

Pro gradu -tutkielma

**Turve- ja metsätalouden vaikutukset kahden
metsäjärven ekosysteemiin: paleolimnologinen
piileväanalyysi**

Leena Nikolajev-Wikström



Jyväskylän yliopisto

Bio- ja ympäristötieteiden laitos

Akvaattiset tieteet

31.8.2015

JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO, Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta

Bio- ja ympäristötieteiden laitos
Akvaattiset tieteet

NIKOLAJEV-WIKSTRÖM LEENA, M.: Turve- ja metsätalouden vaikutukset kahden metsäjärven ekosysteemiin: paleolimnologinen piileväanalyysi

Pro gradu:

31 s.

Työn ohjaajat:

Professori Jarmo Meriläinen, johtava tutkija Tommi Kauppila

Tarkastajat:

Liisa Nevalainen, Jarmo Meriläinen

Elokuu 2015

Hakusanat: paleolimnologia, piileväjäänteet, Iso Kivijärvi, Martinjärvi, stratigrafia, pääkomponenttianalyysi, kokonaisfosfori.

TIIVISTELMÄ

Tässä tutkielmassa selvitettiin turvetuotannon ja muun maankäytön aiheuttamia ekosysteemimuutoksia kahdessa keskisuomalaisessa metsäjärven, Martinjärven ja Iso Kivijärven. Tutkimus perustui paleolimnologiseen piileväanalyysiin, joka kattoi aikajakson 1600-luvulta nykypäivään. Martinjärven valuma-alueella on turvetuotantoa, mutta vertailujärvenä toimineella Iso Kivijärven valuma-alueella sitä ei ole. Järvien ominaisuudet ovat paljolti samankaltaisia, molemmat ovat matalia, pieniä humusjärviä. Martinjärvellä piilevien monimuotoisuudessa oli suurempaa luonnollista vaihtelua kuin Iso Kivijärvellä. Iso Kivijärvellä monimuotoisuus ja lajimäärät ovat olleet laskussa 1900-luvun ajan aiempiin vuosisatoihin verrattuna. Molemmat järvet ovat muuttuneet rehevämmiksi. Järvien rehevöitymiskehitys alkoi eroosion voimistumisen, humuksen määrän lisääntymisen ja piilevälajiston muutosten perusteella jo 1930-luvulla. Maatalous oli ensin syynä rehevöitymiskehitykseen ja 1960-luvulta alkaen myös metsätalouden ojitukset. Martinjärvi on ollut lajiston perusteella rehevimmillään 1930-luvulla ja 2000-luvulla. Iso Kivijärvi on ollut rehevimmillään 1970-luvulta vuoteen 2000, mutta myös 2000-luvulla. Turvetuotanto Martinjärven valuma-alueella alkoi 1970-luvun lopussa. Iso Kivijärvi oli rehevämmässä tilassa 1970-luvulla kuin Martinjärvi. Järvien kokonaisfosforipitoisuudet ja lajisto on ollut vuosina 2004–2012 samankaltaista ja molemmat järvet ovat rehevöityneet vielä 2000-luvulla johtuen todennäköisesti metsätalouden kunnostusojituksista. Mallinnetut kokonaisfosforipitoisuudet aliennustavat mitattuja vanhempia pitoisuuksia, mutta vastaavat hyvin viimeaikaisia mitattuja pitoisuuksia vuosilta 2004–2012. Piileväaineiston perusteella voidaan sanoa, että turvetuotannolla ei ole ollut suurempaa vaikutusta Martinjärven ekologisen tilan kehitykseen.

UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ, Faculty of Science

Department of Biological and Environmental Science

Aquatic sciences

NIKOLAJEV-WIKSTRÖM, LEENA M.: Effects of peat mining and forestry on ecosystem of two forest lakes: a paleolimnological diatom analysis

Master of Science Thesis: 31 p.

Supervisors: professor Jarmo Meriläinen, leading researcher Tommi Kauppila

Inspectors: Liisa Nevalainen, Jarmo Meriläinen

August 2015

Key Words: paleolimnology, diatom remains, Lake Iso Kivijärvi, Lake Martinjärvi, stratigraphy, Principal Components Analysis, total phosphorus.

ABSTRACT

In this study, ecosystem changes influenced by peat production and other land use were studied in two central Finland forest lakes, Martinjärvi and Iso Kivijärvi. The study was based on paleolimnological diatom analysis and the period for examination was from the 17th century to this day. There is peat production in the catchment area of Martinjärvi but not in the catchment area of the reference lake Iso Kivijärvi. Properties of the lakes are largely similar, both are shallow small humic lakes. In Martinjärvi, there was more natural variation in diversity of diatoms than in Iso Kivijärvi. In Iso Kivijärvi, the diversity and number of species have been declining in the 20th century compared to earlier centuries. Both lakes are now eutrophic. In both lakes, eutrophication process began already in the 1930`s as indicated by intensification of erosion, increasing quantities of humus and changes in diatom species composition. Agriculture was the first to blame for the eutrophication process and it was followed by forestry related drainage starting in the 1960`s which increased eutrophication. Martinjärvi has been at its most eutrophic phase in the 1930`s and in the 21st century based on diatoms. Iso Kivijärvi had its most eutrophic phase from the 1970`s to year 2000 but also during the 21st century. Peat production at Martinjärvi`s catchment area began at the end of the 1970`s. Iso Kivijärvi was probably more eutrophic than Martinjärvi between 1970`s and year 2000. In both lakes, total phosphorus concentrations and species composition have been similar during recent years (2004-2012) and both lakes have become even more eutrophic during recent years probably due to drainage related to forestry. Modeled total phosphorus concentrations underestimate older measured concentrations but correspond well with the latest measured concentrations during years 2004-2012. Based on the present data of diatom remains, it can be said that peat production has not had any significant effect on the ecological status of Martinjärvi.

