

Vähä-Tiilijärven eläinplanktonitutkimus 2022



RAPORTTI

2022

Nro 758/22

Vähä-Tiilijärven eläinplanktonitutkimus 2022

Tutkimusraportti nro 758/22, 1.12.2022

Tekijä: Kirsi Kuoppamäki, FT, Dos., ympäristöasiantuntija, tutkija

Tilaaaja: Päijät-Hämeen Vesijärvisäätiö

Kansikuva: *Ceriodaphnia quadrangula* -vesikirppu (pituus n. 0,4 mm) sekä ylhäällä oikealla *Kellicottia bostoniensis* -rataseläin ja oikealla keskellä *Keratella cochlearis* -rataseläin 19.8.2022 Vähä-Tiilijärvestä otetussa planktonnäytteessä.

SISÄLTÖ

1.	Johdanto	2
2.	Aineisto ja menetelmät	3
2.1	Näytteenotto	3
2.2	Eläinplanktonnäytteiden analysointi ja tulosten käsittely	3
3.	Tulokset	4
3.1	Eläinplanktonin biomassa	4
3.2	Vesikirppujen yksilökoko	5
3.3	Vesikirppujen kyky säädellä kasviplanktonia	6
4.	Tulosten tarkastelu	7
5.	Johtopäätökset	8
6.	Kirjallisuus	9

1. Johdanto

Eläinplanktonilla on merkittävä strateginen asema järviökosysteemin ravintoverkossa perustuottajien ja petojen välissä, missä se siirtää energiaa alemmilla tasoilta kasvi- ja bakteeriplanktonista ylemmille tasoille, kuten kaloihin. Kasviplanktonia eli järven tärkeintä perustuottajaryhmää laiduntamalla ja ravinteita eri suhteissa sitomalla ja kierrättämällä planktoniset eläimet säätelevät leväyhteisön määrää ja koostumusta. Ne ovat planktonia syövien kalojen ja poikasvaiheessa kaikkien kalalajien tärkeä ravinnonlähde. Koska kalat etsivät ravintoa pääasiassa näkönsä avulla, ne valikoivat ensisijaisesti suurikokoisimpia vesikirppuja ja siten säätelevät tehokkaasti eläinplanktoniyhteisön rakennetta (O'Brien 1987, Gliwicz 2003). Järven rehevöityessä planktonia syövät kalat, tyypillisesti särkikalat runsastuvat voimakkaasti, jolloin petokalat eivät enää pysty säätelemään niiden määrää. Ravintoverkon toiminnassa tapahtuvat muutokset (trophic cascade) kiihdyttävät järvessä tapahtuvia muutoksia monimutkaisten suorien ja epäsuorien mekanismien kautta (Carpenter 2003). Eläinplanktoniyhteisössä pienikokoiset vesikirput ja rataseläimet runsastuvat, kun ravintokilpailussa vahvemmat suurikokoiset vesikirput saalistetaan pois. Samansuuntainen vaikutus on myös ravinteisuuden lisääntymisellä (Hietala ym. 2004, Vakkilainen ym. 2004; Hulot ym. 2014). *Daphnia*-suvun suurikokoiset vesikirput ovat tehokkaina laiduntajina ns. avainlajeja järviökosysteemissä, koska ne suodattavat suhteellisen valikoimattomasti monen kokoisia leviä (Gliwicz 2003). Niiden runsastuminen onkin yksi rehevöityneiden järvien kunnostuksen keskeisistä tavoitteista, johon pyritään säätelemällä kalaston rakennetta mm. hoitokalastuksella.

Eläinplanktoniyhteisöä tutkimalla voidaan arvioida järvien hoitotoimenpiteiden vaikuttavuutta. Sen perusteella pystytään kustannustehokkaasti tekemään päätelmiä järven kalastosta, ravinteikkuudesta ja ekologisesta tilasta. Huolimatta näin merkityksellisestä roolistaan järven "avainyhteisönä" eläinplankton ei kuulu vesipuitedirektiivin mukaisen ekologisen tilaluokittelun laatukriteereihin (Jeppesen ym. 2011), ainakaan toistaiseksi.

Hollolassa sijaitsevan, virkistysarvoiltaan merkittävän Vähä-Tiilijärven tila alkoi 2010-luvun lopulla heikentyä ja asiaan havahduttiin etenkin vuonna 2018, jolloin järvellä oli pahoja sinileväkukintoja (Ketola 2021, YLE 2021). Sen ekologinen tila on arvioitu tyydyttäväksi ja edellyttää siten kunnostustoimenpiteitä, jotta vesienhoidon tavoitteena oleva hyvä ekologinen tila saavutettaisiin vuoteen 2027 mennessä. Pitkällä aikavälillä jatkunut hieman liian suuri ulkoinen kuormitus on johtanut rehevöitymiseen ja sisäiseen kuormitukseen, jota vinoutunut ravintoverkon rakenne kiihdyttää. Vuosina 2019 ja 2020 Vähä-Tiilijärven eläinplanktoniyhteisö osoittautui rakenteeltaan sellaiseksi, että se kykenee hyvin heikosti säätelemään kasviplanktonia (Kuoppamäki 2020). Vesikirppujen varsin pieni osuus ja niiden pienikokoisuus viittaa siihen, että järvessä on paljon planktonia syöviä kaloja. Koekalastukset ovatkin osoittaneet, että järven runsain kala on särki (Ethólen 2019), joka on erittäin tehokas syömään eläinplanktonia (Kornijow ym. 2005). Ylitiheän kalakannan vuoksi särjen kasvunopeuden on havaittu olevan hidaskasvu ja kokojakauma voimakkaasti painottunut pieniin yksilöihin, jotka käyttävät ravinnokseen suurelta osin *Daphnia*-vesikirppuja (Malinen & Vinni 2020).

