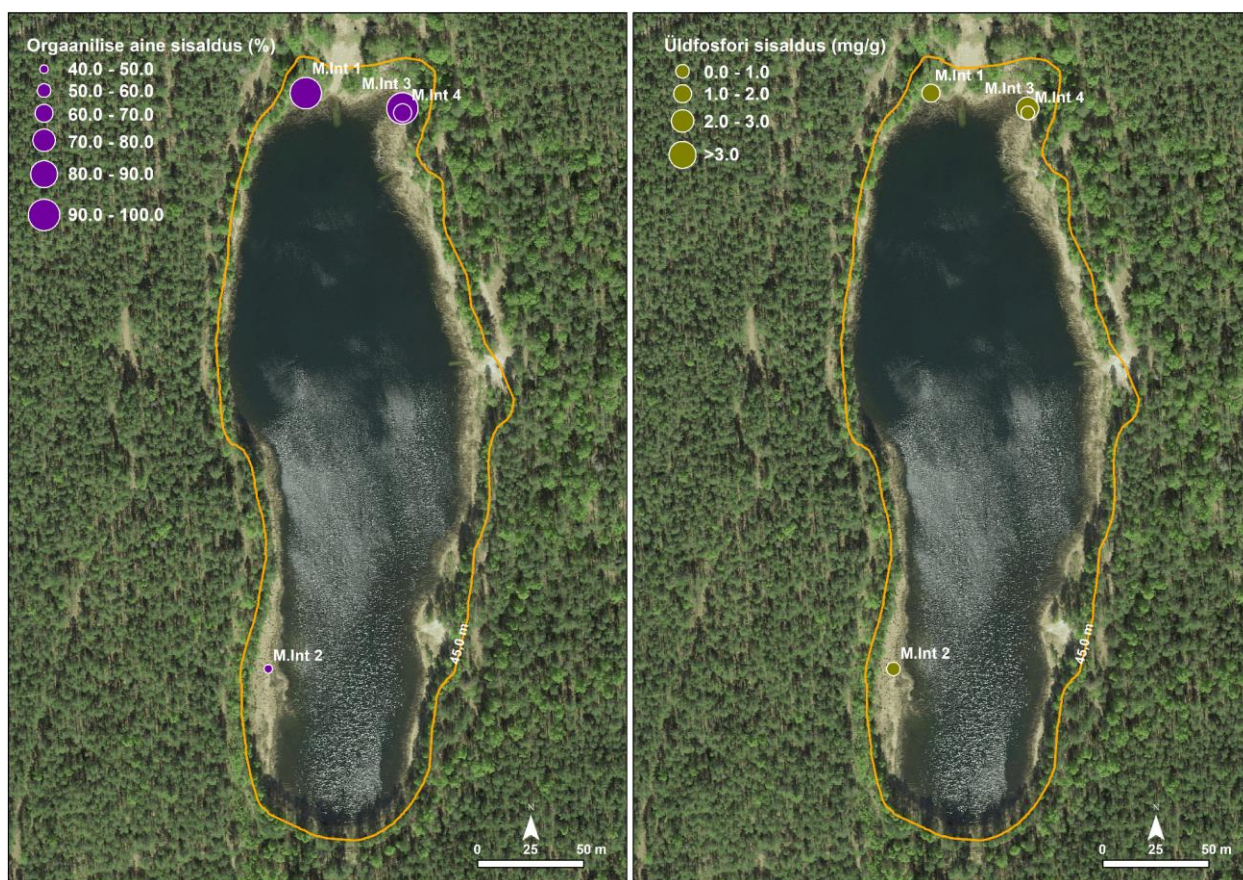
Martiska järve põhjakaldalt on viimati leitud aastal 2014 kaitsealustest liikidest hännak-rabakiili (*Leucorhina caudalis*; LK III) (EELIS; vaadatud 30.10.2023).

### Setteproovide tulemused

Martiska järve kaldatsooni nelja setteproovi orgaanilise aine protsentuaalsed sisaldused on järgmised: M.Int 1 - 95,9%; M.In 2 - 39,5%; M.Int 3 - 94,2% ja M.Int 4 - 68,8% (joonis 11). Nii kohapealsete vaatluste kui ka proovide M.Int 3 ja M.Int 4 võrdluste põhjal saab öelda, et lahustüki MR1-2 orgaanilise aine sisaldus on varieeruv.

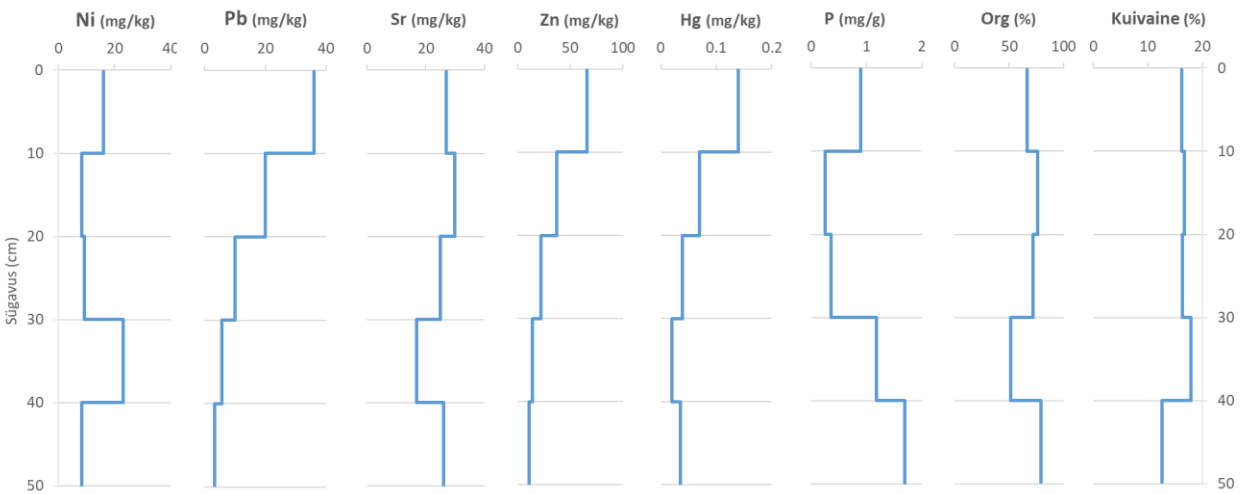
Martiska järve kaldatsooni setteproovide üldfosfori sisaldused on järgmised: M.Int 1 - 1,21 mg/g; M.Int 2 - 0,13 mg/g; M.Int 3 - 2,18 mg/g ja M.Int 4 - 0,88 mg/g (joonis 11). Keskmiseks P sisalduseks on 1,10 mg/g.





Joonis 11. Martiska järve setteproovide orgaanilise aine (%) ja üldfosfori (mg/g) sisaldused. Pruun 45,0 m samakõrgusjoon tähistab absoluutkõrgust (m ümp), milleni võib vesi lähteülesande kohaselt kerkida.

Raskmetallide analüüsi tulemustest (joonis 12) on näha, et mitte ühegi elemendi sisaldus settes ei ületa Keskkonnaministri 28.06.2019 määruses nr 26 „Ohtlike ainete sisalduse piirväärtused pinnases” näidatud sihtarve, jäädes Ni puhul vahemikku 8,2-23,0 mg/kg, Pb puhul 3,3-36,0 mg/kg, Zn puhul 11,0-66,0 mg/kg ja Hg puhul 0,02-0,14 mg/kg. Üldise trendina on täheldatav Pb, Zn ja Hg sisalduste vähenemine sügavamate settekihtide suunas. Martiska järve Sr sisaldus jääb vahemikku 17,0-30,0 mg/kg, mis on samas vahemikus Eesti ravimudade koostistega.

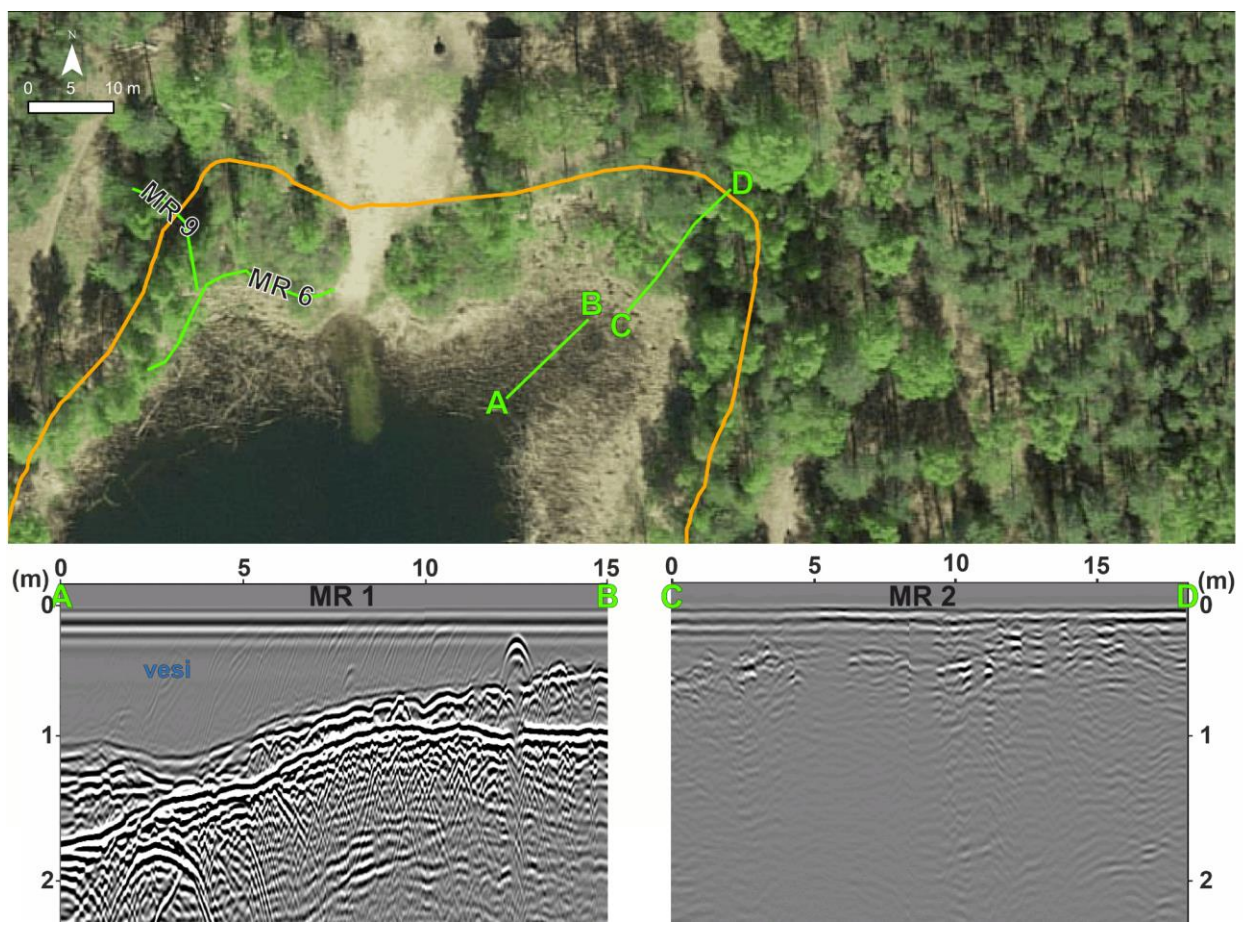


Joonis 12. Martiska järve 50 cm paksuse setteläbilõike proovidest saadud raskmetallide (mg/kg), üldfosfori (mg/g) ning orgaanilise ja kuivaine (%) sisaldus.