Sisältö

1. JOHDANTO.....	5
2. AINEISTO JA MENETELMÄT	7
2.1. Tutkimusjärvet.....	7
2.2. Näytteenotto, sedimentin ajoitus ja geokemialliset analyysit	8
2.3. Piilevänäytteiden valmistus	10
2.4. Näytteiden määrittäminen	10
2.5. Analyysit ja monimuotoisuusindeksit lajistosta	10
3. TULOKSET	11
3.1. Sedimentin ajoitus	11
3.2. Sedimentin kemialliset ominaisuudet.....	12
3.3. Piileväanalyysi.....	14
3.3.1 Martinjärven ja Iso Kivijärven piileväjäänteet	14
3.3.2 Pääkomponenttianalyysi.....	17
3.3.3 Järvien trofiatason ja piilevien monimuotoisuuden muutokset	19
3.3.4 Fosforipitoisuuden muutosten mallinnus (DI-TP)	22
4. TULOSTEN TARKASTELU	24
4.1. Valuma-alueiden eroosion arviointi	24
4.2. Turvetuotannon ja metsätalouden vaikutusten arviointi kemiallisten analyysien ja piileväaineiston perusteella	25
4.3. Piilevä- ja surviaissääskijäänteet muutosten kuvaajina.....	26
4.4. Kokonaisfosforin mallinnuksen tulosten arviointi	27
4.5. Päätelmät	28
KIITOKSET	29
KIRJALLISUUS.....	29

1. JOHDANTO

Järvisedimentti sisältää monia ympäristömuutosten indikaattoreita, kuten piilevien kuoria, hyönteisten jäänteitä, siitepölyä ja nokihiukkasia vuosituhansien ajalta (Smol 2008). Paleolimnologia on tieteenala, joka tutkii näiden indikaattoreiden avulla vesistöjen ekologisen tilan muutoksia ja vesistön valuma-alueen historiaa laajemminkin. Tutkimusmenetelmän etuna on mahdollisuus tutkia hyvin pitkiä ajanjaksoja, jolloin saadaan tietoa myös ajalta ennen ihmistoiminnan vaikutusten alkamista vesistöihin.

Piileviä esiintyy kaikentyypisissä vesissä ja vesistöissä. Piilevälajeja on kymmeniä tuhansia, joista makean veden lajeja on vajaat 2000. Suomalaisissa sisävesistöissä piilevien osuus kasviplanktonissa on yleensä runsas erityisesti biomassan muodostajana.

Piilevät ovat usein käytetyin biologinen indikaattoriryhmä paleolimnologisissa tutkimuksissa (Smol 2008). Syitä on monia. Ne ovat usein hallitseva leväryhmä suurimmassa osassa makeanveden järjestelmistä ja voivat muodostaa enemmän kuin puolet koko vesistön perustuotannosta. Piilevillä on hyvin nopea vaelluskyky ja ne voivat asuttaa uusia elinympäristöjä nopeasti. Lajiston muutokset seuraavat tiiviisti ympäristömuutoksia. Eri lajeilla on eri ympäristöoptimit ja sietokyvyt. Fossiilisten piilevälajistojen analyyseja voidaankin käyttää ympäristömuuttujien, kuten pH:n ja ravinnetasojen jäljittämiseksi.

Piilevien kuoren piioksidi on yleensä vastustuskykyinen bakteerien hajottamiskyvylle, kemialliselle liukenemiselle ja fyysiselle hajoamiselle. Siten piilevien kuoret ovat usein hyvin säilyneitä sedimenttikerrostumissa. Tiedetyt piilevälajit ovat sopeutuneet asuttamaan tiettyjä järven tai joen elinympäristöjä, osa elää kiinnittyneinä kasvualustaan rantavyöhykkeellä (perifyton) ja osa muodostaa avoimen veden eliöyhteisöjä (plankton). Planktisten eli vapaasti vedessä keijuvien piilevien suhteellisten osuuksien kasvu suhteessa benttisiin eli pohjalla eläviin piileviin sedimenttikerrostumissa voi kertoa järven rehevöitymisestä (Kauppila T. & Valpola S., julkaisematon).

Tärkein kemiallinen tekijä, joka on vastuussa piilevien tuotannon määrästä ja lajiston muutoksesta Suomen sisävesissä, on yleensä fosfori. Suurin osa järvien rehevyyttä käsittelevistä tutkimuksista yrittääkin rekonstruoida tätä tekijää (Whitmore 1989, Anderson & Rippey 1994, Bennion ym. 1996, Hall & Smol 1992, 1999, viitattu teoksessa Battarbee ym. 2001, Kauppila ym. 2002b). Fosforin lisääntyminen aiheuttaa eniten muutosta kasviplanktoniyhteisöille, mutta benttiset yhteisöt voivat myös muuttua elinympäristön muuttuessa. Ne ovat riippuvaisia esimerkiksi siitä, minkälaisia vesimakrofyyttejä vedessä esiintyy ja niiden levinneisyydestä, sekä planktonlevien lisääntymisen aiheuttamasta varjostamisesta. Yleensä tämä huomataan planktisten ja ei-planktisten piilevien suhteen kasvusta sedimenttikerrostumissa (Battarbee 1986, viitattu teoksessa Battarbee ym. 2001).

