



Eesti järvede seisund ja ettepanekud tervendamiseks

Ingmar Ott¹.

Kasutatud Katrin Saare¹, Toomas Kõivu¹, Kairi Mailehe¹, Aimar Rakko¹, Ronald Laarmaa¹, Maili Lehtpuu¹, Sirje Vilbaste¹, Katrin Oti¹, Anu Palmi¹, Teet Krause¹, Margot Sepa¹, Atko Heinsalu², Andres Piiri³, Tarmo Soomere⁴ jpt abi.

¹EMÜ PKI hüdrobioloogia ja kalanduse õppetool.

²TTÜ Geoloogia Instituut

³Projektbüroo Koda OÜ

⁴Eesti Teaduste Akadeemia



Ettekanne Veepäeval 21. märtsil 2018.



Meeldetuletus meie järvede rikkustest



Faktid

- Eesti pindala on ca 45000 km², ≤ 1 ha järvede arv ca 2300. Järved katavad 2130 km², mis on 4,8% riigi pindalast. Selle proportsiooni järgi on Eesti **neljandal kohal** Euroopas (Hollandit ei arvesta).

Järved naabritel

Soome ≈ 187 000

Rootsi ≈ 100 000

Läti ≈ 2200

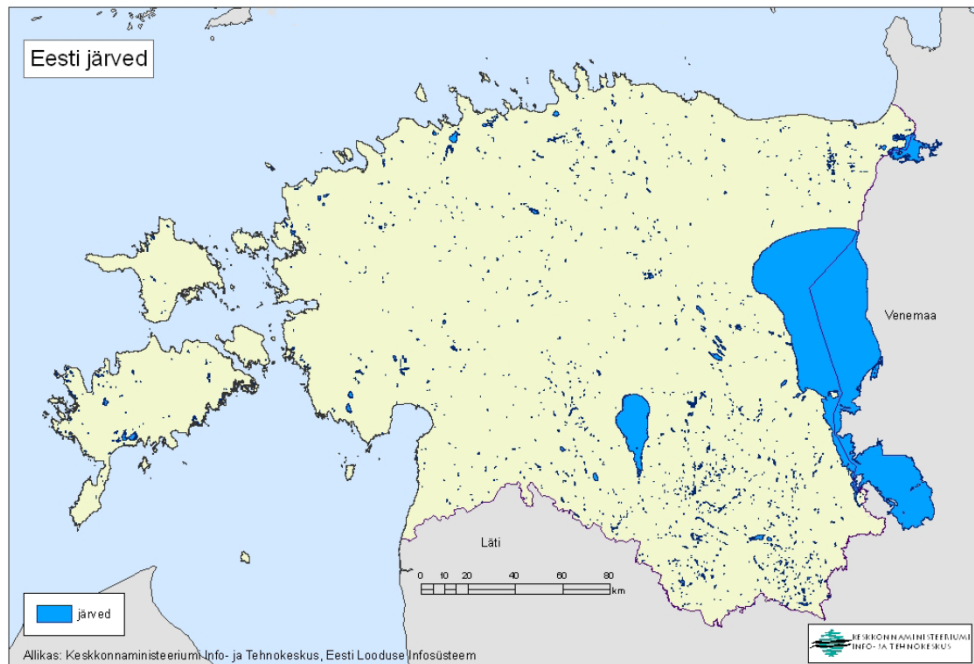
Leedu ≈ 2100

Soome ≈ 8 %

Rootsi ≈ 8,9%

Läti ≈ 1000 km² (1,7%)

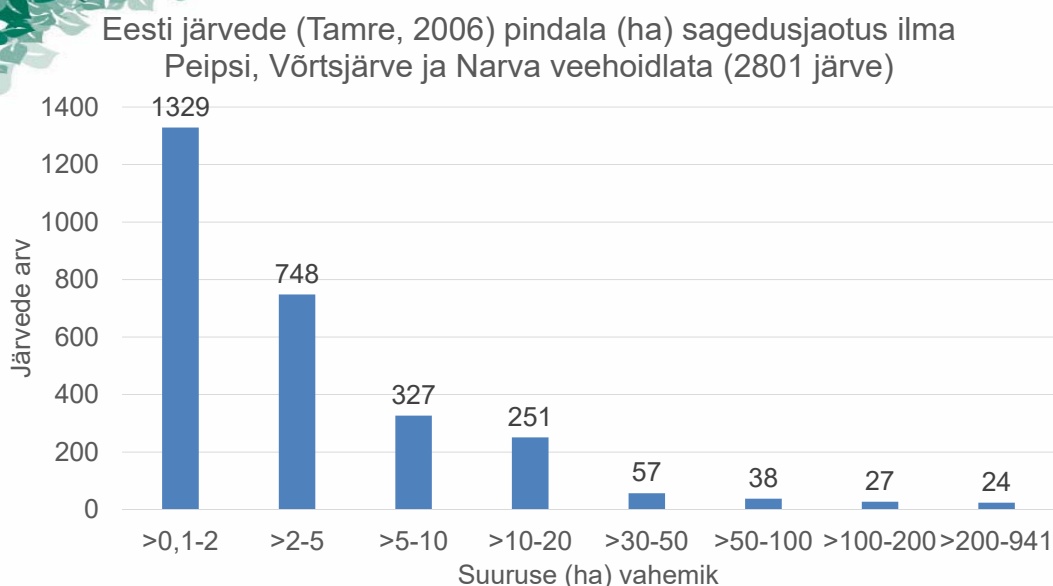
Leedu ≈ 940 km² (1,45%)

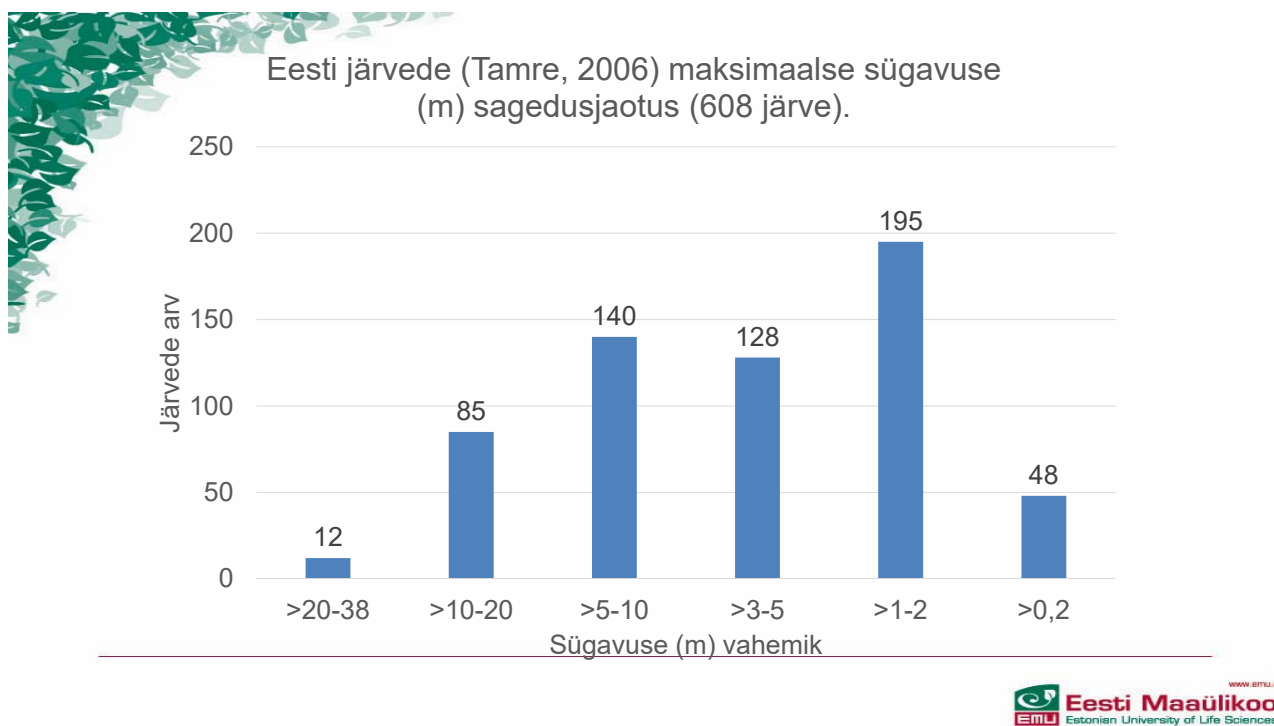


Selleks, et järvede rikkusi kasutada/nautida („teenuseid/hüvesid kasutada“?!) peab teadma, millised nad on, mis neis peitub ja kuidas toimivad

Morfomeetria ja hüdroloogia

- Eesti järved on keskmiselt väga väikesed ja madalad. Neist poolte pindala on väiksem kui 3 ha. Ainult 46 järve sügavus on > 15 m.
- Veevahetus on enamasti 2-4 korda aastas
- Veetaseme kõikumine aastas ei ole suur 0,5 - 0,8 m aastas, kuid väga suured kõikumised on Eesti suurjärvedes, Võrtsjärves ja Peipsis. Võrtsjärve veemaht võib aastas muutuda 2,5-3 kordselt





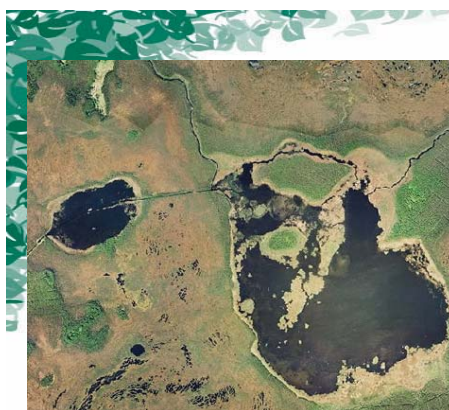
Oluline vee omaduste eripära

Valdavalt kare ja
tume vesi

VRD I tüüp.
Äntu Sinijärv.
Lubjatoiteline
(väga kare,
hele vesi)



Foto: I. Ott



Kõige arvukam
järvetüüp Eestis.



VRD tüüp II. Keskmise vee karedusega madalad. Endla järv. Segatoiteline.