Üldfosfori sisaldus (joonis 12) järve kirdeosast (asukoht on sama prooviga M.Int 4; vt jooniselt 11) võetud 50 cm paksuses setteläbilõikes näitab, et pindmised 30 cm omavad väiksemaid sisaldusi kui sügavamal asetsevad kihid, kus P sisaldus ületab 1 mg/g, olles maksimaalselt 1,69 mg/g. Keskmiseks üldfosfori väärtuseks on läbilõikes 0,88 mg/g.

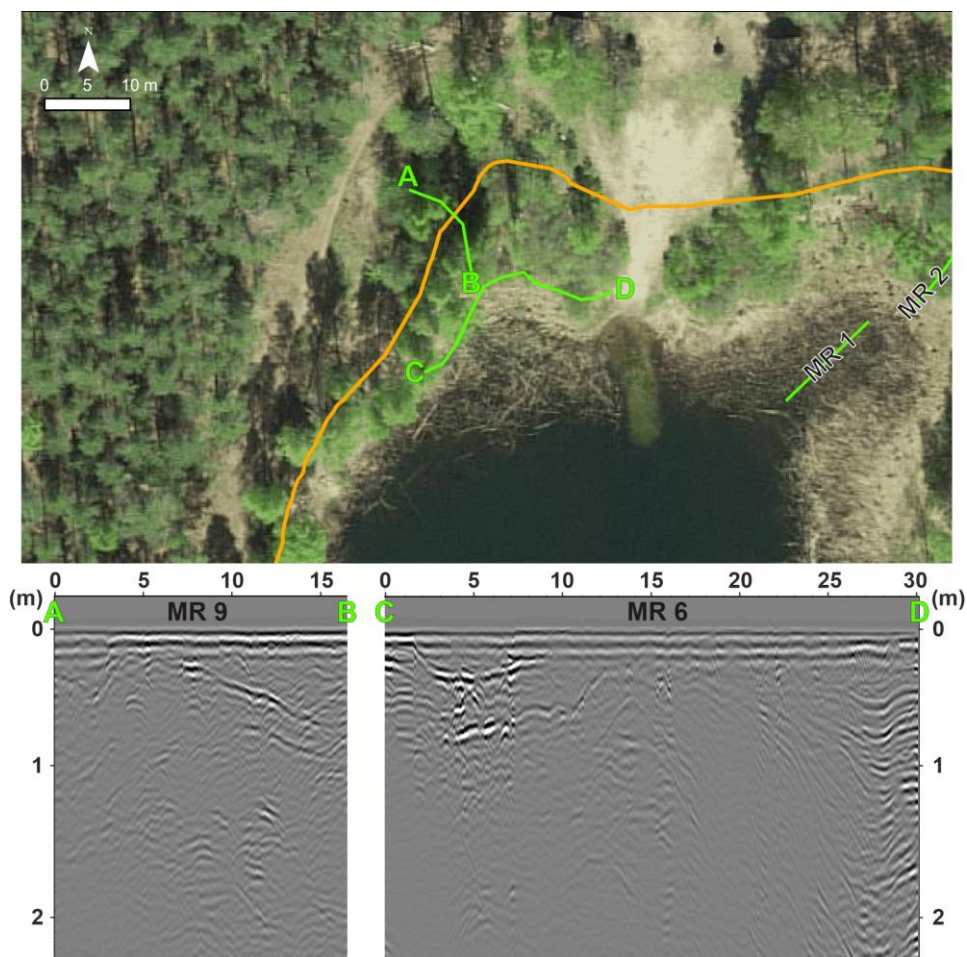
### Settepakuste tulemused

Martiska järve sondeerimiste ja georadari profiilide (joonised 13-15) tulemused näitavad, et kaldatsooni orgaaniliste setete paksus on varieeruv. Kui kirde- ja loodepoolsete lahustükkide (MR1-2 ja MR6;9; joonised 13 ja 14) orgaaniliste setete paksus on maksimaalselt 60 cm, siis edelaosas (MR3-4; joonis 15) ulatuvad paksused vastavalt 110 cm-ni. MR1-2 lahustüki orgaaniliste setete paksus on kogu ala ulatuses muutlik, kuid täheldatav on, et paksus väheneb veepiirist maismaa suunas. Sama trend on täheldatav ka loode osas, kuid enam vähem paralleelselt veepiiriga liikudes (radargramm MR 6) on mudade pakuse varieeruvus suurem. Ebahütlase pakusega lasuvad orgaanilised setted ka järve edelaosa lahustükil (MR3-4).



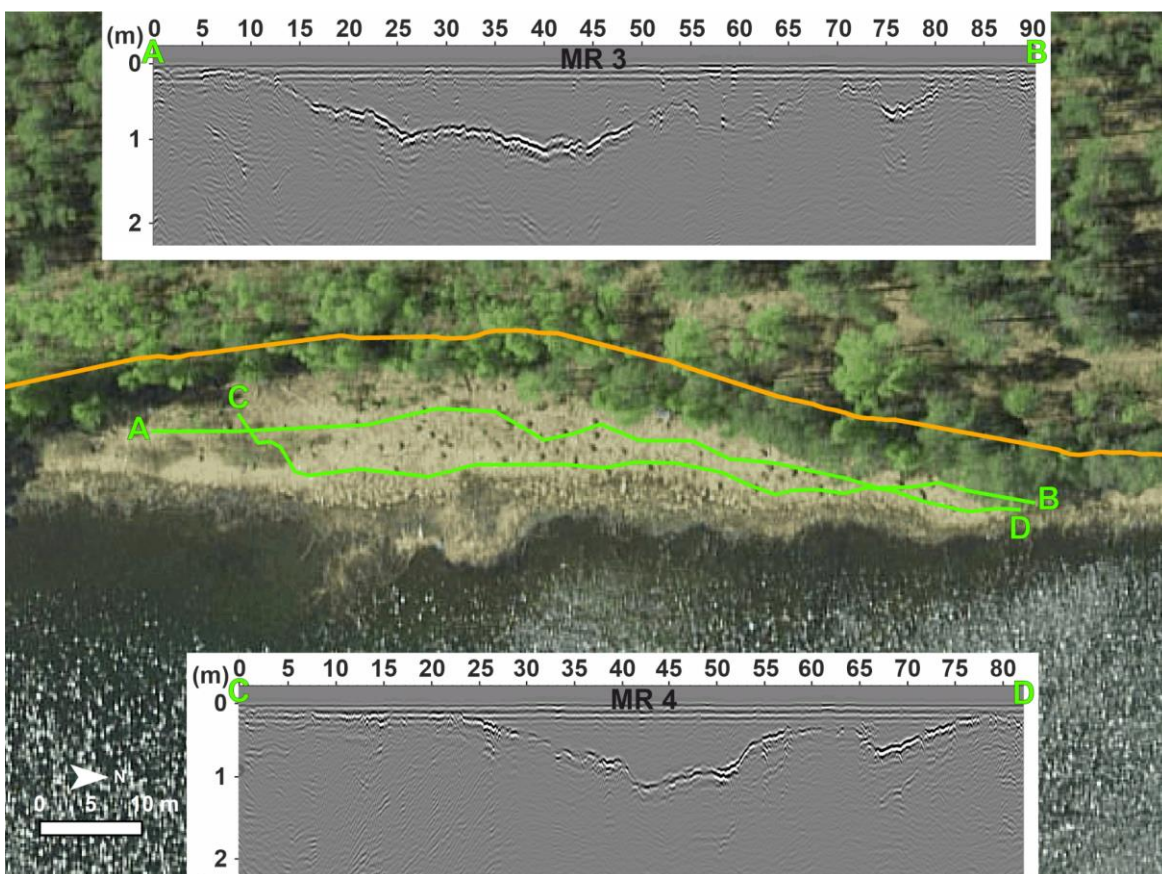
Joonis 13. Martiska järve kirdepoolse osa georadari profiilide asukohad ja nende radargrammid.





Joonis 14. Martiska järve loodepoolse osa georadari profiilide asukohad ja nende radargrammid.





Joonis 15. Martiska järve edelapoolse osa georadari profiilide asukohad ja nende radargrammid.

Martiska järve muudes osades on orgaaniliste setete paksused või alade pindalad niivõrd väikesed, et nende detailne kaardistamine ei olnud otstarbekas.

## Kuradijärv

### Kaldatsooni kirjeldus

Kuradijärve ümbruses, mis ulatub kuni 45,0 m ümp, on kõikjal puude rinne (peamiselt lehtpuud). Metsa pindala, mis jääb järve ja 45,0 m samakõrgusjoone vahele, on kokku umbes 0,27 ha. Kogu järve kaldatsooni ulatuses leidub vanu mahalangenud ja püstiseid puutüvesid, mis ulatuvad metsa piirilt kuni mitmete meetrite kaugusele vette, mis moodustab niiviisi kohati kuni 10 m laiuse ala.

Pilliroogu leidub järve kaldatsoonis pea kõikjal, kuid seda hõreda ja kitsa vööndina. Järve põhja- ja lõunaots on laialdasemalt kamardunud (foto 4).