Erityisesti piileviin pohjautuvia päättelymalleja on käytetty laajalti arvioitaessa menneitä päällysveden fosforipitoisuuksia järvissä (Hall & Smol 1999, viitattu teoksessa Kauppila ym. 2002b, Miettinen 2003). On osoitettu, että sedimentin piilevälajistoa voidaan luotettavasti käyttää jäljitettäessä menneitä veden kokonaisfosforipitoisuuksia. Kauppila ym. (2002b) käyttivät tutkimuksessaan piileviin perustuvaa kokonaisfosforimallia, joka kehitettiin Etelä-Suomelle. Sillä voitiin jäljittää menneitä päällysveden kokonaisfosforipitoisuuksia Valkjärvelle Kärkölässä. Piileviin perustuvat mallit ennustivat Kauppilan työssä tarkasti kokonaisfosforipitoisuuksia, kuten järveltä saatu seurantatieto vuodesta 1979 lähtien osoitti.

Metsätaloudesta ja turvetuotannosta aiheutuu ojitusten myötä kiintoaineen, humuksen eli orgaanisten hiiliyhdisteiden ja mm. fosforin, typen, kaliumin ja alumiinin huuhtoutumista valuma-alueelta vesistöihin. Turvemaiden haitallisin ongelma onkin kiintoaineen lisääntynyt kulkeutuminen vesistöihin johtuen muun muassa ojitusten aiheuttamasta lisääntyneestä sedimentin eroosiosta ja virtaaman muutoksista (Marttila 2012). Turpeen hajoamisen kiihtyminen kuivuvalla turvetuotantoalueella johtaa myös humusaineiden lisääntyneeseen huuhtoutumiseen (Klöve ym. 2012). Hiilen ja typen välinen suhde kertoo järveen valuma-alueelta tulevan humuksen määrän muutoksista. Typen määrä vuorostaan kertoo järven omasta levätuotannosta. Suhdetta voidaan verrata järven luonnontilaisen vaiheen ja teollisen ajan välillä. Hiilen ja typen suhteesta voidaan pyrkiä päättämään, onko ihmistoiminta mahdollisesti lisännyt hiilen kulkeutumista järveen sen valuma-alueelta. Turvetuotannon ojitusten seurauksena fosforia ja typpeä vapautuu sekä niiden valunta lisääntyy turpeen hajotessa. Sedimenttikerrostumien kaliumpitoisuus kertoo järven valuma-alueelta järveen tulevasta mineraalimaa-aineksen eroosiosta (Tommi Kauppila, GTK, henkilökohtainen tiedonanto). Alumiinin korkeat pitoisuudet järvivedessä voivat johtua valuma-alueella tapahtuneista metsänuodistamisista (Silver & Tikander 2014). Ne lisäävät alumiinin liukoisuutta maanmuokkausten ja sen seurauksena tapahtuvan alumiinin huuhtoutumisriskin myötä. Kaliumin ja alumiinin on havaittu esiintyvän humukseen sitoutuneina (Palviainen & Finér 2013).

Piileväanalyysin tukena käytetään geokemiallista analyysia. Sedimenttikerrostumista analysoidaan erilaisten kemiallisten muuttujien pitoisuuksia, joita voidaan verrata samoista kerrostumista määritettyjen piilevälaajien suhteellisten osuuksien muutoksiin. Tarkoitus on havaita, ovatko tiettyjä ympäristöoptimeja suosivien lajien osuudet muuttuneet yhtä aikaa kemiallisten muuttujien pitoisuuksien muuttuessa eli järven ympäristöolojen muuttuessa. Näin voidaan seurata esimerkiksi järven rehevöitymiskehitystä.

Tämän pro gradu -tutkielman tavoitteena oli selvittää turvetuotannon ja metsätalouden vaikutuksia metsäjärvien piileväyhteisöihin ja veden laatuun. Tutkimus on toteutettu paleolimnologisella menetelmällä, jossa tutkitaan sedimenttikerrostumiin hautautuneita piileväkuoria. Piilevät kuvaavat eufoottisen vyöhykkeen tilan muutoksia (Smol 2008). Paleolimnologista menetelmää turvetuotannon vesistövaikutusten tutkimisessa ei aiemmin juurikaan ole käytetty (Smol 2008), vaikka turvetuotannon ja metsätalouden vesistövaikutuksia on vuosikymmenien ajan tutkittu muutoin (esim. Simola ym. 1995, Turkia ym. 1998, Kukkonen & Miettinen 2007).

Tutkimuskohteina olivat Keuruun Martinjärvi ja Iso Kivijärvi. Tutkielmassa selvitettiin piileväyhteisöjen muutoksia 1600-luvulta nykypäivään. Tutkielman hypoteesi oli, että turvetuotannolla on ollut vaikutusta järven veden laatuun ja piileväyhteisöihin. Toinen, myös Jyväskylän yliopistossa tehty, pro gradu -tutkielma (Ahokas 2015) käsitteli surviaissääskiyhteisöjen muutoksia samalla aikavälillä samoista sedimenttikerrostumista. Molemmat tutkimusjärvet ovat pieniä ja tyypitelty mataliksi humusjärviksi. Martinjärven valuma-alueella sijaitsee Kalmunevan turvetuotantoalue. Iso Kivijärvi on vertailujärvi ja sen valuma-alueella ei ole turvetuotantoa, mutta valuma-alue on muuten maankäytöltään samankaltainen. Molempien järvien valuma-alueilla on metsätaloutta, joten metsätalouden vaikutuksia tarkasteltiin molemmista järvistä. Iso Kivijärvi valittiin Martinjärven vertailujärveksi juuri sen samankaltaisten ominaisuuksien takia. Iso Kivijärvi myös sijaitsee niin lähellä Martinjärveä, että historialliset muutokset maankäytössä ja esim. ilmalaskeumassa ovat todennäköisesti olleet pääpiirteissään samankaltaisia molempien järvien valuma-alueilla. EU:n vesipuidedirektiivi (2000) velvoittaa jäsenmaitaan saavuttamaan pintavesien hyvän tilan vuoteen 2015 mennessä. Pintavesien hyvä tila voidaan määrittellä verrattaessa vesistön tilaa sen luonnontilaiseen vaiheeseen ennen