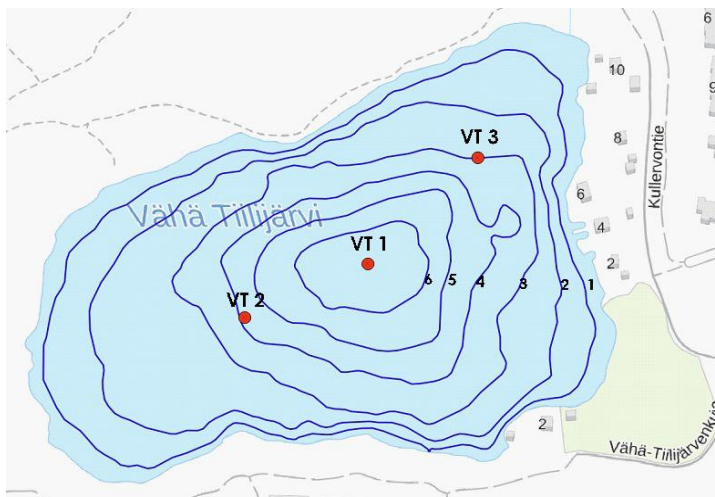
Ravintoverkon rakenteen kohentamiseksi ja sitä kautta järven tilan parantamiseksi Vähä-Tiilijärveä ryhdyttiin keväällä 2021 kunnostamaan hoitokalastamalla. Tässä raportissa tarkastellaan onko toimenpide edesauttanut tilanteen kohenemista, mikä näkyisi mm. vesikirppujen suurentuneena yksilökokona vuonna 2022. Työ tehtiin Vähä-Tiilijärven hoitosuunnitelman (Ketola 2021) mukaisesti ja osana Päijät-Hämeen Vesijärvisäätiön koordinoimaa hanketta "Vesienhoidon tavoitteiden tukeminen Vesijärvellä ja Lahden seudun pienemmillä järvillä 2022-2023", jota rahoittaa Hämeen ELY-keskus Vesiensuojelun tehostamisohjelman varoista.

2. Aineisto ja menetelmät

2.1 Näytteenotto

Päijät-Hämeen Vesijärvisäätiö haki eläinplanktonnäytteet 14.6., 14.7., 3.8., 19.8. ja 8.9.2022 kolmesta eri pisteestä (Kuva 1). Vesinäytteet nostettiin kesäkuussa 0,5 m, muilla kerroilla 0,4 m pituisella Limnos-noutimella (14.6. tilavuus 3,4 litraa, muilla näytekeroilla 2,9 litraa) koko vesipatsaasta pinnasta pohjanläheiseen veteen. 50 µm haaville kerätyt näytteet säilöttiin teknisellä etanolilla (lopullinen konsentraatio 70 %) kunkin pisteen näyte omaan purkkiinsa.

Kuva 1. Vähä-Tiilijärven syvyyskartta, johon on merkitty kolme pistettä, joista Päijät-Hämeen Vesijärvisäätiö haki eläinplanktonnäytteet: n. 7 m syväne VT 1 ja matalammat, noin 3 m syvyiset pisteet VT 2 ja VT 3 (kuva: Päijät-Hämeen Vesijärvisäätiö, taustakartta Maanmittauslaitos, syvyyskäyrät Kari Ylönen Viistokaiku24.fi).



2.2 Eläinplanktonnäytteiden analysointi ja tulosten käsittely

Laboratoriossa kolmen eri pisteen osanäytteet yhdistettiin kokoomanäytteeksi, joka puolitettiin. Toinen puolikas näyte säilöttiin 70 % etanoliin ja arkistoiitiin, toinen analysoitiin ja heitettiin sen jälkeen pois. Laskettavat näytteet laimennettiin osittamalla ne tarvittaessa 1/8-, 1/16- 1/32- ja/tai 1/64-osanäytteiksi, jotta eläimet oli mahdollista määrittää, laskea ja mitata riittävän tarkasti.

Näytteet analysoitiin 100x suurennoksella käänteis- mikroskoopilla (Olympus IX50) tunnistamalla ja laskemalla äyriäiset, rataseläimet ja alkueläimet koko kyvetin alalta. Hankajalkaisäyriäisiä mitattiin 3 yksilöä kustakin kopepodiittivaiheesta (erikseen Calanoida ja Cyclopoida) sekä aikuisista hankajalkaista lajikohtaisesti kustakin 3 koirasta ja 3 naarasta. Runsaimpina esiintyneitä vesikirppuja mitattiin 30 yksilöä per laji, vähälukuisempia lajeja mitattiin niin monta kuin niitä oli kaikissa laskeutetuissa osanäytteissä. Lisäksi laskettiin lisääntymisvaiheessa naarasyksilöiden lukumäärä ja munien/embryoiden määrä sekä vesikirpuista että hankajalkaisäyriäisistä. *Leptodora kindtii*-petovesikirput laskettiin ja mitattiin preparointimikroskoopin alla koko puolikkaasta näytteestä.