Kuradijärve lõunakalda lähedalt on viimati leitud aastal 2018 kaitsealustest liikidest lamedalehist jõgitakjat (*Sparganium angustifolium*; LK II) (EELIS; vaadatud 30.10.2023).



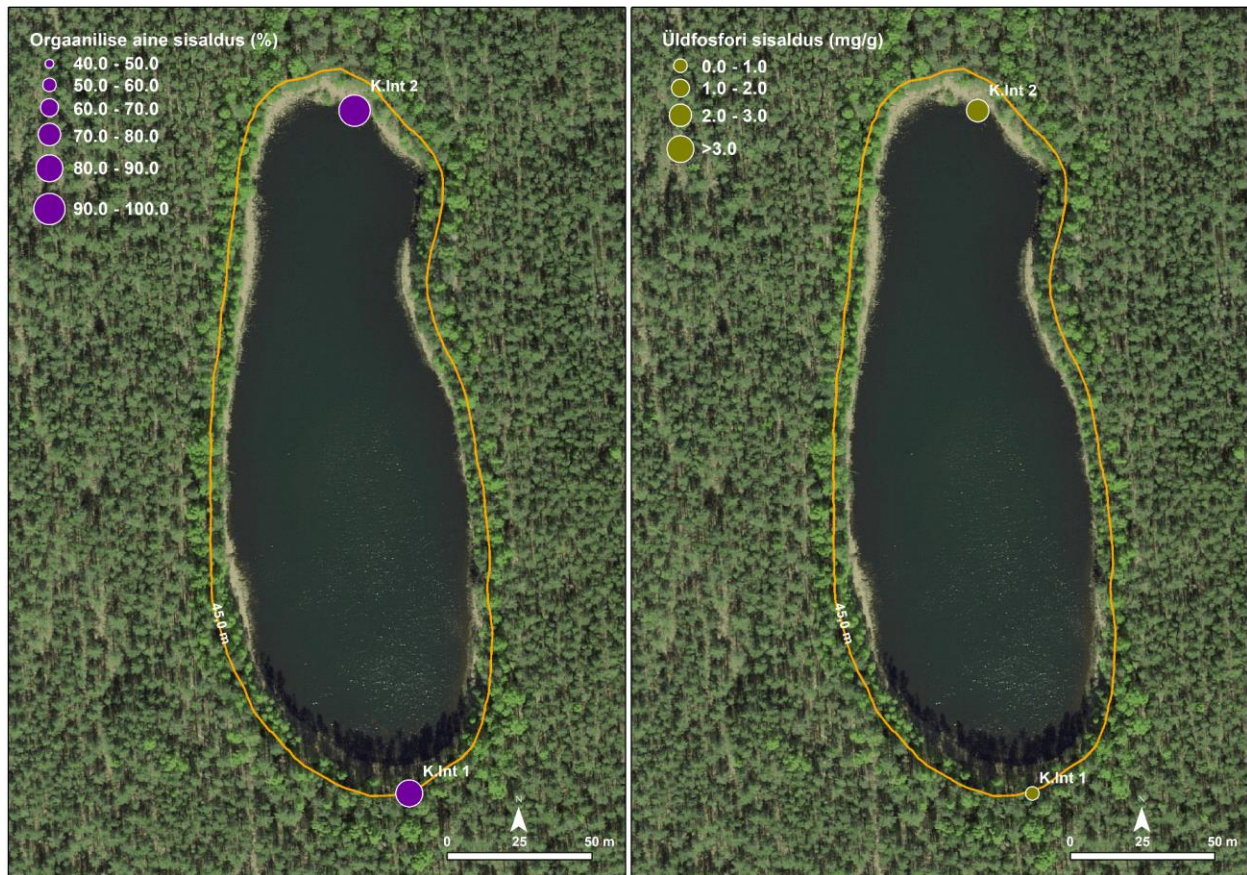
Foto 4. Vaade Kuradijärve põhjaotsast läänekaldale.

### **Setteproovide tulemused**

Kuradijärve põhjapoolses kaldatsooni setteproovis (K.Int 2) on orgaanilise aine protsentuaalne sisaldus 92,76% ja lõunapoolses (K.Int 1) 86,44% (joonis 16).

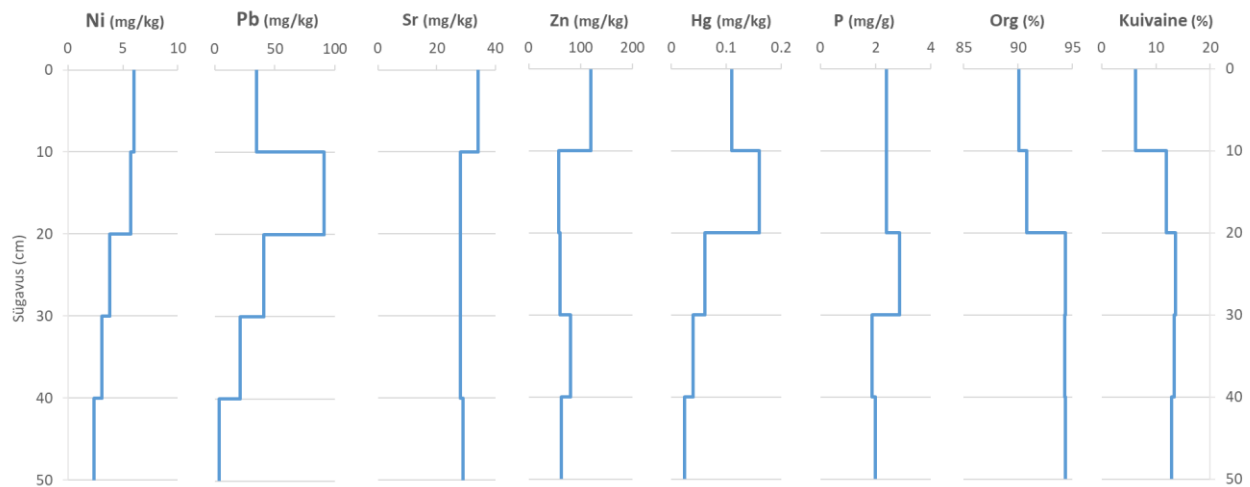
Kuradijärve kaldatsooni setteproovide üldfosfori sisaldused on järgmised: K.Int 1 - 0,78 mg/g ja K.Int 2 - 2,30 mg/g (joonis 16). Keskmiseks P sisalduseks on 1,54 mg/g.





Joonis 16. Kuradijärve setteproovide orgaanilise aine (%) ja üldfosfori (mg/g) sisaldused. Pruun 45,0 m samakõrgusjoon tähistab absoluutkõrgust (m ümp), milleni võib vesi lähteülesande kohaselt kerkida.

Raskmetallide analüüsi tulemustest (joonis 17) selgub, et Pb sisaldus on 10-20 cm sügavusel 91 mg/kg, mis ületab Keskkonnaministri 28.06.2019 määruses nr 26 „Ohtlike ainete sisalduse piirväärtused pinnases” näidatud sihtarvu, kuid jääb alla elamumaa piirarvu mis on 150 mg/kg. Ühegi teise analüüsitud elemendi sisaldus settes ei ületa nimetatud määruse sihtarve, jäädes Ni puhul vahemikku 2,4-6,0 mg/kg, Pb puhul 3,3-36,0 mg/kg, Zn puhul 60,0-120,0 mg/kg ja Hg puhul 0,024-0,16 mg/kg. Kuradijärve Sr sisaldus jääb vahemikku 28,0-34,0 mg/kg, mis on sarnane Eesti ravimudade koostistega.

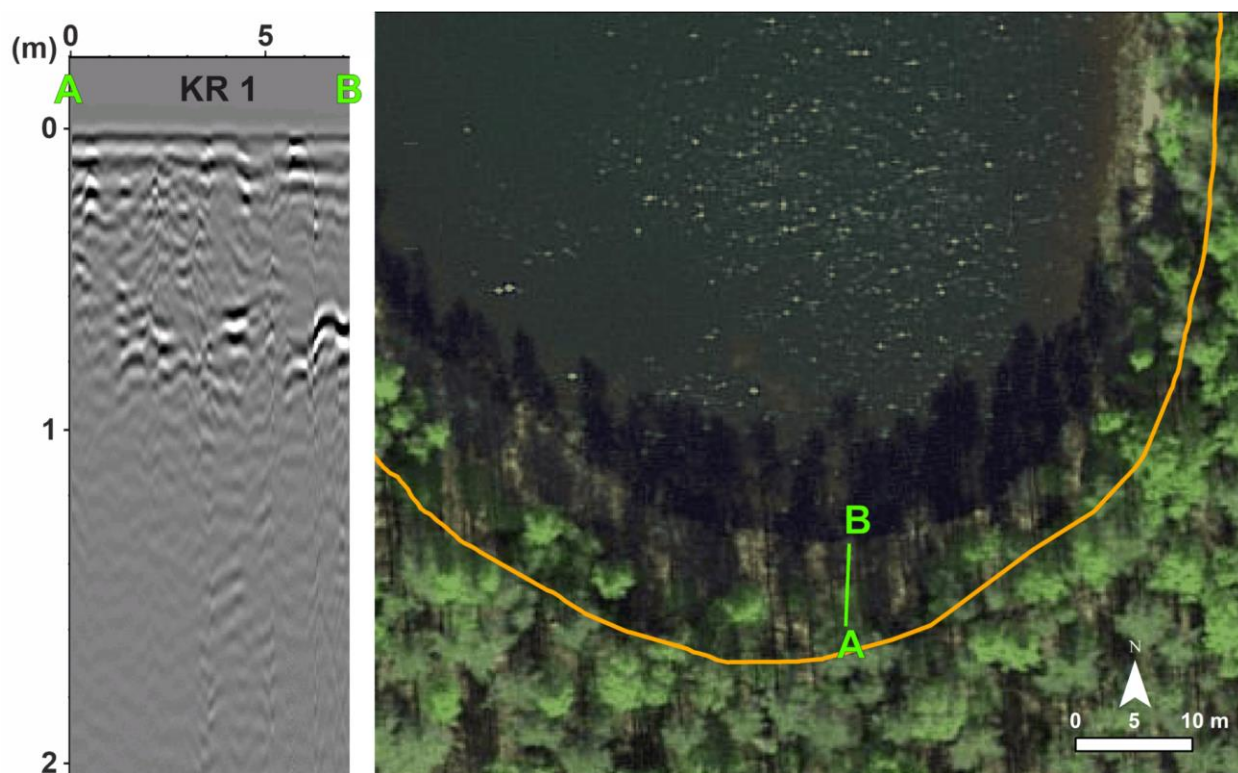


Joonis 17. Kuradijärve 50 cm paksuse setteläbilõike proovidest saadud raskmetallide (mg/kg), üldfosfori (mg/g) ning orgaanilise ja kuivaine (%) sisaldus.

