

# Littoistenjärven veden laatu vuonna 2022 - tuloksia ja tulkintoja

**Jouko Sarvala**  
**Turun yliopisto**

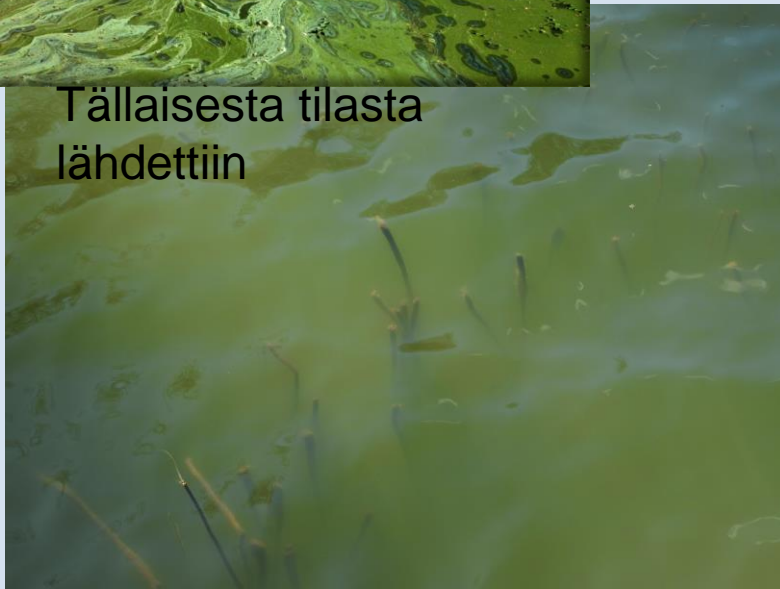
Teksti, valokuvat ja grafiikka:  
Jouko Sarvala

**Littoistenjärven neuvottelukunta**  
**1.12.2022**

Huonoon kuntoon 2000-luvulla mennyt Littoistenjärvi kunnostettiin saostamalla veden ja sedimentin pintakerroksen fosfori polyalumiinikloridilla 11.-12.5.2017. Kemiallinen kunnostus toimi: vesi kirkastui muutamassa tunnissa, ja positiivinen vaikutus kesti useita vuosia. Littoistenjärven tilaa seurataan jatkuvasti. Tässä esityksessä kerron vuoden 2022 seurannan tuloksista ja tulkiten havaintoja. Täydennän raporttia kun planktontulokset on saatu.



Tällaisesta tilasta  
lähdettiin



4.5.2017 – viikko ennen käsittelyä

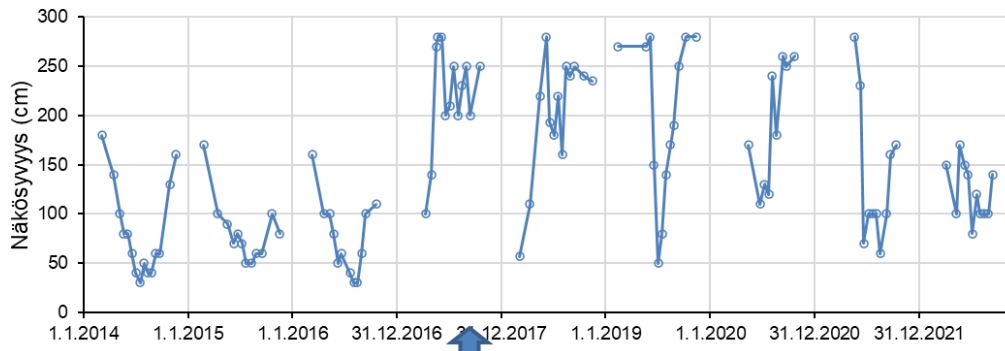
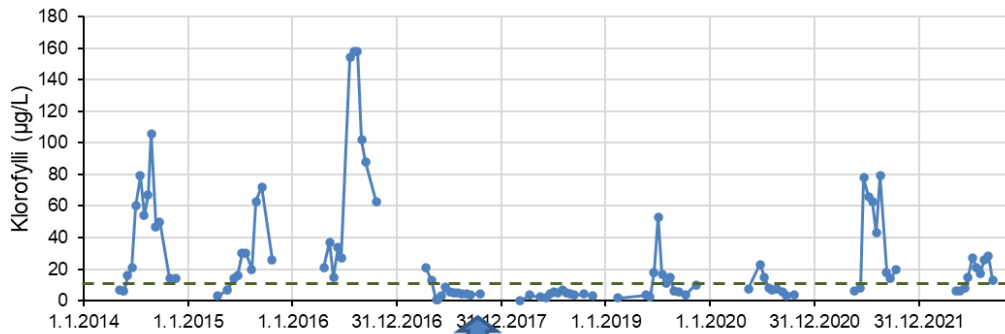
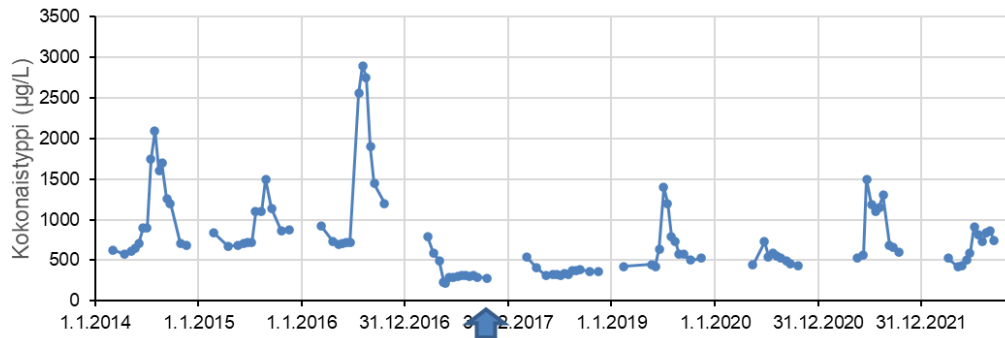
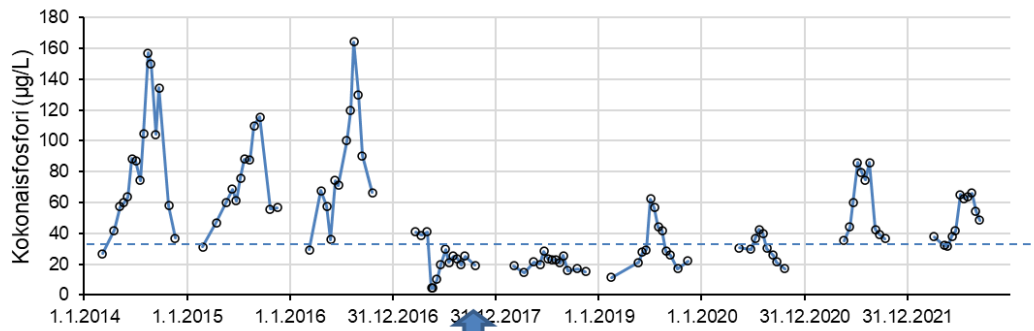