Äyriäiseläinplanktonin lajikohtaiset biomassat laskettiin pituus : hiilisisältö –regressioyhtälöiden perusteella huomioiden mahdolliset munat ja embryot (Vasama & Kankaala 1990, Luokkanen 1995, Anja Lehtovaaran julkaisematon aineisto). Rataseläinten hiilisisältö saatiin kirjallisuudesta (Latja & Salonen 1978, Telesh ym. 1998). Alkueläinten biomassa arvioitiin tilavuuden perusteella ja olettaen hiilipitoisuuden olevan 10 % tuorepainosta. Koloniaalisista *Epistylis rotans* –alkueläimistä laskettiin yksittäisten solujen lukumäärä ja biomassa laskettiin niiden tilavuuteen perustuen. Laiduntavan vesikirppuyhteisön keskikoko saatiin lajikohtaista yksilömäärää painottaen laskemalla ns. tiheyspainotettu keskikoko. Samalla tavoin laskettiin tiheyspainotettu keskikoko myös koko

äyriäiseläinplanktonille. Vesikirppujen laidunnusteho laskettiin yhtälöllä $F = 11,695 * L^{2,48}$, jossa F = suodatusteho ml/eläin/päivä ja L = eläimen pituus, mm (Knoechel & Holtby 1986).

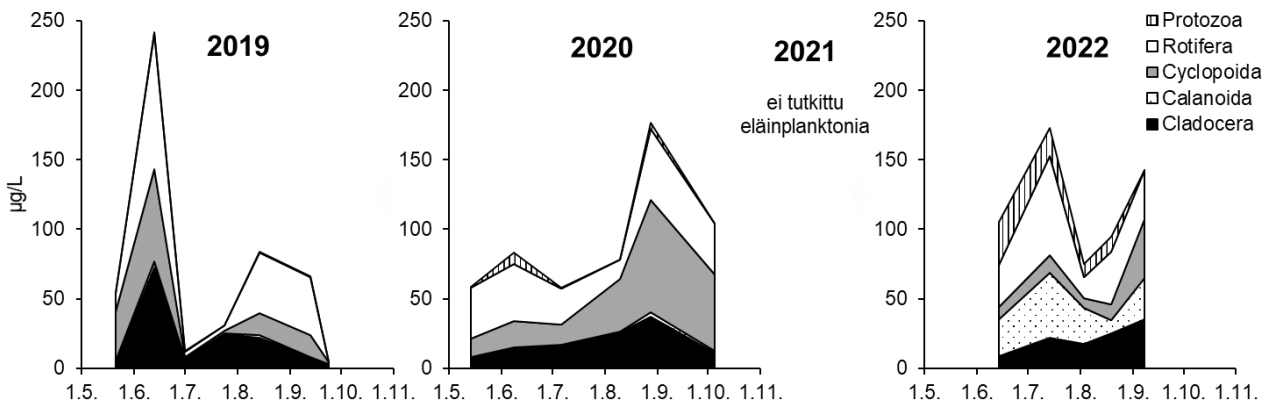
Vähä-Tiilijärveltä on kerätty ja analysoitu eläinplanktonnäytteitä vuosina 2019 ja 2020. Tässä saatuja tuloksia tarkastellaan myös näiden aiempien tulosten valossa. Lisäksi hyödynnettiin soveltuvin osin Vähä-Tiilijärven vedenlaatutietoja, jotka haettiin ympäristöhallinnon Hertta-tietokannasta.

3. Tulokset

3.1 Eläinplanktonin biomassa

Vuonna 2022 eläinplanktonin biomassa oli suurimmillaan (226 µg/L: hiilipitoisuus) keskikesällä ja elokuisen notkahduksen jälkeen se kasvoi jälleen syksyä kohti. Valtaosan biomassasta muodostivat rataseläimet (Rotifera) ja *Eudiaptomus gracilis*, joka oli Vähä-Tiilijärven näytteissä ainoa Calanoida-hankajalkaisäyriäinen (Kuva 2). Syksyä kohti vesikirppujen (Cladocera) osuus kokonaisbiomassasta kohosi ja viimeisellä näytteenottokerralla syyskuun alussa runsastuivat myös Cyclopoida-hankajalkaiset, jotka olivat lähes yksinomaan *Thermocyclops oithonoides* -lajia.

Rataseläinten valtalaji oli keskikesällä *Asplanchna priodonta*. Se on peto, jonka biomassa oli suurimmillaan (65 µg/L) heinäkuun puolivälissä. *Keratella cochlearis* –rataseläimiä oli toiseksi eniten ja niitä oli tasaisesti (vajaa 10 µg/L) läpi kasvukauden. Tämän raportin kansikuvassa näkyy yksi *K. cochlearis* (oikeassa reunassa) ja oikeassa yläkulmassa näkyy *Kellicottia bostoniensis*, laji joka levisi Pohjois-Amerikasta Eurooppaan 1900-luvulla (Arnemo ym. 1968). *K. bostoniensis* oli Vähä-Tiilijärvessä harvalukuinen, mutta sen tiedetään voivan esiintyä massoittain (Järvinen ym. 1995).



Kuva 2. Vesikirppujen (Cladocera), keijuhankajalkaisten (Calanoida), kyklooppihankajalkaisten (Cyclopoida), rataseläinten (Rotifera) ja alkueläinten (Protozoa) biomassat vuosina 2019, 2020 ja 2022.