Väga, väga
paljud Eesti
järved on
taimerikkad

VRD tüüp II. Madal keskmise vee karedusega. Kaarepere Pikkjärv. Foto: Katrin Saar



Tüüp II. Kihistumata, keskmise vee karedusega. Ähijärv Karulas. Foto: Katrin Saar



Tüüp III. Kihistunud, keskmise vee karedusega. Tamula järv. Foto: Katrin Saar



VRD III tüüp. Kahrila järv. Rohketoimeline järvetüüp (kihistunud heleda ja kareda veega)



Tüüp III. Kihistunud, keskmise vee karedusega. Lõõdla järv Võrumaal. Foto: Katrin Saar



Tüüp III. Kihistunud, keskmise vee karedusega. Saadjärv. Foto: Katrin Saar

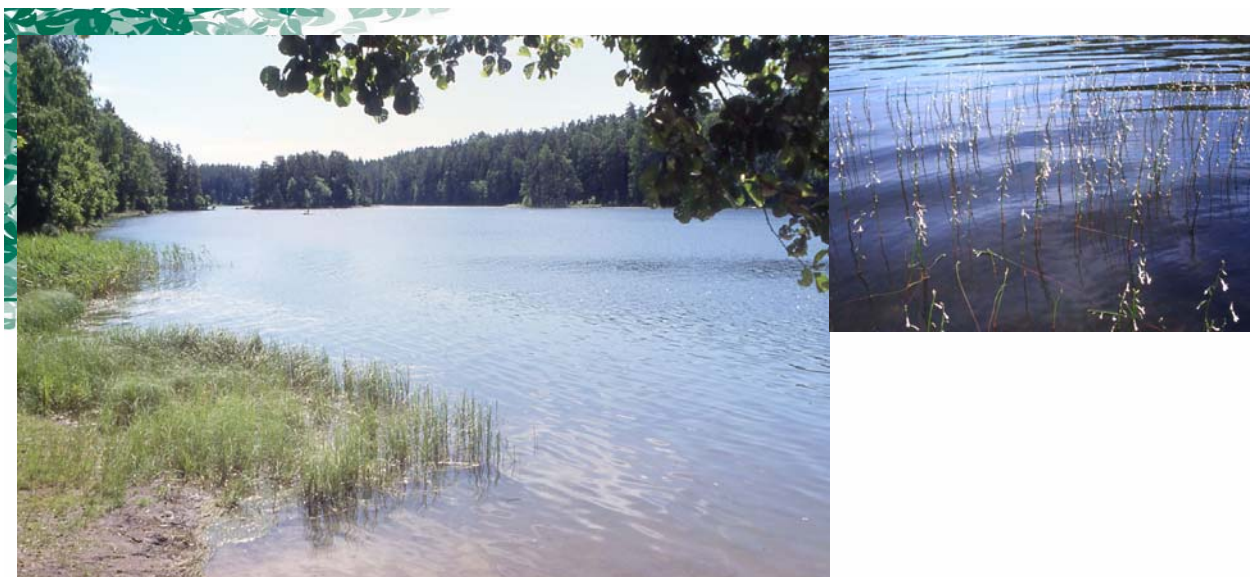
Foto: I. Ott



VRD IV tüüp. Huumustoiteline Kakerdaja järv (pehme, tume vesi)



IV VRD tüüp. Atsidotroofne Nohipalo Mustjärv (mineraalmaal, pehme, väga tume vesi)



VRD V tüüp. Viitna Pikkjärv. Vähetoiteline (hele, pehme vesi). Haruldased vesilobeeliad



Ümber
 rabastuv
 männik, aga
 järv pole
 väga tumeda
 veega.
 Kaldal valge
 liiv.

VRD tüüp V. Pehme, heleda veega järved. Tänavjärv (semidüstroofne). Foto: Katrin Saar



VRD tüüp VIII rannajärved. Laidevahe laht Saaremaal. Mati Kose foto



VRD tüüp VIII rannajärved. Kooru laht Saaremaal. Kaugemal näha meri. Katrin Saare foto.

Laialepa laht. Rannikujärv. Riimveeline, merest alles eraldunud

Maalt vaadates üksluine!



I. Oti foto.

Hiljuti merest eraldunud järved on veel lagedad, põhjas kivid ja vetikamatid

I. Oti foto.



Maalt vaadates üksluine!



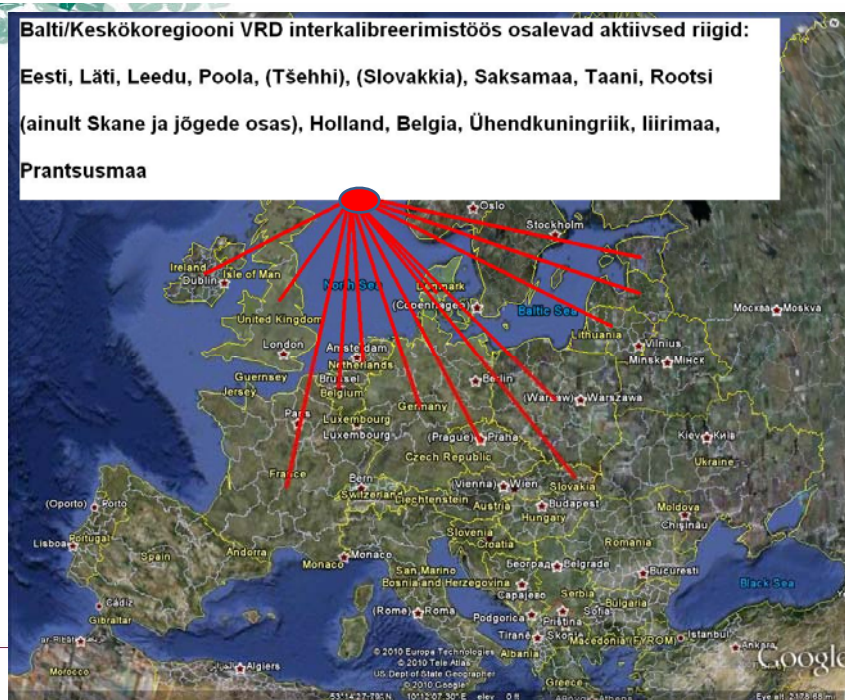
Rannajärv
 ääristab tavaliselt
 väga ulatuslik ja
 tihed roostik

Tüüp VIII rannajärved. Vööla meri. Foto: I. Ott

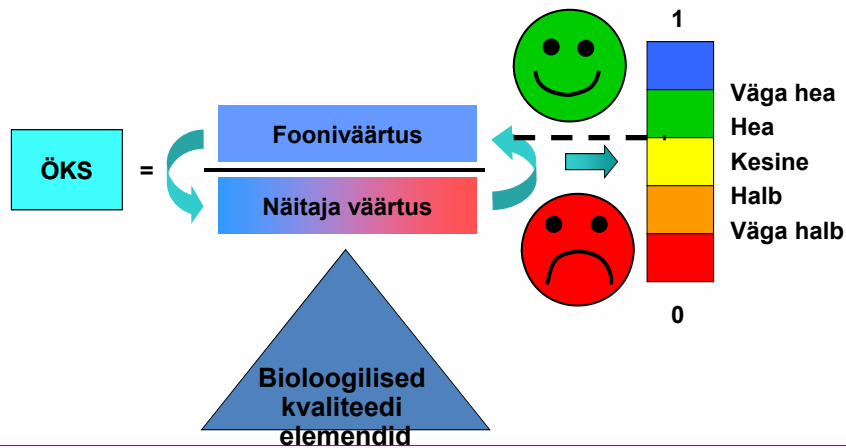
Meie järvede tervisest? Kuidas seda hinnata?

Balti/Keskökre regiooni VRD interkalibreerimistöös osalevad aktiivsed riigid:

Eesti, Läti, Leedu, Poola, (Tšehhi), (Slovakkia), Saksamaa, Taani, Rootsi
 (ainult Skane ja jõgede osas), Holland, Belgia, Ühendkuningriik, Iirimaa,
 Prantsusmaa



Ökoloogilise kvaliteedi suhe (EQR) klassipiiride määramiseks



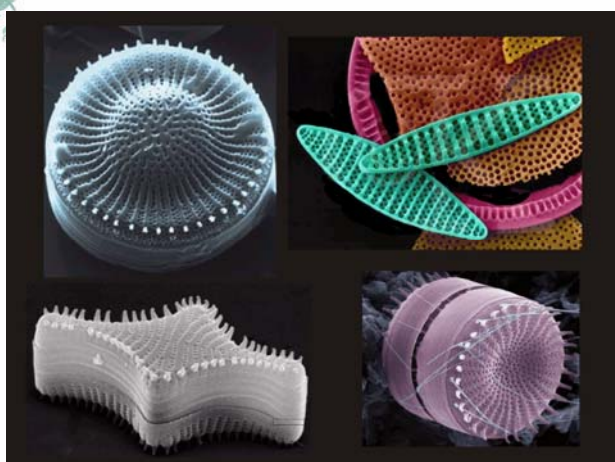
Klassifikatsiooni loomine.

- Vajadus selgitada foonijärved ja foonitingimused
- Üks võimalus survetegurite selgitamine valgla maakasutuse kaudu. Veelgi parem on mõõta ainete koormusi
- Näited valgla parameetritest
 - Asustustihedus 0 – 6 el./km² (seda muudeti, hiljem < 10 el./km²)
 - Punktreostus 0%
 - Mets jt. looduslikud alad >60%
 - Põllumajandus <20%

Paleolimnoloogilised võimalused selgitamaks fooni

- Järve hea seisundi määratlemiseks on vaja teada veekogu foonitingimusi, st looduslähedast intensiivsest inim mõjust veel puutumatu seisundit.
- Tavaliselt olemasolevad järvevaatluse andmerekad Eestis ei ulatu nii kaugesse aega minevikku, kui järved olid looduslähedases seisundis.
- VRD sätestab - foonitingimuste väljaselgitamiseks tuleb kasutada modelleerimist, sh paleoökoloogilistel/paleolimnoloogilistel uuringutel põhinevat modelleerimist.

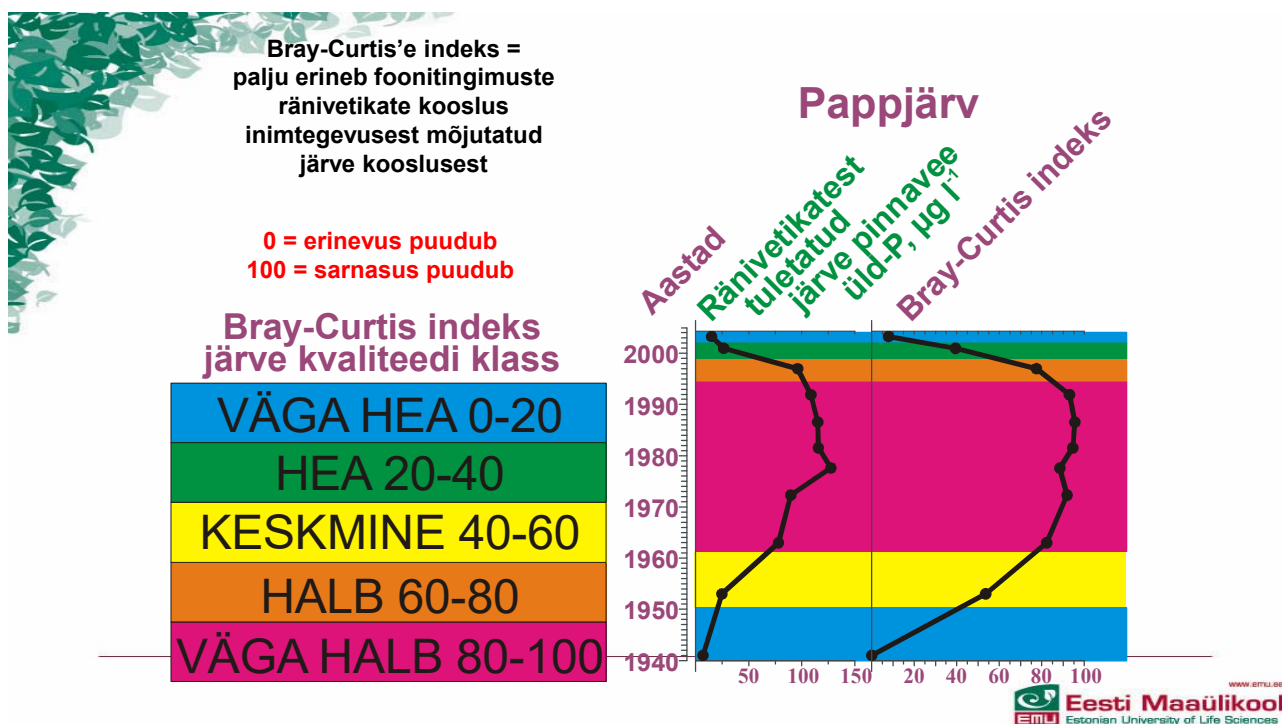
Ränivetikate e diatomeede erinevate liikide koosluse määrab veekogu vee keemilise koostis. Nad ontundlikud indikaatorid veekogu toiteainete sisalduse, pH ja temperatuuri muutuste suhtes, näitavad veetasemete kõikumisi, ja kuna kest koosneb ränidioksiidist, siis säilivad nad ülihästi põhjasetetes. See võimaldab rekonstrueerida veekogus toimunud keskkonna muutusi, sealhulgas näidata järvede loodusliku, inim mõjust veel puutumatu seisundit.