Järve põhjaotsast (asukoht on sama prooviga K.Int 2; vt jooniselt 16) võetud 50 cm paksusest setteläbilõikest näeme, et üldfosfori sisaldus (joonis 17) on alla 2,00 mg/g sügavusel 30-50 cm ning neist pinna poole jäävates setetes üle 2,00 mg/g (suurima sisaldusega 2,87 mg/g). Keskmiseks üldfosfori väärtuseks on läbilõikes 2,30 mg/g.

### Settepakuste tulemused

Kuradijärve sondeerimiste ja georadari profiili (joonis 18) tulemused näitavad, et kaldatsooni paksemad orgaanilise sette lasundid asuvad järve põhja- ja lõunaotsas. Põhjaotsas oleva orgaanilise sette lasundi tusedus on väga varieeruv olles kohati kuni 130 cm paks. Lõunas paikneva lahustüki KR1 orgaanilise settekihi paksus on kuni 80 cm. Nii ida- kui ka läänepoolsed kaldad on täies pikkuses kaetud hõreda pilliroovööndiga, milles orgaaniliste setete paksus on õhuke (ca 10 cm).



Joonis 18. Kuradijärve lõunaotsa georadari profiili asukoht ja selle radargramm.

## Järeldused ja ettepanekud

### Veetaseme tõusuga seonduv

Ettepanekud Ahnejärve, Martiska järve ja Kuradijärve kaldatsooni puhastamiseks taimedest ja mudast on esitatud vastavalt lähteülesandes soovitud, kus nähakse ette veetasemete tõusu kõrgusväärtusteni 46,0 m ümp Ahnejärves ja 45,0 m ümp Marstika ja Kuradijärve puhul. Kuid kuna aruande esitamise hetkeks ei ole teada, kui palju tegelikult veetase tõuseb, sõltudes paljuski sellest, millises mahus jätkub Vasavere veehaardest vee pumpamine, siis on tehtud ettepanekuid ka tagasihoidlikuma veetaseme kerkimise kohta. Näeme, et järve ümbritseva metsa ulatuslik raiumine olukorras, kus veetase ikkagi ei jõua lähteülesandes etteantud väärtusteni, omaks sealsele keskkonnale suurt kahju.

### Stsenaarium 45 ja 46 m ümp

Esmalt kirjeldame vastavalt lähteülesandes ette nähtud veetaseme tõusuga kaasnevaid töid. Selleks tuleb eemaldada puud koos alustaimestikuga Ahnejärvel kuni kõrgusjooneni 46,0 m ümp ja Martiska ning Kuradijärves kuni 45,0 m ümp. Puude eemaldamine peab toimuma võimalikult väikese mõjuga pinnasele ja järgima metsatööde häid tavasid. Puude saagimisel tuleb kasutada käsitööd - st mitte kasutada metsateo rasketehnikat. Puud tuleb maha saagida võimalikult maapinna lähedalt, kannud ja juured jätta maa sisse. Alustaimestiku koorimine peab toimuma samuti väikseima võimaliku koormusega pinnasele. Eelistatuna käsitööna või äärmisel juhul väiketraktoriga. Rasketehnikat tuleb vältida kuna: a) rasketehnika ligipääsuks järvedele tuleks



rajada ligipääse, mis põhjustaks omakorda puude langetamist, võimalik et ka pinnase erosiooni;  
b) rasketehnika kahjustaks liigselt järveäärset pinnast, mis võib viia pinnase erosioonini järve.

Kui veetasemed kerkivad lähteülesandes antud väärtusteni, siis tuleb Ahnejärve ümbert maha võtta puid ja eemaldada alustaimestik u 1,11 ha suurusel alal (joonis 19). Martiska järve puhul oleks ala suuruseks sellisel juhul u 0,41 ha (joonis 20). Kuradijärve ümber oleks nimetatud ala suuruseks u 0,27 ha (joonis 21).



Joonis 19. Ahnejärve ümbert raiutavate puude ja eemaldatava alustaimestiku ala, mis ulatub kõrgusjooneni 46,0 m ümp.





Joonis 20. Martiska järve ümbert raiutavate puude ja eemaldatava alustaimestiku alad, mis ulatuvad kõrgusjooneni 45,0 m ümp.



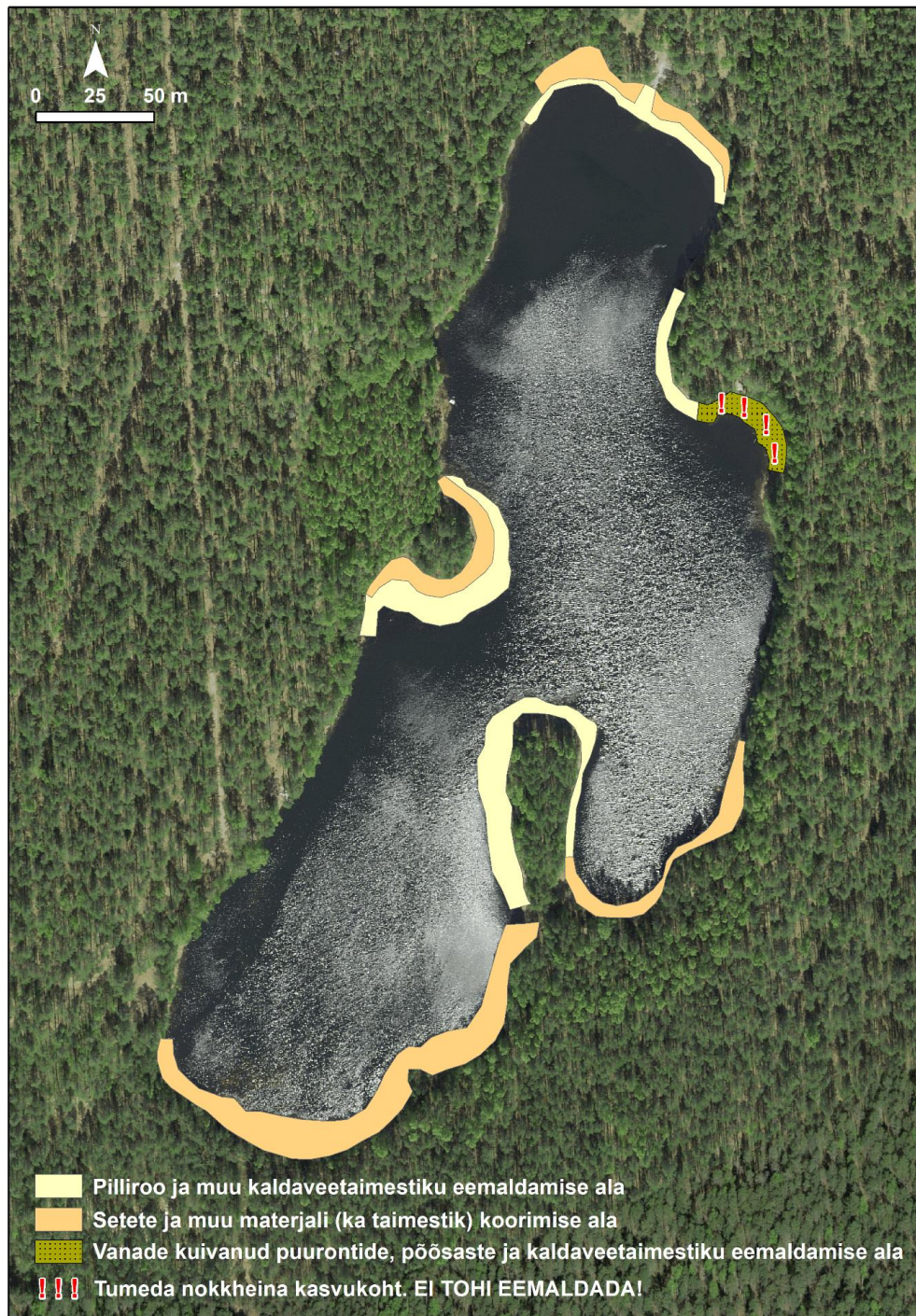


Joonis 21. Kuradijärve ümbert raiutavate puude ja eemaldatava alustaimestiku ala, mis ulatub kõrgusjooneni 45,0 m ümp.

Veetaset järvedes tõstes tuleb eemaldada kaldatsooni taimed, kuna vastasel juhul hakkavad hiljem vees lagunevad taimed eraldama järve toitained ning ka visuaalselt jääb ilme inetu. Käsitletavate järvede puhul tuleb kaldatsoonist eemaldada eeskätt pilliroog, kuid ka muu kaldaveetaimestik, mis kasvab samal alal. Kaldaveetaimestikku soovitame eemaldada niites veealt ja maismaal maapinnalt ning seda tuleb teha mitme aasta vältel, et tulemus oleks mõjus. Taimede eemaldamisel tuleb vältida ujuvlehtedega ja veesisese taimestiku eemaldamist ja nende elupaikade rikkumist. Kui kaldaveetaimede vahel on ka põõsaid ja vanu kuivanud



puuronte, siis tuleb eemaldada ka need. Igast järvest eemaldatava pilliroo (ja muu kaldaveetaimestik) alad on toodud joonistel 22, 23 ja 24.



Joonis 22. Ahnejärvest eemaldatava pilliroo ja muu kaldaveetaimestiku alad. Kui kaldaveetaimestiku vahel on põõsad, vanad puutüved ja -rondid, siis eemaldada ka need. Kaldatsoonist tuleb näidatud alal eemaldada vanad kuivanud puurondid ja -tüved ning põõsad, hävitamata seejuures seal kasvava tumeda nokkheina isendeid ja elupaika. Näidatud on ka alad, kus on vaja eemaldada (nõ koorida) pindmine kuni 10 cm paksune settekiht koos seal olevate vanade puutüvede ja -rondide ning taimestikuga.