Etenkin keskikesällä Vähä-Tiilijärvessä oli runsaasti (150-270 yks/L) alkueläimeksi kookkaita (säilöttynä pituus n. 250 µm ja leveys 150 µm, elävänä todennäköisesti hieman tätä suurempi) ripsieläimiä

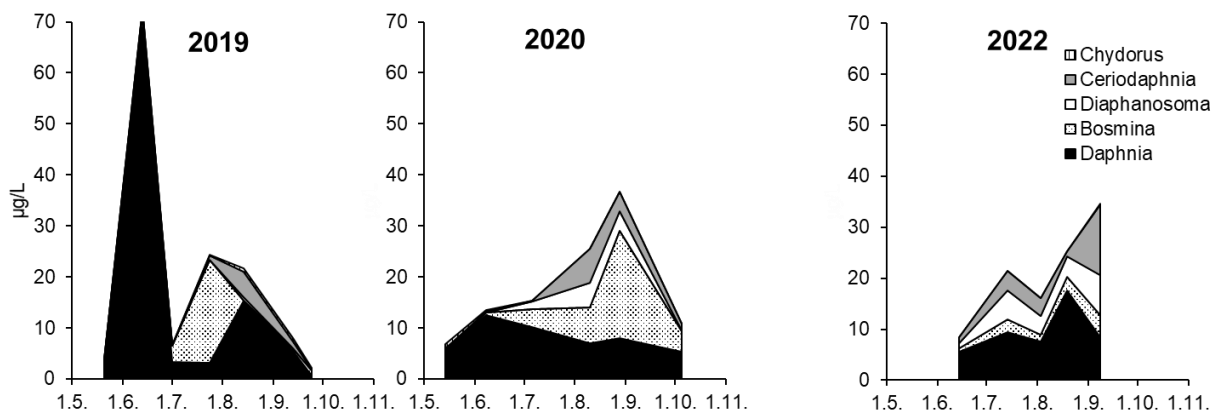
(Ciliata) (Kuva 3). Tämän ansiosta alkueläinten biomassan osuus oli varsin suuri (25-40 µm) eläinplanktonyhteisössä (Kuva 2).

Kuva 3. Alkueläimiin (Protozoa) kuuluva ripsieläin (Ciliata) Vähä-Tiilijärvestä 14.6.2022 otetussa eläinplanktonnäytteessä. Se todennäköisesti kuuluu *Coleps*-sukuun.



Aiempina kahtena vuonna 2019 ja 2020, jolloin Vähä-Tiilijärven eläinplanktonia on tutkittu, aikuisena noin 1 mm mittaiseksi kasvava *E. gracilis* käytännössä puuttui Vähä-Tiilijärven eläinplanktonyhteisöstä. Silloin biomassa muodostui pääasiassa Cyclopoida-hankajalkaisista ja rataseläimistä (Kuva 1).

Kasviplanktonin säätelyn kannalta keskeisimmän ryhmän, vesikirppujen biomassassa on ollut keskimäärin samalla tasolla kaikkina kolmena vuonna (Kuva 4), joskin alkukesällä 2019 *Daphnia*-suvun vesikirpuilla oli kahteen jälkimmäiseen vuoteen verrattuna suuri maksimi (Kuva 2). *Daphnia* on ollut enimmäkseen biomassaltaan runsain suku, josta Vähä-Tiilijärven näytteistä on löytynyt vain kaksi lajia, *D. cristata* ja sitä hieman vähälukuisempi *D. longiremis*. Vuonna 2022 *Diaphanosoma brachyurum* kasvatti aiempaan verrattuna suuremman biomassan ja etenkin syysä kohti runsastui myös pienikokoinen (aikuisena vain 0,4 mm) *Ceriodaphnia quadrangula*, jollainen näkyy tämän raportin kansikuvassa. *Bosmina*-suvun vesikirppujen biomassassa oli vähäinen verrattuna kahteen aiempaan vuoteen (Kuva 4).



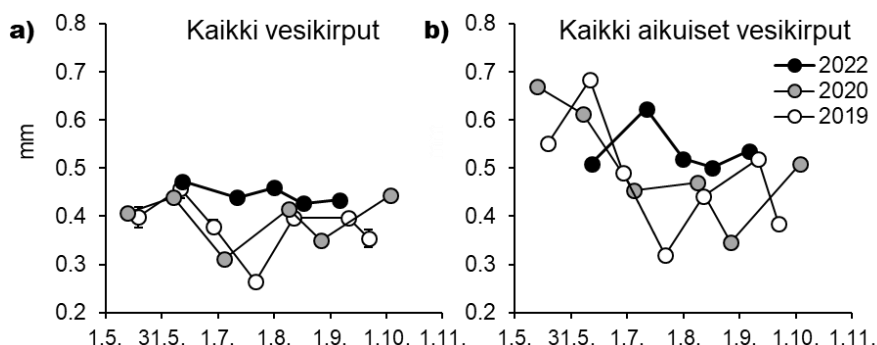
Kuva 4. Vähä-Tiilijärven runsaimpien vesikirppusukujen biomassat vuosina 2019, 2020 ja 2022.

3.2 Vesikirppujen yksilökoko

Vesikirppujen yksilökoko, joka kuvastaa hyvin kalojen eläinplanktoniin kohdistavan saalistuksen voimakkuutta, oli hivenen suurempi vuonna 2022 kuin kahtena aiempana vuonna (Kuva 5a). Etenkin aikuiset yksilöt olivat suurempia loppukesällä-syksyllä ja lisäksi niiden koon vaihtelu kasvukauden mittaan oli vähäisempää (Kuva 5b). Koska aikuisetkin yksilöt olivat keskimäärin vain 0,5-0,6 mm pituisia, vesikirppuyhteisöä voidaan luonnehtia sangen pienikokoiseksi. Ajoittain näytteissä esiintyi

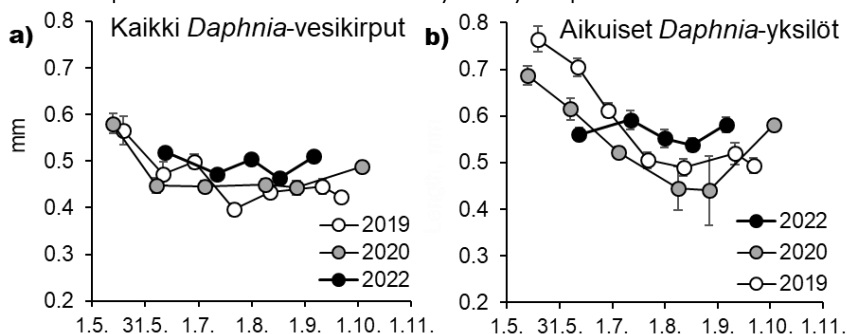
Limnoscida frontosa –vesikirppuja, jotka voivat aikuisina olla jopa lähes 2 mm mittaisia, mutta suurimmat Vähä-Tiilijärven yksilöt olivat 1,1 mm. Hyvin harvalukuisena (enimmillään 1 yks./L) *L. frontosa* vaikutti heikosti koko vesikirppuyhteisön yksilökokoon.