Võru Pappjärve setteuuringuid tegi TTÜ Geoloogia Instituut selgitamaks modelleerimise abil kihistunud kalgiveelise järve foonitingimusi. Pappjärve valikuprintsiibid:

* väike valgla, mis pole sobilik põllumajanduseks;

* 1950-ndatel rajatud asfalditehase naftasaaduste reostuse tagajärjel muutis täielikult järve ökoloogilist seisundit.



Mudelid leidmaks foonitingimusi

- Vighi ja Chiaudani (1985) väga populaarne mudel tuletab fosfori foonitaseme sõltuvalt aluselisusest ja järve keskmisest sügavusest

$$\log TP_{\text{ref}} = 1.48 + 0.33 (\pm 0.09) \log MEI_{\text{al}}$$

$$MEI_{\text{al}} = \text{aluselisus (meq/l)} / \text{keskm.sügavus}$$

Ökoloogilise seisundi hindamine. Vt värvide paigutust ja viimast lahtrit, kus koondhinnang

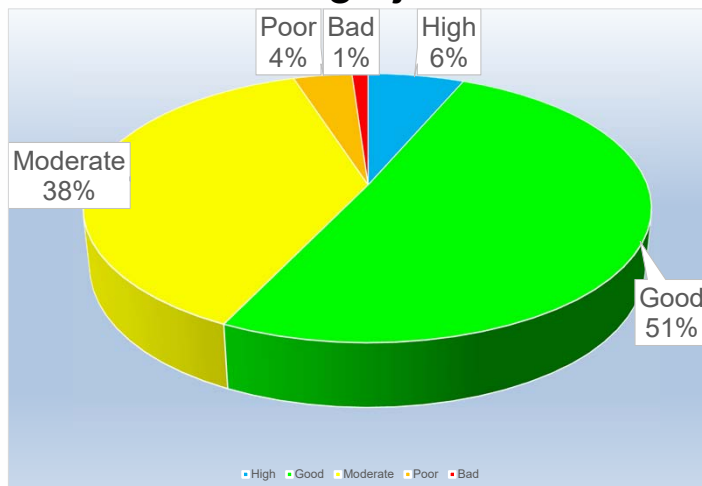
| Järv | HÜMO | Füto bentos | Vee omadused | | | | Fütoplankton | | | | Suurtaimed | | | | Suurselgrootud | | | | | Kalad | | | Koondhinnang | | | | |
|-------------------|--------|-------------|--------------|------|-------|------|--------------|------|--------|------|------------|------|------|------------------------|----------------|----|------|-----|----|-------|---|-----|--------------|-----|-----|---|---|
| Puula järv | | | 7,99 | 0,04 | 1,345 | | 8 | 2,3 | 0,67 | 1,58 | | | | | | | | | | | | | | | G | | |
| Roosa järv | | | 8,48 | 0,01 | 1,025 | | väga h | 1,3 | 1,00 | 0,74 | 2,00 | | | | | | | | | | | | | | H | | |
| Loosulu järv | | 18,1 | 17 | 65 | 4,9 | 0,07 | 0,52 | | | 7,9 | 1,3 | 0,61 | 1,83 | Eriophorum; Oxycooccus | | 7 | 0,63 | 6,5 | 4 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0,1 | 0,5 | H | |
| Nõuipala Mustjärv | | | | | 3,91 | 0,04 | 0,93 | 0,48 | | 6,6 | 2,82 | 0,38 | 6,00 | Nur=Bry | | 16 | 2,07 | 6,9 | 5 | 0 | | | | | | G | |
| Nõuipala Valgjärv | | | | | 5,49 | 0,02 | 0,48 | 3,9 | | 24,1 | 2,2 | 0,46 | 1,22 | 9 Bry=Nu | | 19 | 3,19 | 8,3 | 6 | 3 | 4 | 0 | 63 | 0,7 | 0,4 | G | |
| Pühajärv | | 19,1 | 17 | 49,6 | 8,1 | 0,03 | 0,63 | 2,78 | | 8,9 | 1,9 | 0,58 | 3,2 | | | 24 | 2,96 | 5,6 | 11 | 8 | 1 | 1,4 | 5,5 | 0,6 | 0,8 | G | |
| Rõuge Suurjärv | | 18,2 | 16 | 52,8 | 7,9 | 0,03 | 0,665 | 3,18 | hea | 3,1 | 1,92 | 0,66 | 3,1 | 5,0 Pot | 3 | 2 | 0 | 1 | | | | | | | | G | |
| Suurlaht | | 8,4 | 10 | 35,7 | 9,2 | 0,03 | 1,22 | | väga h | 5,7 | 2,25 | 0,70 | 4,20 | | | 19 | 2,76 | 5,5 | 6 | 7 | 1 | 0,9 | 5,8 | 0,6 | 0,8 | G | |
| Tänavjärv | | | | | 7,2 | 0,04 | 1,28 | | | 28,3 | 3,00 | 0,63 | 1,9 | | | | | | | | | | | | | M | |
| Uljaste järv | | | | | 6,98 | 0,03 | 0,345 | 2,3 | | 18 | 2,5 | 0,49 | 2 | | | | | | | | | | | | | M | |
| Viitna Pikkjärv | | | | | 7,36 | 0,03 | 0,43 | 3,93 | | 13 | 2,5 | 0,45 | 0,9 | | | 16 | 2,37 | 5,8 | 6 | 2 | | | | | | G | |
| Ähijärv | | 11,1 | 14 | 32,4 | 8,39 | 0,03 | 0,57 | 1,86 | | 18 | 2,63 | 0,63 | 5,4 | | | 21 | 1,19 | 4,8 | 7 | 5 | 1 | 0,6 | 4,6 | 0,5 | 0,7 | M | |
| Ermistu | hea | 12,6 | 17 | 42,4 | 8,1 | 0,02 | 0,84 | 1,8 | | 6 | 1 | 0,73 | 3,43 | Nu= | 2 | 3 | 0 | 2 | | | | | | | | | G |
| Hino | kesine | 13,4 | 17 | 45,6 | 7,8 | 0,02 | 0,93 | 3 | | 10 | 1,9 | 0,76 | 4,02 | Pot | 1 | 1 | 0 | 2 | | | | | | | | | M |
| Kariste | kesine | 18 | 18 | 52,8 | 7,9 | 0,1 | 1,51 | 1,6 | 2 | 32,7 | 2,4 | 0,71 | 6,79 | 3 Nu | 2 | 1 | 2 | 2 | | | | | | | | | M |
| Kirikumäe | hea | | | | 7,6 | 0,02 | 0,52 | | | 13 | 1,3 | 0,68 | 1,23 | Bry | Iso=Lob | 3 | 2 | 0 | | | | | | | | | G |
| Murati | hea | 16 | 19 | 61,6 | 7,8 | 0,03 | 0,78 | 1,1 | | 22,3 | 2,5 | 0,48 | 3,78 | 3 Nu | 2 | 0 | 1 | 0 | | | | | | | | | G |
| Pabra | | | | | 7,6 | 0,03 | 0,73 | 1,7 | | 3,7 | 1,5 | 0,71 | 3,75 | Nu,Nym=Pot | 1 | 0 | 2 | | | | | | | | | | G |
| Pangodi | | 19 | 17 | 55,6 | 7,9 | 0,05 | 0,81 | 1,6 | 2,5 | 12 | 2,70 | 0,59 | 4,97 | 5 Cer | 1 | 2 | 4 | 2 | | | | | | | | M | |
| Pulli | kesine | | | | 8,4 | 0,04 | 1,28 | 1,5 | | 21,2 | 2,60 | 0,74 | 5,94 | My=Lob | 2 | 3 | 1 | 3 | | | | | | | | | M |
| Tihela | | 15,8 | 18 | 54,4 | 8,6 | 0,02 | 1,01 | | | 1,7 | 1 | 0,71 | 2,53 | Cha | 2 | 5 | 0 | 1 | | | | | | | | | G |
| Valgjärv | | 18 | 16 | 50,4 | 8,25 | 0,03 | 0,66 | 2,35 | | 12 | 1,5 | 0,7 | 3,13 | Nym | 2 | 3 | 0 | 1 | | | | | | | | | G |
| Verevi | halb | 14,9 | 18 | 62 | 7,4 | 0,18 | 2,8 | 1,65 | 2 | 43,7 | 2,80 | 0,54 | 4,92 | 4 My | 1 | 2 | 2 | 1 | | | | | | | | | M |

Kasutades võimalikult palju näitajaid vähendame hinnangu juhuslikkust. Kuna erinevad elemendid kannavad endas erisugust informatsiooni, siis ei tohi ühtegi eelistada.

Palju on haigeid järvi?

Järvede ökoloogiline kvaliteet (n = 280). Kõik tüübid kokku. Näidatud on iga järve viimane hinnang

Praeguseks hinnatud 1/10 Eesti järvedest!

