

# Liigtoiteliste looduslike ja paisjärvede tervendamine:

Käsiraamat järvede tervendamismeetmetest,  
vajalikest uuringutest ja tehnikast

Koostaja: Ülo Sults

Kujundus: Emajõe Disain

Fotod: Peeter Kais, Karl Kupits, Peeter Unt

Väljaandja: Peipsi Koostöö Keskus

[www.ctc.ee](http://www.ctc.ee)

Väljaandmist toetas UNDP/GEF

ISBN 9949-10-909-4

Tartu, 2004

**Järvede tervendamine** – see on bioloogiliste protsesside sihipärane suunamine järve/ paisjärve ökosüsteemis või tehniliste abinõude rakendamine toitesoolakoormuse vähendamiseks või järve veemahu suurendamiseks ning liigilise koosseisu muutmiseks.

Ülalnimetatud meetmeid võib rakendada üksikult või lõimivalt. Tervendamise eesmärgiks on veekogu ökoloogilise seisukorra parandamine ja rohke- või liigtoitelise järve loomuliku vananemise aeglustamine.

Käesolev käsiraamat on järg varem ilmunud raamatule “**Rohke- ja liigtoitelisus: veekogude loomuliku vananemise kiirendaja**”, Tartu 2003.

# Sisukord

Sissejuhatus . . . . .	4
<b>1. Järvede, eriti paisjärvede tervendamisele eelnevad uuringud</b>	
1.1. Toiteainete sisaldus . . . . .	6
1.2. Põhjasetete mahu ja vanuse määramine . . . . .	9
1.3. Lahustunud hapniku ja veetemperatuuri mõõtmine . . . . .	9
1.4. Läbipaistvus . . . . .	9
1.5. Bakterid ja tõestavad mikroorganismid . . . . .	10
1.6. Suurtaimed ehk makrofüüdid . . . . .	10
1.7. Loomhõljum ehk zooplankton . . . . .	11
1.8. Kalad . . . . .	11
1.9. Säilitamist väärivate elupaikade hindamine ja arvelevõtmine . . . . .	12
1.10. Geoloogiliste tingimuste arvestamine veekogude tervendamisel . . . . .	12
1.11. Hüdrogeoloogiliste tingimuste arvestamine . . . . .	13
1.12. Paisregulaatorite tüübid ja nende tehnilise seisukorra hindamine . . . . .	15
<b>2. Tervendamise bioloogilised meetodid- biomanipulatsioon</b>	
2.1. Makrofüüdi järvede taastamine . . . . .	17
2.2. Biomanipulatsioon . . . . .	19
<b>3. Järvede tervendamise tehnilised viisid ja vahendid</b>	
3.1. Järvede veepinna tõstmine 1-2 meetri võrra . . . . .	21
3.2. Veetaimestiku korduv niitmine ja järvest eemaldamine . . . . .	22
3.3. Taimetoiteainete (eriti fosfori) järvedesse jõudmise piiramine . . . . .	23
3.3.1. Toitesoolakoormuse ligikaudne arvutamine . . . . .	24
3.4. Põhjasetete eemaldamine või keemiline töötlemine järves . . . . .	28
3A. Erinevate järvetüüpide kvaliteediklassid . . . . .	29
<b>4. Näiteid erinevate tervendamisviiside rakendamisest Eestis . .</b>	<b>30</b>
<b>5. Mõned näpunäited ja reeglid järvede majandamiseks . . . . .</b>	<b>32</b>

## Sissejuhatus

**Järvede tervendamine** on mõiste, mis muutus populaarseks paljudes arenenud riikides viimastel aastakümnetel. See on tegevus, mis nõuab terve rea eriteadlaste hoolikaid eelnevaid uuringuid, et lõppeesmärgi saavutamiseks vajalikud miljonilised investeeringud annaksid soovitud ligilähedasegi tulemuse. Alljärgnevalt on kirjeldatud tervendamisprojekti põhietapid loodusliku rohketoitelise järve jaoks:

- **Tervendamisprojektide väljatöötamise oluline etapp (algpunkt) on eesmärgi püstitamine** selle veekogu suhtes, millist hakatakse tervendama. Argumendid probleemide käsitlemiseks tuleb koguda ja seejärel selgelt määratleda järve tulevane kasutamine.
- **Vähemalt ühe aasta limnoloogilised uurimused peaksid olema aluseks** enamiku, mistahes tüüpi kahjustustega järve tehnilise taastamise ja kujundamise projektile. Sellise uurimuse üheks osaks peaks olema hüdroloogilise aastatsükli arvutused ja uurimismomendi ökoloogilise olukorra hinnang, mis peaks sisaldama keskkonnatingimusi, taime- ja loomakooslusi, ökoloogilisi vastastikuseid suhteid. Muude andmete hulgas peavad olema ka vee keemilise kvaliteedi näitajad sissevoolude reostuskoormuse arvutamiseks (väliskoormus) ja järvesiseste bioloogiliste protsesside tulemusel tekkiv reostuskoormus ning toiteainete väljakanne. Kajastatud peavad olema järve stratigraafia (hapniku ja toiteainete jaotus jne.) ja produktiivsus, et oleks võimalik hinnata nende näitajate tulevast muutumist. Kaardistada tuleb setete horisontaalne jaotus ja nende paksus. Setete jaotus kajastab pinnasetüüpe, füüsikalisi ja keemilisi omadusi. On väga tähtis selgitada ülemise settekihi integreeritud roll järve ökosüsteemi funktsioneerimisel. Kui setted eemaldatakse järvest, on sageli soovitatav, et limnoloogid uuriksid väljaveetavat muda ja aitaksid lahendada selle kasutamise küsimusi (mulla parandamiseks, aiaväetiseks jne.)
- **Limnoloogiliste eeluurimiste programm** hõlmab planktoni, vee- ja muude taimede, põhjaloomastiku, kalade, teiste selgroogsete, veekogudega seotud lindude elutingimuste jne. uuringuid. Erilist tähelepanu tuleb pöörata haruldastele ja ohustatud liikidele.

Heas ökoloogilises seisundis  
paisjärve paisu taastamiseks  
piisab tehnilisest tööprojektist.

Limnoloogiliste andmete analüüsi põhjal saab selgitada käesoleva aja ökoloogilisi tingimusi, kaasa arvatud suhted valgala ja järve ökosüsteemide vahel, süsteemi osade endi vahel (toiteahel, produktsioon, orgaanilise aine lagunemine jne.), samuti saab ennustada järve edasist käitumist ja arengut juhul, kui vahelesegamist ette ei võeta.

**Tervendamise** limnoloogiline plaan peab detailselt kirjeldama vahendeid (töid, protsesse), millise on hädavajalikud eesmärgile jõudmiseks. See koostatakse järveteadlase ja inseneri koostöö tulemusena ettevõttes, milline vastutab projekti tehnilise osa eest. Plaan peab sisaldama tehniliste protseduuride üksikasjaliku kirjelduse, hinnakalkulatsioonid ja järelvalve tingimused. Plaani tuleb lülitada ka järve seisundi prognoos peale saneerimist, samuti on vajalik tulevase keskkonna ja elusolendite seire programm.

Loomulikult pole igas tervendamisprojekti vaja läbida kõiki loetletud etappe. Karjääri- veekogude puhul pole näiteks üldjuhul vajalikud limnoloogilised ja põhjasette uuringud.



# 1. Järvede ja paisjärvede tervendamisele eelnevad uuringud

Ülo Sults, *Peipsi Koostöö Keskus*

Madis Metsur, *Aktsiaselts MAVES* (geoloogia ja hüdrogeoloogia)

Tõnu Mugra, Projekterimisbüroo *MAA ja VESI AS*

## 1.1. Toiteainete sisaldus

Väikejärvede ja jõgede eutrofeerumisel peetakse võtmeelemendiks (protsessi limiteerivaks) fosforit, kuigi näiteks vetikate vohamise ja mõne vetikaliigi valitsevaks kujunemise seisukohalt on võib-olla olulisem fosfori ja lämmastiku suhe.

Analüüsida on aga igal juhul vaja:

- Lahustuva üldfosfori  $P_{\text{üld}}$  sisaldust;
- Lahustuva aktiivse fosfori, üldjuhul ortofosfaatide  $PO_4$  sisaldust;
- Üldlämmastiku  $N_{\text{üld}}$  sisaldust;
- Nitraatlämmastiku  $NO_3-N$  sisaldust;
- Ammooniumlämmastiku  $NH_4^+$  sisaldust (kontsentratsioon);
- Hõljuvainete sisaldust

Toiteelementide päritoluallikate selgitamiseks (põllumajandusest või asulatest tulev reostus) on soovitatav määrata veel ka kloriidioonide  $Cl^-$  ja kaaliumiooni  $K^+$  kontsentratsioonid peamiste sissevoolude vees.

Selleks, et määrata P eri fraktsioone (lahustuv, e aktiivne ja mittelahustuv, e passiivne) tuleb proov pärast proovivõttu filtreerida nii kiiresti kui võimalik.