Kuva 5. Kasviplanktonia ravinnokseen käyttävien (a) kaikkien vesikirppujen, sekä nuoruuksien että aikuisten sekä (b) vain aikuisten vesikirppujen lajikohtaisesti tiheyspainotettu yksilökoko vuosina 2019, 2020 ja 2022.



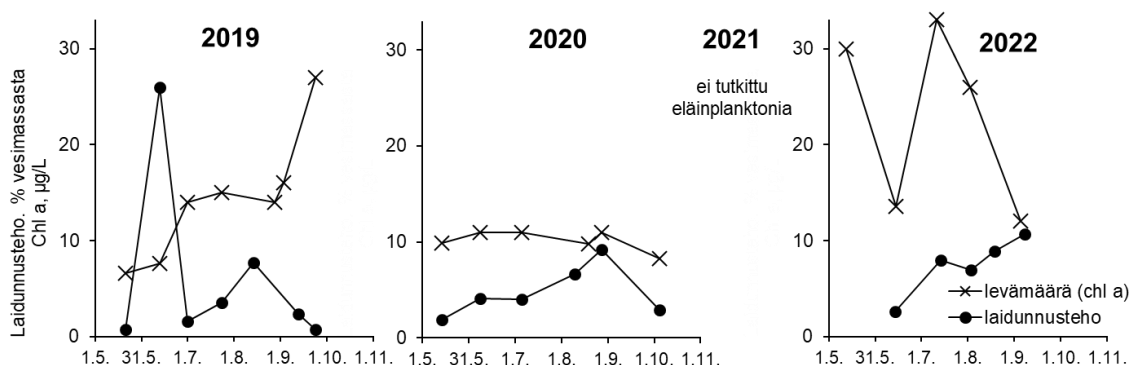
Daphnia on kasviplanktonin säätelyn kannalta yksi tärkeimmistä vesikirppusuvuista ja mitä suurempia ne ovat yksilökooltaan, sitä tehokkaammin ja monipuolisemmin ne kykenevät laiduntamaan planktonleviä. Vähä-Tiilijärvessä ne olivat vuonna 2022 varsin samankokoisia kuin ennenkin, etenkin kun tarkastellaan kaikkia yksilöitä, sekä nuoruuksivaiheita ja aikuisia (6a). Aikuvaiheen yksilöt olivat alku-keskikesällä pienempiä, loppukesällä-syksyllä suurempia kuin vuosina 2019 ja 2020 (Kuva 6b). Keskimäärin noin puolimillisinä ne olivat silti yhä hyvin pienikokoisia.

Kuva 6. *Daphnia*-vesikirppujen (a) sekä nuoruuksien että aikuisten sekä (b) vain aikuisten *Daphnia*-vesikirppujen yksilökoon keskiarvo (\pm keskivirhe) vuosina 2019, 2020 ja 2022.



3.3 Vesikirppujen kyky säädellä kasviplanktonia

Vuonna 2022 vesikirppujen laidunnusteho eli kyky säädellä kasviplanktonia oli alhainen ja samalla tasolla kuin ennenkin, vaikka kasvoikin hieman kesän mittaan (Kuva 7). Planktonlevien määrää kuvastavan klorofylli a –pigmentin pitoisuus oli huomattavan suuri ja korkeampi kuin kaksi vuotta aiemmin. Toisin kuin vuonna 2019 levämäärät lähtivät laskusuuntaan syksyä kohti.



Kuva 7. Kasviplanktonia ravinnokseen käyttävien vesikirppujen laskennallinen laidunnusteho ja planktonlevien määrää kuvastavan klorofylli a –pigmentin (chl a) pitoisuus vuosina 2019, 2020 ja 2022.

4. Tulosten tarkastelu

Vähä-Tiilijärven pienikokoiset vesikirput sekä Cyclopoida-hankajalkais- ja rataseläinvaltaisuus viittaavat siihen että planktonia syöviä kaloja on runsaasti. Pienikokoiset äyriäiset ja rataseläimet tyypillisesti runsastuvat, kun kalojen eläinplanktoniin kohdistama saalistus voimistuu ja päinvastoin, suurikokoiset vesikirput ja Calanoida-äyriäiset runsastuvat, kun kalojen saalistus heikkenee, (Gliwicz & Pijanowska 1989). Planktonsyöjäkalat etsivät ravintoa pääasiassa näkönsä avulla, joten suurikokoiset saaliskohteet herättävät niiden huomion ja siten tulevat todennäköisemmin syödyiksi kuin pienet saaliskohteet (Gliwicz 2003). Planktonsyöjäkalojen kannanvaihtelut näkyvät etenkin vesikirppujen yksilökoon vaihteluna, mikä on dokumentoitu hyvin esimerkiksi Vesijärvellä (Kuoppamäki 2022, Ruuhijärvi ym. 2020, Vakkilainen & Kairesalo 2005).