Sama  
paikka 12.5.2017,  
24 tuntia  
käsittelystä

Sama  
paikka neljä  
kesää  
käsittelystä



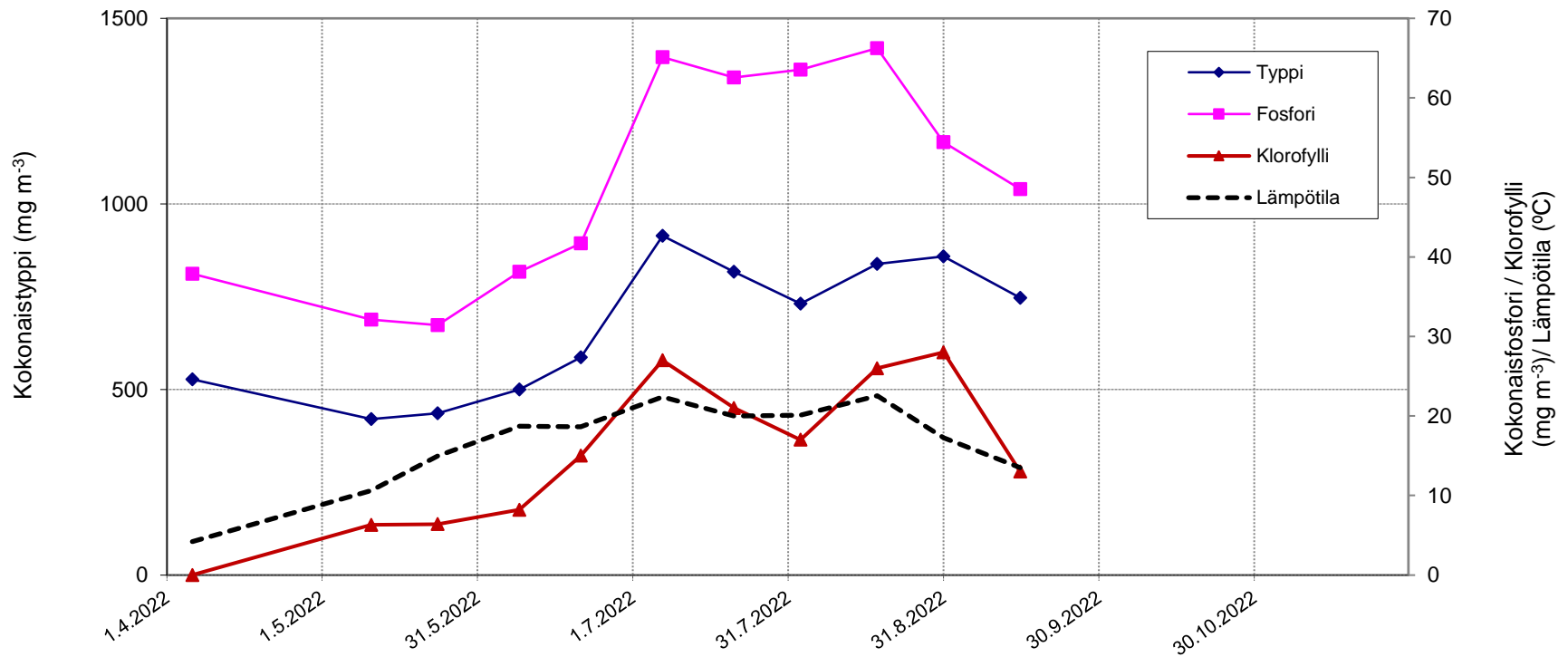
# SAOSTUKSEN VAIKUTUS VEDEN LAATUUN



Fosforin saostus vaikutti Litoistenjärven veden laatuun odotetusti. Muutokset näkyvät erityisen hyvin, kun seurataan vedenlaatumuuttujien kehitystä kesän aikana muutamia vuosia ennen ja jälkeen käsittelyn (2014-2022).

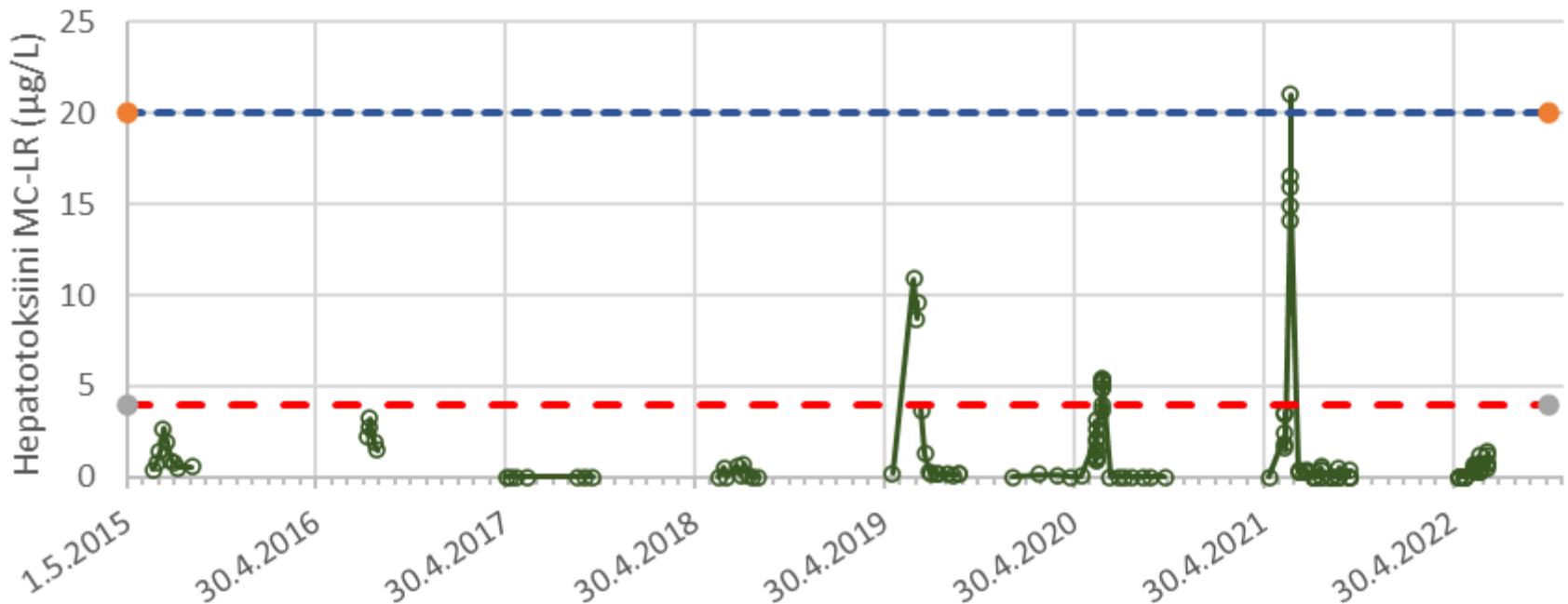
Katkoviivalla osoitettu virkistyskäytön kannalta hyvän veden laadun suunta-antava taso, paksu pystynuoli: kemikaalikäsittely

Vuonna 2022 tärkeimpien vedenlaatumuuttujien kehitys kulki aivan samassa tahdissa. Fosforipitoisuus kaksinkertaistui toukokuun puolivälistä heinäkuun alkuun, pysyi sitten elokuun puoliväliin saakka noin 65 µg/L:ssa minkä jälkeen se laski syyskuun puoliväliin mennessä alle 50 µg/L:n. Typpitaso vaihteli samassa tahdissa, huippulukemat olivat noin 1400 µg/L. Klorofyllipitoisuus seurasi myös tarkasti fosforin muutoksia. Fosforikäyrä puolestaan vastasi muodoltaan lämpötilakehitystä.