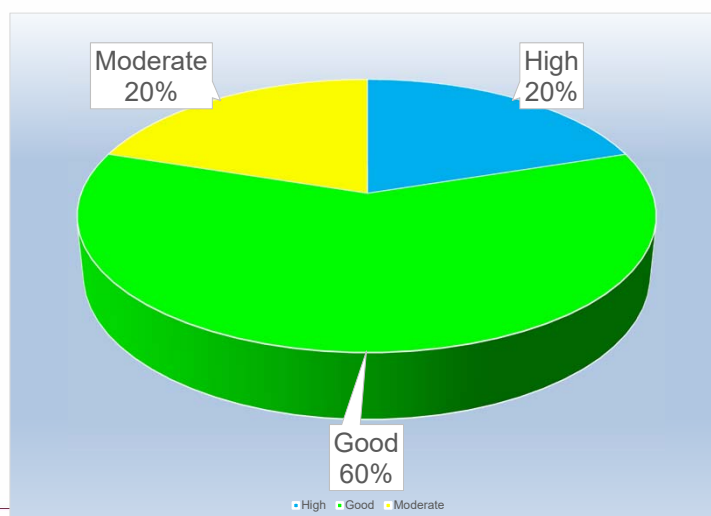


Pole ju hullu!
Väga halbu vaid kolm!
Üle poolte head!

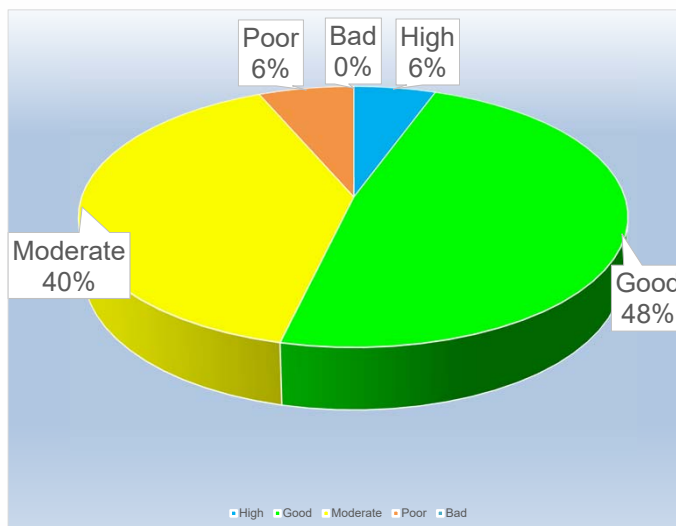
Meetmeid vajavad 43% järvedest, vähemasti seniste hinnangute järgi

Tüüp I – lubjatoitelised (10)

Tugevad ökosüsteemid, mis peavad vastu mõjuritele

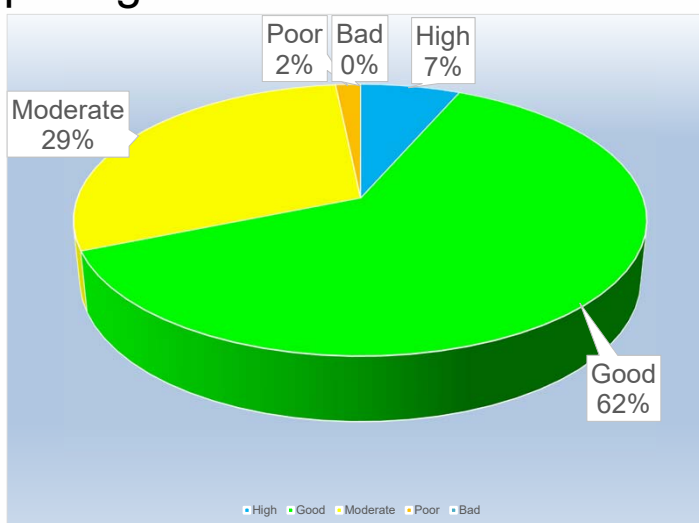


II tüüp. Madalad keskmise vee karedusega (108)



Kõige levinum VRD tüüp Eestis. See on ka problemaatiline. Kasvavad taimi täis! Kuna neist voolavad jõed läbi, siis pika aja jooksul „töötanud“ settebasseinidena“.

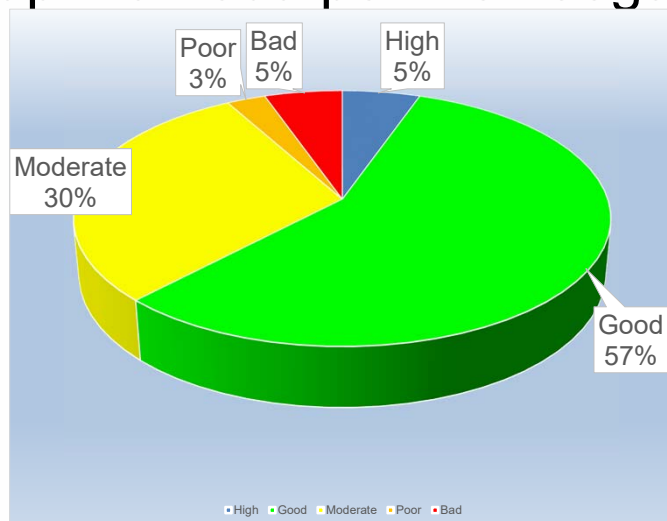
III tüüp. Sügavad keskmise vee karedusega (61)



Suhteliselt tugeva ökosüsteemiga järved. Suur veemaht ja väike veevahetus, kare vesi aitavad sellele kaasa.

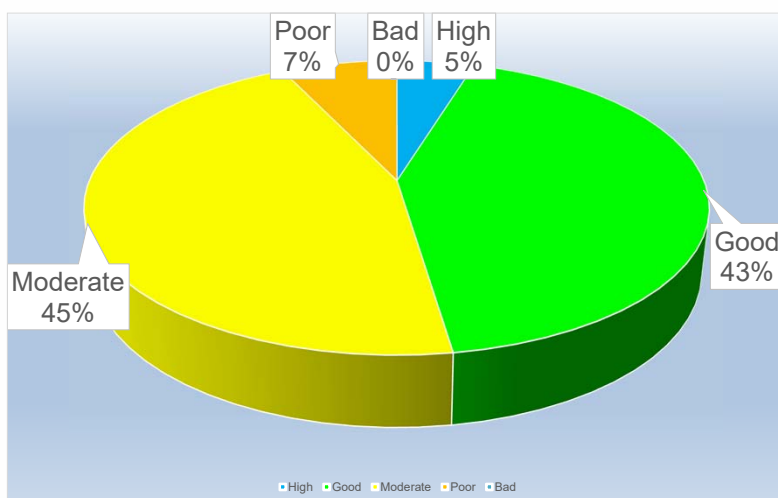
IV tüüp. Tumeda pehme veega (37)

Väga halvas seisundis on Ohepalu ja Tsirkjärv



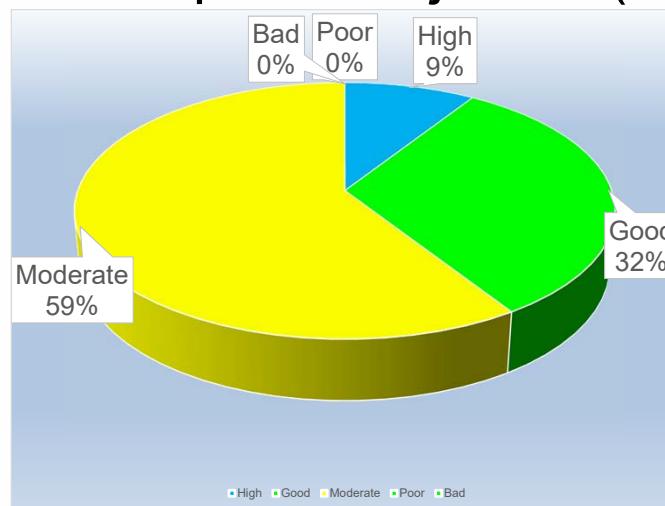
Enamasti inimõjust kaugel soos ja rabas ja neil on tugev humiainete puhversüsteem, mis võimaldab stabiilset talitlust.

V tüüp. Heleda pehme veega (42)



Väga tundliku ökosüsteemiga järved. Enamasti asulatest, põldudest ja teistest mõjuritest kaugel. Toituvad peamiselt sademeveest. Kallastel on õhukese kattega mullad, millest tallamise järel võib toimuda oluline ainete sissekanne järve.

VIII tüüp. Rannajärved (22)



Tundlikud ökosüsteemid. Veemaht väike. Oluline võib olla mere mõju. Maakerke ja eutrofeerumise tagajärjel maastuvad kiiresti. Kõigis, kus mingi inimõju tegur lähedal, on seisund kesine (Linnulaht, Kiissalaht, Käomardi, Oessaare jt.).

Mis on korrastamine ja mis tervendamine?

Mõisted

- Taastamine – põhjalik järvesängi muutmine, keskkonna muutmine
- Tervendamine – veekogu ökoloogilise seisundi parandamine
- Korrastamine (hooldamine) – veekogu välisilme muutmine, mis ei pruugi parandada ökoloogilist seisundit

Esmalt peab selgitama igal konkreetsel juhul veekogu tervendamise vajaduse ja lõppeesmärgi millisena tulevikus tahetakse järve näha.