Koeverkkokalastusten mukaan Vähä-Tiilijärven kalasto on särkipainotteinen ja vuonna 2022 särkien määrä suhteessa ahveniin on kasvanut verrattuna esimerkiksi vuoteen 2019 (Ethólen 202). Särki on yksi tehokkaimmista planktonia syövästä kaloista ja esimerkiksi läheisellä Vesijärvellä sen on osoitettu valikoivan ravinnokseen varsinkin vesikirppuja (Kornijów ym. 2005) ja runsastuessaan lisäävän kasviplanktonia heikosti säätelevien rataseläinten määrää (Hietala ym. 2004). Rataseläinten biomassa onkin huomattavan iso Vähä-Tiilijärvellä, mikä myös tukee muita havaintoja planktonsyöjäkalojen, etenkin särjen suuresta merkityksestä järven ekosysteemissä (Malinen & Vinni 2020). Rataseläimet suodattavat ravinnokseen pieniä planktonleviä, bakteereja ja detritusta. Osa niistä on petoja, kuten on myös Vähä-Tiilijärvessä vuonna 2022 huomattavan runsaana esiintynyt Coleps-suvun alkueläin. Suku on yksi tavallisimmista järvi-ekosysteemien planktonissa esiintyvistä ripsieläimistä, joilla on usein endosymbionttina viherleviä ja jotka syövät itseään pienempiä ripsieläimiä (Pröschold ym. 2021). Lisäksi ne voivat käyttää ravinnokseen muiden eliöiden, kuten rataseläinten pehmeitä kudoksia (Microscopy 2022).

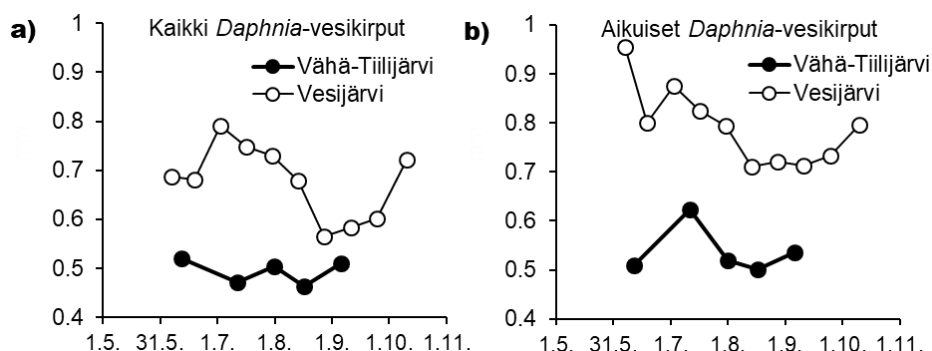
Pohjaeläimiä etsiessään särjet pöyhivät pohjasedimenttiä ja siten palauttavat sinne laskeutuneita ravinteita takaisin vesipatsaaseen planktonlevien käyttöön. Kun eläinperäinen ravinto käy vähiin, särki siirtyy syömään kasvimateriaalia ja detritusta eli kuollutta orgaanista ainesta, minkä myötä se kiihdyttää ravinteiden kiertoa lisää levien määrää (Kornijow ym. 2005). Siinä missä Vähä-Tiilijärven pienet särjet suosivat eläinplanktonravintoa, etenkin *Daphnia*-vesikirppuja, suuret, yli 14 cm mittaiset särjet syövät kasvimateriaalia, detritusta ja surviaissääsken toukkia (Malinen & Vinni 2020).

Särkikaloja poistamalla järven rehevöitymishaittoja voidaan vähentää, mutta se edellyttää voimakasta puuttumista särkibiomassaan (Kairesalo ym. 1999). Jos leväsamennusta saataisiin vähennettyä, voitaisiin luoda paremmat edellytykset myös uposlehtisen kasvillisuuden leviämislle. Uposkasvit tarjoavat vesikirpuille paikan jonne suojautua kalojen saalistukselta, minkä ansiosta järvessä voi esiintyä suuriakin vesikirppuja kaloista huolimatta (Vakkilainen 2005) ja vähäiselläkin uposkasvien lisäyksellä voidaan edistää eläinplanktonin biomassaa (Fu ym. 2021).

Vuoden 2022 tulosten perusteella Vähä-Tiilijärvellä kevästä 2020 tehtyä hoitokalastusta on syytä jatkaa, jotta luodaan edellytykset suurikokoisten tai edes keskikokoisten vesikirppujen selviytymiselle ja järven ravinnekierto muuttuu heikommin levätuotantoa ylläpitäväksi. Kun planktonsyöjäkaloja on vähän ja suurikokoiset vesikirput vallitsevat eläinplanktonyhteisössä, kasviplanktonin biomassa on ravinnetasoon nähden pienempi kuin jos vallitsevina ovat pienikokoinen äyriäisplankton ja rataseläimet (Mazumder 1994). Vähä-Tiilijärvellä levien määrä (jopa 30 µg/L; Kuva 6) on ravinnetasoon (kokonaisfosforin pitoisuus keskimäärin 20 µg/L) nähden suuri.