Joonis 23. Martiska järvest eemaldatava pilliroo ja muu kaldaveetaimestiku alad. Kui kaldaveetaimestiku vahel on põõsad, vanad puutüved ja -rondid, siis eemaldada ka need. Kaldatsoonist tuleb näidatud aladel eemaldada vanad kuivanud puurondid ja -tüved ning põõsad. Näidatud on ka alad, kus on vaja eemaldada (nö koorida) pindmine kuni 10 cm paksune settekiht koos seal olevate vanade puutüvede ja -rondide ning taimestikuga. Järve põhjaosas on alad, kust tuleb orgaanilise sette lasund eemaldada täielikult.





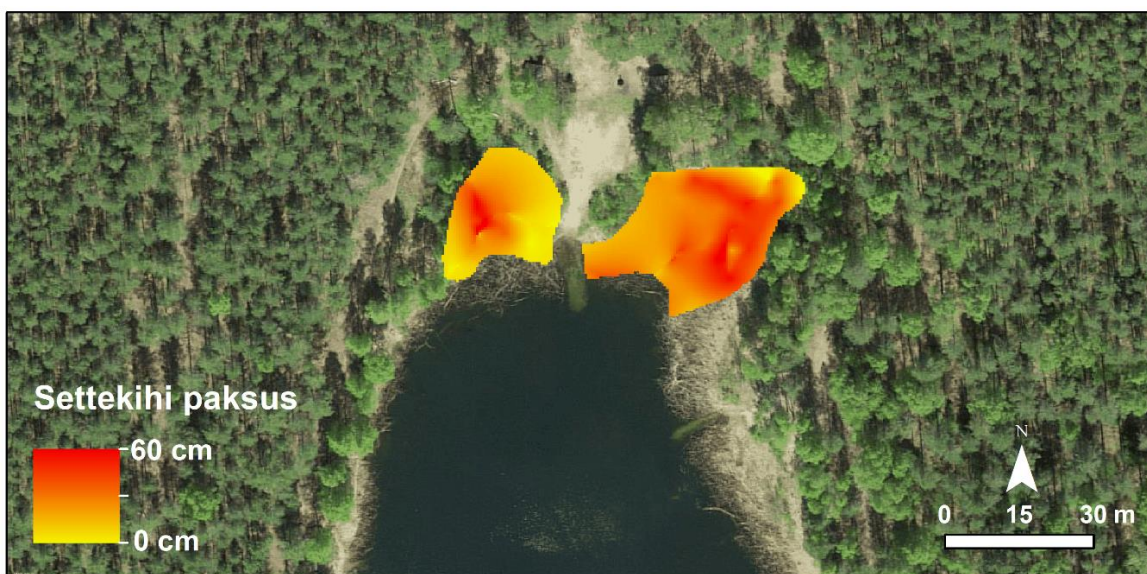
Joonis 24. Kuradijärve kaldatsoonist tuleb näidatud aladel eemaldada vanad kuivanud puurondid ja -tüved, pöösad ning kaldaveetaimestik. Näidatud on ka alad, kus on vaja eemaldada (nõ koorida) pindmine kuni 10 cm paksune settekiht koos seal olevate vanade puutüvede ja -rõntide ning taimestikuga.

Kuradijärve kaldatsooni veetaimestiku ja veest vanade puurontide ja -tüvede eemaldamisel peab olema ettevaatlik lamedalehise jõgitakja kasvukohtades, mida leidub järve lõunapoolses osas. Kuna tegemist on II kaitsekategooria taimeliigiga, siis ei tohi tema taimi ega elupaiku hävitada. Seega tuleb enne puhastustööd kindlasti kaasata veetaimede asjatundja, kes teeb eelnevalt järves vastava liigi inventuuri. Kuna ei ole teada, millal kaldatsooni puhastamise tööd peale hakkavad, siis ei pruugi olla praegune taimeliigide info selleks ajaks enam ajakohane.

Kuna raskmetallide analüüsi tulemustest on näha, et setete koostises ei ole määratud elementide sisaldused üle lubatud piirväärtuste ja seega on need kõlbulikumud mujale ladestamiseks, saame käsitlevatest järvedest lubada ka mõningast setete eemaldamist. Ka fosfori sisalduste kohapealt ei oma setete eemaldamine halba mõju kui töodel rakendatakse reostuse minimeerimiseks vajalikke meetmeid, mida on kirjeldatud peatükis “Järvede puhastamistöde kahjude minimeerimine”.

Sellegipoolest soovitame orgaaniliste setete eemaldamist võimalikult vähe, kuna nii on häiring järvele väiksem. Lausaliselt orgaanilise sette eemaldamist näeme ette vaid Martiska järve põhjaosas (joonis 25), kus eemaldatava materjali maht tuleks kokku ca 310 m<sup>3</sup> (lahustükil MR6;9 ca 70 m<sup>3</sup> ja MR1-2 ca 240 m<sup>3</sup>).

Ahnejärve puhul oleks pindmiste setete eemaldamise alapid rohkem, kuid kuna nt lahustükil AR11-14 kasvab kaitsealune liik tume nokkhein (*Rhynchospora fusca*; LK II), siis seal soovitame eemaldada vaid vanad kuivanud puurondid, põõsad ja muu taimestikku. Pigem laseks kaitsealustel liikidel ise kohaneda (kui kohanevad) võimaliku veetaseme tõusuga (nii toimida ka lahustükil AR17 kasvava hariliku porsaga (*Myrica gale*; LK III)).



Joonis 25. Martiska järve põhjaotsast eemaldatavate setete asukohad ja paksused.

Mujal ja muudes järvedes soovitame mõnel pool lahustükkidel koorida ära pindmine kuni 10 cm paksune orgaanilise aine kiht koos seal kasva taimestikuga, nende juurikatega ning risoomidega ja vanade maha langenud, kuid ka püstiste puutüvedega. Setete koorimise alad on näidatud joonistel 22, 23 ja 24. Setete koorimise tulemusena eemaldatakse Ahnejärvest kokku ca 460 m<sup>3</sup>, Martiska järvest ca 140 m<sup>3</sup> ja Kuradijärvest ca 120 m<sup>3</sup> setteid. Neid töid tuleb teha võimalikult väikese tallamiskoormusega. See tähendab, et kasutada tuleb võimalikult palju käsitööd ning töodel, kus käsitöö rakendamine ei ole võimalik, tuleb kasutada väiketraktoreid. Käsitööna tuleb Martiska ja Kuradijärvest välja kaevata ka järvedes kasvavad põõsad ja vanad kuivanud nii püstised kui ka pikali vajunud puutüved (joonised 23 ja 24). Kui kuivanud puurontidega alal kasvab ka kaldaveetaimestikku, siis tuleb eemaldada ka need.



Kuradijärve järvenõo veerud on väga järsud (kohati on seal väikesed astangud), mis muudab nii setete väljaveo kui ka ligipääsuradade rajamise keeruliseks. Setete väljavedu tuleb aga korraldada nii, et ei rikutaks olulisel määral ümbritsevat maastikku. See tähendab, et ei tohi rajada uusi ligipääsuteid rohkelt puid eemaldades. Ligipääsuteed peavad olema pigem rajalaadsed või siis nt ATV-tüüpi mootorsõiduke poolt tekitatud rajad, mis kulgeksid puude vahelt ja äärmisel vajadusel nõuaksid üksikute puude maha võtmist. Täiendavat pinnasetäidet tuleb vältida. Järskude veergude tõttu tuleks kõiki setteid järvenõost välja vedada järve lõunaosast, kus on juba ligipääsutee olemas ning kuhu saaks paigutada kaldteid või, miks ka mitte, eskalaatorilaadse mehhanismi. Järve põhjaotsast, kuhu ümbritsevasse maastikku on ligipääsuradade rajamine keerulisem, näeme kooritud setete äraveol ühe võimalusena nende tõstmist ujuvalusele, mida saaks transportida mööda vett järve lõunaosas juba olemasoleva ligipääsu juurde.

Ahnejärve läänekaldal oleva väikese poolsaare ümbert kooritava settemassi äraveol on samuti üheks võimaluseks alusel mööda vett vedamine, kas järve vastaskaldale või lõunaossa (edelasse), kus on ligipääsud järvele juba olemasolevate teede tõttu hõlpsamad. Või kui see osutub ebamõistlikuks, siis vedada mööda maismaad viisil, mis kahjustaks taimestikku võimalikult vähe ega põhjustaks hilisemat kaldaerosiooni.

### **Järvede puhastamistöde läbiviimisest tingitud võimalike kahjude minimeerimine**

Käesoleva peatüki info ja soovitused baseeruvad peamiselt “Järvede tervendamise käsiraamatu” (Kõiv jt, 2011) peatükkidel 7 (Makrofüüdi järvede tervendamine), 9 (Sette eemaldamine) ja 10 (Järve veetaseme tõstmise ja sette eemaldamise ehitusprojektid).

Järvedest setete ja kaldavee- ning kaldataimestiku eemaldamisel tuleb silmas pidada mitmeid erinevaid aspekte, vähendamaks tööde läbiviimisel tekkivat negatiivset mõju järvede ökosüsteemile tervikuna ja erinevatele ökosüsteemi komponentidele. Setete eemaldamisel on üheks ohuks setetes oleva fosfori vabanemine järve veesambasse. See võib toimuda otseselt setete eemaldamise protsessi ajal või hiljem setete ebakorrapärase ladestamise tõttu järve valglal. Veesambasse sattuv fosfor võib tõsta kiiresti fütoplanktoni bioproduksiooni. Anaeroobse settekihi resuspendeerumine veesambasse vähendab ka veesamba hapnikusisaldust, mis omakorda võib omada negatiivset mõju järve elustikule (nt kaladele). Kuigi mõlemal juhul on tegu üldiselt ajutise mõjuga, siis tuleb setete resuspendeerumist ikkagi võimalusel vältida. Selleks saab kasutada sette eemaldamise ala ümber piiravaid tõkendeid, mis ulatuvad järve põhjast vee pinnani. Eriti oluline on see siis, kui setetes leidub olulisel määral ohtlike toksilisi saasteaineid. Martiska, Ahne- ja Kuradijärve setteproovide tulemused näitavad, et vähemalt raskmetallide sisaldus setetes on normide piires (joonised 5, 12 ja 17). Küll aga on kohati fosfori sisaldused settes üsnagi kõrged (joonised 4, 11 ja 16). Seega tuleb tööde tegemisel võimalikult palju vältida setete liigset häirimist ja sette resuspendeerumist veesambasse. Kus on võimalik, seal peab kasutama käsitööjõudu või väiketraktoreid. Setted tuleb järvede äärest ära vedada.