Fosfori määramine on kõige olulisem kevadise temperatuurimuutustest tingitud vertikaalsuunalise veekihtide segunemise ajal, sest see aitab ennustada suvist toitelisuse taset järves.

**Kuidas proove võtta?** Väga oluline on proovivõtu sügavus, ehk see, millisest veekihist proov võetakse. Väikeste ja madalaveeliste, hästi segunenud veekihtidega järvest piisab proovivõtust ühest kihist. Proov tuleks võtta 0,5 meetri sügavusest, veepinnast arvates, sagedusega vähemalt 1 kord kuus kevad-, suve ja sügisperioodil. Hapnikupuuduse ohuga järvedel tuleks üks proov võtta ka talveperioodil, soovitatavalt perioodi lõpul, kui hapnikuvaegus on järves suurim. Proovivõtuukohtade arv sõltub järve suurusest ja sissevoolude arvust.

Kihistunud järvedes tuleb lisaks ülalkirjeldatud pindmisele proovile võtta veel teine proov samast proovivõtupunktist 1 meetri sügavamal temperatuuri hüppekihist ja kolmas proov põhjalähedasest kihist (1 m põhjast, sõltuvalt põhja iseloomust).



*Põhjasetted võivad olla ka hõljuvas olekus*

Väga tähtis on fosforisisalduse ja fosfori eri fraktsioonide määramine põhjasetest. Kirjanduses võib leida fosfori fraktsioonidele erinevaid nimetusi. Arusaadavaim tundub ja erinevate fraktsioonide võimalikke esinemistingimusi iseloomustab kõige paremini eri fraktsioonide kirjeldamine kemikaalide kaudu, milliste abil neid setetest ekstraheerida saab:

- **Väga nõrgalt seotud P-fraktsioon**, milline on ekstraheeritav ammooniumkloriidiga  $\text{NH}_4\text{Cl}$  (salmiaak). See on kõige liikuvam fosfori fraktsioon, mis on seetõttu ka kõige kergemini seotav biomassi, sest ta esineb enamasti kas lahustunud või taimedele kergesti kättesaadava  $\text{PO}_4$  vormis.
- **Apatiitne anorgaaniline P-fraktsioon**, on ekstraheeritav soolhappega  $\text{HCl}$ . Tundlik pH muutustele.
- **Mitteapatiitne anorgaaniline P-fraktsioon**, ekstraheeritav naatriumhüdrosiidiga  $\text{NaOH}$ , e seebikiviga. Tundlik redokspotentsiaali muutustele.
- **Jääkfosfor** (enamasti orgaaniline), mis jääb järele pärast kõikide ülalnimetatud fraktsioonide ekstraheerimist. Kõige väheliikuvam (stabiilsem) fraktsioon.
- **Lahustunud fosfor** määrata võimaluse korral põhjasette pooriveest, kasutades proovivõtuks fosforit läbilaskva kilega proovivõtuseadet.

**Üldlämmastiku** ja oluliste ionikomponentide  $\text{NO}_3^-(\text{N})$  ja  $\text{NH}_4^+(\text{N})$  sisaldus määratakse üldtunnustatud meetodikate kohaselt ja avaldatakse vajadustele vastavalt kas otsese ionkontsentratsioonina või N-ile üleviiduna näit.  $\text{NO}_3\text{-N}$  [mg/l].

Kuigi fosfori ja tema fraktsioonide määramine on järvede tervendamiskavade ettevalmistamisel määrava tähtsusega, ei ole ainult fosforisisalduse andmete põhjal võimalik alati korrektselt otsustada, mis põhjustab kiireneva rohketoitelisuse. Ülalloetletud lämmastikuühendite sisalduse määramine samadest proovivõtupunktidest ja samadest veekihtidest paralleelselt bioloogiliste kvaliteediparameetrite määramise ja võrdlemisega annab aluse järves toimuvate protsesside õigeks hindamiseks.

Väga oluline on N/P suhe ja selle ajalised ning ruumilised muutused. Madal lämmastiku- ja suhteliselt kõrge fosforisisaldus viitab sinivetikate (tsüaanobakterite) soodsatele arenguvõimalustele ja sellega kaasnevale hapnikupuuduse ohule isegi suvel (juulis-augustis) või juba sügise algul (septembris)



*Talvine hapnikusisalduse mõõtmine ja veeproovide võtmine*



## 1.2 Põhjasetete mahu ja vanuse määramine.

Põhjasetete tüseduse ja iseloomu (tahked, valdavalt hõljuval kujul, alumised kihid tahked, pealne kiht muda või peenhõljum) määramine on eriti oluline siis, kui nendega on kavas midagi ette võtta (välja pumbata, keemiliselt töödelda, inertse kihiga katta). Oluline on põhjasetete iseloom ka biomanipulatiivsete meetmete kavandamisel.

Setete vanust (settimiskiirust) saab määrata radioisotoope kasutades. Enamkasutatavad on **Cs-137** ja **Pb- 210**. settimiskiirust saab lihtsamal, kuid vähemtäpsel viisil määrata siis, kui kasutada on varasemate perioodide settekihi paksuse mõõtmise andmed. Eri perioodide jooksul mõõdetud settekihi paksuse jagamisel perioodi aastate arvuga saame aastase setete juurdekasvu. **Kui settekiht kasvab kiiremini kui 5 cm aastas, siis on põhjust kontrollida erosiooni valgalt.**

## 1.3. Lahustunud hapniku ja veetemperatuuri mõõtmised.

Need mõõtmised on alati tähtsad, eriti olulised aga ummuksisse jäävates järvedes talveperioodil ja suviste intensiivsete veeõitsengute perioodidel ka suvel. Tänapäeval on kasutatavad mõõturid, mis annavad skaalal nii lahustunud hapniku sisalduse, küllastusprotsendi kui ka veetemperatuuri. Lahustunud hapniku sisalduse % annab ettekujutuse planktoni talitlusest, füüsikalise-keemilistest tingimustest ja üldisest veekogu seisundist. Määramised tehakse sügavate järvede puhul veepinnast alates iga meetri järel kuni põhjani välja; madalaveelistes järvedes võib mõõtmist teha iga 0,5 m järel. Mõõtmiste sagedus on kas üks kord kuus või iga veeõitsengu ajal.

## 1.4. Läbipaistvus

Oluline näitaja heledaveelistes järvedes, kuna iseloomustab valguse läbitungimise võimet veekihist. Valguse veekihist läbitungimist vähendavad mineraalsed või orgaanilised hõljuvaine osakesed, vetikad jmt. Lihtsaim mõõtmisviis on Secchi kettaga, mille eri sügavusse laskmisel mõõdetakse 30 cm läbimõõduga valge ketta nähtavust. Kuna siin on subjektiivsuse mõju suur, siis on läbipaistvuse mõõtmisel võimalik kasutada ka fotomeetrit. Viimasel juhul sõltub mõõtmistulemus vähem mõõtja subjektiivsetest omadustest.

## 1.5. Bakterid ja tõvestavad mikroorganismid

Kontroll on oluline suplusveekogudes. Tõsisteks ohuallikateks on veelinnud (pardid ja haned), kes lisaks toiteainetele levitavad veekogus ka tõvestavaid organisme, näit. *E. coli*. Bakterplanktoni koguhulk ja selle jaotuvus on olulise tähtsusega kihistunud järvedes, sest selle mõõtmisel saame teavet fotosünteesi ja orgaanilise aine lagunemise tasakaalust. Samuti iseloomustab bakterplanktoni vertikaalse leviku dünaamika veekogu seisundit.

## 1.6. Suurtaimed, e makrofüüdid

Uuring tehakse 1 või 2 korda kasvuperioodi jooksul. Kaldajoonel risti veekogu sügavama koha suunas tähistatud sihtjoontel määratakse esinevad liigid ja kogutakse vajalikud proovid (näiteks pealiskasvude määramiseks).

Uurimiseks võib kasutada ka erikonstruktsiooniga, spetsiaalselt suurtaimede kogumiseks ette nähtud reha, millega saab suurtaimi kaldale tõmmata siis, kui suurtaimede vöönd pole väga lai. Meetod ei sobi hästi sügaval vees kasvavate suurtaimede uurimiseks/kogumiseks.

Proovid kogutakse kindla suurusega alalt (näit 0,1 m<sup>2</sup>). Sellel proovialal määratakse kõikide kogutud taimede biomass ja esinenud liigid. Väiksema täpsusastmega uurimisel võib suurtaimede arvukust hinnata 3-astmelise skaala abil:

A- arvukas;

B- sage;

C- harvaesinev (vähese arvukusega)

Kogutud uuringuandmete alusel koostatakse suurtaimede leviku kaart. Sügavatel järvedel on oluline ka taimede kasvu sügavuspiir.



*Eutrofeerunud  
makrofüüdi järve  
kaldavöönd pole  
külastajale atraktiivne*

## 1.7. Loomhõljum, e zooplankton

Mikroskoopilised vabalt vees hõljuvad loomad, kes toituvad peamiselt vetikatest, mille tõttu võivad suurendada vee läbipaistvust isegi toiteainete keskmise kontsentratsioonitaseme juures. Loomhõljum on tähtsaks toiduahela lüliks, olles põhitoiduks kaladele nende noorjärgueas.