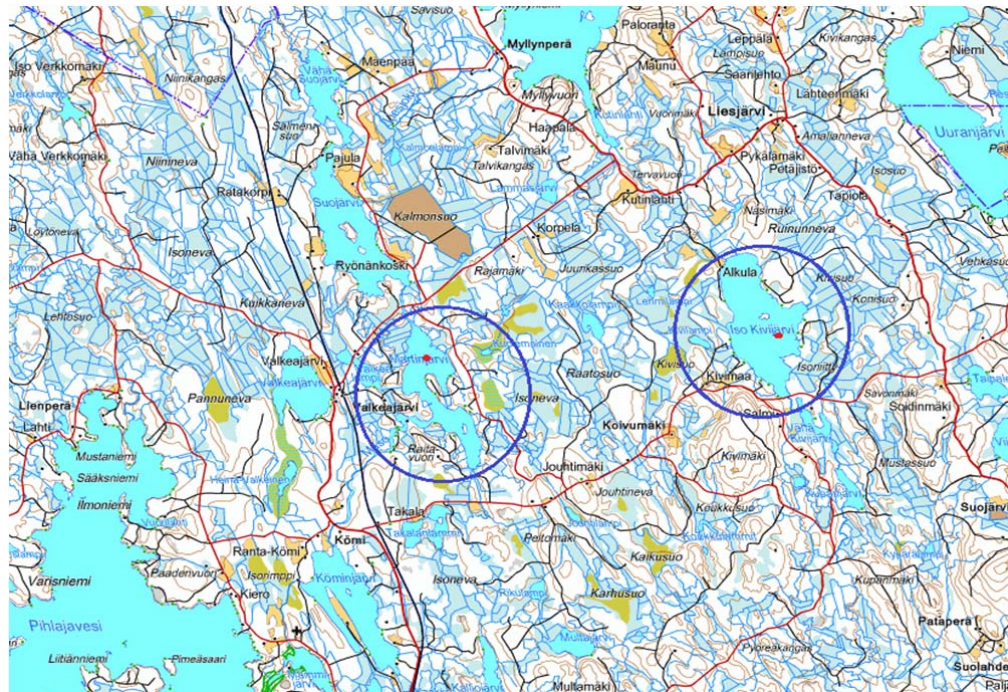
ihmistoiminnan vaikutusta siihen. Paleolimnologinen menetelmä oli tässä tutkimuksessa tarpeellinen, sillä tutkittavien järvien vedenlaatua on seurattu vasta valuma-alueilla toteutettujen toimenpiteiden aloittamisen jälkeen 1980-luvulta lähtien. Lisäksi menetelmällä saatiin tietoa järvien luonnontilaisesta vaiheesta vuosisatojen ajalta.

Tutkimus on osa Geologian tutkimuskeskuksen (GTK) vetämää Martinjärven sedimenttitutkimusta, jossa GTK on tehnyt sedimenttien ajoitukset sekä kemialliset analyysit ja Jyväskylän yliopisto opinnäytetöinä biologiset analyysit surviaissääski- ja piilevyhteisöistä. Kemiallisten muuttujien pitoisuuksien muutoksia verrattiin piilevyhteisöjen suhteellisissa osuuksissa tapahtuneisiin muutoksiin.

2. AINEISTO JA MENETELMÄT

2.1. Tutkimusjärvet

Tutkimusjärvet, Martinjärvi ja vertailujärvenä toiminut Iso Kivijärvi, sijaitsevat Keski-Suomessa Keuruulla. Järvet kuuluvat Kokemäenjoen päävesistöön. Ne sijaitsevat maantieteellisesti vierekkäin (Kuva 1). Molemmat ovat matalia ja pinta-alaltaan pieniä humusjärvviä. Ilmastotekijöiden vaikutus järviin on samankaltainen, sillä ne sijaitsevat lähellä toisiaan. Kummankaan järven valuma-alueella ei ole muuta suurempaa kuormituslähdettä, kuin metsätalous tai turvetuotanto. Martinjärven valuma-alue on kuitenkin huomattavasti Iso Kivijärven valuma-aluetta suurempi ja järven viipymä on hyvin lyhyt, vain 7 päivää (Taulukko 1). Martinjärven valuma-alue on järvisempi, kuin Iso Kivijärven (Liite 1).



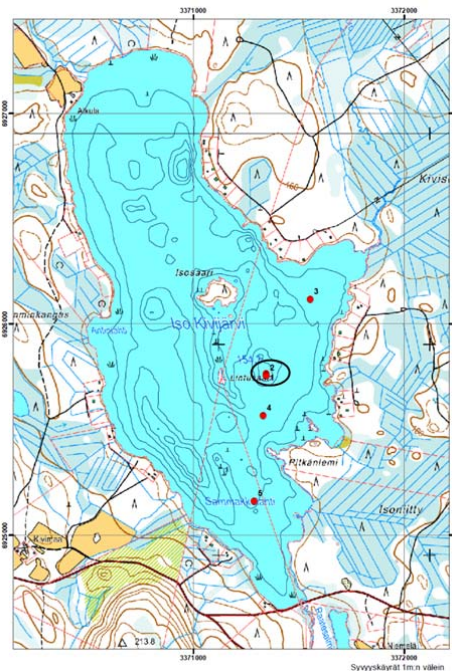
Kuva 1. Keuruulla sijaitsevien tutkimusjärvien Iso Kivijärven ja Martinjärven sijainti kartalla ympyröitynä (Kansalaisen karttapaikka www.kansalaisen.karttapaikka.fi).

Taulukko 1. Iso Kivijärven ja Martinjärven perustiedot (Hertta-tietokanta 2015, Kauppila & Valpola 2014).