## SINILEVÄMYRKYT eli syanotoksiinit

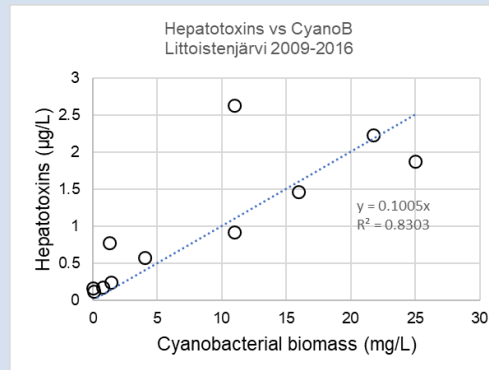
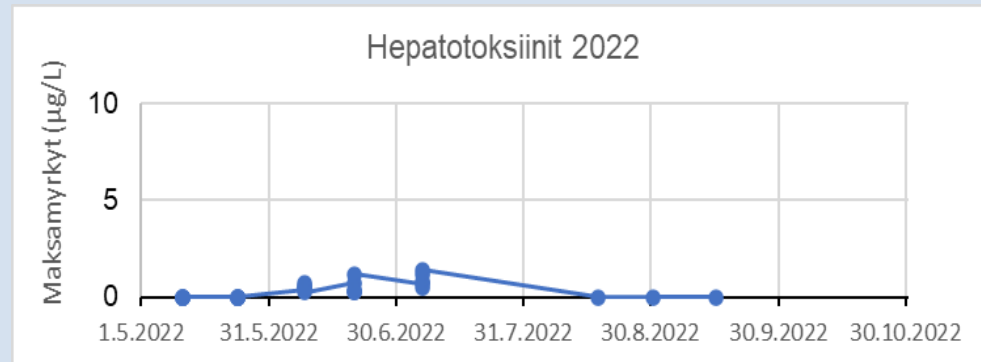
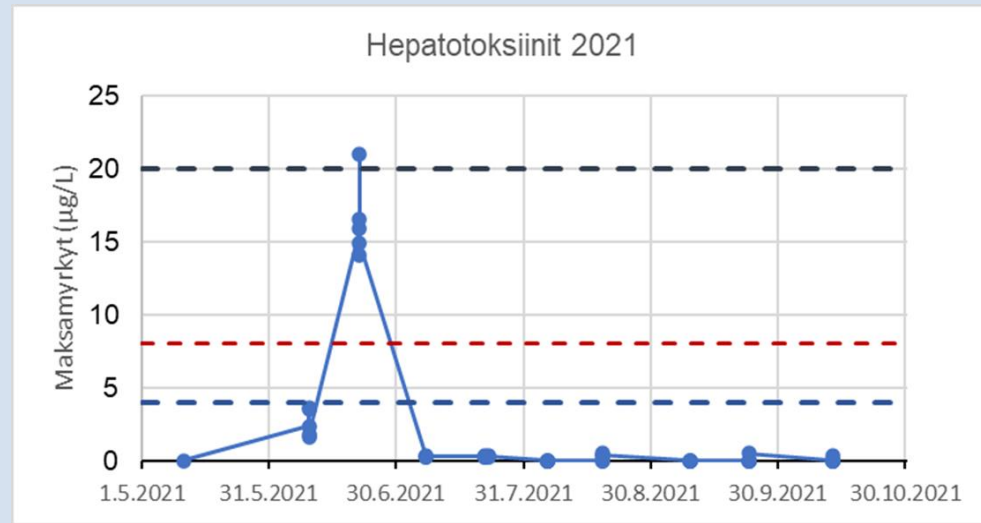
Turun yliopiston biokemistit ovat useiden vuosien ajan mitanneet sinilevien tuottamien maksamyrkkyjen (mikrokystiinit ja nodulariini) pitoisuuksia Littoistenjärven vedessä. Kahtena ensimmäisenä vuonna kemikaalikunnostuksen jälkeen myrkkyyä oli hyvin vähän, kuten syanobakteereitakin. Vuosina 2017 ja 2018 pitoisuudet alittivat WHO:n juomavesirajan 1 µg/L. Yllättäen myös käsittelyä edeltäneinä vuosina 2009, 2015 ja 2016 myrkkypitoisuudet jäivät alle eurooppalaisen alhaisen riskin virkistyskäyttörajan, vaikka syanobakteeribiomassat olivat korkeita. Kesinä 2019–2021 pitoisuudet ylittivät muutaman alkukesän viikon aikana alhaisen riskin rajan, mutta kesällä 2022 kaikki lukemat olivat lähellä havaitsemisrajaa tai sen alle.



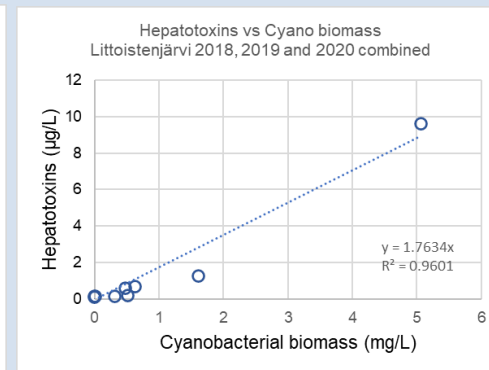
Korkeimmat maksamyrkkypitoisuudet mitattiin alkukesästä 2021, jolloin lukemat ylittivät juhannuksen seudussa hetkellisesti eurooppalaiset vähäisen ja kohtalaisen riskin virkistyskäyttörajat (4 ja 20 µg/L; siniset katkoviivat) sekä Yhdysvalloissa virkistyskäytölle asetetun raja-arvon (punainen katkoviiva; US EPA 2019). Heinäkuun alusta syksyyn saakka pitoisuudet olivat määrittämätarkkuuden rajoilla tai alapuolella.

Kesällä 2022 myrkkujen pitoisuudet ylittivät kesä-heinäkuussa juuri ja juuri määrittämätarkkuuden neljän viikon ajan.

Maksamyrkkujen määrä oli ennustettavissa syanobakteerien biomassasta. Yllättäen sama biomassa tuotti kunnostuksen jälkeen enemmän myrkyä kuin ennen kunnostusta. Ero johtuu lajistomuutoksista. Oleellista on kuitenkin se, että syanobakteerimyrkkujen kokonaismäärä on pysynyt pienenä, kun syanobakteerit ovat vähentyneet.