Loomhõljumi uurimisele tuleb suuremat tähelepanu osutada siis, kui veekogu tervendamisel on kavas kasutada biomanipulatsiooni. Proovivõtt toimub planktonivõrku(-kahva) järve põhjast vertikaalsuunas üles kuni veepinnani tõmmates. Proovis määratakse valitsevad liigid ja mõõdetakse nende keskmine pikkus. Vesikirbuliste (*Daphnia*) puhul aitab see hinnata koosluse elujõulisust.

## 1.8. Kalad

Kalapopulatsioonide uurimine võib anda olulist teavet selle kohta, millised kalaliigid on järves esindatud, milline on isendite keskmine suurus, milline on röövkalade ja nende toiduks olevate kalaliikide suhe, ning millised on nii esimeste kui teiste elutingimused. Kui veekogus on kalu väga vähe, siis tuleb välja selgitada selle põhjus (ebasoodsad elu- või paljunemistingimused, liiga intensiivne väljapüük või muud põhjused).

Kui kalakoosluste kindlakstegemiseks ei saa mingil põhjusel kasutada võrgupüüki (veekogu täis risu ja setteid), siis aitab mõnikord kohalike harrastuskalurite küsitlemine, kuna nad enamasti teavad seda, millised kalad järves elavad

Kui veekogus on ülekaalus taimetoidulised ja põhjamudas varjuvad kalaliigid (näit. karpkala, kuldkoger), siis on see ohumärgiks. Taimestikurikastes järvedes on mõnikord soovitatud karpkala sissetoomist, sellega tuleb aga olla väga ettevaatlik, et mitte kasu asemel kahju saada. Inglismaal välja antud järvede tervendamise juhendis on taoliste kalaliikide kohta kasutatud terminit “destruktiivsed kalaliigid”. Hulgalisel esinemisel võivad nad küll toiduks tarvitada veetaimestiku suuri koguseid ja luua endast petliku mulje kui veekogu sanitaridest. Põhjamuda segades soodustavad need kalaliigid fosfori eraldumist setetest ja koos väljaheidetes sisalduva taimestikule kergesti kättesaadava fosforiga võib tagajärjeks olla hoopiski kiirenev rohketoitelisus.

## **1.9. Säilitamist väärivate elupaikade hindamine ja arvele võtmine**

Kohalikus keskkonnateenistuses tuleb tutvuda tervendamiseks valitud veekogudega seotud NATURA 2000 aladega, laiasõralise jõevähi elupaikadega, need plaanile kanda, teha kindlaks kaitsenõuded ja piirangud. Kui veekogu tervendamiseks on vajalik veetaseme selline alandamine, et elupaigad sattuvad ohtu (jäävad kuivale), siis tuleb keskkonnanõuandjana spetsialistide juhendamisel ja kaasabil vähid või teised kaitset väärivad veeloomad ümber asustada teise veekogusse või tervendatava veekogu neisse osadesse, kus neil on talutavad elutingimused ja piisavalt toitu. Ka tuleb plaanile kanda säilitatavad taimeliigid veekogus või selle kaldavööndis ja kavandada tervendustööd selliselt, et nad võiksid alles jääda koos võimalikult looduslähedase biotoobiga.

## **1.10. Geoloogiliste tingimuste arvestamine veekogude tervendamise kavandamisel**

Veekogu kallaste ja põhja geoloogilised tingimused on olulised ehitustehnoloogia valikul. Looduslike veekogude põhi ja kaldad koosnevad sageli nõrga kandevõimega või lausa voolavatest pinnastest, mistõttu pole sageli võimalik kasutada muud kui ujvutehnikat. Teisalt esineb sageli ka kaljupinnaseid, mistõttu kaevetööd on raskendatud.

Regulaatorite, sildade või kalateede puhul on vajalikud ehitusgeoloogilised uuringud. Pinnase omadusi tuleb teada ka tammide renoveerimisel ja kallaste kindlustamisel. Kui hüdrotehnilisi rajatisi tuleb ehitada või renoveerida süvendites, siis võib lõhelise lubjakivi avamisel probleemiks kujuneda väga intensiivne põhjavee juurdevool ehitussüvendisse. Selliste tööde vajadusel on soovitatav konsulteerida hüdrogeoloogiga.

Enne geoloogiliste uuringutele asumist on soovitatav arhiividest (Ehitusgeoloogia Fond, Maaparandusbürood, geoloogilise uurimisi tegevad firmad) selgitada, kas vajalikke geoloogilisi uurimisi pole varem tehtud.

Vajaliku geoloogilise informatsiooni detailsus sõltub kavandatavate renoveerimistööde ulatusest. Sageli on vajalik setete ja muda eemaldamine veekogust või selle osast. Setete paksust on kõige lihtsam uurida talvel piisava kandevõimega jääkattelt.

## 1.11. Hüdrogeoloogiliste tingimuste arvestamine

Suuremast vesikonnast toituvate läbivooluga järvede puhul põhjavee juurdevool või kaod põhjavele tavaliselt suurt rolli ei mängi. Selliste järvede veetaseme määrab eelkõige väljavoolurežiim.

Hüdrogeoloogilised tingimused on olulised väikeste allikalise toitega järvede ja sügava põhjavee tasemega aladele tekkinud või kunstlikult rajatud järvede puhul. Suurematest järvedest võib tuua näiteks Porkuni järve, mille veetase sõltub Pandivere kõrgustiku põhjavee tasemest ja põhjasetete veepidavusest. Sarnane on ka Raadi paisjärv. Mõisate rajamisel rajati mitmeid põhjavee kohal “rippuvaid” järvi ja paistiike, mille põhja veepidavuse tagamiseks kasutati ka kohale toodud savipinnast. Selliste veekogude põhjade puhastamisel võidakse tehnikaga vettpidav pinnasekiht rikkuda ja järv võib hoopis kuivaks jääda. Seepärast on vanade tehisveekogude puhul vaja hoolikalt uurida veekogu ajalugu, vaadelda veetaset lähemates kaevudes ja vajadusel teha hüdrogeoloogilised uuringud.

Looduslikud allikad ja allikajärved tuleb taastamiskavadest välja jätta. Väärtuslike looduslike allikate läheduses ei ole soovitatav muuta veekogude veerežiimi. Kui allikad on juba varem muudetud ja allikate baasil tehtud allikajärvi, siis tuleks leppida väljakujunenud veetaseme kõikumisega. Allikajärvede veetase sõltub põhjavee tasemest ja veetaseme tõstmine võib viia põhjavee voolusuuna muutumisele – allikas

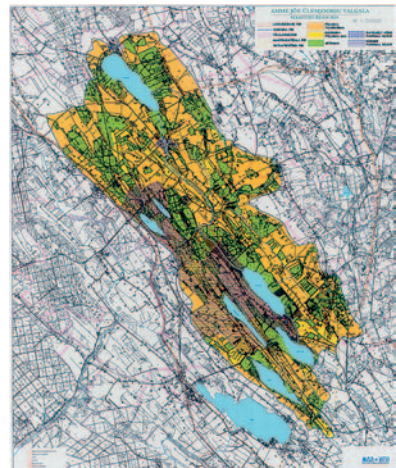


hakkab tööle karstilehtrina. Suvel kuivavatest või veevaestest allikatest toituvate allikajärvede puhul on paratamatu nende kuivamine veevaestel aastatel.

Karjääridesse veekogude kujundamine peab saama alguse juba kaevetööde kavandamisel. Liiva kaevandamisel on sageli võimalik kujundada mitmekesine veekogu. Kui liiva, kaevatakse allpool veepinda tuleb kaevetööd läbi viia selliselt, et pärast kaevandamise lõppu kujuneks üle 2 m sügavusega veekogu. Soovitav on luua liigendatud kaldajoonega veekogu, osa kaldast kujundada puhkamiseks ja ujumiseks sobivaks alaks. Võimalusel tuleb vältida suurte märgalade kujunemist, valdava osa karjäärist võiks rekultiveerida metsaks või veekoguks.

Varasemast ajast on teada palju veega täitunud erinevaid karjääre, mida pole nõuete kohaselt rekultiveeritud. Sellistest veekogudest hea ökoloogilise potentsiaaliga tehisveekogu kujundamiseks tuleb eelkõige selgitada nende nii pinnaveest kui ka põhjaveest toitumise tingimused. Samuti peab olema selge, et maavarade edasine kaevandamine võimaldab säilitada piisava suuruse ja sügavusega veekogu või nende grupi. Enamasti on selliste tehisveekogude kujundamiseks vajalik veetasemete reguleerimine ja kaevetööde suunamine. Selline tehisveekogude kaskaad on võimalik kujundada näiteks Raku – Männiku karjäärijärvede alale.