Selge vesi

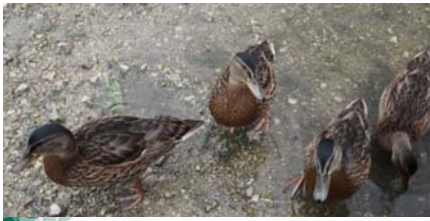


Palju kalu



Noodasjärv. Foto: I. Ott

Avar vaade järvele



Mitmekesine elustik

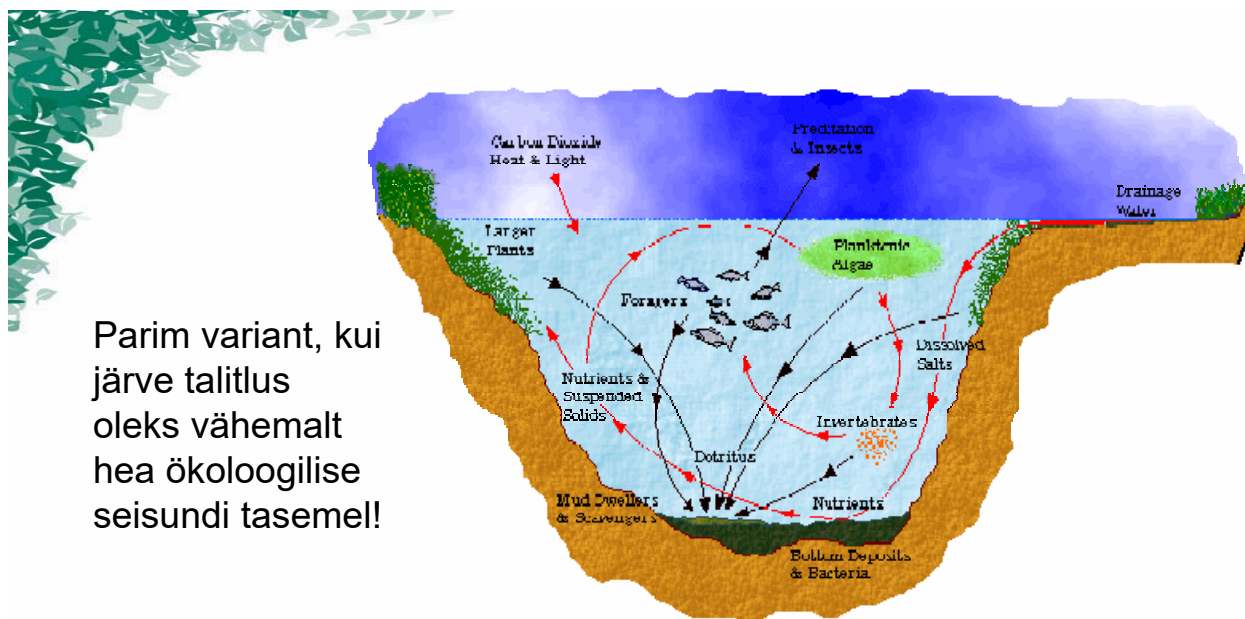


Ujuv-penikeel



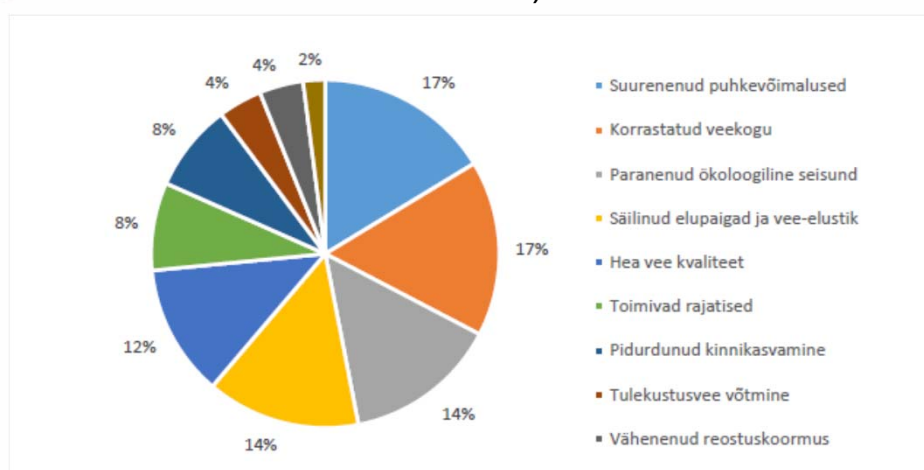
Tervendamise eesmärgid

- **Kõige olulisem eesmärk – taastada vähemalt hea ökoloogiline seisund**
- EL Veepoliitika Raamdirektiivi eesmärgiks on kaitsta veeökosüsteeme ja parandada nende seisundit.
- Hiljemalt aastaks 2015 pidid olema kõik pinnaveekogud heas ökoloogilises seisundis.
- Neis, mis eranditena heasse seisundisse ei jõudnud, pidid toimuma muudatused paranemisele.

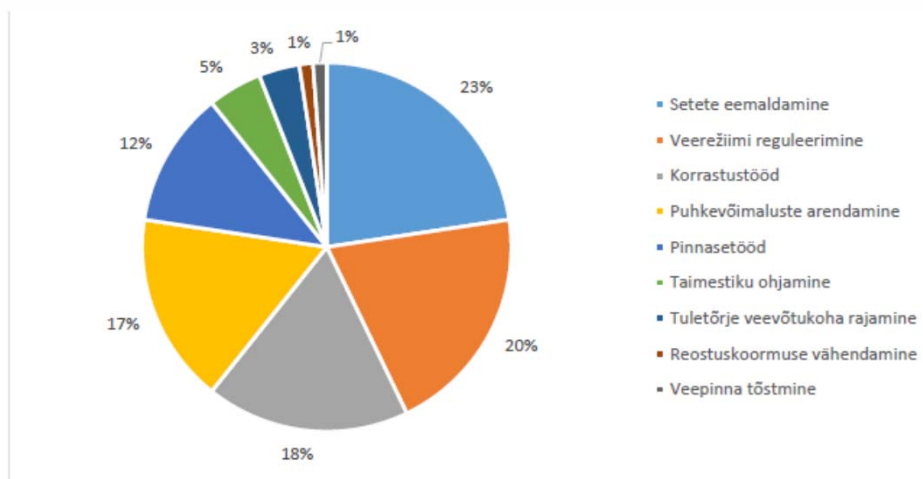


Parim variant, kui järve talitus oleks vähemalt hea ökoloogilise seisundi tasemel!

Eestis viimasel ajal läbi viidud tööde püstitatud eesmärgid (Teppo, 2016)



Meetmed eesmärkide saavutamiseks (Teppo, 2016)



Kas tervendamine on alati õigustatud?

- Koigi järv Saaremaal.
- Veetaset alandatud XX saj. alguses.
- Soovitakse taastada rekreatiivsetel eesmärkidel.
- Madal järvenõgu on täitunud setetega ja suur osa järvest kaetud suurtaimede ja võsaga.
- Järv on kujunenud väärtuslikuks pesitsuspaigaks lindudele.
- Läheduses paiknevas rabas kolm unikaalset järve.
- **Ettepanek: JÄTTA RAHULE!**



Kas tervendamine on alati õigustatud?

- Neitsijärv Otepääl.
- Pühajärve vahetus läheduses.
- Tugeva inimõju all juba rohkem kui 100 aastat.
- Suuruselt kolmas sissevool Pühajärve.
- Käitub puhveralana Pühajärve ja valgala vahel.
- Ettepanek: TERVENDADA



Kas tervendamine on alati õigustatud?

- Rannajärvede majandamine

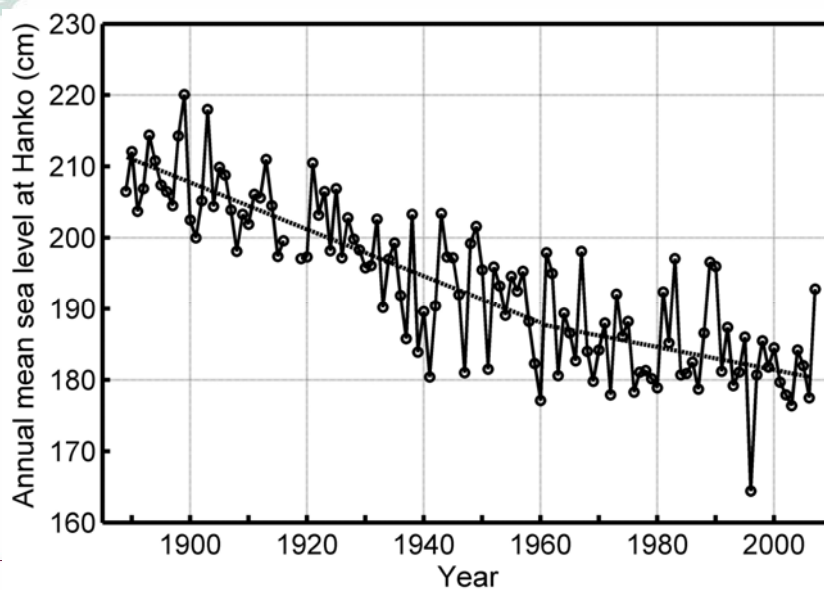
Maapinna tektooniline kerkimine Loode-Eestis 2,8 mm aastas

VS.

Mere veetaseme tõus 21 saj. lõpuks 80 cm võrreldes praegusega

Mere veetaseme tegelikud vaatused?

Läänemere veetaseme dünaamika Hanko vaatluspunktis



Rannajärved, madalad, kinnikasvavad. Vööla meri ja Kudani laht Noarootsis



Sissevool Hara lahest



(Foto: A. Päär)

Enne truubi rekonstrueerimistöid



Uus truup rajatud 2011. a.

Kesine või halb ökoloogiline seisund

- Uuritud limnoloogiliselt 10 aastat; alati kehv olukord
- Madal vesi, väike veemaht
- Hääbuv veekogu ulatusliku roostikuga
- Elustik vaesunud
- Paradoksaasel kombel lokkab kaitsealune õrn taim – **vahelmine näkirohi**

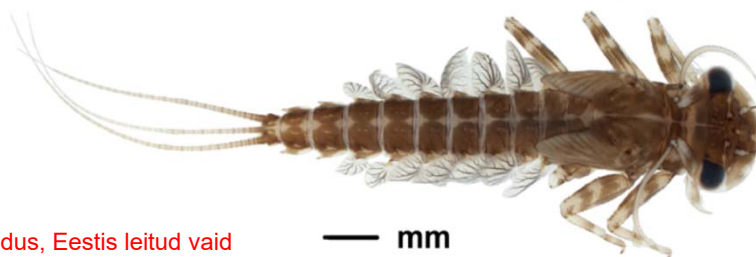


Ühepäevikulise *Arthroplea congener* vastne. Foto H. Timm.

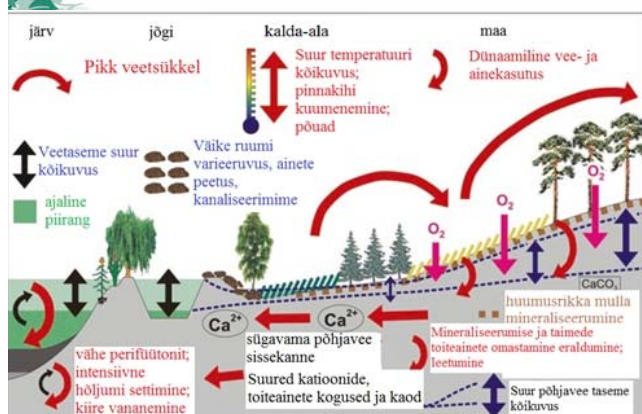
Tekivad uued elupaigad, mille võivad asustada teised liigid võrreldes varem esinenutega

Haruldus, Eestis leitud vaid paisjärvedest

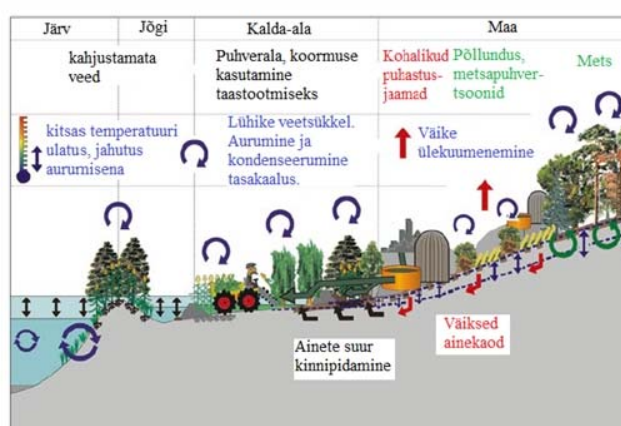
— mm



Järve tervendamise eeldused. Ükskõik millise veekogu tervendamise eelduseks on alati välisreostuse lõpetamine ja loodislähedaste tingimuste taastamine valgala!!!