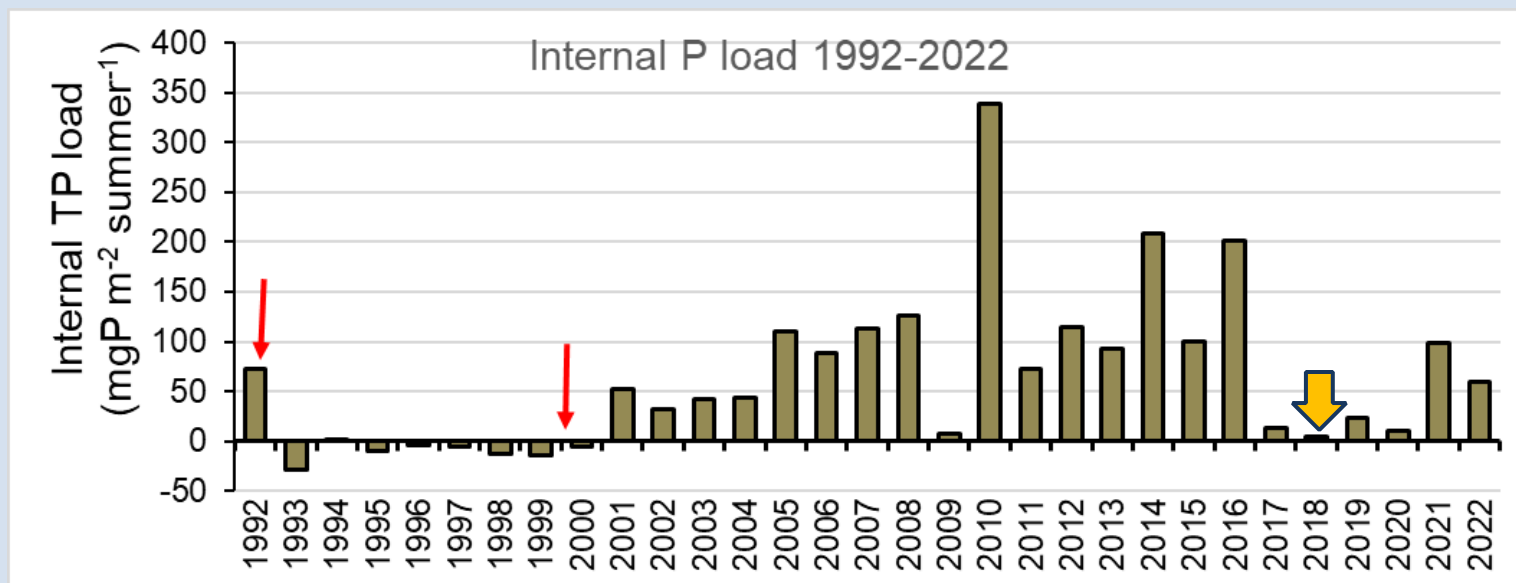
Ennen kunnostusta



Kunnostuksen jälkeen

## Sisäisen kuormituksen muutokset

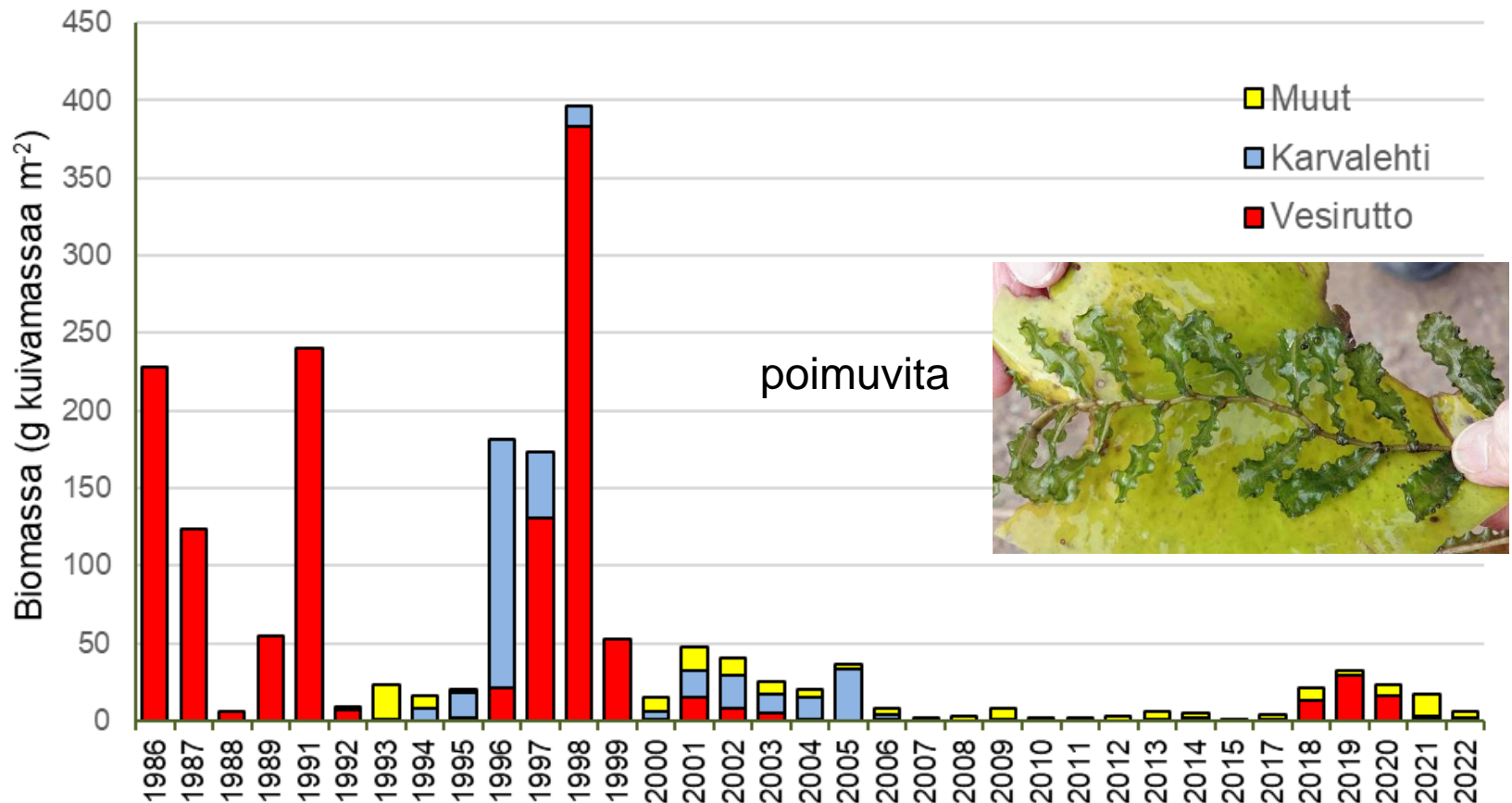
Littoistenjärven ongelmat ennen kunnostusta johtuivat voimakkaasti kohonneesta sisäisestä kuormituksesta, joka nosti järven fosforitasoa. Sisäisen kuormituksen nettomäärä laskettiin elokuun ja toukokuun fosforikeskiarvojen erotuksena. Fosforitason nousu oli vähäistä neljänä kesänä kemikaalikäsittelyn jälkeen, mutta viidentenä kesänä 2021 sisäinen kuormitus kohosi samalle tasolle kuin vuosina 2005-2008. Huonoimpien vuosien huippulukemiin jäi vielä matkaa. Kesän 2021 fosforitason noususta suurin osa ajoittui kesäkuulle ja heinäkuun alkuun, jolloin lämpötilat olivat useita asteita tavanomaista korkeampia. Kesällä 2022 lämpötila oli alempi ja sisäinen kuormitus oli pienempi.



## UPOSKASVIT

Uposkasvien valtakaudella 1990-luvulla vesiruton kasvu sääteli Littoistenjärven veden pH:ta, mutta 2000-luvulla uposkasveja oli niin vähän, ettei niillä ollut ratkaisevaa vaikutusta pH-arvoihin. Kemikaalikunnostuksen jälkeenkään uposkasvien määrä ei ole kasvanut sillä tavoin kuin odotettiin. Vaikka 0,5 – 1,5 m:n syvyydellä oli tiheitäkin vesiruttokasvustoja, jotka varmasti ovat nostaneet pH:ta paikallisesti, on silti epävarmaa, oliko uposkasveilla osuutta edes kesän 2021 pH-huippuihin.

### Littoistenjärven uposkasvibiomassat 1986-2022





## KÄSITTELYN ONNISTUMINEN: VEDEN LAATU

Kansainvälisissä yhteenvedoissa kunnostusta on pidetty onnistuneena silloin kun tärkeiden vedenlaatumuuttujien arvot käsittelyn jälkeen ovat enintään 50 % käsittelyä edeltäneen jakson keskiarvosta (Huser ym. 2016). Vedenlaatumuuttujien vuotuisia kesäkeskiarvoja 1.5.-15.9. on tässä verrattu käsittelyä edeltäneen jakson 2005-2016 vastaavaan keskiarvoon (näkösyvyksien suhde on käänteinen):

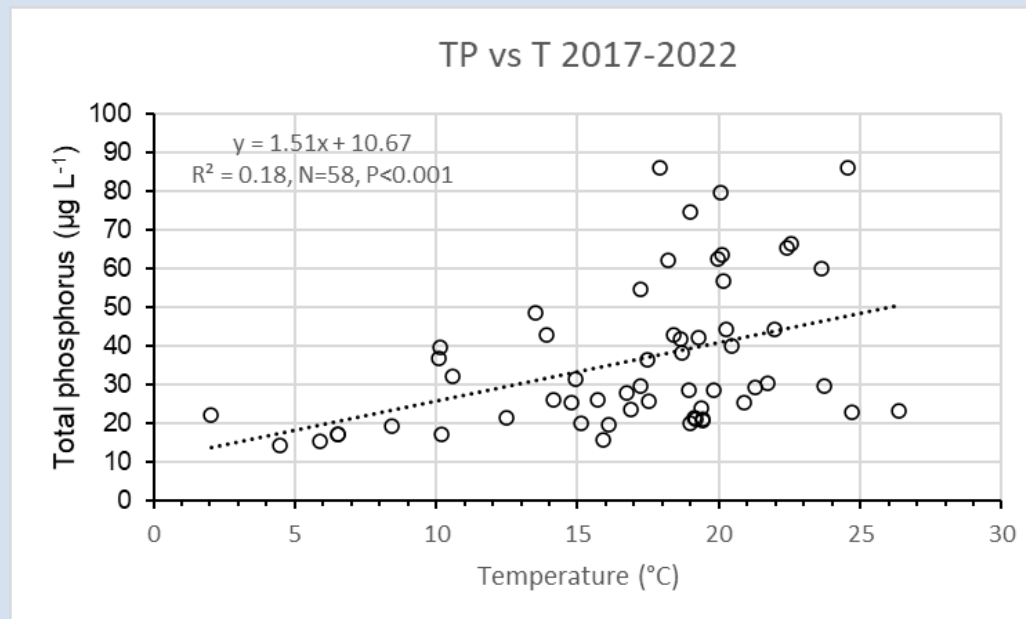
Vuosi	% TN	% TP	% CHL	% Näkösyvyys
2017	26	26	10	26
2018	29	24	9	26
2019	64	41	32	33
2020	47	36	23	33
2021	86	69	100	44
2022	59	55	37	48
2017-22	50	42	35	33

Fosforin ja typen osalta tulos oli hyvä neljänä ensimmäisenä vuonna, hellekesänä 2021 arvot olivat hiukan korkeampia. Klorofyllin arvot laskivat enemmän kuin fosforin ja pysyivät käsittelyn jälkeen alhaisina vuotta 2021 lukuun ottamatta. Näkösyvyys pysyi koko jakson hyvällä tasolla.

Typpiarvojen lasku tuli sivutuotteena kun syanobakteerit vähenivät. Fosforiin verrattuna heikommat typpiluvut kertovat syanobakteerien runsastumisesta.