Erinevate maavarade kaevandamise mõjul on alandatud põhjavee taset Kurtna järvistu alal. Seetõttu on oluliselt alanenud ka mitme järve veetase. See on ka seni ainuke piirkond Eestis, kus põhjavee taseme alandamine on nii selgelt mõjutanud järvede seisundit. Kui Kurtnas soovitakse järvede seisundit parandada tuleb uuesti teha põhjaveetasemete muutuste prognoos.



*Vooremaa järvedest  
vajaksid pooled tervendamist*

## 1.12. Paisregulaatorite tüübid ja nende tehnilise seisukorra hindamine

2003. aastal tegid maaparandusbürood ja PB MAA ja VESI AS paisjärvede ja –regulaatorite ülevaatus, millega haarati paisjärved, mille veepeegli pindala oli vähemalt 1 ha ja paisutuskõrgus 2 meetrit. Taolisi rajatisi oli 174. Eksperthinnangute põhjal oli paisregulaatoritest halvas olukorras 19%, rahuldavas 49% ja heas 32%. Paisjärvedest oli halvas sesundis 17%, rahuldavas 50% ja heas 33%. Erilist tähelepanu tuleb pöörata halvas tehnilises seisukorras olevatele paisregulaatoritele, nende remondiga viivitamine võib kaasa tuua soovimatute tagajärgedega avariisid. Viimastel aastatel on paisregulaatorite avariid esinenud Tartumaal Rahingel ja Alatskivil, Pärnumaal Rael, Võrumaal Kurenurmes. Avariidega kaasnes vee-elustiku häving kolmes paisjärves. Regulaatorite taastamine nõuab suhteliselt suuri kulutusi. Paisregulaatorite avariide korral võivad paisjärve kogunenud setted kanduda allavoolu ja oluliselt kahjustada vee-elustikku ja kalakoelmuid.

174 ülevaadatud paisregulaatorit jagunesid järgmistesse tüüpidesse: 31 truupregulaatorit, 69 šahrtregulaatorit ja 74 sildregulaatorit ning paisülevoolu. Paisregulaatorite tüübid valiti projekteerimisel vooluhulkadest ja soovitud paisutuskõrgustest lähtudes.

**Truupregulaatorite** puhul tagatakse paisutus truubi šandoorpaisude otsakusse paigaldatavate kilpidega. Truupregulaatoreid kasutatakse suhteliselt väikeste paisutuste ja vooluhulkade korral. Truupregulaatorite juures on enamlevinud puuduseks torude nihkumine ja torulülide vaheliste vuukide avanemine ning paisupinnase uhtumine truupi. Vajalikku paisutust ei taga ka halvas olukorras šandooriotsakud ja kilbid.

Truupregulaatorite kasutamisel on oluline õigeaegne kilpide eemaldamine tulvavete läbilaskimiseks. Kurenurme paisregulaatori avari oli tingitud tulvaagest kilpide eemaldamata jätmisest.

**Šahrtregulaatorite** puhul tagatakse vee paisutamine raudbetoonist šahtiga, mille ristlõige võib olla ring, nelinurk vms. Šahrtregulaatoreid kasutatakse suurte paisutuskõrguste ja keskmiste vooluhulkade korral. Enamlevinud puudusteks on: rajatiste raudbetoonist osade lagunemine ja armatuuri paljandumine, põhjalaskude kinniroostetamine, prahi- ja kaitsevõrede läbiroostetamine või võrede puudumine. Kaitsevõredeta sügavad šahtid on ohtlikud nendel turnijatele. Enamus vesiehitisi on projekteeritud kevadistele 1%-listele maksimaalsetele vooluhulkadele, mille esinemissagedus on kord 100 aasta jooksul. Viimastel aastatel on meie lähipiirkonnas esinenud tulvasid, mille arvutuslik esnemissagedus on kord 200 aasta jooksul, taolised tulvaveed võivad olla ohtlikud šahrtregulaatoritega hüdrosoolmedele.

**Sildregulaatorite** puhul tagatakse vee paisutamine šandoorkilpide ja –postidega, mis toetuvad tugi- või sillatalade vastu. Pea kõikide vesiveskite juures paisutatakse vett sildregulaatoritega. Seda tüüpi paisregulaatorid sobivad suurte vooluhulkade ja suhteliselt väikeste paisutuskõrguste puhul. Eestis on ehitatud mõned sildregulaatorid, kus vesi paisutatakse metallist klappvarjaga ja veetasel on võimalik juhtida elektriliste tõsteseadmetega (Puurmani regulaator). Puitšandooridega veepinna reguleerimine on tülikas ja kevadiste suurvete läbilaskmiseks tuleb varakult raiuda jää šandooride ümbert ja olla valmis ka postide eemaldamiseks. Sildregulaatoritel on tihti halvas seisukorras puidust postid, šandoorid ja tugitalad. Paljude endiste vesiveskite regulaatorite löögipõrandate ja kaldasammaste betoon on lagunened, regulaatori püsivusele on ohtlik löögipõrandalt toimuv intensiivne läbivool.

Enamasti on pinnaspaisudel alumise nõlva sisse rajatud drenaaž, mis kogub läbifiltreeruva vee, ohtlik on alumisele nõlvale väljuv vesi, sest sellega võib kaasned pinnaspaisu ärauhumine.

Regulaatorite tehnilise seisukorra uuringud võivad osutada keerukateks. Võimalusel tuleks kasutada allveekaameraid, samuti võib konstruktsioonide seisukorra hindamiseks kasutada tuukreid. Raskusi võib tekitada läbifiltreeruva vee teekonna ja vooluhulga määramine. Keerulisematel juhtudel tuleb kasutada pikemaajalisi vaatlusi, mitmesuguseid abivahendeid ning kaasata erinevate erialade spetsialiste.



## 2. Tervendamise bioloogilised meetodid – biomanipulatsioon

Ingmar Ott, *Eesti Põllumajandusülikooli Zooloogia ja Botaanika Instituut*  
*Võrtsjärve Limnoloogiajaam*

### 2.1. Makrofüüdi järvede taastamine

Nende järvede all mõeldakse veekogusid, mille suurtaimede katvus on väga suur (üle  $\frac{3}{4}$  pindalast). Enamasti kasutatakse järvede taastamismeetodeid aga järvedes, kus katvus on 100% ja nad on madalad (1-1,5 m). Selliste veekogude taastamine on väga keerukas, sest sisuliselt lõimuvad siin nii bioloogilised, maastiku planeerimise, keemilised ja hüdroloogilised meetodid. Oluline on omada teadmisi elustiku arenguridadest, liikide ökoloogilistest nõuetest jne. Alustada tuleb taastamise eesmärgi täpsustamisest. Endale tuleb selgeks teha, et selliste järvede taastamine oma kunagisel neitsilikul kujul on praktiliselt võimatu. Tervendamiseks on mitmesugused võimalused. Kas seda veekogu vajatakse tõesti vee-ökosüsteemina, veelindude biotoobina, kaldaid põllumajandusmaana või mõnel muul eesmärgil? Eesmärgiks võib seada suurtaimestiku osalise või täieliku eemaldamise mõnest järveosast, näiteks asulaaluse supelranna piirkonnast. Viimatinimetatu on üheks tõenäolisemaks ja levinumaks eesmärgiseadeks. Sel juhul pole aga õige rääkida järve taastamisest. Pigem on tegemist järve osalise noorendamisega.



*Elistvere järve väljavool südasuvel*

Igal juhul nõuab aga nii järve osaline noorendamine kui ka makrofüüdi järvede taastamine mõnel ülalnimetatud eesmärgil hoolikaid eelnevaid uuringuid. Kindlasti peavad uuringutes osalema limnoloogid. Eeluuringute põhieesmärgid ja kavandatavad tööd oleksid järgmised:

- Järve ökosüsteemi kompleksne uuring eesmärgiga selgitada selle talitluse eripära.
- Koormustaluvuse hindamine.
- Valgalt tulevate reovee- või toitesoolarohkete heitvete kõrvalejuhtimine tervendatavalt/noorendatavalt järveosalt või nende täielik eelnev puhastamine.
- Suurtaimede liigilise koosseisu kindlakstegemine kogu sellel järveosalt, kus nende eemaldamist kavatakse teha (erilist tähelepanu osutada kaitsealustele liikidele). Määramisel on võimalik kasutada eelkirjeldatud sihtjoonte meetodit, kui tegemist on suurema järve või järveosaga, või liikide täielikku määramist kogu noorendamiseks valitud alal (väiksemad järvesopid või kaldaäärsed ribad).
- Põhjasetete füüsilise iseloomu ja tüseduse määramine taastataval või noorendataval järveosalt.
- Põhjasetete keemilise koostise kindlakstegemine (orgaanilise aine sisaldus, üldfosfori ja ortofosfaatide ( $PO_4$ ), - sisaldus põhjasetetes).
- Põhjasetete väljamisvõimaluste või teiste toitesoolade aineringsse pääsu tõkestavate meetodite (settekihi katmine savi- ja liivakihiga, geotekstiili ja liivaga) kasutusvõimaluste selgitamine.
- Suplejatest, resp. veemootorsportlastest põhjustatava reostuse ja ökosüsteemi häirete kindlaksmääramine, selle osatähtsus üldises reostuskoormuses. Enamasti tühine!
- Kavandatavate tervendusmeetmete mõju prognoosimine kogu järvele või sellega seotud ökosüsteemidele.