Valgala, kust **suur** ainete ärakanne

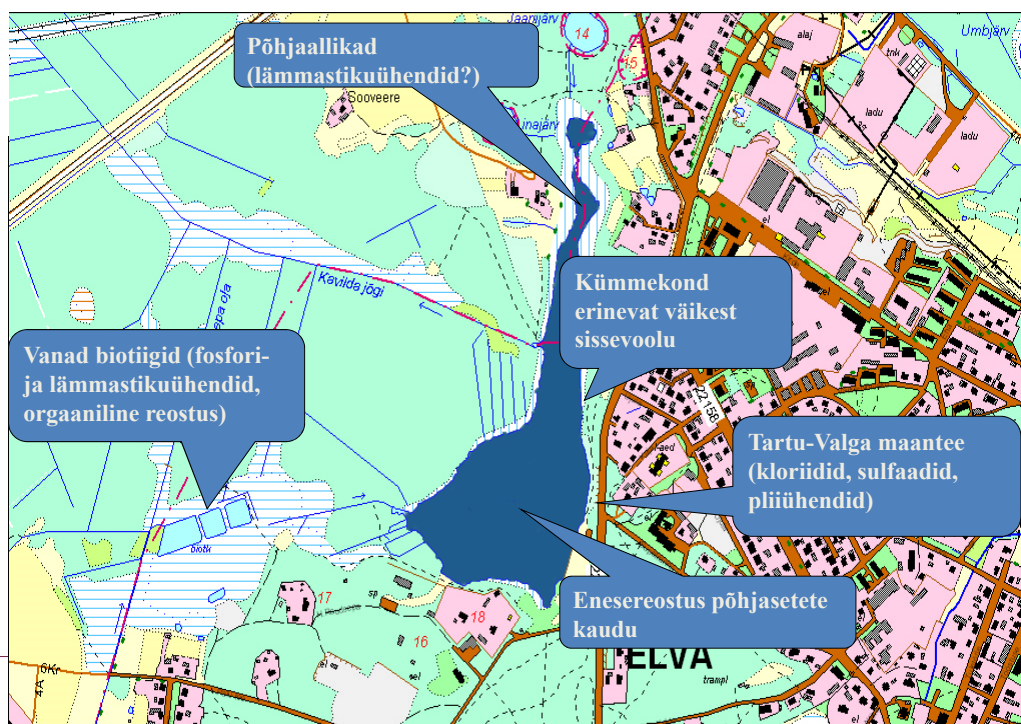


Valgala, kust **väike** ainete ärakanne

Verevi järve iseärasused ja mõjufaktorid



Hüdroloogiliselt
keerukas valgla.
Varjatus tuulte eest.
Väike veevahetus.
Väike veemaht.
Suur sügavus.



Meetodid ja nende sobivus

Setete mehaaniline mõjutamine

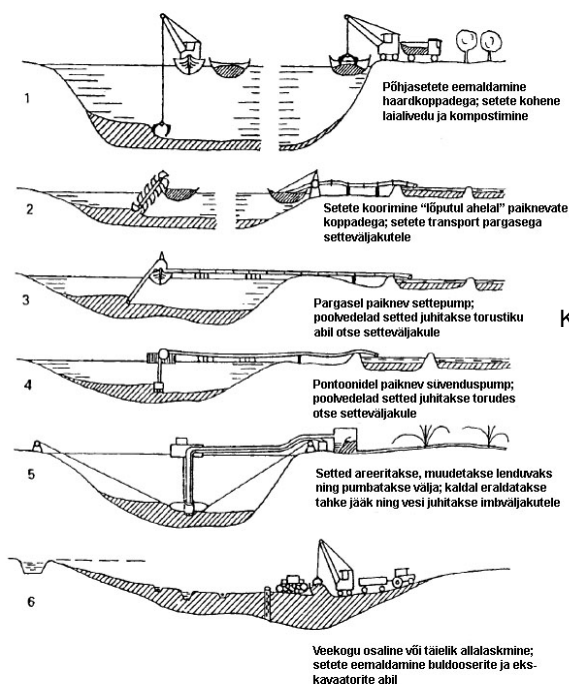
- Kõige tõhusam on setete eemaldamine.
- Setete stabiliseerimine erinevate vahenditega:

plastik;
liiv;
kruus;
tuhk;
savi;
geotekstiil jne.



Setete eemaldamine

- Põhimõtteliselt järve "kapitaalremont".
- Rakendatav madalate järvede puhul.
- Setted viiakse spetsiaalsetele imbväljakutele ning sealt valguvast veest seotakse toiteained.



Klapper, 2003

Ujuvekskavaatoriga haardekopa kasutamine.

Foto: Andres Piir.



Setete eemaldamine

- Positiivne
 - Suureneb maht – pikeneb eluiga,
 - Setetega viiakse välja ka toiteained
- Negatiivne
 - Väga kallid ja töömahukas
 - Peab olema piisavalt ruumi setteväljakute rajamiseks
 - Hävineb praktiliselt kogu põhjaloomastik

Setete eemaldamine. Espoo kogemus. Geokonteinerite kasutamine



Sette pumpamine järvest

Foto: Aimar Rakko

Setete eemaldamine.

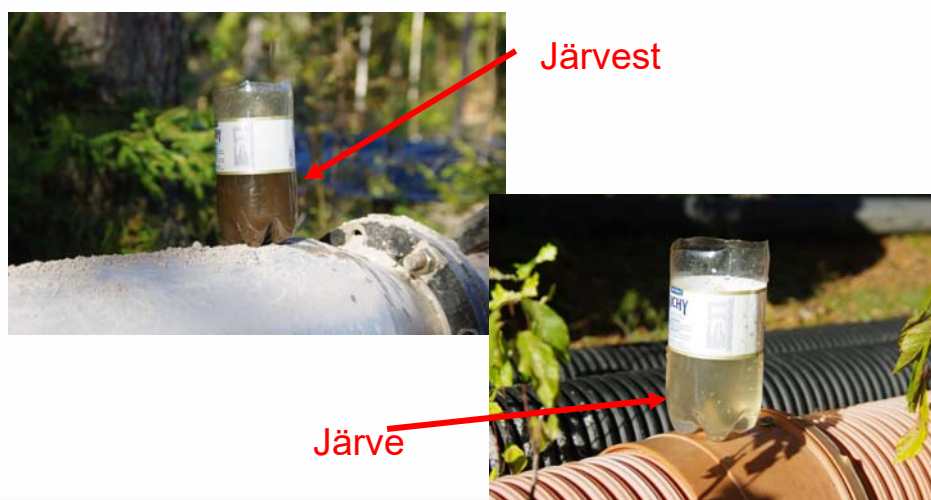
Setete paigutamine nn. geokonteinerisse



Setete eemaldamine. Espoo kogemus



Setete eemaldamine. Espoo kogemus



Veetaseme tõstmine

- Oligotroofne Kuradijärv Kurtnas.
- Veetase järves alanes liigse põhjavee ammutamise tõttu.
- Kuivalejäänud järvenõgu kattus võsaga.
- Põhjaveetase on tasapisi taastunud.
- Üleujutatud võsa muudab tugevasti järve aineringeid.



Foto: I. Ott

www.emu.ee
Maaülikool
University of Life Sciences

Hajus õhutamine ja veekihistuse lõhkumine

- Järve põhja paigutatakse perforeeritud torud või gruppidega pihustid.

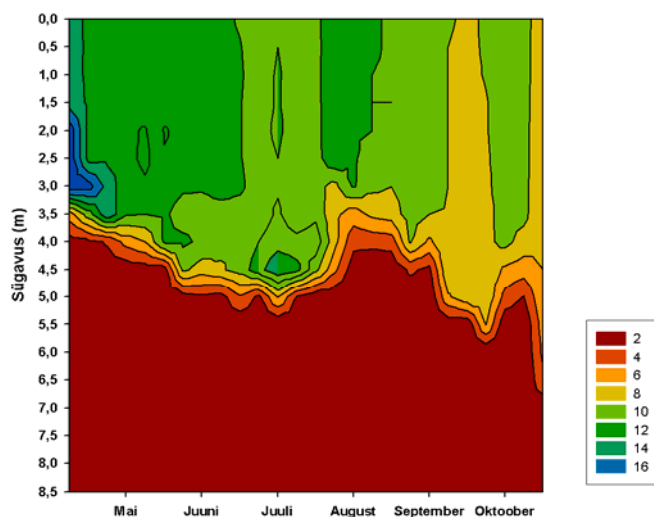


www.emu.ee
Eesti Maaülikool
EMU Estonian University of Life Sciences

Kihistunud järvede eripära arvestamine

- Eelduseks on reostuse lõpetamine
- Väga suured gradiendid pinna- ja põhjakihtide vahel

Hapnik mg/l 2000.a.



Biogeenne meromiksia

- Tüüpiline näide Kooraste Linajärv
- Üldaluselisus pinnal 3 mg/l, põhjas 300-1000 mg/l
- Üld-P pinnal 50-60 mg/m³, põhjas üle 1000 (isegi 25000) mg/m³
- Üld-N pinnal 600-1500 mg/m³, põhjas 5000-7000 mg/m³.

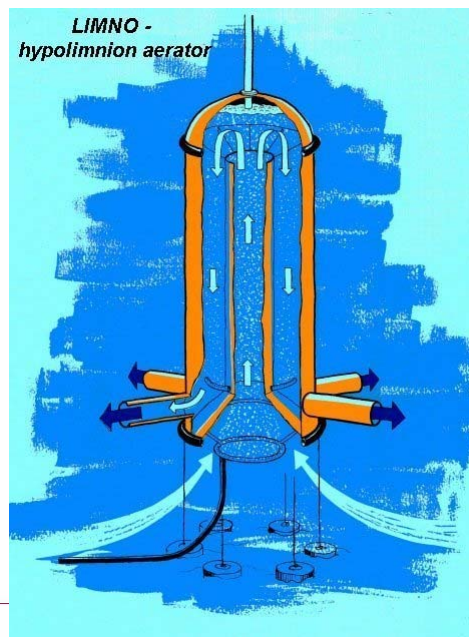


Miks on vaja säilitada hüppekihti?

- Toiteained jäävad hüpolimnioni ja pole fütoplanktonile ja suurtaimedele kättesaadavad.
- Toiteained jõuavad adsorbeeruda raudhüdrosiididel.
- Samuti on takistatud raua ja mangaani vabanemine.
- Viimaste lahustumatuna hoidmine on vajalik puhul, kui seda vett soovitakse kasutada joogiveeks.