# Mitkä tekijät säätelevät fosforin sisäistä kuormitusta?

- Littoistenjärven seuranta-aineisto sallii nyt entistä varmemmat tulkinnot
- Kuten useimmissa Suomen järvissä Littoistenjärvessäkin veden laatu riippuu ratkaisevasti fosforitasosta.
- Veden fosforipitoisuus määräytyy nopeatahtisessa dynaamisessa prosessissa, jossa fosforia tulee ja poistuu koko ajan. Sedimenttiin hautautuva fosfori poistuu ravinnekierrosta.
- Sisäisen kuormituksen välittömiä taustatekijöitä ovat veden **lämpötila** ja **pH**. Välillisiä tekijöitä ovat **uposkasvien ja kasviplanktonin yhteyttäminen**.
- Lämpötila yksin selitti vajaat 20% fosforin vaihtelusta, kun pH yksin selitti 42%. Molemmat olivat merkitseviä fosforitason selittäjiä multippeliregressiossa; pH oli kuitenkin näistä merkittävämpi.



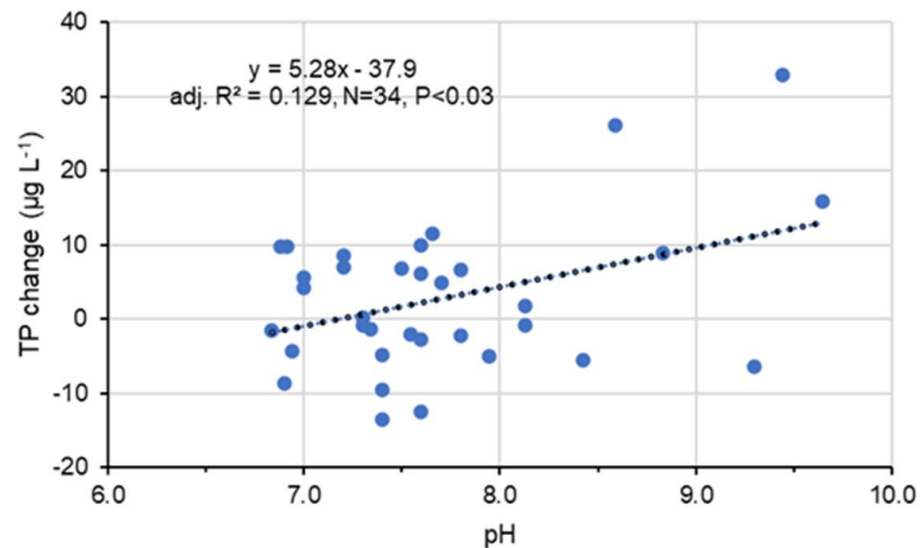
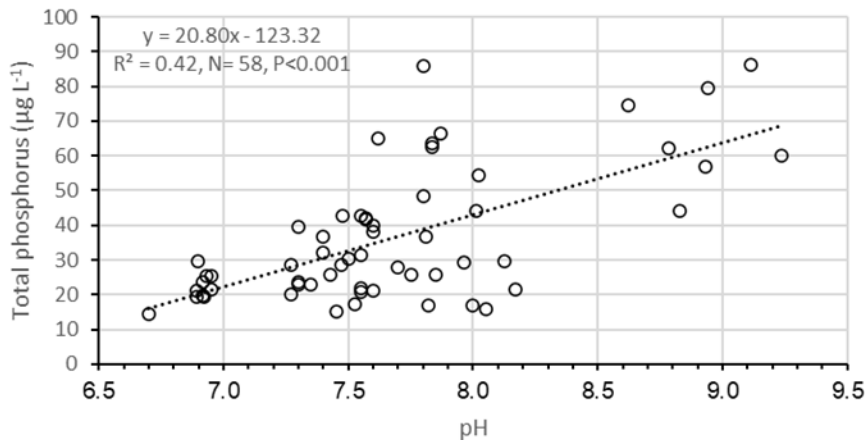
Veden fosforipitoisuus oli kunnostuksen jälkeen suorassa suhteessa edeltävien päivien pH-arvoihin (selitysaste 42 %), ja vastaavasti pH ennusti seuraavalla näytevälillä tapahtuvaa fosforitason muutosta, tosin selvästi huonommin. Kun  $\text{pH} < 8$ , fosforitaso oli lähellä ulkoisesta kuormituksesta ennustettua. Kun  $\text{pH} > 8,5$  fosforitaso lähti nousuun, eli sisäinen kuormitus käynnistyi - rautaan ja alumiiniin sidottu fosfori alkoi vapautua.

Vuosina 2019 ja 2021 pH nousi alkukesästä niin korkeaksi, että fosforin liukeneminen oli todennäköistä. Vuosina 2020 ja 2022 pH ja lämpötila pysyivät niin alhaisina, etteivät ne voineet aiheuttaa fosforitason nousua.

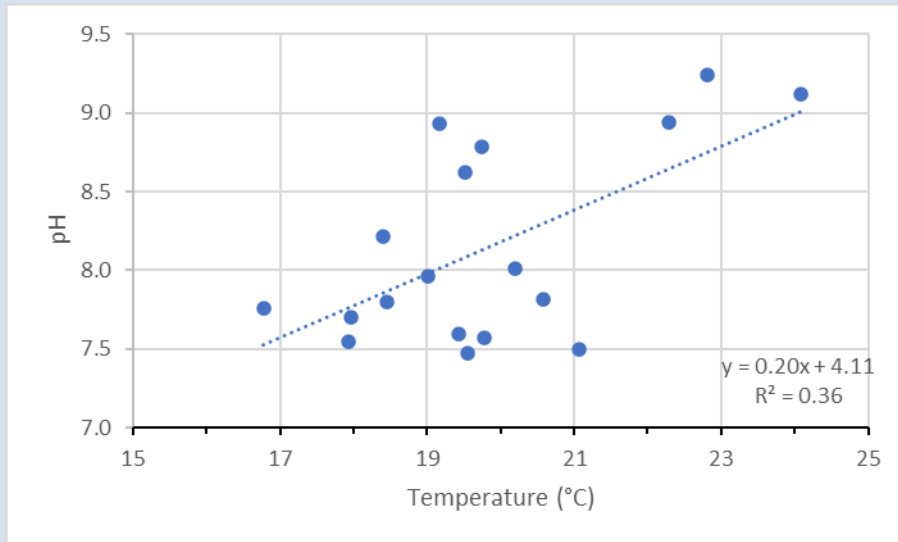
### MIKSI pH toisinaan NOUSI?

Useimpina vuosina pH nousi ennen fosforia. Tämä viittaa kalaston epäsuoraan vaikutukseen: eläinplanktonin tehokkaat levänsyöjät on syöty pois, kasviplankton pääsee lisääntymään, ja pH nousee.

TP vs pH preceding 2017-2022

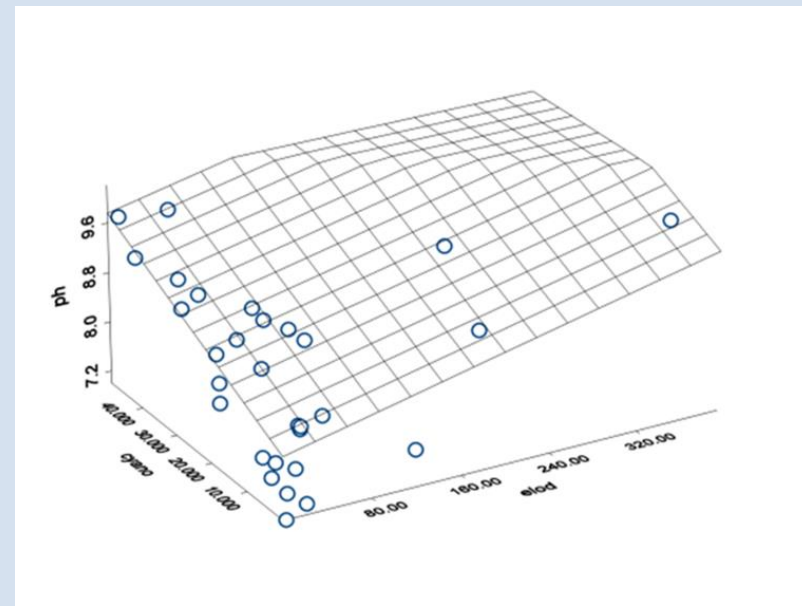


Lämpötilan ja pH:n vaikutusten erottelu on vaikeaa, koska pH riippuu osaltaan lämpötilasta (selitysaste 36 %).