## 2.2. Biomanipulatsioon

Biomanipulatsioon tähendab rangelt võttes igasugust elukoosluse reguleerimist ökosüsteemis selleks, et saavutada soovitud lõpptulemus. Limnoloogias mõistetakse biomanipulatsiooni kitsamas mõttes, s.t. fütoplanktoni kui toiduahela aluse kasvu ja arengu kontrolli alla võtmist ökoloogiliste meetoditega. Biomanipulatsiooni isaks limnoloogias loetakse tšehhi J. Hrbacekit, kes oma töödes 1960-ndatel (1961; 1962) aastatel hakkas neid ideid levitama. Biomanipulatsioon ei ole niivõrd järvede troofsustaseme alandamise viis, kui pigem veeökosüsteemi aineringe efektiivsust parandav abinõu. Vee-elustiku ümberkujundamist on loomulikult inimkond alati teinud, kuid sellise eesmärgiga alles selle sajandi teisest poolest. Kuna Tšehhis on väga vähe looduslikke veekogusid (need on enamasti mägedes), siis loodi seal juba keskajal kunstlikud kalatiigid. Tehisökosüsteemid, eriti kui nad peavad produktsiooni andma, vajavad aga pidevat ökoloogilist kontrolli. See võimaldaski tšehhidel nö. “avastada” biomanipulatsiooni printsiibi.

Vahel kutsutakse biomanipulatsiooni ka teisiti – näiteks “ökotehnoloogia” või “toiduahela ülalt-alla kontroll” (top-down food-web control).

Fütoplanktoni kontrolli ökoloogiline juhtimine võib toimuda mitmeti (van Donk, Gulati, 1991):

- 1) Plankton – ja bentostoiduliste kalade eemaldamine veekogust
- 2) Röövkalade või loomse hõljumi lisamine veekogusse.
- 3) Röövkaladele ja zooplanktonile paremate elutingimuste loomine.
- 4) Filtrereivatele jõe – ja järvekarpidel sobiva substraadiga elupaikade laiendamine.

**Kuidas siis tegelikkuses biomanipulatsiooni läbi viia?** Kõik või osa plankton- ja bentostoidulistest kaladest saab kas välja püüda või hävitada selliste kalamürkidega nagu rotenoon.

Röövkalade introductseerimine või ka zooplanktoni lisamine pole väga pikaajalise mõjuga. Siin on ohuks see, et väga väikese planktontoiduliste kalade hulga juures tekib röövkaladel kannibalism või hakkavad nad toituma zooplantonist. Selle ärahoidmiseks tuleb kasutada järgmist võimalust.

Zooplanktonile ja röövkaladele peidupaikade ja paremate biotoopide loomine on pikemaajalisema perspektiiviga, sest siis pole nii tihti vaja uusi kalu (või loomset hõljumit) sisse lasta. Röövkalad võivad kasutada suurtaimede ümbrust varjupaikadena või tuleb sellised kohad kunstlikult luua. Seda tehakse, kasutades näiteks põhja kinnitatud pajuviitsi kudemispaikadeks, või varjualusteks kannibalismi takistamiseks. Ka zooplankton vajab varjumiskohti planktontoiduliste kalade eest.

Zooplanktoni varjumisvõimaluste tõstmiseks on sellised teed:

- a) varjatud kohad luuakse sügavamates kohtades, huumusaineterikastes või mudarikastes paikades, kus valguse intensiivsus on väiksem;
- b) madalama temperatuuriga alad, mis sobivad küll loomsele hõljumile, kuid mitte planktontoiduliste kaladele;
- c) vähese hapnikusisaldusega alad on sobivad taimtoiduliste, kuid mitte planktontoiduliste kaladele, seega leiavad zooplankterid seal biotoobi.

Filtreerivate organismide tiheduse suurendamine on võimalik tänu erinevate substraatide rohkusele. Filtreerijate hulka kuuluvad näiteks sellised karbid nagu rändkarp (*Dreissena polymorpha*), mis tungib ohtralt ka Eesti vetesse. Neile saab luua biotope kivide ja muu tahke materjali lisamisega veekogusse. Filtreerijatena toituvad karbid substraadile kinnitunud orgaanikast, mis pole üksnes vetikad ja muu elustik, vaid need karbid omastavad ka näiteks kolloidsete ühendite koosseisus olevaid fosfaate. Seedekulglas fosfaate eriti ei omastata, vaid nad setitatakse veekogu põhja juba lahustumatuna.

Tänapäeval kasutatakse järjest vähem ühte üksikut taastamismeetodit, järjest enam on kasutusel mitmesuguste eri meetodite kombinatsioonid.

### 3. Järvede tervendamise tehnilised viisid ja vahendid

Tõnu Mugra, Ülo Sults, *Projekteerimisbüroo MAA ja VESI AS*  
Ingmar Ott, *Eesti Põllumajandusülikool, Zooloogia ja Botaanika Instituut, Võrtsjärve Limnoloogiajaam*

Järvede tehnilised saneerimisabinõud sõltuvad samuti nende kasutusotstarbest või kasutamise põhifunktsioonist (kalamajandus, turism, veesport jne.) Allpool on loetletud põhilised saneerimisvõtted, milliste kasutamist saab kas valikuliselt või kombineeritult planeerida maakonna ja valdade arengukavadest lähtuvalt:



*Tervendamismeede on ka järvekallaste võsast puhastamine*

#### 3.1. Järvede veepinna tõstmine 1-2 meetrit

Paljudel Eesti järvedel on veetaset alandatud 1-2 meetri võrra. Järvede eluea pikendamiseks on veetaseme tõstmine üheks kindlamaid tulemusi andvaks abinõuks. Seda abinõu on nii järveeadlaste kui ka omavalitsusjuhtide poolt korduvalt välja pakutud, reaalse tegevdeni pole aga kahjuks seni veel jõutud. Positiivse erandina võiks nimetada *Kaiavere järve*, mille veetaset kalamajandi rajamisel tõepoolest umbes meetri võrra tõsteti. Nüüd, kus kalamajand on likvideeritud, pole enam veetaseme reguleerimiseks ehitatud rajatistel hooldajat ja kevadised suurveed on hakanud neid lõhkuma. Kaaluda tuleb regulaatoriga veetaseme suvise languse ärahoidmise võimalust (kevadest lastakse regulaatori avamisega kevadine suurveevall läbi, suveks regulaator suletakse). Kahjuks pole teada, kui tõhusaid tulemusi see meede annab, sest:

- järve valgla on väike ja sademetevaesel suvel võib auramine järve pinnalt ületada suvise juurdevoolu;
- praegu olemasolev regulaator ei ole selleks otstarbeks kasutatav ja vajaks ümberehitamist.

Läbivoolujärvede veetaseme tõstmise ei tohiks teha lahus neid ühendavate jõelõikude korrastamisest ning vajadusel ka süvendamisest, et ära hoida tarbetuid üleujutusi, mis võivad tekkida seetõttu, et setteid ja taimestikku täis jõesäng ei suuda ära juhtida suurveeageid vooluhulkasid.

Järvede veetaseme tõstmisele peab eelnema tõsine ettevalmistus, mis koosneb põhjalikest uurimis- ja mõõdistustöödest, uue veetaseme tõttu üleujutatavateelt kaldaaladelt metsa ja võsa eemaldamisest ning regulaatoritele kõige sobivama asukoha valikuks tarvilikest geoloogilistest ja hüdrogeoloogilistest eeluuringutest.

### **3.2. Veetaimestiku korduv niitmine (mitme aasta jooksul) ja järvest eemaldamine.**

Seda abinõu tuleks soovitada koos teiste, radikaalsemate abinõudega, nagu järve veetaseme tõstmine, reostuskoormuse vähendamine sissevooludel ja valgalal ning põhjasetete eemaldamine järvest. Selle meetme üksinda kasutamise efekt on väga lühiajaline ja võib pikema perioodi jooksul viia isegi soontaimekoosluste tiheduse suurenemisele. Oluline on ka niitmisaeg. Kui seda teha suve esimesel poolel, võivad hakata levima planktilised vetikad ja olukord halveneb veelgi.

Abinõu rakendamine nõuab samuti hoolikat eeltööd, nagu limnoloogilised ja hüdroloogilised eelhindangud koos täiendavate uuringutega; lõppeesmärgi tutvustamine järveäärsetele elanikele - maavaldajatele jne.