Setete eemaldamine omab otsest mõju ka järvede suurselgrootutele, kuna eemaldatud sette peal ja sees olevad suurselgrootud paratamatult hukuvad. Kõige rikkalikumalt leidub suurselgrootuid kaldaäärses madalvees. Seetõttu oleme hoolega kaalunud, millistelt aladelt ja millises ulatuses

kaldaäärseid setteid eemaldada. Kuigi setete eemaldamisega eemaldatakse antud aladelt ka taimestik, siis alasiid, kus eemaldatakse pelgalt taimestik, on käsitletud eraldi. Taimestik omab järve ökosüsteemis mitmekülgset rolli toitainete piirajana, elupaigana ja varjupaigana elustikule, kaldaerosiooni ja setete resuspendeerumise takistajana, hapniku tootjana jne. Käesolevas töös on soovitatud taimestiku eemaldamisel piirduda kaldaveetaimestikuga e taimedega, mis kasvavad vee piiril ja/või osaliselt vees, nt pilliroog, kaisel, tarnad jne. Kalda puhastustöödeks (sette eemaldamine, setete pindmise kihi koorimine, taimestiku eemaldamine ja niitmine, vanade kuivanud puurontide ja põõsaste eemaldamine) tuleks valida madalaveelisem periood. Taimestiku niitmine omab suurimat mõju kui seda teha vee alt, maismaal maapinnani, ja perioodidel, mil taime risoomides on süsivesikuid vähe, ehk nt perioodil kui süsivesikud on liikunud õi(siku)tesse (Weisner ja Granéli, 1989). Meie oludes oleks mõistlik taimestiku eemaldamine ära teha juulikuus. Kaldaveetaimestiku niitmist tuleb teha mitmel järjestikusel aastal kuni pillirookogumike hääbumiseni, kuna pilliroog on visa uusi võrseid ajama. Setete täielikku eemaldamist (Martiska järve põhjaotsas) ja pindmise kihi koorimist soovitame aga teha septembrikuu vältel, mil järvede veetasemed on mõõtmisandmete põhjal üldjuhul madalamad kui suvel ja samas pole ümbritseva maastiku pinnas veel niiske, mistõttu on settematerjali eemalevedu hõlpsam ja kahjustab vähem maapinda.

Kuna taimestik pakub suurselgrootutele elupaika, toidulauda ja varjet röövloomade eest, siis taimestiku eemaldamine omab neile tugevat otsest mõju. Taimerohkuse ja suurselgrootute hulga vahel on positiivne seos. Erinevatel taimestiku eluvormidel (kaldataimestik (nt pilliroog), ujulehtedega taimestik (nt vesiroos), veesisene taimestik (nt mändvetikad)) on erineval hulgal suurselgrootuid. Siledavarrelistel kaldaveetaimedel on suurselgrootuid üldiselt vähemal hulgal. Kuna antud töö raames planeeritakse just peamiselt eemaldada pilliroogu, siis võiks eeldada, et mõju suurselgrootutele on mõõdukas. Samuti on taimestiku eemaldamine ajutine mõju, kuna kõrgema veetaseme juures tasakaaluseisundi saavutamisel tekib uuele veepiirile taaskord kaldaveetaimestik ning elustikule vajalikud elupaigad suuremal või vähemal määral taastuvad. Kuna eesmärgiks on uue veetaseme juures säilitada liivastel aladel rohkem pilliroo-vabasid alasid (nt taastatud vesilobeelia alad Martiska järves), siis osaliselt luuakse elupaigad varasemast erinevatele taksonitele. Taimestiku eemaldamisel tuleb arvestada ka kaitsealuste suurselgrootute liikidega. Nii Martiska kui ka Ahnejärve äärest on leitud kolmanda kaitsekategooria liiki hännak-rabakiili (*Leucorrhinia caudalis*). Seega tuleks nii setete kui taimestiku eemaldamisel võtta arvesse nende elutsükli, et tööde läbiviimisel oleks sellel aastal lenduvatel isenditel vastestaadium läbitud, ehk et ka siinkohal on juulikuu tööde tegemiseks sobilik.

Taimestiku eemaldamisel tuleb arvesse võtta, et peamine eesmärk on puhastada kaldajoone vahetu ümbrus suurekasvulisest ja vohavast kaldaveetasimestikust ja lisaks eemaldada vees leiduvad puude tüved/rondid. Võimalusel peaks vältima ujulehtedega taimestiku (nt vesiroosid) ja veesisese taimestiku eemaldamist ja nende elupaikade rikkumist, kuna kohati võib leida seal ka kaitsealuseid liike (nt Kuradijärves lamedalehine jõgitakjas (*Sparganium angustifolium*)).

Kuivale kaldaosale jääva taimestiku eemaldamisel on otsene oht järve elustikule ja ökosüsteemile väiksem. Küll aga peab silmas pidama, et lausaline puude ja põõsastiku eemaldamine võib suurendada kaldaerosiooni riski, mis suurendab nii mineraalne kui ka toitainete sissekande tõusu järvedesse. Näitena võib tuua tugevast rekreatiivsest survest tulenevad häiringud Martiska

ida- ja läänekaldal. Seega tuleks kaaluda, et aladel kus suurem taimestik eemaldatakse, tuleks jätta mullakamar puutumata ehk puid ei tohiks välja juurida ega mullakamarat rikkuda.

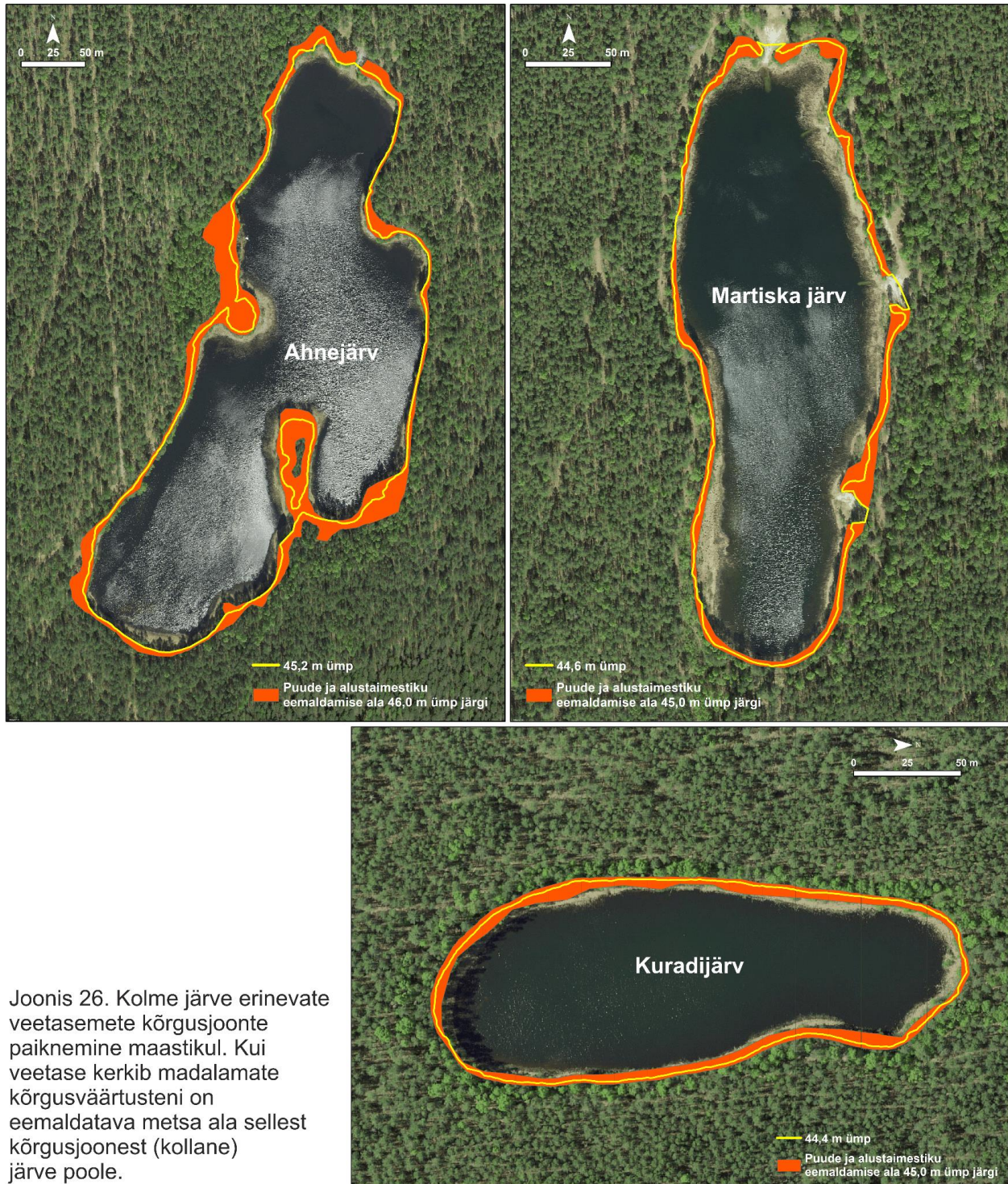
Tööde tegemise perioodil oleks vaja viia järvedel läbi ka pistelist seiret. Pärast tööde tegemist tuleks järvedes kindlasti läbi viia järelseiret nii vahetult pärast tööde tegemist kui ka pärast veetasemete tõusmist kuni veetasemete ja ökosüsteemi stabiliseerumiseni. Oluline oleks hinnata järvede toitainete sisaldust, hapnikusisaldust, pH-d, fütoplanktoni hulka, veeläbipaistvust jne. Seire annab aluse hinnata tööde tulemuslikkust, tekkinud puudujääke ja kitsaskohti ning võimalusel rakendada võimalikult kiiresti täiendavaid meetmeid, et saavutada järvedes parem ökoloogiline seisund. Mida pikema aja jooksul järve korduvat järelseiret tehakse, seda parem ülevaade saadakse järve tervise taastumise kohta.