Hüpolimnioni aereerimine

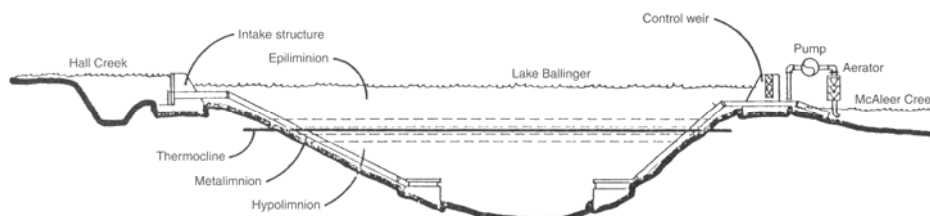
- Üks levinumaid aeraatorsüsteeme "LIMNO" või „HYPO“.
- Aereerimine ei pruugi anda soovitud tulemust kui setete biogeenide sidumisvõime on väike.



www.emu.ee
EMU Eesti Maaülikool
 Estonian University of Life Sciences

Hüpolimnioni vee ärajuhtimine (sifoneerimine)

- Hüpolimnioni "loputatakse" puhta ja hapnikurikka veega.
- Protseduur kestab seni, kuni kõik toiteained on hüpolimnionist välja viidud ja setete pindmine kiht aereeritud.
- Mida hakata peale aga toiteainerikka veega?



www.emu.ee
EMU Eesti Maaülikool
 Estonian University of Life Sciences

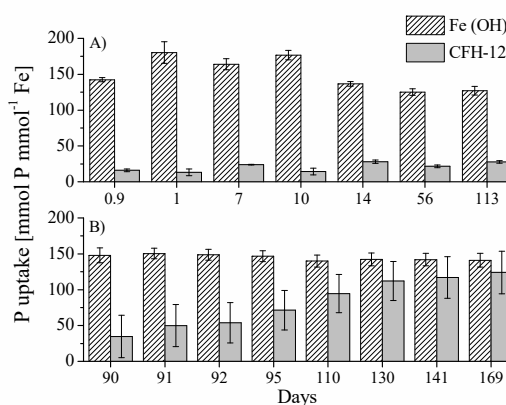
Kemomanipulatsioon

- Erinevaid võimalusi sette ja vee keemiliseks töötlemiseks:
 1. töötlemine alumiinium- ja rauaühenditega
 2. Phoslock
 3. koagulandid (graanulid)
- Vaja teada Fe:P või Al:P suhet
- Probleeme vee pH-ga. Al ja Fe võivad muutuda toksiliseks elustikule:
 - Velsted järv Taanis. Kasutati polüalumiiniumkloriidi. Hukkusid kõik jõevähid (*Astacus astacus*)
 - Littoistenjärv Soomes. Kasutati polüalumiiniumkloriidi. Muutus toksiliseks kaladele



Koagulandid

- Uuem tehnoloogia
- Peamiselt rauaühendid (nt. Kemira CFH12)
- Oluliselt stabiilsemad, kui eelnevad kemikaalid
- Läbi viidud mõned laboritingimustel eksperimentid
- Välitingimustes pole katsetatud
- Toksilisus pole teada



Fuchs, E., Funes, A., Saar, K., Reitzel, K. & H. Jensen (2017)
 Evaluation of dried amorphous ferric hydroxide CFH-12® as agent for binding bioavailable phosphorus in lake sediments. Science of the Total Environment. 628-629. 990-996

RIPLOX meetod

- On arvestatud ühekordseks veekogu mõjutuseks suhteliselt lühikese aja jooksul.
- Kestab teoreetiliselt väga kaua.
- Kui setetes on vähe rauda, siis töödeldakse esmalt setteid raudkloriidiga.
- Et vältida pH langust, lubjatakse järve peale rauaga töötlemist.

RIPLOX meetod

- Setet töödeldakse äkketaolise kultivaatoriga, mille küljes olevate pulkade kaudu juhitakse settesse suruõhku ja kaltsiumnitraati.
- Lisatud nitraadid denitritseeritakse bakterite toimel vabastades hapniku.
- Oksüdeerunud raud seob fosfori.
- Oksüdatsiooniprotsesside käigus orgaaniline aine laguneb lämmastikkuks, süsihappegaasiks ja veeks.



Suurtaimestiku eemaldamine

- Tervendamine on väga keerukas.
- Oluline on omada teadmisi elustiku suktessioonist, liikide ökoloogilistest nõuetest jne.
- Meil Eesti tingimustes enamasti tuleks kõne alla üksnes veekogu algse loodusliku ilme andmine ja eutrofeerumise vähendamine, kuid mujal on oluline ka näiteks veelindude pesitsuspaikade loomine ja kalda-äärsete alade kasutamine kariloomadele, põllumaaks.



Taimede töötlemisala Ilmatsalu paisjärves. Saarekese pindala on 2143 m². Taimestikust harvendatav ala moodustab järve pindalast 15,8% (vastavalt 3,48 ha ja 22 ha)

Truxor niidab veetaimi Viljandi järves 2017. a.

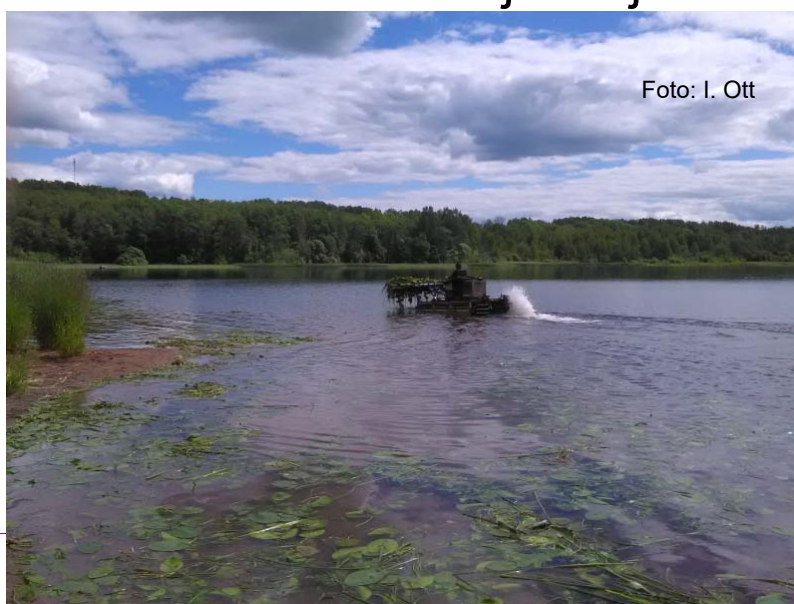


Foto: I. Ott



Üldisi soovitusi taimede eemaldamiseks

- Peab takistama setete levikut üle järve (hästi Arbis, halvasti Verevis, Pühajärves, Innis)
- Taimede eemaldamine juures tarvis teada setete koostist ja kvaliteeti
- Hinnata niidetava (taimedest puhastatava) ala tähtsust vee-ökosüsteemile



Biomanipulatsioon

- Meetod veekogu seisundi mõjutamiseks toiduahelate kaudu
- Biomanipulatsiooni eesmärk – elustikurühmade looduslähedase tasakaalu saavutamise tagamiseks vähemalt head ökoloogilist seisundit

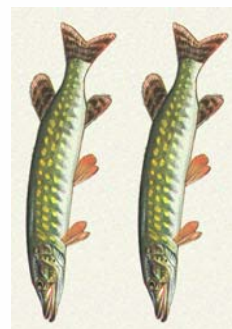
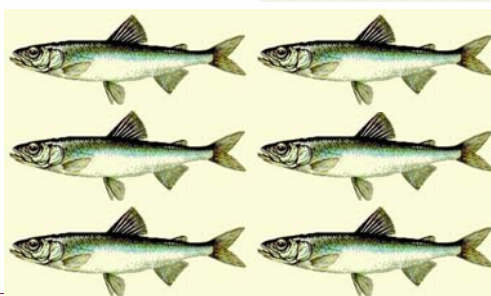
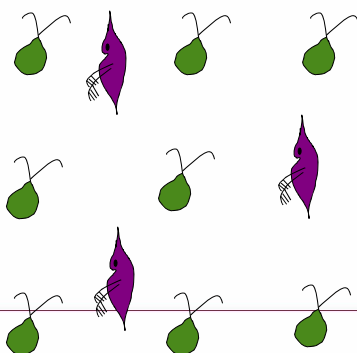
Vähe röövkalu

Palju lepiskalu

Vähe zooplanktonit, väikesed loomad

Palju vetikaid, suured vetikad

Vee kvaliteet on halb !!!

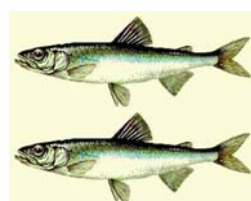
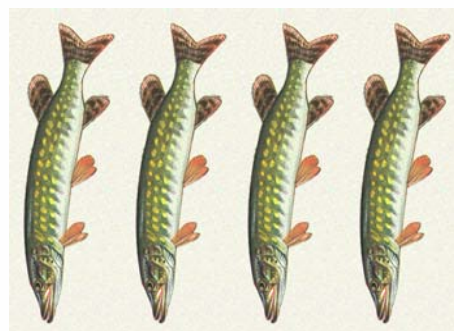
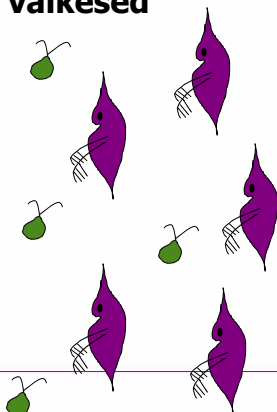


Palju röövkalu

Vähe lepiskalu

Palju zooplanktonit, suured loomad

Vähe vetikaid, väikesed




**Bio-manipulatsiooni eesmärk
hea vee kvaliteet**



Kui palju biomanipulatsiooni kasutades lepiskalu välja püüda?

- Eduka biomanipulatsiooni kogemus Euroopa järvedes on teatab, väljapüütavate lepiskalade koguse saab arvutada valemist:
 - Püügivajadus = $16,9 \times TP^{0,52}$
- Näiteks Harku järve keskmine üldfosfori sisaldus (TP) on 135 µg/l. **Välja oleks vaja püüda lepiskalu 217 kg ha⁻¹ a⁻¹!**



Tahtsime head, läks nagu alati!



Inni järv. Aprill 2006.



Järve pindala on 24,5 ha. Pehmeveeline.
Mõjutatud kalda-ala ca 0,3 ha (ca 1%
pindalast). Vee õitsemist järgneval
kasvuperioodil põhjustasid mürke tootvad
sinivetikad



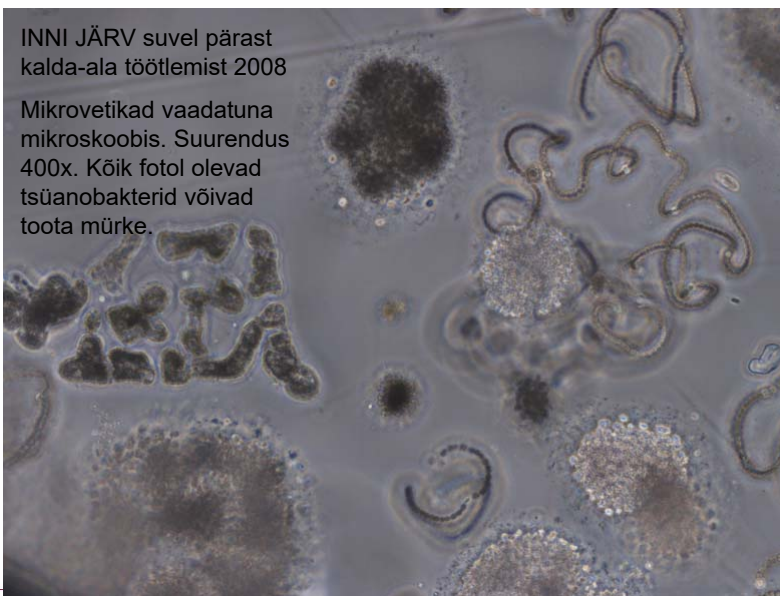


Inni juhtumi arvutused

- Ala mõõdud on hinnanguliselt 35 x 85 m, st. ca 3000 m². Tööde käigus sogastatakse vett, settesse ladustunud toitesoolad lahustuvad taas vette, kuigi enamus settest eemaldatakse.
- Inni järve selle ala setted on peamiselt orgaanilised, milles on kuivainet ca 20%.
- Arvestades Eesti järvede sette fosfori uuringuid võis oletada, et selle kogus Innis on ca 0,7 mg/g kuivaine kohta.
- Arvestades ala sette mahtu difundeeruks järvevette ca 0,1 gP/m².
- Sellelt kalda-alalt vette lahustuv fosfor võib suurendada järves olevat **P kontsentratsiooni veerandi kuni poole võrra**. Sel juhul oleks P kogus järves ca 30-40 mg/m³, mis on ökoloogilist seisundit silmas pidades oluline muutus.
- Sellise P koguse lisandumise korral on oodata tuleval kasvuperioodil järves veeõitsengut. **JA NII KA LÄKS!**

INNI JÄRV suvel pärast
kalda-ala töötlemist 2008

Mikrovetikad vaadatuna
mikroskoobis. Suurendus
400x. Kõik fotol olevad
tsüanobakterid võivad
toota mürke.