#### **• Suurtaimede ja veesisese taimestiku eemaldamise tehnika.**

Suurtaimede lõikamiseks ja juurestiku hävitamiseks on olemas vastavad amfiib- ja pontoonmasinad. (Näiteks Rootsis toodetavad roomik-amfiibmasinad TRUXOR DM 3300 ja TRUXOR DM 4700)

1. Algus. Kõik kohad on täis kasvavat pilliroogu, muda on kaetud tüvede ja vartega, muda peal asetseb tihe juurtekiht.
2. Talvel lõigatakse ära pilliroog (jäa pealt). Lõigatud roog põletatakse.
3. Kevadel, veetaseme tõusu perioodil kogutakse pontoonidega varustatud iseliikuva masinaga talvise niitmise ajal jää alla jäänud pilliroojuuri ja – varretüükaid.
4. Suvel, kõige madalama veeseisu ajal niidetakse noori pilliroovõrseid.
5. Põhja töödeldakse lõplikult rootor-kultivaatoriga. Veepealne taimestik asendatakse veelusega, põhjaloomastikku rikastatakse nii liigiliselt kui ka arvuliselt. Kuival ajal võib proovida pilliroo põletamist enne kultivaatoriga töötlemist.

Suurtaimede eemaldamist on otstarbekas alustada järve tuulele avatud küljest. Kõrgema veetaseme perioodil kantakse siis taimne materjal iseendast kaldale. Madalama veetaseme ajal on võimalik see põletada või komposteerida. Kui taimestiku hävitamine ja juurte purustamine toimub väiksemal pinnal, võib tööpiirkonna ümbritseda ujuva piirdega. Risu kogutakse peale töid kokku piirde

koomale tõmbamisega ja toimetatakse kaldale linttransportööri.

Ujuvseadmeid kasutatakse ka märgaladelt veetaimede lõikamisel ja kogumisel, kui soovitakse saada biomassi energia tootmiseks.

Järvede taastamisprogramm võib sisaldada suurtaimedest filtrite loomist (eriti *Phragmites* ja *Schoenoplectus*) sissevoolude ette, et tekiks enesepuhastus ja osakeste settimine. Ka sel viisil saab järve kaitsta liigtoitelisuse ja muda kogunemise eest. Sarnaste filtrite hoolduseks on samuti vaja ujuvtehnikat.

### 3.3. Taimetoiteainete (eriti fosfori) järvedesse jõudmise piiramine

Seda järvede tervendamise abinõu on käsitletud ühe järve, *Kuremaa* näitel.

Eesti Põllumajandusülikooli Võrtsjärve Limnoloogiajaama poolt 1997. aastal läbiviidud kompleksuurimise tulemuste alusel (R. Laugaste, H. Mäemets, K.Ott, T. Kõiv “*Kuremaa järve hüdrobioloogiline ülevaade*”, 1997) võib väita, et taimetoiteainete kontsentratsioon oli järves küllaltki kõrge. Üldfosfori sisaldus ulatus 45-50 mgP/m<sup>3</sup> ja üldlämmastiku sisaldus 800-900 mgN/m<sup>3</sup>. Dikromaatne hapnikutarve KHT<sub>C</sub> oli vahemikus 24-40 mgO/l ja permanganaatne hapnikutarve KHT<sub>Mn</sub> väärtused vahemikus 8,40-9,87 mgO/l. Lahustunud hapnikku oli järve pinnakihis 9-12 mgO<sub>2</sub>/l, põhjalähedastes veekihtides on lahustunud hapniku sisaldus olnud juba mitme viimase aasta jooksul nullilähedane.

Kõrge toiteainete sisaldus järve vees kajastub ka makrofüütide kiires levikus. Eriliselt jõudsat levikut ja uute litoraalipiirkondade hõlvamist näitavad pilliroog (*Phragmites australis*), järvkaisel (*Schoenoplectus lacustris*) ja ahtalehine hundinui (*Typha angustifolia*), aga ka mõned veesisesed taimed, nagu vesikarikas (*Stratoites aloides*), kardhein (*Ceratophyllum demersum*) ja sõõr-särjesilm (*Ranunculus circinatus*).

Kaks viimasena nimetatud liiki kasvavad reostuskolletes sageli nii massiliselt, et moodustavad koos niitjate rohevetikatega avavees ujuvaid valle.

Zooplanktonit iseloomustasid samuti eutoofsetele veekogudele omased liigid: *Bosmina coregoni*, *Daphnia hyalina* jt. Põhjaloostiku arvukus ja biomass oli 1997.a. vaatluste kohaselt madalad, samuti nagu varasematel 1951, 1957, 1979 ja 1982. aastatel.

### 3.3.1. Toitesoolakoormuse ligikaudne arvutamine:

Järgnevas tabelis, mis on võetud Inglismaal välja antud käsiraamatust “*A guide to the restoration of nutrient-enriched shallow lakes*” 1997, lk 61 on arvutamiseks vajalikud lähteparameetrid:

Veekogusid ohustavad toitainete keskmised aastakogused erinevatelt kõlvikutelt

	P/N (kg hektari kohta)		
	Kõrgustikud	Tasased alad (ekstensivne maj.)	Väga tasased alad (Intens. maj)
Atmosfäärist (märg ja kuiv)	0.2 / 25*	0.2 / 35	0.2 / 25
Kultiveeritud alad	0.2	0.9 / 50	0.4 / 30
Ajut. ja püsirohumaad	0.3 / 2	0.8 / 30	0.4 / 10
Mets ja võsastikud loodusl. ja poollooduslikud	0.02	0.07 / 13	0.03 / 3
Veised	9 / 40	18 / 80	12 / 60
Sead	6 / 19	6 / 19	6 / 19
Lambad	1.5 / 10	1.5 / 10	1.5 / 10
Linnud	0.2 / 0.6	0.7 / 0.6	0.4 / 0.6
Elanikud (enamik kanalisatsiooniga liitunud)	1 / 4	1 / 4	1 / 4
Elanikud (valdavalt kanaliseerimata)	0.4 / 2	0.4 / 2	0.4 / 2

\* meie tingimustes mitte üle 4 kg/ha

Selleks, et arvutada üldfosfori ja üldlämmastiku kontsentratsiooni järve sissevooludes peab teadma:

- 1) aastast sissevoolu järve (jõgede aastakeskmise äravool + põhjavee juurdevool);
- 2) põllukultuuride (teravili, suhkru- ja söödapeet, õlikultuurid, köögivilid jne.) pindala ha-tes, ajutiste ja püsirohumaade pindala (ha), metsamaa jt. looduslike alade pindala (ha);
- 3) veiste, sigade, lammaste ja lindude arvu valgalal;
- 4) elanike arvu valgalal ja kui paljudel neist on ühisveevärk ja –kanalisatsioon;



Aastakeskmine äravool = Summaarne aastane sademete hulk – summaarne aastane aurumine. Kuna soovime saada tulemust meetrites, siis tulevad mm-tes antud arvud teisendada meetritesse. Kui korrutame saadud tulemust järve valgla pindalaga [m<sup>2</sup>], siis saame tulemuse m<sup>3</sup>-tes.

Saadud tulemusi tuleks võrrelda sobiva järvetüübi kvaliteediparameetritega järgnevas tabelis, et tervendamisabinõude kavandamisel lähtuda eelkõige neist, mis kõige enam parandamist vajavad.

Eelpool esitatud seire- ja uurimistöode andmetele tuginedes on arvatud ligikaudne aastane fosforikoormus ja lämmastikukoormus *Kuremaa järvele*. Need on vastavalt 400 kgP/aastas ja 2100 kgN/aastas. Ametliku statistika kohaselt on Kuremaa asula puhastusseadmest järve jõudev aastane fosforikogus 87-100 kgP/aastas ja 470-550 kgN/aastas.

Kuna fosforit peetakse meie laiuskraadi ja kliimatingimustes peamiseks eutrofeerumist limiteerivaks elemendiks, siis analüüsitakse alljärgnevalt kõiki võimalusi fosforikoormuse vähendamiseks ja järve ökoloogilise seisundi parandamiseks:

- 1. Fosforikoormuse vähendamine puhastusseadmest väljuvas vees.**  
Praktiliselt puudub võimalus seda abinõu kasutada, sest fosforiäristus Kuremaa asula puhastusseadmete väljalasus on juba praegu üle 80%
- 2. Hajureostusega järve kantava fosforikoormuse vähendamine.** On veel 3-4 täiendavat sissevoolu peale Kuremaa asula heitveelasu, millised kannavad põldudelt ja üksiktaludest toiteaineid *Kuremaa järve*. Osa neist läbivad vahetult enne järve suubumist metsa- või soola, kus suur osa biogeenidest kinni püütakse. Järve läänekaldalt suubuvad otse põldudelt tulevad kraavid järve. Nende suudmetesse on ette nähtud 0,5 ha biolodusid nii fosfori kui ka lämmastiku sidumiseks vooluvees.
- 3. Voorte nõlvadelt erosiooniga järve kantava fosforikoormuse vähendamine.** Kohtades, kus järve kaldakaitsevööndid varjaksid põllult avaneva vaate järvele on ette nähtud filterdreenide rajamine nõlva allosas.
- 4. Sissevoolude korrastamine (setetest puhastamine).** Mõningast, enamasti küll lühiajalist efekti võib anda läbivoolujärvedel ka sissevoolava jõe suudmeosa puhastamine fosforirikastest setetest. Puhastuslodu või üleujutatava luhaheinamaaga võrreldes on see abinõu vähemtõhus, sest siin ei toimu lämmastikukoormuse samaaegset vähenemist ja setetest puhastamise aastal võib fosforikoormus isegi suurened.