Merkittävä pH-muutosten taustatekijä on **uposkasvien ja kasviplanktonin yhteyttäminen**, joka muuttaa karbonaattitasapainoa. Kasviplanktonin massaesiintymissä vallitsevat yleensä **syanobakteerit**.

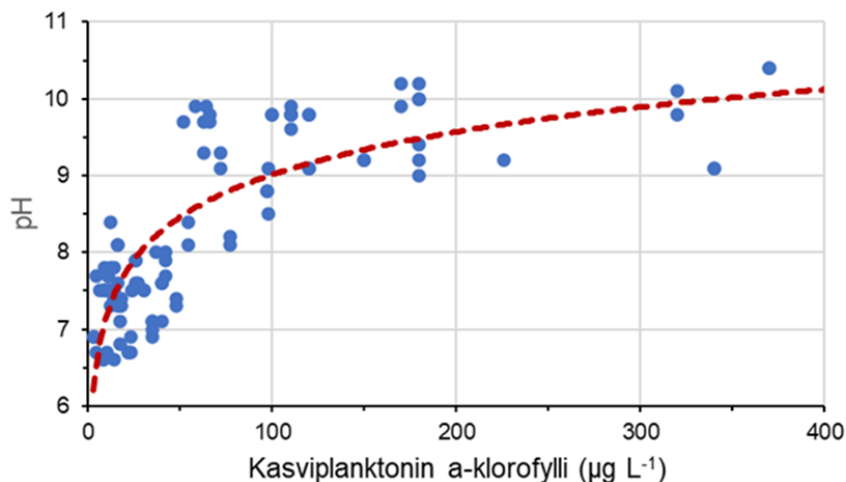
Pitkän aikasarjan multippeliregressiossa syanobakteerikukinnat vaikuttivat enemmän pH-arvoihin kuin **Elodea**, koska uposkasveja oli useimpina vuosina niukasti.



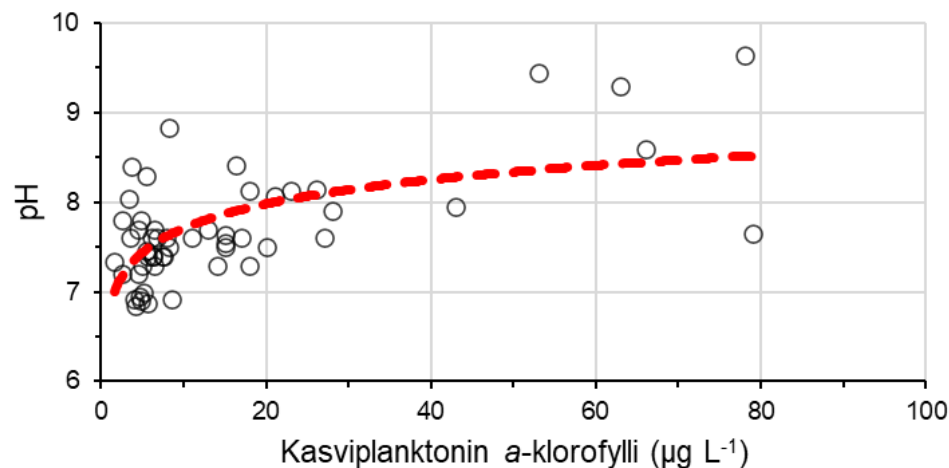
Kasviplanktonin merkitys pH:n säätelijänä näkyy erityisen hyvin Rymättylän Kirkkojärven aineistossa. Littoistenjärvestäkin vastaava riippuvuus löytyy, mutta se näkyy heikommin, kun korkeita klorofylliarvoja on vähän. Kuvasta voi karkeasti arvioida, että klorofyllin ylittäessä 50-60  $\mu\text{g L}^{-1}$  veden pH todennäköisesti nousee yli fosforin liukenemisrajan pH 8,5. Kynnys näyttäisi olevan sama kummassakin järvessä. Hajonta on kuitenkin suuri, ja raja-pH voidaan ylittää jo pienemmillä klorofyllilukemilla.

Kun fosforitaso on päässyt nousemaan, syntyy itseään vahvistava kehä, jossa rehevyys vain lisääntyy. Juhannusta edeltävä kevätkesä on kriittinen veden laadun kannalta.

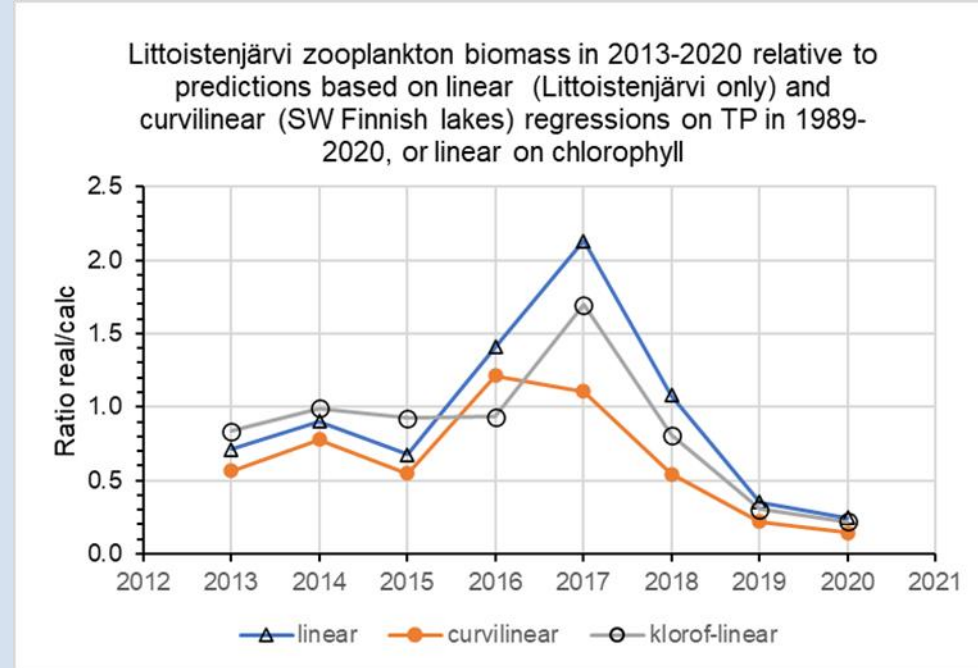
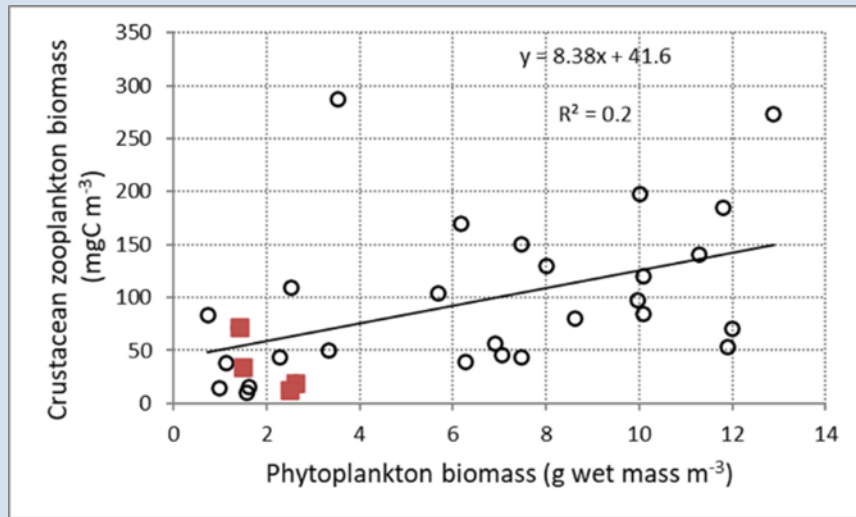
pH vs a-klorofylli Rymättylän Kirkkojärvi  
1973-2007 kesä