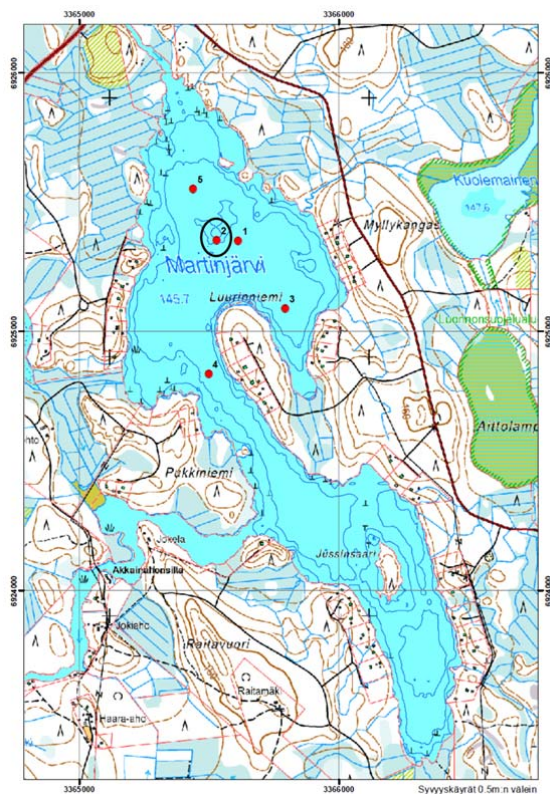
	Iso Kivijärvi	Martinjärvi
Pinta-ala (ha)	190	105
Syvyys (m)	4,5	2
Viipymä (vrk)	90	7
Pintavesityyppi	Matalat runsashumuksiset järvet	Hyvin lyhytviipymäinen järvi, pieni humusjärvi
Valuma-alue (km ²)	38	178

2.2. Näytteenotto, sedimentin ajoitus ja geokemialliset analyysit

Geologian tutkimuskeskus kairasi sedimenttinäytteet Limnos-sedimenttinoutimella Iso Kivijärvestä ja Martinjärvestä maaliskuussa 2012 (Kuva 2 ja Kuva 3). Iso Kivijärvestä otettiin 5 sedimenttisarjaa ja Martinjärvestä kuusi. Niiden lisäksi molemmista järvistä otettiin yksi näytesarja GTK:n kehittämällä ns. Bertta-mäntänoutimella (sisähalkaisija 146 mm). Iso Kivijärvellä näytteenotto tapahtui järven keskiosassa olevien särkkien itäpuolella olevalta pienialaiselta syvänteeltä, jossa vesisyvyys on 4,8 metriä. Martinjärvellä näytteenotto tapahtui järven pohjoisosan laakealla noin 2 metriä syvyydellä pohjan alueella. Valittu kohde oli järven syvintä aluetta. Näytteenottopaikka oli lähellä Kalmunevan turvetuotantoalueen suunnasta laskevien vesien purkupaikkaa Martinjärven pohjoispäässä (Kauppila 2013).



Kuva 2. Järvisedimentin näytteenottoaikat 1-5 Iso Kivijärvellä punaisilla palloilla merkittyinä. Numeron 2 kohdalta, joka on ympyröity, otetusta näytteestä tehtiin piileväpreparaatit (Data, Geologian tutkimuskeskus).



Kuva 3. Järvisedimentin näytteenottoaikat 1-5 Martinjärvellä punaisilla palloilla merkittyinä. Numeron 2 kohdalta, joka on ympyröity, otetusta näytteestä tehtiin piileväpreparaatit (Data, Geologian tutkimuskeskus).

Sedimentinäytteistä tehtiin ^{14}C -, ^{210}Pb - ja ^{137}Cs -ajoitukset. Luonnontieteellisen keskusmuseon Ajoituslaboratorio teki ^{14}C -ajoituksen ja Säteilyturvakeskus (STUK) ^{210}Pb -ajoituksen. STUK ja GTK yhdessä määrittivät ^{137}Cs -pitoisuudet (Kauppila 2014). ^{210}Pb -ajoitukset pystytään tekemään 150 vuotta nuoremmille kerrostumille ja sitä vanhempien sedimenttien iänmääritys tehtiin ^{14}C -menetelmällä. Cesium-ajoitus perustuu ^{137}Cs -isotoopin syvyysjakauman tutkimiseen sedimenttisarjoista. Tämä cesiumin 137-isotooppi syntyy vain ihmistoiminnan seurauksena. Syvyysjakauma kuvastaa eri aikoina näytteenottoaikalalle kertyneen sedimentin ^{137}Cs -pitoisuuden kehitystä. Syvyysjakaumasta voidaan useimmiten paikallistaa vuoden 1986 hyvin voimakas ^{137}Cs -laskeuma, joka on peräisin Tshernobylin ydinonnettomuudesta. ^{14}C :n puoliintumisaika tiedetään olevan 5730 vuotta ja sen avulla pystytään määrittämään ikä sedimentille. Turvetuotanto Martinjärven valuma-alueella alkoi 1970-luvun loppupuolella, joten tuotannon alkamisen aikaisen sedimenttikerroksen syvyys sedimenttiprofiilissa tiedettiin hyvin. Sedimentteihin ^{210}Pb kertyy kahdella tavalla; hajoamalla radioaktiivisesti maaperässä olevasta radiumista sekä ilmakehästä suoraan esimerkiksi sateiden välityksellä tai epäsuoraan vesistöjen rannoilta eroosion vaikutuksesta. Radiumista hajoavaa ^{210}Pb -pitoisuutta kutsutaan kantavaksi pitoisuudeksi ja ilmakehästä lähtöisin olevaa kantamattomaksi pitoisuudeksi. Kantamaton pitoisuus noudattaa radioaktiivisuuden hajoamislakia, joten mittaamalla sedimentinäytteistä lyijyn kokonaispitoisuuden ja erottamalla siitä kantamattoman

pitoisuuden, voidaan sopivilla matemaattisilla ajoitusmalleilla määrittää kerrosten iät. ^{210}Pb :n puoliintumisaika on 22,3 vuotta (Tommi Kauppila, GTK, henkilökohtainen tiedonanto).