Kasviplanktonin säätelyssä avainroolissa ovat iso- ja keskikokoiset vesikirput, jotka kykenevät laiduntamaan hyvin monen kokoisia leviä verrattuna pieniin vesikirppuihin, jotka suodattavat levien kokojakauman pienemmästä päästä. Vähä-Tiilijärven *Daphnia*-lajit *D. cristata* ja *D. longiremis* eivät

lukeudu varsinaisiin ns. suuriin *Daphnia*-vesikirppuihin mutta pystyvät tiettävästi kasvamaan jopa 1,8 mm mittaisiksi (Błędzki & Rybak 2016) sopivissa olosuhteissa, eli käytännössä järvissä, joissa kalojen saalistuspaine on alhainen. Vähä-Tiilijärvellä vuonna 2022 tavatut suurimmat yksilöt olivat vain 0,7 mm. Hankajalkaisäyriäisiin verrattuna *Daphnia*, kuten monet muutkin vesikirput, sitovat biomassansa huomattavan paljon fosforia suhteessa typpien (Elser ym. 2000, Hessen ym. 2013). Niinpä kun fosforia saadaan sidotuksi vesikirppubiomassaan ja siten pois levien käytöstä, esimerkiksi sinileväkukintojen riski vähenee. Eläinplankton vaikuttaa siis merkittävästi järviekosysteemin ravinteiden kiertoon. Esimerkiksi Vesijärveen verrattuna (Kuoppamäki 2022) Vähä-Tiilijärven *Daphnia*-vesikirput ovat huomattavan pieniä (Kuva 8). Vesijärvellä voimakas hoitokalastus vuosien mittaan johti *Daphnia*-vesikirppujen yksilökoon kasvuun (Anttila ym. 2013).



Kuva 8. Kaikkien (sekä nuoruusvaiheet että aikuiset) *Daphnia*-vesikirppujen (vasemmalla) ja vain aikuisten *Daphnia*-vesikirppujen (oikealla) yksilökoko vuonna 2022 Vähä-Tiilijärvessä ja Vesijärvessä (Kuoppamäki 2022).

5. Johtopäätökset

Vähä-Tiilijärven eläinplankton osoittautui vuonna 2022 samoin kuin aiemmin vuosina 2019 ja 2020 pienikokoiseksi ja siten heikoksi säätelämään kasviplanktonia. Ilmeisenä syynä voidaan pitää edelleenkin vahvaa planktonsyöjäkalakantaa, varsinkin särkiä. Leviä heikosti laiduntavien syklooppihankajalkaisten ja rataseläinten huomattava runsaus suhteessa vesikirppuihin on myös merkki kalojen planktoniin kohdistamasta voimakkaasta saalistuksesta. Pienikokoinen eläinplankton yhdessä särkien kanssa myös kierrättää tehokkaasti ravinteita vesipatsaassa ja siten ylläpitää rehevää tilaa. Vähä-Tiilijärven leväbiomassa onkin suhteessa ravinnetasoon suuri. Suuret ja keskikokoiset *Daphnia*-vesikirput ovat avainasemassa, kun järven tilaa pyritään kohentamaan järvessä tehtävillä toimenpiteillä, joista hoitokalastus on yksi keskeisimmistä keinoista ja joka Vähä-Tiilijärvelläkin aloitettiin keväällä 2020. Vesikirppujen yksilökoko oli vuonna 2022 jo hivenen suurempi kuin vuosina 2019 ja 2020, mutta *Daphnia*-yksilöt olivat edelleenkin hyvin pieniä, myös verrattuna esimerkiksi Lahden Vesijärveen. Suunta on kuitenkin jo lähtenyt hienoisesti kehittymään toivottuun suuntaan eläinplanktonin osalta, joten Vähä-Tiilijärven hoitokalastusta kannattaa yhä jatkaa.