### **Näide tagasihoidlikumast veetaseme kerkest**

Aruande koostamise hetkel ei olnud teada, mil määral muutub/väheneb vee pumpamine Vasavere veehaardest ja seetõttu ei saa kindlalt ka väita, et järvede veetasemed kerkivad lähteülesandes antud väärtusteni (so 46,0 m ümp Ahnejärves ja 45,0 m ümp Martiska ja Kuradijärves). Kui võtta näitena Vasavere veehaarde veevõtt 4000 m<sup>3</sup>/d (praegu keskmiselt u 6500 m<sup>3</sup>/d), siis aasta keskmised veetasemed oleksid Terasmaa jt (2019) põhjal Ahnejärves 45,2 m ümp, Martiska järves 44,6 m ümp ja Kuradijärves 44,4 m ümp. Aasta keskmised veetasemed on leitud Terasmaa jt (2019) töös esitatud hüdrogeoloogilise mudeliga tehtud simulatsiooni põhjal. Simulatsiooniga hinnati, milline oleks olnud Kurtna järvestiku järvede eeldatav veetase 2017. aastale vastavate meteoroloogiliste ja geoloogiliste piirtingimuste korral, kui veevõtt Vasavere veehaardest oleks olnud keskmiselt 4000 m<sup>3</sup>/d.

Lähteülesande ja käesoleva näite kõrgusväärtuste vahed ei ole justkui suured, kuid tegelikkuses omab see kohati suurt erinevust laugatel ja madalatel aladel, kus raiutava metsa ja eemaldatava alustaimestiku pindala väheneks märgatavalt (joonis 26) ja seeläbi väheneks ka looduse häirimine. Eriti märgatav erinevus tuleb välja Ahnejärve metsa eemaldamise alade suuruses, mis kõrgusväärtuseni 45,2 m ümp korral on 0,31 ha (vs 1,11 ha 46,0 m ümp korral). Martiska järvel on eemaldatava metsa pindala kõrgusväärtuseni 44,6 m ümp 0,22 ha (vs 0,41 ha 45,0 m ümp korral). Kuradijärv ümbruse metsa eemaldamise erinevused on pindalaliselt kõige väiksemad, mis tuleneb järve ümbruse järskudest kallastest. Eemaldatava metsa pindala on seal kõrgusväärtuseni 44,4 m ümp 0,18 ha (vs 0,27 ha 45,0 m ümp korral).





Joonis 26. Kolme järve erinevate veetasemete kõrgusjoonte paiknemine maastikul. Kui veetase kerkib madalamate kõrgusväärtusteni on eemaldatava metsa ala sellest kõrgusjoonest (kollane) järve poole.

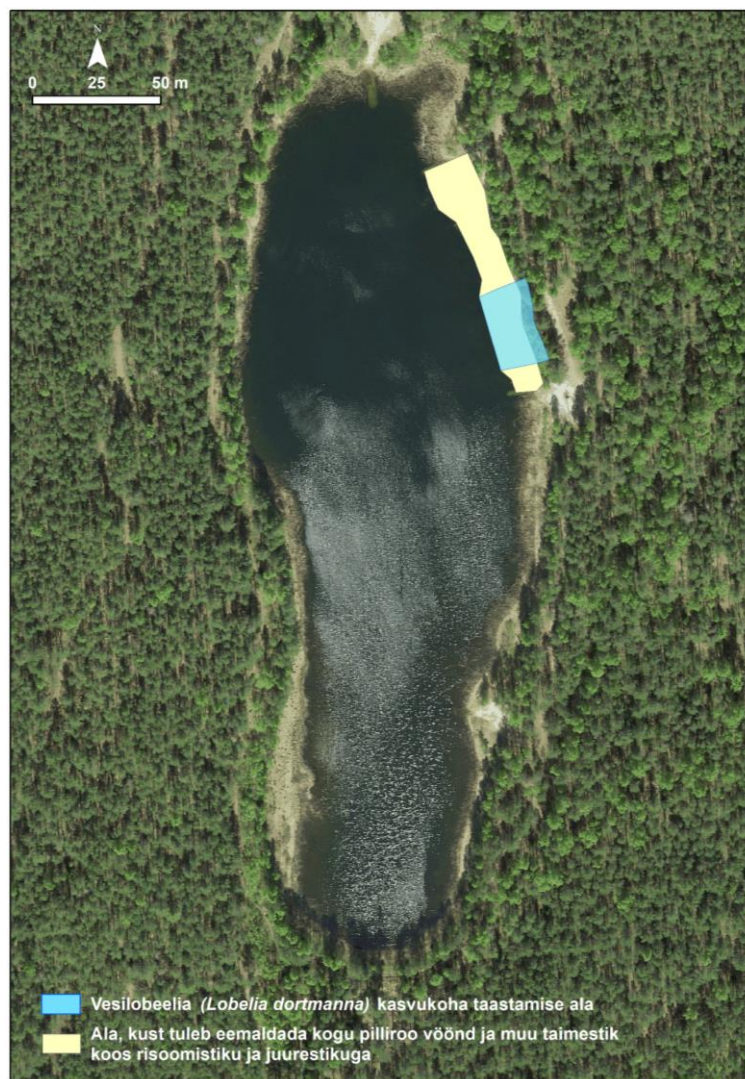
Tagasihoidlikuma veetaseme kerkimise näite mõte on selles, et esimese hooga ei ole otstarbekas järvede ümbert eemalda puid ja alustaimestikku lähteülesande kõrgusväärtusteni, vaid teha seda vastavalt reaalsele veetasemete muutustele, mida saab omakorda prognoosida tegeliku Vasavere veehaarde pumpamiskoguste kaudu pärast uute pumplate rajamist ning veehaarde lõunaosas pumpamise lõpetamist või vähendamist.



Kui veetase kerkib vähem kui lähteülesande väärtused, siis järvede puhastustööde meetodikad ja tehnoloogiad on samad kui “Stenaarium 45 ja 46 m ümp” korral. Väheneb vaid eemaldatava metsa ja alustaimestiku ala pindala.

## Lobeelia kasvukoha taastamine

Martiska järve vesilobeelia (*Lobelia dortmanna*) kasvukoha taastamise võimaluste analüüsi tulemusena leiame, et esmalt on parim piirkond vesilobeelia kasvukoha taastamise katsetamiseks järve idakaldal joonisel 27 tähistatud ala. Nimetatud ala on valitud, kuna varasemate andmete põhjal on teada, et seal on seda liiki esinenud. Teiseks, on antud ala taimekasvuks ettevalmistamine esialgu kõige lihtsam. Kolmandaks, jääb see ala natukene eemale populaarsest põhjaosas asuvast ujumisalast.



Joonis 27. Martiska järves vesilobeelia (*Lobelia dortmanna*) kasvukoha taastamiseks valitud sobilik katselapp ja eemaldatava taimestiku ala.

Vesilobeelia kasvukoha taastamiseks tuleb kaldatsoonist eemaldada kogu pilliroo vöönd ja muu taimestik koos risoomistiku ja juurestikuga. Eemaldada tuleb seal lasuv õhuke orgaanilise aine kiht (kuni 10 cm paks; koosneb väga hõljuvast mudast ja taimejäänustest) kuni liivani. Taimestiku ja nende risoomistiku ning juurestiku eemaldamise ala peab olema suurem kui vesilobeelia kasvukoha taastamise katselapp, kuna niiviisi on roostiku ja muu taimestiku tõrjumine alalt tulemuslikum. Taimede eemaldamise ala põhja- ja lõunapoolne ots piirdub praegu seal asuvate ujumisaladega (joonis 27). Leiame, et ujumisalad on heaks piiriks, kuna seal toimuv tallamine hoiab risoomide ja juurte leviku vaos ning nii ei tohiks risoomid ja juured levida ka vesilobeelia katselapile. Eeldatava veetaseme kerkimise tõttu tuleb maha võtta alale jäävad puud ja põõsad ning maapind tuleb alustaimestikust puhtaks koorida kuni liivani. Puud ja maapinnal olevad juurikad tuleb eemaldada nii madalalt kui võimalik, kuid maapinnas olevad juurikad jätta välja võtmata, et võimalikult vähe maapinda nõ ümberpöörata/kahjustada. Kui aga vesilobeelia kasvukoha taastamistööd lähevad käiku ka ilma veetaseme taastamiseta, siis ei ole vaja metsaalal ülalnimetatud puhastustöid teha.

Sellel alal vesilobeelia kasvukoha taastamine on eksperimentaalne, et välja selgitada, kas taastamistegevus on üldse võimalik olukorras, kus me teame, et inimeste liikumist on keeruline piirata. Kindlasti tuleb külviala tähistada ning tõkestada puhkajate liikumine selle vahetus läheduses, nt mitme meetri kauguselt. Lai puhastatud liivane ala meelitab kindlasti inimesi ligi ning tallamise vältimist on raske korraldada. Kuid taastatud alal tuleb käimist rangelt keelata, kuna kasvukohal tallamine mõjub seemnetele ja taimedele laastavalt. Ala tuleb tähistada ja piirata nii, et oleks kõigile arusaadav, miks sinna minek ja vees liikumine on keelatud. Eesmärke ja tulemusi tuleb selgitada selgelt ja arusaadavat, st ka et vähemalt kolmes keeles: eesti, vene ja inglise keeles.

Taasasustamine on kavandatud seemnete külvina, sest vegetatiivne paljunemine on sel liigil väikese tähtsusega ning ka taimede ümberistutamine tundub külvamisest riskantsem. Alljärgnevad soovitusel põhinevad suurel määral Farmeri ja Spence (1987) ning Pulido jt. (2012) vesilobeelia seemnete idanemist ning taimedele ohtlike keskkonnamuutusi käsitlevaid töödel.

Vesilobeelia asustamisel võiks kasutada seemneid samast piirkonnast, Kurtna Valgejärvest, kogudes neid suve teisel poolel (olenevalt konkreetse aasta oludest). Kuna idanemiseks on vaja stratifikatsiooni, peavad seemned läbima talvise jahedusperioodi. Pikem seemnete säilitamine niiskes ja jahedas keskkonnas laboritingimustes suurendab seenhaiguste ohtu. Seetõttu tuleks püüda kasutada looduslikke tingimusi ning seemned pärast kogumist ka Martiska järve külvata.