Geologian tutkimuskeskus Kuopiossa teetti Iso Kivijärven ja Martinjärven sedimenttikerrostumien näytteille geokemialliset analyysit kaupallisessa laboratoriossa (Labtium Oy, FINAS T025 akkreditointi). Analysoidut alkuaineet olivat Ag, As, Bi, Cd, Mo, Sb, Se, Th, TI, U, Al, B, Ba, Be, Ca, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, S, Sr, Ti, V, Zn, C ja N. Analyysien tuloksista esitellään pro gradu -tutkielmassa Al, K ja C-N-suhteen tulokset.

2.3. Piilevänäytteiden valmistus

Näytteiden valmistamisessa noudatettiin Battarbeen ym. (2001) ohjeita piilevänäytteiden valmistukseen. Sedimenttinäytteet jaettiin 1 cm paksuisiin viipaleisiin Geologian tutkimuskeskuksessa Kuopiossa. Sekä Martinjärvestä että Iso Kivijärvestä tutkittiin 21 näytettä. Näytteiden valmistuksessa käytettiin Geologian tutkimuskeskuksen piileväpreparaattien valmistusohjetta (Liite 2).

2.4. Näytteiden määrittäminen

Sedimenttisarjan syvyyksistä 0–16 cm määritettiin kaikki näytteet ja syvemmltä näytteet 17–18 cm, 19–20 cm, 23–24 cm, 27–28 cm ja 35–36 cm. Tämä tehtiin, koska haluttiin tarkastella piilevien lajistossa tapahtuneita muutoksia erityisesti 1800-luvun lopulla ja 1900-luvun aikana (Iso Kivijärven näytteet 0–16 cm, Martinjärven näytteet 0-15 cm), kun ihmistoiminta on mahdollisesti vaikuttanut järven veden laatuun ja sitä kautta lajistoon enemmän kuin sitä ennen. Piilevien määrittämisessä käytettiin Olympus-mikroskoopin 1000-kertaista suurennosta kirkaskenttää ja vaihekontrastia apuna käyttäen. Kirjallisuutena käytettiin pääasiassa Krammer & Lange-Bertalotin määrittämissä menetelmillä (Krammer & Lange-Bertalot 1986–1991). Näytteen peitinlasin päällä käytettiin immersioöljyä. Näytteistä laskettiin yleensä noin 300 piileväyksilöä, jotta saataisiin riittävä kuva näytteen lajistosta. Muutamassa näytteessä määrä jäi 200 yksilöön ja muutamassa näytteessä yksilömäärä kohosi 1000 yksilöön. Laskettujen yksilömäärien vaihtelu korjattiin myöhemmin tilastotieteellisissä analyyseissä rarefaktion avulla, jotta näytteiden lajistoa pystyttäisiin vertailemaan keskenään. Laji laskettiin mukaan, jos sitä esiintyi vähintään $\frac{1}{4}$ kokonaisuudesta yksilöstä.

2.5. Analyysit ja monimuotoisuusindeksit lajistosta

Piilevälajistosta laadittiin stratigrafia-kuvaajat ja valittujen lajien pohjalta tehtiin pääkomponenttianalyysi. C2-ohjelmalla (Juggins versio 1.7.4) tehdyt stratigrafia-kuvaajat havainnollistavat lajien suhteellisissa runsauksissa tapahtuneita muutoksia ajan kuluessa. Osa lajeista viihtyy karummissa ja osa rehevämmissä järvissä. Lajien suhteellisten runsauksien muutosten perusteella pystytään havaitsemaan järven rehevyydessä ja muissa lajistoon vaikuttavissa oloissa tapahtuneita muutoksia. Stratigrafia-kuvaajat tehtiin lajeille, joiden suhteellinen runsaus oli vähintään 1 % vähintään kolmessa näytteessä. R-ohjelmointiohjelmalla (versio 2.15.2) tehty pääkomponenttianalyysi kuvaa sekin eroja lajikoostumuksessa sedimenttikerrostumien välillä. Jos lajistokoostumuksessa on suuria eroja, sedimenttikerrostumien näytepisteet ovat PCA-kuvaajassa kaukana toisistaan. Pääkomponenttianalyysin akselit muodostetaan siten, että ensimmäinen akseli (pääkomponentti, PC1) asettuu lajiston suurimman vaihtelun suuntaan, toinen akseli (PC2) seuraavaksi suurimman lajiston vaihtelun suuntaan, kuitenkin siten, ettei se korreloi ensimmäisen akselin kanssa, jne. Akselit siis havainnollistavat lajiston merkittäviä

vaihteluja ja niiden avulla voidaan pyrkiä päättämään, mitkä ympäristömuuttajat ovat aiheuttaneet havaitut lajiston muutokset. Pääkomponenttianalyysi, jossa ovat mukana piilevälaajien suhteellisia osuuksia kuvaavat lajinuolet, kuvaa yksittäisten lajien osuuksien avulla, miten osuudet ovat muuttuneet sedimenttikerrostumien näytteiden välillä. Yksittäisen nuolen kärki on siinä pisteessä, missä kyseistä piilevälaajia on eniten kaikista eri näytteistä. Jos nuoli on pitkä, lajin suhteellinen osuus on muuttunut paljon ja vaihtelu on tärkeä tietosarjassa (Battarbee ym. 2001).