**Sissevoolude korrastamine ja puhastamine** on eriti oluline järvedel, millistele oleme kavandanud saneerimistööd. Eelneva ülevaatusena (vajadusel ka keemiliste analüüside või põhjaloomastiku uurimisega) selgitatakse sissevoolud, millised transpordivad järve rohkem biogeene või ohtlikke aineid. Need tuleb korrastada esmajärjekorras. Kui mõni sissevoolukraav juhib järve punktreostusallika puhastamata reoveed, siis tuleb omavalitsusorganil otsustada, kas nõuda punktreostusallika (kui ta on tegutsev) haldajalt reovee puhastamist vajaliku astmeni või ettevõtte sulgemist, kui ettekirjutisi pole võimalik raita.

Kui on tegemist nn. jääkreostusega (mahajäetud väetisehoidla, kasutamata loomafarmi lekkiv sõnnikuhooldla vanade sõnnikujääkidega jne.), siis tuleb püüda need likvideerida või reostuskoormust vähendada sobiva bioloogilise puhastuse võttega (biolodu enne järve suubumist, biofilter, reovee teisale juhtimine või voolutee pikendamine jne.).

*Kuremaa järve* jaoks ei ole nende abinõudega saavutatav fosforikoormuse vähenemine kuigi suur, parimal juhul ehk 40–50 kg fosforit aastas. Teiste järvede jaoks, kus puhastuslodusid on rohkem kavandatud, võib tulemus parem olla. Igal juhul tuleb võtta veeproovid enne puhastuslodu rajamist ja hiljem ka lodust väljavoolust, et saada täpsemad andmed lodu suuruse kavandamiseks ja puhastusefekti hindamiseks.

Puhastusseadmete töö efektiivsuse tõstmine on eelpool toodud faktilist materjali arvestades suur ja tõsine töö, millist tuleb hakata tegema etappide kaupa, alustades suurematest keskasulatest, millistele on vaja kõigepealt koostada veevarustuse ja kanalisatsiooni arengukava. Alles siis, kui oleme lahti saanud lekkivatest kanalisatsioonitrassidest ja teame liituda soovijate arvu ning puhastamist vajava heitvee tõepärasest kogust, saame valida vajaliku puhastusseadme tüübi ja võimsuse. Kui lootus rajatakse olemasoleva, nõukogude perioodil ehitatud puhasti rekonstrueerimisele, siis tuleks arvestada järgmisi momente:

- Puhastusseadmesse juhitava reoveehulga vähendamiseks vähendada nii palju kui võimalik läbi puhasti juhittavate sadevete hulka,
- Parandada heitvee eelkäitlust;
- Biotiikide abil toimuva järeldpuhastuse parandamiseks lisada neisse fosforiärastuse tõhustamiseks kemikaale (bioloogiline + keemiline puhastus);
- Reostuskoormuse kasvades biofiltrite ja biorootorite kasutamine;
- Seadmete (pumbad, mootorid automaatika) moderniseerimine;
- Mudakäitluse parandamine;
- Puhasti töö kontrolli ja efektiivsuse seire parandamine



Väiksemates, alla 200 elanikuga asulates ja külates üldreeglina puhastusseadmed puuduvad, v.a. üksikud biotiigid, millised on valdavalt setteid ja taimestikku täis ning nende efektiivsus on hooldamise puudumise tõttu väga madal. Siin on lahenduseks sobivate väikepuhastite valik ja finantstoetuse leidmine väikepuhasti ja kanalisatsioonitrasside ehitamiseks.

Kolmanda rühma moodustavad üksiktalud ja väljaspool asulaid asuvad väikeettevõtted. Siin tuleb reoveekogustest ja reovee iseloomust (ohtlikkuse astmest) sõltuvalt valida kas lihtsam väikepuhasti või bioloogiline puhastusviis (biotiik, biolodu, filterpeenar vms.).

Oluline reostusallikas võib olla ka järve läheduses paiknev, keskkonnanorme eirates rajatud sõnniku põlluaun või silotranšee, millistest on võimalik virtsa või silomahla otsene järve voolamine või läbi mulla nõrgumine. Koostöös keskkonnainspektoritega tuleb taotleda nende likvideerimist järve kaldavööndist ja näha ette ka jääkreostuse vastased abinõud.

### 3.4. Põhjasetete eemaldamine või keemiline töötlemine järves

Põhjasetete eemaldamiseks järvest kasutatakse spetsiaalseid hüdropumpasid, kus väljavoolutorus Archimedese kruvi põhimõttel töötav imemispump pressib setetest suurema osa veest välja ja see juhitakse järve tagasi. Sellele vaatamata vajatakse suurepindalisi kuivatamisväljakuid, kuhu tuleb eelnevalt rajada tihe kuivendusvõrk. Kallis eritehnika ja kulutused kuivatusväljakute rajamiseks teevad selle abinõu kalliks ja enamuse järvede tohutut setetemahtu arvestades ebareaalseks.

Väiksemas ulatuses võib tekkida põhjasetete eemaldamise vajadus supluskohtade korrastamisel. Sel juhul võib setete eemaldamisel kasutada ekskavaatorit ja eemaldatavad põhjasetted kallurautoga kohe ära vedada. Soovitatav oleks supluskoha ala muust järvest piirata geotekstiilist või peenesilmalisest võrgust piirdega, et põhjamuda väljakaevamise ajal ei valguks avajärvest uut mudasetet juba väljakaevatud alale.

Selle abinõu kasutamisel tuleb igal juhul eelnevalt põhjasetteid hoolikalt uurida, määrata settekihi paksus ja stratigraafia ning võtta 100 m<sup>2</sup> järvepinna kohta 3-4 setteproovi, määrates erinevate settekihtide kuivainesisalduse või orgaanilise süsiniku sisalduse (TOC), samuti ka taimetoiteainete sisalduse (N ja P). Ohtlike ainete, k.a. raskemetallid, reostusohu korral tuleb analüüsida ka nende sisaldust setetes. Kui limnoloogide arvates on järves põhjasetteid, milliseid ei tohiks liigutada ega neid välja kaevata, siis pole selle abinõu kavandamine lubatav.

Põhjasetete keemiline töötlemine järves on keeruline abinõu, millist Eestis pole ulatuslikumalt rakendatud. Meetod nõuab väga hoolikat ja pikaajalist uurimist, rohkeid analüüse ning eriti täpset tehnoloogia jälgimist. Tunnustatud ja enamkasutatud tehnoloogiate LIMNO ja RIPLOX kohta võib leida täpsemat teavet kirjandusest või Internetist.

### 3A. Erinevate järvetüüpide kvaliteediklassid

Karin Pachel, Enn Loigu, Tiit Raia, Ingmar Ott et.al 2000

#### 1. Düstrofsed ehk segatoitelised järved

Parameeter	Ühik	I klass Väga hea	II klass Hea	III klass Rahuldav	IV klass Halb	V klass Väga halb
pH pinnakihis	pH	3,0 - 7,7	3,0 - 7,7	3,0 - 7,7	> 7,7	> 7,7
P <sub>üld</sub>	mg/l	< 0,03	0,03 - 0,06	0,06 - 0,08	0,08 - 0,1	> 0,1
N <sub>üld</sub>	mg/l	< 0,6	0,6 - 0,9	0,9 - 1,2	1,2 - 1,5	> 1,5
Klorofüll <i>a</i>	mg/l	< 0,01	0,01 - 0,02	0,02 - 0,03	0,02 - 0,03	> 0,03

#### 2. Rohketoitelised ja tehisjärved veevahetusega üle 30 korra aastas

Parameeter	Ühik	I klass Väga hea	II klass Hea	III klass Rahuldav	IV klass Halb	V klass Väga halb
pH pinnakihis	pH	7,0 - 8,0	8,0 - 8,3	8,3 - 8,8	8,8 - 9,0	>9; <6
P <sub>üld</sub>	mg/l	< 0,03	0,03 - 0,06	0,06 - 0,08	0,08 - 0,1	> 0,1
N <sub>üld</sub>	mg/l	< 0,5	0,5 - 0,7	0,7 - 1,0	1,0-1,2	> 1,3
Klorofüll <i>a</i>	mg/l	< 0,01	0,01 - 0,02	0,02 - 0,04	0,04 - 0,05	> 0,05
Läbipaistvus	m	> 3	2 - 3	1 - 2	< 1	< 1
Metalimnion suvisel stagnatsiooniperioodil	m	> 5	4 - 5	3 - 4	2 - 3	< 2
Sulfaadid	mg/l	< 10	10 - 50	10 - 50	10 - 50	> 50
KHT <sub>Cr</sub>	mgO/l	< 15	15 - 30	30 - 40	40 - 50	>50