Joonisel 27 näidatud kohas Martiska järve idaosas tuleks ette valmistada liivane ala, milles vaba põhja kuni 1,5 m sügavuseni. Liiv ja/või kruus peaksid olema võimalikult ilma orgaanilise komponendita ning ühtlasi ilma muude kergesti hõljuvate lisanditeta, et ei tekiks hapnikupuudust ning et lobeelia valgusidanevad seemned ei mattuks sügavamale kui 1 cm. Külvates tuleb jätta need katmata. Külv võiks veetaseme võimalikke kõikumisi arvestades toimuda 0,5-1 m sügavusvahemikus ning vaikse ilmaga. Värsked seemned sukelduvad kiiresti: nende vähese ujuvuse põhjuseks võib uurijate arvates olla sügavamale kandumise vältimine. Tulemuste jälgimiseks võiks külviala olla sellise laiusega, et hiljem ulatuks ilma tallamata põhja uurima. Idanemiseks on vaja hapnikurikast keskkonda, sest anoksia tekkimise järel tuleb läbida uus stratifitseerimine. Kuivamine ega läbikülmumine seemnete eluvõimet ei hävita.



Tulemuste kontrolliks saaks külviaala uurida kas jalgsi või paadist. Mõlemal juhul tuleks selleks valida vaikne päikseline ilm. Kui külv tundub olevat äpardunud, tuleb leida seemneid või idandeid, et neid binokulaari all uurida, sest tegemist võib olla seene või vetikaga, kes külvi hävitab. EMÜ katses jõgitakjate seemnetega hävisid need niitrohevetika *Oedogonium* sp. moodustatud tiheda ümbrise tõttu. Arvatavasti pärines vetikas külvidele lisatud mudast (Mäemets ja Kara, 2022).

## Kokkuvõtteks

Kokkuvõtteks toome lühidalt välja peamised tegevused järvede kaldatsooni puhastamiseks, mis suurendavad käsitletud järvede veetasemete kerkimisest tulenevat positiivset mõju ja vähendavad võimalikke negatiivseid tagajärgi.

- Ahne-, Martiska ja Kuradijärve ümbert tuleb metsa maha võtta ja alustaimestikku eemaldada aladelt vastavalt reaalsele veetaseme kerkimisele, mitte teha seda kohe kõrgusväärtuseni 46,0 m ümp Ahnejärve ja 45,0 m ümp Martiska ja Kuradijärve ümber.
- Puud tuleb maha võtta võimalikult maapinna lähedalt. Kännud ja juured jätta välja võtmata. Metsaalust pinnast mitte koorida, va alustaimestiku eemaldamine.
- Puude ja alustaimestiku eemaldamisel peab minimeerima pinnase häirimist ja seega tuleb vältida rasketehnika kasutamist ning tuleb eelistada käsitööjõudu.
- Järvede kaldatsoonist tuleb eemaldada pilliroog ja muu kaldaveetaimestik aladelt, mis on näidatud joonistel 22, 23 ja 24. Kaldaveetaimestiku niitmist tuleb teha mitme aasta vältel.
- Järvede kaldatsoonist tuleb eemaldada vanad kuivanud puurondid aladelt, mis on näidatud joonistel 22, 23 ja 24. Samadelt aladelt eemaldada ka põõsad ja kaldaveetaimestik. Tööde tegemisel peab minimeerima pinnase ja setete häirimist ja seega peab vältima rasketehnika kasutamist ning tuleb eelistada käsitööjõudu.
- Taimestiku ja vanade puurontide eemaldamist tuleb teha soovitavalt juulikuus.
- Järvede kaldatsoonist tuleb eemaldada pindmine u 10 cm paksune orgaanilise sette kiht koos sealse taimestiku ja kuivade puurontidega aladelt, mis on näidatud joonistel 22, 23 ja 24. Pinnase ja setete liigse häirimise vältimiseks peab tööde tegemisel kasutama kas käsitööjõudu või väiketraktoreid.
- Martiska järves eemaldada kogu orgaanilise sette kiht järve põhjaotsast, mille alad on näidatud joonisel 25. Pinnase ja setete liigse häirimise vältimiseks peab tööde tegemisel kasutama kas käsitööjõudu või väiketraktoreid.
- Setete väljaveol järvenõost tuleb ümbritseva maastiku rikkumist vältida võimalikult palju.
- Kaldaveetaimestiku eemaldamisel peab vältima ujulehtedega taimestiku ja veesisese taimestiku eemaldamist ja nende elupaikade rikkumist.
- Eemaldada ei tohi kaitsealuseid liike ega rikkuda nende elupaiku.
- Orgaaniliste setete eemaldamise töödel peab võimalikult palju vältima setete liigset häirimist ja sette resuspendeerumist (segunemist) veesambasse. Setted tuleb järvede äärest ära vedada. Setete resuspendeerumise tõkestamisel järve veesambasse tuleb kasutada sette eemaldamise ala ümber piiravaid tõkendeid, mis ulatuvad järve põhjast vee pinnani.
- Nii setete pindmise kihi kui ka kogu settekihi (Martiska järve põhjaots) eemaldamise töid tuleb teha madalaveelisel perioodil, soovitavalt septembrikuus.

- Vesilobeelia kasvukoha taastamist soovitame katsetada Martiska järve idakalad (joonis 27).
- Vesilobeelia kasvukoha taastamiseks tuleb alalt eemaldada muu taimestik. Veetaimestiku puhul peab eemaldama ka risoomistikku ja juurestiku ning alal oleva orgaanilise sette kihi. Võimalikult maapinna lähedalt maha võetud puude juuri ja kände ei pea eemaldama.
- Vesilobeelia kasvukoha taastamislapil tuleb tallamine keelata ja ala tähistada, kus peab ka selgelt ja arusaadavalt selgitama tegevusi, nende vajadust ja eeldatavaid tulemusi. Selgitused peavad olema vähemalt kolmes keeles: eesti, vene ja inglise keeles.
- Puhastustööde tulemusi tuleb järelseirata.

## Kasutatud kirjandus

EELIS (Eesti looduse infosüsteem), Keskkonnaagentuur.

Farmer, A.M., Spence, D.H.N. (1987). Flowering, germination and zonation of the submerged aquatic plant *Lobelia dortmanna* L. *Journal of Ecology* 4, 1065-1076.

Heiri, O.; Lotter, A. F.; Lemcke, M.-J. (2001). Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results. *Journal of Paleolimnology*, 25, 101-110.

Kapanen, G.; Künnis-Beres, K.; Vaasma, T.; Eenlo, H.; Terasmaa, J.; Vandell, E. (2023). Eestis kaevandatava ravimuda kontroll-uuring 2022-2023. TERE KK, Haapsalu.

Keskkonnaministri määrus nr 26. Ohtlike ainete sisalduse piirväärtused pinnases (2019). Riigiteataja. <https://www.riigiteataja.ee/akt/104072019006> (vaadatud 24.10.2023).

Kõiv, T.; Ott, I.; Tuvikene, L.; Sarik, D.; Panksep, K.; Pedusaar, T.; Järvalt, A.; Tuvikene, A.; Mäemets, H.; Timm, H.; Kisand, A.; Mugra, T.; Laanetu, N.; Tupits, I.; Laas, A.; Sammalkorpi, I.; Hamilton, D.P. (2011). Järvede tervendamise käsiraamat. <https://dspace.emu.ee/handle/10492/3838> (vaadatud 24.10.2023).

Murphy, J.; Riley, I. P. (1962). A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytica Chimica Acta*, 27, 31-36.

Mäemets H, Kara E. (2022). Lamedalehise ja ujuva jõgitakja seisund Eestis ning soovitusi olukorra parandamiseks. Aruanne Keskkonnaametile.

Pulido, C, Keijzers, D.J.H., Lucassen, E.C.H.E.T., Pedersen, O., J.G.M. Roelofs. (2012). Elevated alkalinity and sulfate adversely affect the aquatic macrophyte *Lobelia dortmanna*. *Aquat. Ecol.* 46, 283-295.

SFS 3025 (1986). Determination of Phosphorus in Water. Finnish Standards Association SFS, Helsinki.



SFS 3026 (1986). Determination of Phosphate in Water. Finnish Standards Association SFS, Helsinki.

Terasmaa, J.; Jõelett, A.; Vainu, M.; Kohv, M.; Vandell, E.; Puusepp, L.; Kapanen, G.; Vaasma, T.; Polikarpus, M.; Koit, O. (2019). Projekt "Hüdrogeoloogilise ja limnoloogilise uuringu läbiviimine koos Loodusdirektiivi järvedele lubatava veetaseme kõikumise vahemiku määramisega Kurtna maastikukaitsealal" lõpparuanne.

Weisner, S.E.B., Granéli, W. (1989). Influence of substrate conditions on the growth of *Phragmites australis* after a reduction in oxygen transport to below-ground parts. *Aquat. Bot.*, 35: 71-80.

## Lisad

Lisa 1. Kaardikiht "Eemaldamised.zip", mis sisaldab:

- a) Martiska, Ahnejärvest eemaldatava pilliroo ja muu kaldaveetaimestiku alapid;
- b) Martiska, Ahne- ja Kuradijärvest eemaldatavate puurontide, põõsaste ja kaldaveetaimestiku alapid;
- c) Martiska, Ahne- ja Kuradijärvest kooritava sette ja muu materjali (ka taimestik) alapid;
- d) Martiska, Ahne- ja Kuradijärve ümbert eemaldatava metsa ja selle alustaimestiku alapid vastavalt lähteülesandes antud veetaseme kermisele;
- e) Martiska, Ahne- ja Kuradijärve ümbert eemaldatava metsa ja selle alustaimestiku alapid vastavalt tagasihoidlikuma veetaseme kerke näitele.

Lisa 2. Kaardikiht "Martiska\_setete\_eemaldamine.zip", mis sisaldab Martiska järve põhjaosast täielikult eemaldatava orgaanilise sette paksusi.

Lisa 3. Kaardikiht "Järvede\_raskmetallid\_P.zip", mis sisaldab Martiska, Ahne- ja Kuradijärve 50 cm paksusest setteläbilõikest saadud raskmetallide ja üldfosfori sisaldusi.

Lisa 4. Fail "Kurtna\_LOI\_fosfor\_2023.xlsx": setteproovide orgaanilise, mineraalse ja kuivaine ning üldfosfori sisaldused.

Lisa 5. Kaardikiht "Lobeelia\_alad.zip", mis sisaldab Martiska järves taastatava vesilobeelia kasvuala ja selleks eemaldatava taimestiku (veetaimestiku korral koos risoomistiku ja juurestikuga) alapid.