Lajeille laskettiin myös planktisten piilevien osuus suhteessa benttisiin piileviin. Piilevälaajiston monimuotoisuutta kuvattiin Shannonin diversiteetti-indeksillä (Lahti & Rönkä 2006). Planktisten piilevien osuus suhteessa benttisiin piileviin kuvaa mahdollista järven rehevöitymistä, koska planktisten piilevien suhteellinen osuus voi kasvaa järven rehevöityessä. Diversiteetti-indeksi laskettiin Past-tietokoneohjelman avulla (Hammer, Harper & Ryan 2001). Indeksien pienet arvot kertovat yksipuolisesta lajistosta ja suuret arvot kuvastavat monimuotoista lajistoa. Aineistolle tehty rarefaktio-analyysi kuvaa sitä, montako piilevälaajia olisi havaittu, jos jokaisesta näytteestä olisi analysoitu täsmälleen sama yksilömäärä. Sen avulla voidaan siis vertailla näytteitä, joissa on laskettu erisuuri määrä lajeja. Näytteitä verrattaessa kokonaisuksilömäärä valitaan siitä näytteestä, josta on laskettu vähiten yksilöitä. Rarefaktio eli piilevien lajirunsaus kuvaa piilevälaajiston monimuotoisuuden vaihteluita.

Tutkimuksessa määritettyjen piilevälaajien suhteellisten osuuksien perusteella mallinnettiin eri sedimenttikerrostumille kokonaisfosforipitoisuudet Mira Tammelinin (Turun yliopisto) kehittämällä kokonaisfosfori-mallilla (Tammelin & Kauppila 2015). Malliin valittujen järvien fosforipitoisuudet vaihtelivat välillä 4–120 µg P/l. Mallinnettuja kokonaisfosforipitoisuuksia verrattiin tutkimusjärvien pääkomponenttiakselien pistemääriin Pearsonin korrelaatiokertoimen avulla tarkoituksena nähdä, kuvaavatko pääkomponenttiakselit 1 tai 2 mahdollisesti järven rehevöitymiskehitystä. Jos pääkomponenttiakselin pistemäärät olivat vahvasti riippuvaisia mallinnetun kokonaisfosforin arvojen muutoksista, akseli kuvasi kokonaisfosforin määrän muutoksia järvellä ja siten mahdollista rehevöitymiskehitystä. Jos korrelaatio oli lähellä lukua 1, muuttujien välillä oli vahva positiivinen riippuvuus. Jos taas korrelaatio oli lähellä 0, muuttujien välinen riippuvuus oli heikko. Korrelaatio laskettiin Past-ohjelmalla. Martinjärvellä korrelaatio laskettiin jättämällä suhteellisesti sedimenttikerrostumissa erittäin runsaana esiintyvä laji *Aulacoseira lirata* pois laskuista. Mallinnettuja kokonaisfosforiarvoja verrattiin myös ympäristöviranomaisten tutkimusjärvistä mitaamiin kokonaisfosforiarvoihin, että nähtäisiin kuinka hyvin mallinnetut arvot vastaavat mitattuja arvoja.

3. TULOKSET

3.1. Sedimentin ajoitus

Tutkimusjärvien vanhin näyte 21 vastaa 1600-lukua ja 1700-luvun alkua (Taulukko 2). Näytteet 16–1 Iso Kivijärveltä ja näytteet 15-1 Martinjärveltä vastaavat aikaa 1800-luvun lopulta vuoteen 2012.

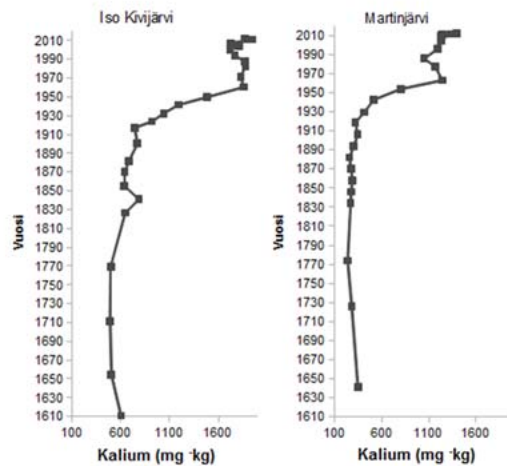
Taulukko 2. Sedimenttikerrostumien ajoitus ^{210}Pb -menetelmällä Iso Kivijärvellä ja Martinjärvellä. Sedimenttikerrostumat ovat syvyyksistä 0-36 cm. Näytteet 1-21 ovat 1 cm:n paksuisia. Ajoitetut vuodet ovat Iso Kivijärvellä 1611–2012 ja Martinjärvellä 1641–2012. Lihavoidut ja alleviivatut vuodet kuvastavat Iso Kivijärven ja Martinjärven valuma-alueilla tapahtuneita metsätalouden (1960-luku) ja Martinjärvellä tapahtunutta turvetuotannon (1972–1977) alkamisajankohtaa (Data, Geologian tutkimuskeskus).

Iso Kivijärvi			Martinjärvi		
Syvyys	Näyte	Vuosi	Syvyys	Näyte	Vuosi
0–1	1	2012	0–1	1	2012,5
1–2	2	2011	1–2	2	2012
2–3	3	2008	2–3	3	2011
3–4	4	2004	3–4	4	2010
4–5	5	2000	4–5	5	2005
5–6	6	1994	5–6	6	1996
6–7	7	1988	6–7	7	1986
7–8	8	1983	<u>7–8</u>	<u>8</u>	<u>1977</u>
<u>8–9</u>	<u>9</u>	<u>1972</u>	<u>8–9</u>	<u>9</u>	<u>1963</u>
<u>9–10</u>	<u>10</u>	<u>1961</u>	9–10	10	1954
10–11	11	1950	10–11	11	1943
11–12	12	1942	11–12	12	1929
12–13	13	1933	12–13	13	1919
13–14	14	1924	13–14	14	1906
14–15	15	1917	14–15	15	1894
15–16	16	1901	15–16	16	1882
17–18	17	1870	17–18	17	1858
19–20	18	1841	19–20	18	1834
23–24	19	1784	23–24	19	1786
27–28	20	1726	27–28	20	1738
35–36	21	1611	35–36	21	1641