pH vs a-klorofylli Littoistenjärvi  
2017-2022 kesä

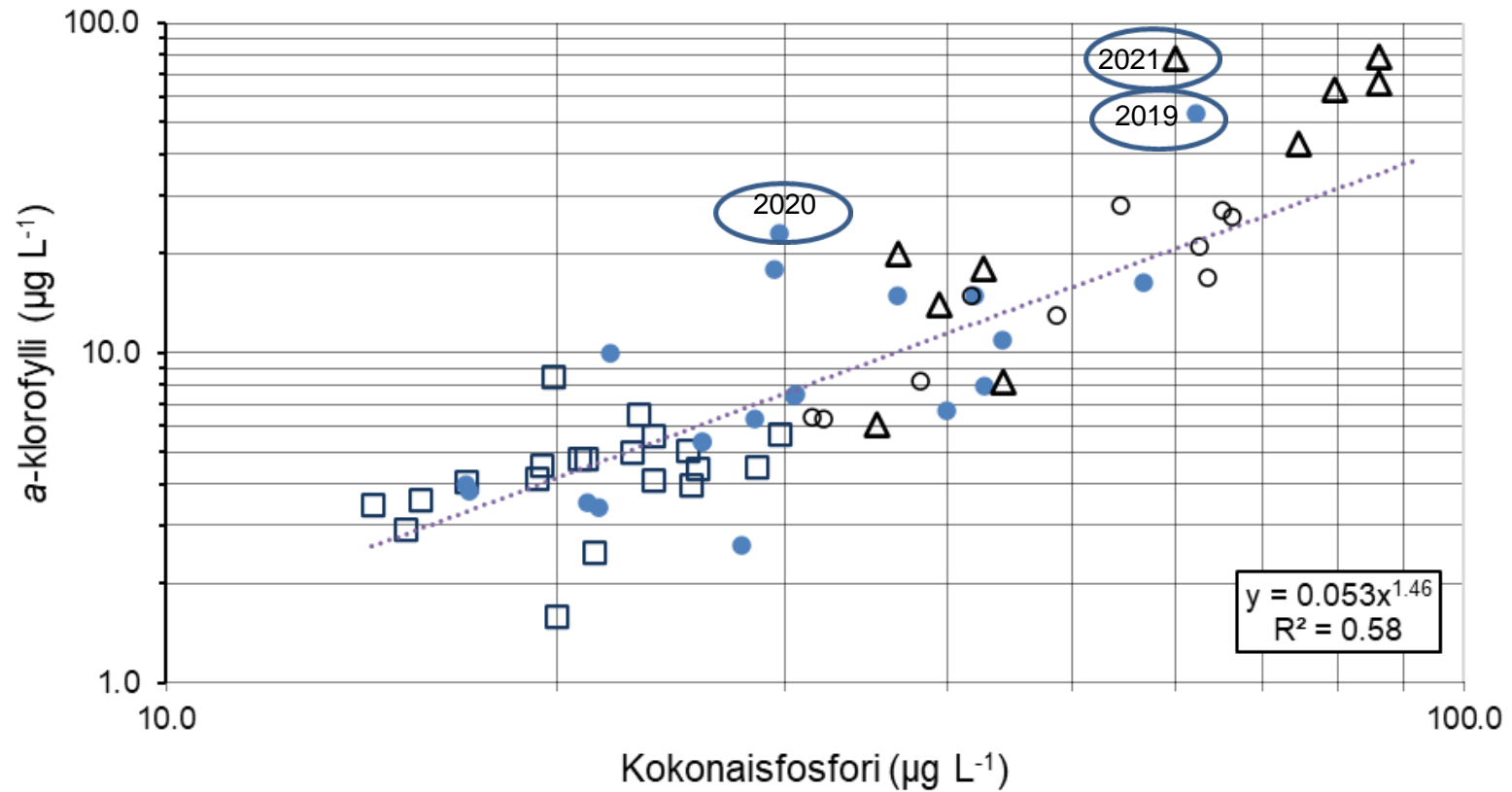


# Eläinplanktonin levänsyöjiä tarvittaisiin – niiden määrä riippuu kasviplanktonravinnon määrästä ja laadusta ja kalojen saalistuksesta



Littoistenjärvessä on ollut sekä ennen että jälkeen kemikaalikunnostuksen niin paljon kalaa, että eläinplanktonin biomassa on pysynyt pienenä, ja tehokkaat, kookkaat levänsyöjät on syöty pois. Käsittelyvuosi 2017 poikkeaa tästä säännöstä, silloin eläinplanktonia oli tavallista enemmän ja se pystyi säätelemään kasviplanktonia.

Klorofylli-fosfori-kuvassa erottuu kolme päivämäärää kesäkuun lopulla tai heinäkuun alussa 2019-2021, jolloin klorofylliä oli fosforiin verrattuna erityisen paljon, ja pH nousi korkeaksi. Tämä kielii planktonia syövien kalojen runsaudesta. Vuonna 2022 klorofylli/fosfori-suhde ei ollut erityisen korkea, ja pH pysyi alhaisena.

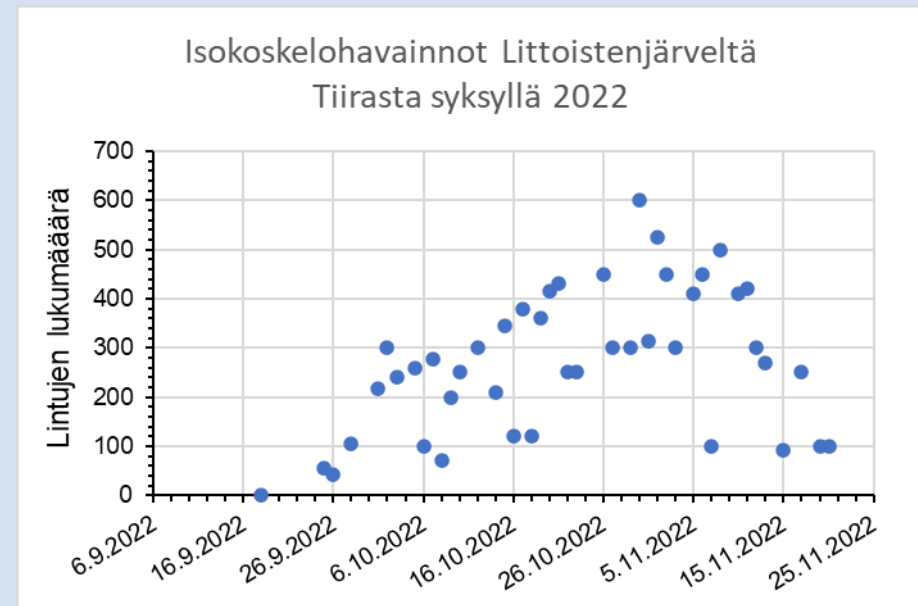


□ 2017-2018    ● 2019-2020    ▲ 2021    ○ 2022    ..... Power (2017-2020)

## Iso osa ongelmaa on vinoutunut ravintoverkon rakenne eli kaloja on liikaa

Liiallinen planktonia syövien kalojen määrä näyttää syypäältä planktonlevien alkukesän runsaushuippuihin, joihin liittyvät korkean pH:n jaksot aiheuttavat veden fosforitason nousua. Tässä on jälleen vaarana itseään vahvistavan kehän synty, kun kohonnut fosforitaso lisää kasviplanktonin määrää.

Kalansyöjälinnut voivat olla tässä avuksi. Littoistenjärvelle kerääntyi syksyllä 2021 ja 2022 vuosien tauon jälkeen satapäisiä isokoskeloparvia, jotka kalastavat pitkinä ketjuina. Ensimmäiset koskelot ilmaantuivat syyskuun lopulla ja lintujen lukumäärä kasvoi marraskuun alkuun asti. Kuvio oli hyvin samanlainen kuin ennen järven kunnostusta.