PÜHAJÄRV 2004

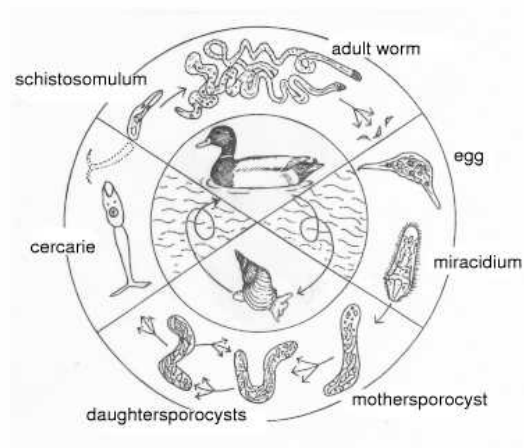
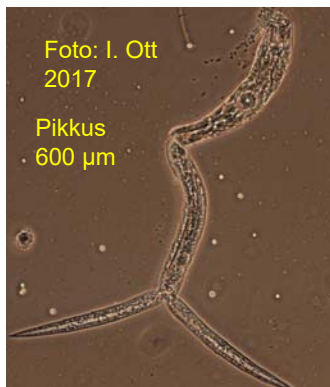




Juhtum Hollandist

- Suplusjärv rikutud, taheti tervendada
- Kasutati biomanipulatsiooni püüdes välja lepiskalad
- Tulemus: Vesi puhtam ja selgem, aga levisid ohjeldamatult teod. Inimesed läksid kupla.
- Seletus: Muudeti elustikurühmade tasakaalu. Särjed söid enne tigused, enam mitte. Levisid veelindude parasiidid, imiusside vastsed, keda oli väga palju ja ründasid ka inimesi.

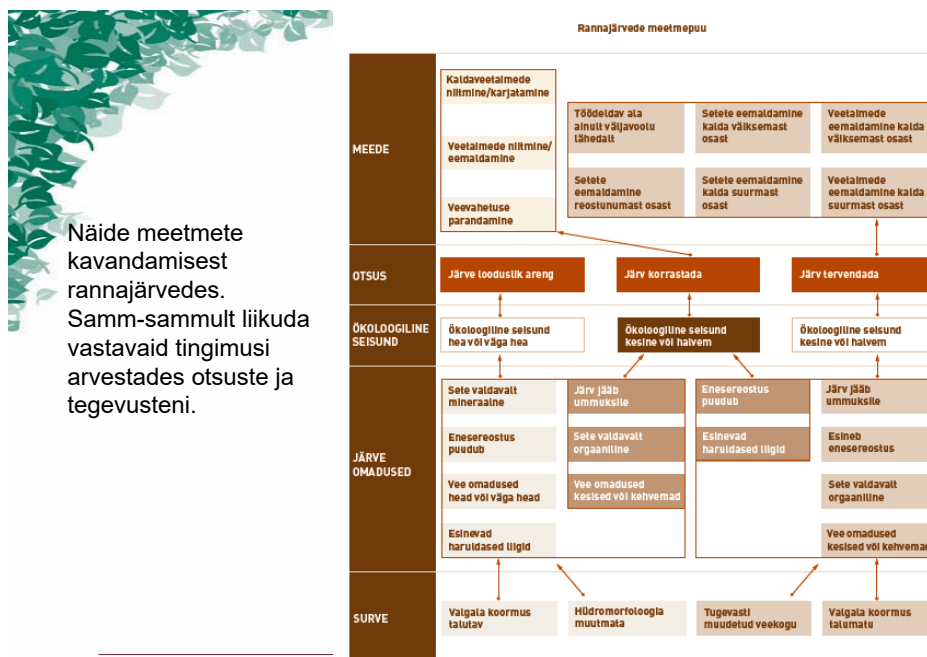
Imiussi, *Trichobilharzia ocellata*, tserkaar



Avastatud ka Eestis 2017. a. Viljandi, Meelva järves ja Suurlahes

Üldisemaid mõtteid

- Edukaks tervendamiseks:
 - Välisreostus lõpetada
 - Eesmärgid paika
 - Tegevuse kõikvõimalikud variandid läbi mõelda
 - Arvutada/arvestada tervendamisel kaasnevate kõrvalmõjudega
 - Kavandada olukorra hindamine enne ja pärast töid (seire, ökosüsteemiteenuste kvaliteet)
 - Hoiduda põhimõttest: “Davai, davai, potom posmotrim!”



Näide meetmete kavandamisest rannajärvedes. Samm-sammult liikuda vastavaid tingimusi arvestades otsuste ja tegevusteni.

Joonis 5.2.3.1. Rannajärvede hooldamise- või tervendamise vajaduse hindamise skeem lähtuvalt erinevatest keskkonnaseisundi lähtetingimustest ja kalitse-eesmärkidest. Koostaja Ingmar Ott.

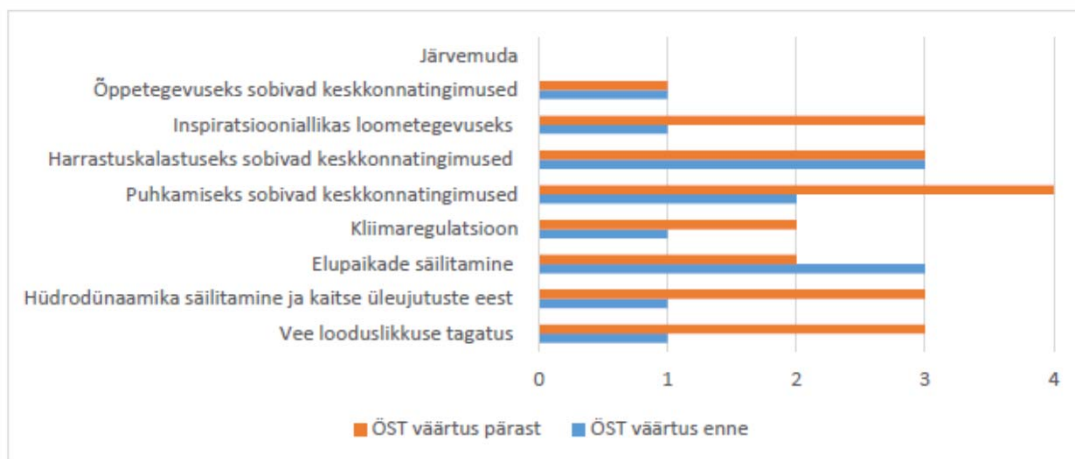
Olulisemad järved, mida peaks tervendama

- Harku
- Verevi
- Lahepera
- Kahala
- Veisjärv
- Neitsijärv
- Kariste
- Lasva
- Erastvere
- Kuradi
- Martiska
- Vööla meri
- Mäeküla
- Kaiavere
- Jõemõisa-Kaiu-Papi
- Klooga
- Köstrijärv
- Maardu
- Ülemiste
- Ruusmäe
- Väimela Alajärv
- Pullijärv
- Linnulaht
- Kiissalaht
- Käomardi laht

Järved, mis tähtsad, aga saaks lihtsamate meetoditega hakkama

- Ähijärv
- Aheru
- Anne kanal
- Kubija
- Leegu
- Karijärv
- Kuremaa
- Pangodi
- Lavassaare
- Meelva
- Jõuga Pesujärv
- Hino
- Tänavjärv
- Uljaste

Tervendamistööde hindamine ökosüsteemiteenuste (ÖST) kaudu (Teppo, 2016). Kadrina paisjärv. Tulemus hinnatud mõõdukaks.



Kadrina paisjärv 2017.

Finantstoetus oli 2011. aastal.



Vaba vett praktiliselt ei ole



Väljavoolu kaskaad

Kirjandust

1. Järvede tervendamise Käsiaraamat www.limnos.ee
<http://pk.emu.ee/struktuur/limnoloogiakeskus/teadustoo/publikatsioonid/jarvede-tervendamine-kogumik/>
2. Cooke, G. D., Welch, E. B., Peterson, S., A. Nichols, S. A. 2005. Restoration and management of lakes and reservoirs. Taylor & Francis Group. 588 pp.
3. Björk, S. 2014. Limnological methods for environmental rehabilitation. The fine art of restoring aquatic ecosystems. Schweizerbart Science Publishers. 381 pp.
4. Rannikulõukad Eestis ja Läänemere keskosas. 2012. Arengulugu, geoloogia ja hüdroloogia, elustik ning looduskaitse väärtus. M. Kose (toim.). TÜ Pärnu Kolledž, Keskkonnaamet, EMÜ PKI Limnoloogiakeskus. *Natureship*. 143 lk.
5. Ott, I.; Pedusaar, T.; Järvalt, A. 2006. Järvede tervendamine ja biomanipulatsioon. Eesti Looduseuurijate Seltsi aastaraamat (47 - 69).
6. Ott, I.; Kõiv, T.; Nõges, P.; Kisand, A.; Järvalt, A.; Kirt, E. 2005. General description of partly meromictic hypertrophic Lake Verevi, its ecological status, changes during the past eight decades and restoration problems. *Hydrobiologia*, 547, 1 - 20.
7. Prede, M.; Ott, I.; Kisand, A.; Laugaste, R.; Mäemets, H.; Timm, H.; Järvalt, A.; Kirt, E.; Oja, T. 1999. Lakescape of Otepää: past, present and future. Otepää: PHARE/TACIS Projekt
8. Teppo, T. 2016. Eesti järvetervendamisprojektide tulemuslikkuse hindamine ja meetmete tõhusus. Vee ja maismaa ökosüsteemide rakendusbioloogia õppekava magistritöö. Eesti Maaülikooli Põllumajandus- ja Keskkonnainstituut. Tartu. 83 lk.