6. Kirjallisuus

- Anttila, S., Ketola, M., Kuoppamäki, K. & Kairesalo, T. 2013. Identification of a biomanipulation-driven regime shift in Lake Vesijärvi: implications for lake management. *Freshw. Biol.* 58, 1494-1502.
- Arnemo, R., Bezins, B., Grönberg, B. & Mellgren, I. 1968. The dispersal in Swedish waters of *Kellicottia bostoniensis* (Rousselet) (Rotatoria). *Oikos* 19, 351-358.
- Błędzki, L.A. & Rybak, J.I. 2016. *Freshwater Crustacean Zooplankton of Europe*, Springer.
- Elser, J.J., Fagan, W.F., Denno, R.F., Dobberfuhl, D.R., Folarin, A., Huberty, A., Interlandi, S., Killham, S.S., McCauley, E., Schultz, K.L., Siemann, E.H. & Sterner, R.W. 2000. Nutritional constraints in terrestrial and freshwater food webs. *Nature* 408, 578-580.
- Etholén, M. 2019. Vähä-Tiilijärven Nordic-verkkokoekalastus 2019. Jomiset Oy.
- Etholén, M. 2022. Vähä-Tiilijärven Nordic-verkkokoekalastus 2022. Jomiset Oy.
- Fu, H., Özkan, K., Yan, G., Johansson, L.S., Søndergaard, M., Lauridsen, T. & Jeppesen, E. 2021. Abiotic and biotic drivers of temporal dynamics in the spatial heterogeneity of zooplankton communities across lakes in recovery from eutrophication. *Sci. Tot. Env.* 778, 146368.
- Gliwicz, M. 2003. Between hazards of starvation and risk of predation: the ecology of offshore animals. *Excellence in Ecology* 12, International Ecology Institute, Germany.
- Gliwicz, M. & Pijanowska, J. 1989. The role of predation in zooplankton succession, s. 253-336 teoksessa Sommer, U. (toim.) *Plankton ecology: succession in plankton communities*. Springer-Verlag.
- Hietala, J., Vakkilainen, K. & Kairesalo, T. 2004. Community resistance and change to nutrient enrichment and fish manipulation in a vegetated lake littoral. *Freshw. Biol.* 49, 1525-1537.
- Hessen, D.O., Elser, J.J., Sterner, R.W. & Urabe, J. 2013. Ecological stoichiometry: an elementary approach using basic principles. *Limnol. Oceanogr.* 58, 2219-2236.
- Hulot, F.D., Lacroix, G. & Loreau, M. 2014. Differential responses of size-based functional groups to bottom-up and top-down perturbations in pelagic food webs: a meta-analysis. *Oikos* 123, 1291-1300.
- Jeppesen, E., Nøges, P., Davidson, T.A., Haberman, J., Nøges, T., Blank, K., Lauridsen, T.L., Søndergaard, M., Sayer, C., Laugaste, R., Johansson, L.S., Bjerring, R. & Amsinck, S.L. 2011. Zooplankton as indicators in lakes: a scientific-based plea for including zooplankton in the ecological quality assessment of lakes according to the European Water Framework Directive (WFD). *Hydrobiologia* 676, 279-297.
- Järvinen, M., Kuoppamäki, K. & Rask, M. 1995. Responses of phyto- and zooplankton to liming in a small acidified humic lake. *Water Air Soil Poll.* 85, 943-948.
- Kairesalo, T., Laine, S., Luokkanen, E., Malinen, T. & Keto, J. 1999. Direct and indirect mechanisms behind successful biomanipulation. *Hydrobiologia* 395/396, 99-106.
- Ketola, M. 2021. Vähä-Tiilijärven tila ja hoitosuunnitelma. Päijät-Hämeen Vesijärvisäätiö.
- Knoechel, R. & Holtby, B.L. 1986. Construction and validation of a body-length-based model for the prediction of cladoceran community filtering rates. *Limnol. Oceanogr.* 31, 1-16.
- Kornijów, R., Vakkilainen, K., Horppila, J., Luokkanen, E. & Kairesalo, T. 2005. Impacts of a submerged plant (*Elodea canadensis*) on interactions between roach (*Rutilus rutilus*) and its invertebrate prey communities in a lake littoral zone. *Freshw. Biol.* 50, 262-276.
- Kuoppamäki, K. 2020. Vähä-Tiilijärven eläinplanktonitutkimus 2019-2020. Päijät-Hämeen Vesijärvisäätiö ja Helsingin yliopisto.
- Kuoppamäki, K. 2022. Vesijärven Enonselän ulapan eläinplankton ja vedenlaatu vuonna 2022 sekä pitkällä aikavälillä. KVVY Tutkimus Oy, tutkimusraportti 697/22.
- Latja R. & Salonen K. 1978. Carbon analysis for the determination of individual biomasses of planktonic animals. *Verh. Int. Verein. Limnol.* 20, 2556-2560.
- Lindenmayer, D.B. & Likens, G.E. 2009. Adaptive monitoring: a new paradigm for long-term research and monitoring. *TREE* 24, 482-486.
- Luokkanen, E. 1995. Vesikirppuyhteisön lajisto, biomassa ja tuotanto Vesijärven Enonselällä. Helsingin yliopiston Lahden tutkimus- ja koulutuskeskuksen raportteja ja selvityksiä 25.
- Malinen, T. & Vinni, M. 2020. Vähä-Tiilijärven särjen kasvu sekä särjen ja ahvenen ravinto kesällä 2020. Helsingin yliopisto, Lammin biologinen asema, tutkimusraportti.
- Mazumder A. 1994. Phosphorus-chlorophyll relationships under contrasting herbivory and thermal stratification: predictions and patterns. *Can. J. Aquat. Sci.* 51, 390-400.
- Microscopy 2022. www.microscopyu.com/gallery-images/coleps-protozoan-videos
- O'Brien, W.J. 1987. Planktivory by freshwater fish: thrust and parry in the pelagia. Teoksessa Kerfoot, W.C. & Sih, A. (toim.) *Predation: direct and indirect impacts on aquatic communities*. Univ. Press of New England.
- Pröschold, T., Rieser, D., Darienko, T., Nachbaur, L., Kammerlander, B., Qian, K., Pitsch, G., Bruni, e.P., Qu, Z., Forster, D., Rad-Menendez, C., Posch, T., Stoeck, T. & Sonntag, B. 2021. An integrative approach sheds new light onto the systematics and ecology of the widespread ciliate genus *Coleps* (Ciliophora, Prostomatea). *Nature Scientific Reports* 11, 5916.
- Ruuhijärvi, J., Malinen, T., Kuoppamäki, K., Ala-Opas, P. & Vinni, M. 2020. Responses of food web to hypolimnetic aeration in Lake Vesijärvi. *Hydrobiologia* 847, 4503-4523.
- Telesh I.V., Rahkola M. & Viljanen M. 1998. Carbon content of some freshwater rotifers. *Hydrobiologia*, 387/388, 355-360.
- Vakkilainen, K. 2005. Submerged macrophytes modify food web interactions and stability of lake littoral ecosystems. University of Helsinki. <http://urn.fi/URN:ISBN:952-10-2751-7>
- Vakkilainen, K., Kairesalo, T., Hietala, J., Balayla, D., Bécares, E., van de Bund, W., van Donk, E., Fernández-Aláez, M., Gyllström, M., Hansson, L.-A., Miracle, M. R., Moss, B., Romo, S., Rueda, J. & Stephen, D. 2004. Response of zooplankton to nutrient enrichment and fish in shallow lakes: a pan-European mesocosm experiment. *Freshw. Biol.* 49, 1619-1632.
- Vakkilainen, K. & Kairesalo, T. 2005. Zooplankton community responses to the fish stock management of Lake Vesijärvi, southern Finland: changes in the cladoceran body size in 1999-2003. *Verh. Int. Verein. Limnol.* 29, 488-490.
- Vasama A. & Kankaala P. 1990. Carbon-length regressions of planktonic crustaceans in Lake Ala-Kitka (NE Finland). *Aqua Fennica*, 20, 95-102.
- YLE 2021. <https://yle.fi/a/3-12090857>