#### 3. Teised looduslike ja tehisjärvede tüübid.

Parameeter	Ühik	I klass Väga hea	II klass Hea	III klass Rahuldav	IV klass Halb	V klass Väga halb
pH pinnakihis	pH	7 - 8	7 - 8	6 - 7	5 - 6 8 - 8,5	< 5; > 9 8,5 - 9
P <sub>üld</sub>	mg/l	< 0,04	0,04 - 0,76	0,07 - 0,09	0,09 - 0,1	> 0,1
N <sub>üld</sub>	mg/l	< 0,6	0,6 - 0,9	0,9 - 1,2	1,2 - 1,5	> 1,5
Klorofüll <i>a</i>	mg/l	< 0,01	0,01 - 0,02	0,02 - 0,04	0,04 - 0,53	> 0,05
Läbipaistvus	m	> 2	1,5 - 2	1,5 - 2	1 - 1,5	< 0,5

## 4. Näiteid erinevate tervendamiskiivide rakendamiseest Eestis

Järvede tervendamiseega on Eestis tegelenud kõige rohkem limnoloogiajaama rajaja ja esimene juhataja Neeme Mikelsaar. Tema alustas sellealast aktiivset tegevust 1978. aastal, uurides eelkõige allalastud veetasemega järvede kunagise olukorra taastamise võimalusi. Just tema soovitude ja näpunäidete on alustatud ja plaanitud alustada taastamistöid mitmes järves. Enamasti olid need plaanid siiski seotud järvede kalamajandusliku tähtsuse tõstmisega. Siin võib nimetada järgmisi veekogusid: Ermistu, Lahepera, Väimela Alajärv, Vasula, Maardu, Suure-Jaani, Harku. Viimasel ajal on siia juurde lisandunud veel plaanidena, kuid enam rekreatiivset eesmärki silmas pidades Verevi, Arbi, Ülemiste, Neitsijärv.

Peab kohe lisama, et mitte üheski neis pole midagi nimetamisväärset saavutatud. Praegu on käimas biomanipulatsioon Ülemiste järves, aga tulemustest on vara rääkida. Kõige kaugemale jõudsid tööd Lahepera järves, mis on hiljutine Peipsi laht. Lahepera järv on ca 100 ha suur ja keskmine sügavus ca 2,4 m. Järve põhi on kaetud paksu mudakihiaga (maht 3,5 milj. m<sup>3</sup>). Selle ärastamiseks on väga palju juba ära tehtud. Viimaste aastakümnetega on Lahepera järve seisund tunduvalt halvenenud. Näiteks oli 1951. a. vee läbipaistvus 4,2 m, viimastel aegadel aga 0,7-1,7 m. Talvel jääb sageli järv ummuksile. Lahepera järve kavatseti taastada muda ärastamise teel. Selleks rajati 400 m järvest lääne poole 36 ha suurune ala



setteväljakuteks. Kavatseti välja pumbata ca 1 m paksune kiht muda. Selleks tööks oleks olemasoleva tehnika juures kulunud 15-17 kuud, st. ca 2 aastat. Siiski jäid kõik need tööd seisma, sest ei osatud selle muda midagi peale hakata. Keemia Instituudi töötajad olid küll läbi teinud selle sette põhjaliku keemilise analüüsi, kuid pole siiski kindlust, kuidas seda muda kasutada. Meil kättesaadavad vene pumbad ei koori pinnast ilma vett sogastamata. Seega oleksid biogeenide eemaldamise võimalused taolise tehnikaga väga kehvad. Niisiis on praeguseni Lahepera juhtum pooleli ja ei ole üldse teada, mida edasi plaanitakse.

Muda pumbati välja osaliselt Väimela Alajärvest ja seal oli ka rajatud muda sette väljakud, kuid mudapumba liikumine oli lahendamata, ta võttis muda ühestainsast august samalt kohalt ja sinna see töö jäigi.

Katsetati ka Ermistu järvega Tõstamaal. Jällegi oli plaanis eelkõige suurendada kalastiku koosseisu ja produktiivsust. Taheti vahetada kogu kohalik kalastik välja. Selleks püüti järv alla lasta ja peale muda ärastamist asustada vääriskalaga. Tegelikult ei õnnestunud järve allalaskmine, sest arvestused olid valed. Nii ei hävinud lokaalne kalastik.

Lisaks neile töödele hakati muda välja pumpama, kuid tehti seda rabapinnasesse, kust see valgus tagasi järve. Nüüd tõsteti taas veepinda ja jäeti asi sinnapaika. Praeguseks on Ermistu järv makrofüüdijärv, mis on kaetud ca 100% mändvetikaliikidega, *Chara* ja *Nitella*. Taolises olukorras on järv väga raskesti kalanduse seisukohast majandatav ja ka taastamistööd sisuliselt ebaõnnestusid.

Kahel aastal kasutati biomanipulatsiooni ka Harku järves, kuid juba täielikult eesmärgiga parandada selle seisundit, mitte kalastikku. Biomanipulatsiooni kasutamise üks eripärasid on see, et ühekordsed tegevused pole lõplikud, neid peab taas kordama.

Keeruline on olukord ka kahe Elva järvega. Need on Verevi ja Arbi. Siin on ka eesmärgiks taastada nende looduslik seisund. Tegemist on ju ammusest ajast suplusjärvedega, mis Elvale kui kuurortpiirkonnale olulise tähtsusega.

Arbi järv on Verevist erinev oma väga intensiivse veevahetusega. Siin oli settekiirus Eesti järvedest teisel kohal pärast Nõmmejärve Kirde-Eestis (Kurtina MKA), kuhu suunatakse kaevandusvesi. Elvas on tegemist aga olmereostusega. Siin aga juhiti osa sissevoolust otse väljvoolu, mis ongi juba oluliselt parandanud vee seisundit.

Jäneda Allikajärv noorendati 1990ndate teisel poolel. Peaettevõtjaks oli AS Maves. Eeltöödena tehti sette tüseduse, veekeemia ja sette keemia uuringud. Kuna tegemist on madala järvega, siis kasvab ta taas kiiresti suurtaimi täis.

Neitsijärve tervendamiseks tehti põhjalikud eeluuringud 1999. ja 2000. aastal. Pakuti välja ka meetmekava, mis on kahjuks rahastamise ootel.

## 5. Mõned näpunäited ja reeglid järvede majandamiseks

Enesestmõistetava heakorra ja kaubandusvõrgu vajaliku taseme hoidmise kõrval eeldab hea teenindus ka usaldusväärset ja kergesti kättesaadavat teavet vee kvaliteedi ja ohutuse kohta avalikuks kasutamiseks ettenähtud järves, avalike supluskohtade olemasolul ka vetelpäästeteenistust ja arstiabi õnnetusjuhtumite korral. See nõuab aga kalleid laborianalüüse, palgalisi töötajaid igas supluskohas (sesoonne töö ainult suveperioodil) ja tõuseb küsimus, kes need kulutused katab. Omavalitsuse eelarvele võivad need kulud koormavaks muutuda, turismiorganisatsioonid püüavad suurema kasumi saamise huvides neid lisakulutusi vältida, või viia nad minimaalsele tasemele.

Suplejate ja rannamõnude nautijate kõrval kasutavad puhkemaastike veekogusid veel harrastuskalamehed, veespordialade harrastajad ja matkajad. Matk võib toimuda kas veekogudel või veekogude kallastel. Kõige keskkonnaohtlikum on veesport, eriti sõit kaasaegsetel suurel kiirusel liikuvatel rahakate inimeste veesõidukitel ehk jeti-del. Üldjuhul ei lubata veesporti veekogudel pindalaga alla 20 ha. Suurematel veekogudel või nende mõnedel osadel (supelranna alal ja haruldaste veetaimede kasvukohtadel või kaitset väärivate veeökosüsteemide levikualal) võib veespordiga tegelemise keelata EV keskkonnaministri määrusega või omavalitsuse määrusega.

Supelrandu püsikämpingute ja puhkekodude teenindamiseks lubatakse rajada vaid 3...5 ha suurustele (olenevalt läbivoolu suuruselt) veekogudele, mille kallastel on looduslikke alasid vähemalt kaks korda rohkem veekogu pindalast. Supelranna pikkus ei tohi ületada ühte kolmandikku rannajoone kogupikkusest ja veekogu pindalast üle poole peab olema sügavusega üle 3 meetri. Ühe inimese kohta arvestatakse 10 m<sup>2</sup> suplusala veepinda ning 50 m<sup>2</sup> liivaranda ja mängumuru. Ühe auto kohta tuleb arvestada vähemalt 5 m<sup>2</sup> parkimisplatsi.

Jahisadamate kavandamisel peab arvesse võtma nende planeerimise erinõudeid. Praegu on jahisadam olemas Saadjärvel.

Vaatlustornide (eriti linnuvaatlustornide) asukoha valikul tuleb arvestada nendele juurdepääsetavusega, eriti kevad- ja sügisperioodil, millised on linnuhuviliste magusaimad vaatlusperioodid. Vaatlustorn peab sobituma maastikku, peab olema ohutu ja hea esteetiliselt väljanägemisega. Vaatlustorni asukoht ja juurdepääsuteed tuleb kooskõlastada maavaldajaga.