# Mitä tarkkailutulokset kertoivat veden laadusta kemiallisen käsittelyn jälkeen?

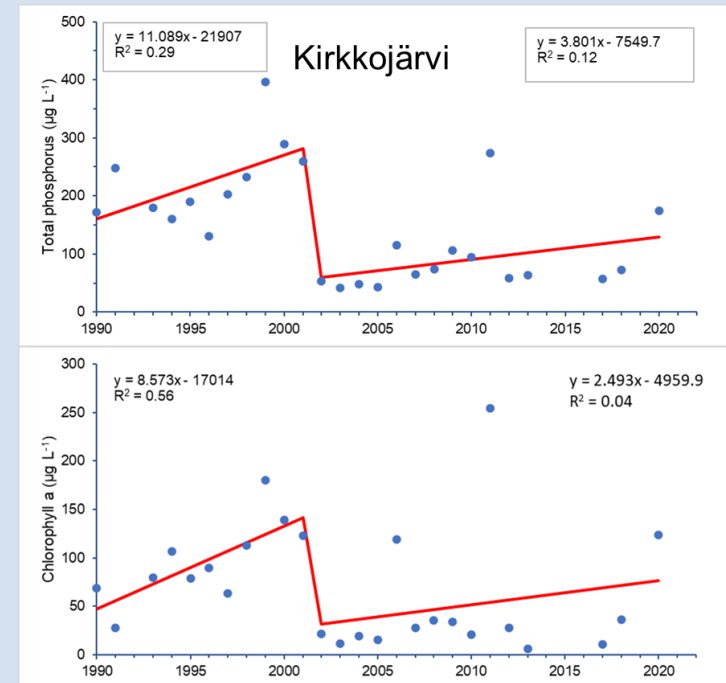
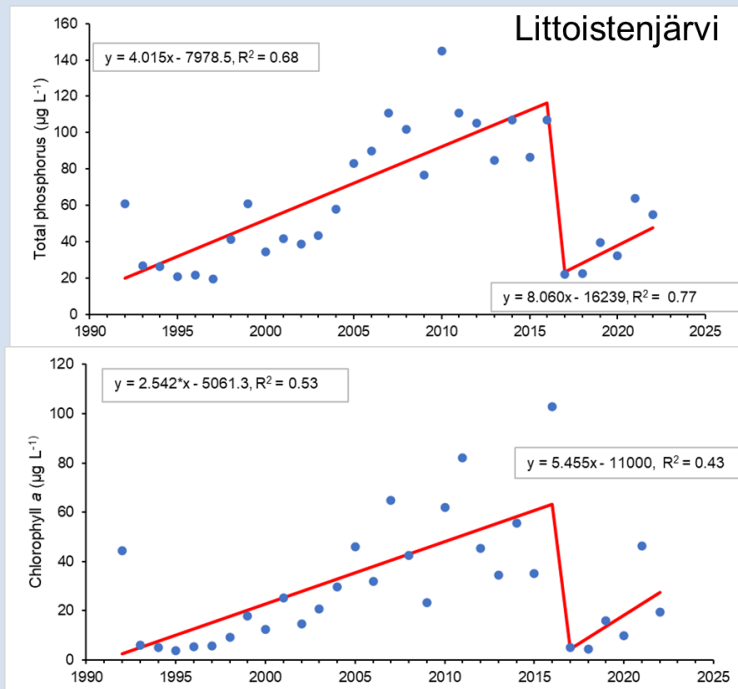
- Fosforin kemiallinen saostus paransi merkittävästi Littoistenjärven veden laatua.
- Käsittelyn positiivinen vaikutus oli selvä neljänä ensimmäisenä kesänä (2017-2020), viidentenä kesänä (2021) veden laatu heikkeni pitemmäksi aikaa, ja fosforin sisäinen kuormitus kohosi selvästi, mutta kuudentena kesänä (2022) veden laatu parani jälleen.
- Kahtena ensimmäisenä kesänä syanobakteerimyrkkyjen määrä oli havaitsemisrajalla tai sen alle. Seuraavina vuosina (2019 – 2020) maksamyrkkyjen huippupitoisuudet juhannuksen aikoihin ylittivät virkistyskäytön alhaisen riskin rajan, vuonna 2021 kohtalaisenkin riskin rajan. Myrkkyjen määrä väheni kuitenkin näinä vuosina nopeasti ja heinäkuulta alkaen jäi havaitsemisrajan alle. Kesällä 2022 maksamyrkkyjen määrä pysyi suurimman osan ajasta alle määrittämissä rajoina.
- Kunnostuksen vaikutukset näkyivät selvimmin ravinteissa ja kasviplanktonissa. Sen sijaan uposkasveissa, eläinplanktonissa ja kaloissa vaikutuksia ei juuri näy. Mutta linnut puolestaan reagoivat herkästi muutoksiin.
- Vaikka hyvää ekologista tilaa ei pysyvästi saavutettu, Littoistenjärven kemiallista kunnostusta voidaan pitää varsin onnistuneena. Samenenemisjaksoista huolimatta vedenlaatu rajoitti käsittelyn jälkeisinä vuosina Littoistenjärven virkistyskäyttöä vain parin viikon ajan kesäkuun jälkipuoliskolla.

# ENTÄ JATKO? Tarvitaanko hoitotoimia?

- Littoistenjärven fosforitaso oli kesällä 2022 melko korkea, mutta syanobakteereita ja niiden tuottamia maksamyrkkyjä oli vain vähän. Järvi pysyi virkistyskäyttökelpoisena koko kesän.
- Jatkokehitys riippuu paljon säästä. Hoitotoimien tarve ei vielä ole kovin akuutti, mutta **ilmastus** lienee hyödyksi ja **kalaston vähentäminen** olisi tarpeen.
- Jääpeitteinen kausi on nopeasti lyhenemässä ilmaston lämpenemisen takia, mikä vähentää ilmastustarvetta. Kahden virtauskehittimen ja lisäpumpun avulla happikato onnistuttiin välttämään jopa pitkänä jäätalvena 2002-2003. Ongelmana oli jääpeitteen heikkeneminen laajalla alueella. Kauluksellisella Waterixilla tätä ongelmaa ei ole.
- Vuoden 2021 seurantaraportin mukaan kalojen poistotarve olisi fosforitasosta laskettuna 18000 – 22000 kg. Arvioidusta kalabiomassasta 75 %:n poisto olisi hiukan suurempi, 26000 kg. Likikään tällaisiin lukuihin ei kyllä päästy 2000-luvun alkuvuosien kalastusyrytyksissä (Sarvala ym. 2020).
- Syksyinen ojapyynti voi olla avuksi. Kun isokoskelot ovat jälleen löytäneet Littoistenjärvelle, voi toivoa että lintuja pakenevat kalat pakkautuisivat tulevinakin syksyinä Hiekkarannan viereiseen ojaan tai lounaiskulman laskeutusaltaaseen, joista kaloja voisi helposti poistaa Ilkka Sammalkorven suunnitelmaa soveltaen.
- Kesän 2022 planktontuloksia ei vielä ole käytettävissä, mutta klorofylli/fosfori-suhteen perusteella näyttäisi siltä, että kaloilla ei olisi ollut niin suurta vaikutusta veden laatuun kuin kahtena edellisenä vuonna. Kevätkesän koleus ehkä heikensi kevätkutuisten kalojen poikastuottoa. On joka tapauksessa tarpeen ottaa kalastotutkimus vuoden 2023 seurantaohjelmaan.

## UUSINTAKÄSITTELY?

Fosforin saostuksen vaikutusta Littoistenjärven ekosysteemiin on nyt seurattu kuuden kesän ajan. Rymättylän Kirkkojärven kemiallisesta käsittelystä on jo 20 vuotta. Veden laadun kehitys on näissä järvissä ollut hämmästyttävän samankaltainen. Kumpikin järvi näyttää olleen ennen käsittelyä hiljalleen rehevöitymässä. Kemiallinen saostus pudotti fosfori- ja klorofyllitasoja 70-90 %. Tämän jälkeen rehevöityminen näyttää jatkuvan tältä alemmalta lähtötasolta. Olettaen että rehevöitymisnopeus pysyy samana kuin ennen käsittelyä, voidaan ennustaa, milloin veden laatu saavuttaa kunnostuksen onnistumisen kriteerinä pidetyn 50 % käsittelyä edeltäneestä tasosta. Littoistenjärvessä tämä tapahtuisi sekä fosforin että klorofyllin perusteella vuonna 2028. Tällöin olisi aika harkita uutta kemiallista käsittelyä.



Kemiallinen kunnostus kohotti valtavasti Littoistenjärven virkistysarvoa, mutta tulevan käyttökelpoisuuden eteen on vielä tehtävä työtä.

*Valokuva: Jouko Sarvala 10.7.2022*

Kiitokset rahoittajille ja yhteistyökumppaneille lähes neljäkymmenen seurantavuoden ajalta!



Kuoviluoto, 21.11.2022, kuvaaja Jouko Sarvala



Littoistenjärvi jäässä  
24.11.2022  
Kuva: Jouko Sarvala