3.2. Sedimentin kemialliset ominaisuudet

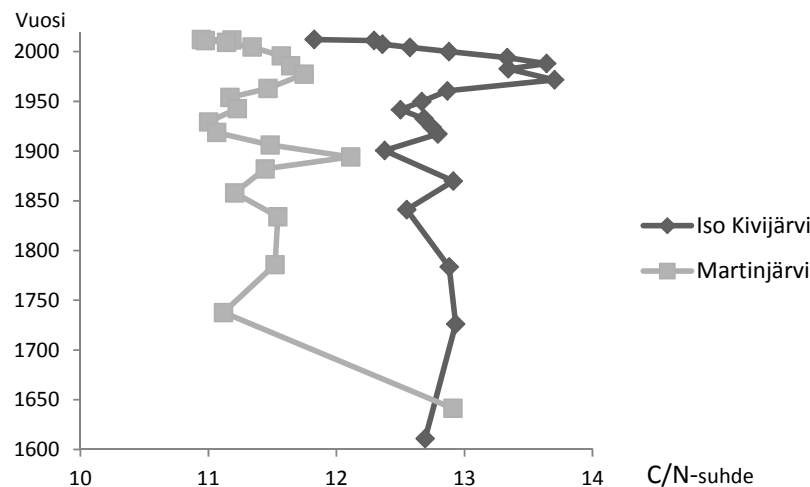
Kemiallisista analyyseista esitellään K, C-N-suhteen ja Al tulokset (Kuva 4, Kuva 5 ja Kuva 6).

Iso Kivijärvellä valuma-alueen eroosiota ja maankäyttöä kuvaava kaliumpitoisuus nousi hieman vuosina 1784–1841 ja huomattavasti vuosina 1924–1961 (Kuva 4). Vuosina 1988–2000 kaliumpitoisuus väheni hieman ja nousi taas hieman vuosina 2000–2011. Martinjärvellä kaliumpitoisuus nousi hieman vuosina 1894–1919 ja huomattavasti aikajaksolla 1929–1963. Vuosina 1963–1986 kaliumpitoisuus väheni hieman ja sen jälkeen pitoisuus taas nousi hieman.



Kuva 4. Sedimenttikerrostumien kaliumpitoisuus (mg/kg) Iso Kivijärvellä vuosina 1611–2012 ja Martinjärvellä vuosina 1641–2012 (Data, Geologian tutkimuskeskus).

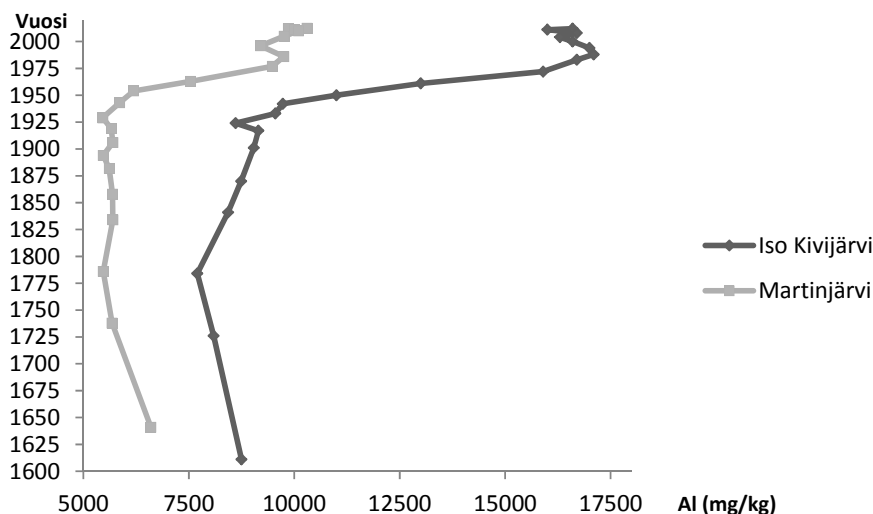
Iso Kivijärvellä humuksen ja levätuotannon suhdetta kuvastava hiilen ja typen välinen suhde (Kuva 5) vaihteli enemmän vuosista 1950–1961 alkaen verrattuna sitä vanhempiin sedimenttikerrostumiin. Suhde oli pienimmillään vuosina 2000–2012. Suhde oli suurimmillaan 1970-luvulta 2000-luvulle asti. Martinjärvellä hiilen ja typen välinen suhde (Kuva 5) vaihteli enemmän vuosista 1894–1906 alkaen vanhempiin sedimenttikerrostumiin verrattuna. Suhde oli pienimmillään 1700-luvun alkupuolella ja 1920-luvulla. Kaikista pienimmillään suhde oli vuosina 2000–2012. Suhde oli suurimmillaan 1900-luvun vaihteessa ja 1970- ja 1990-lukujen välisenä aikana.



Kuva 5. Hiilen ja typen välinen suhde sedimenttikerrostumissa Iso Kivijärvellä vuosina 1611–2012 ja Martinjärvellä vuosina 1641–2012. Musta viiva kuvaa Iso Kivijärveä ja harmaa viiva Martinjärveä (Data, Geologian tutkimuskeskus).

Sekä Iso Kivijärvessä että Martinjärvessä alumiinipitoisuudet nousivat huomattavasti

1930-luvulta alkaen (Kuva 6). Iso Kivijärnessä alumiinipitoisuudet nousivat huomattavasti enemmän kuin Martinjärnessä. Martinjärnessä pitoisuudet kasvoivat vielä 1980-luvulla.



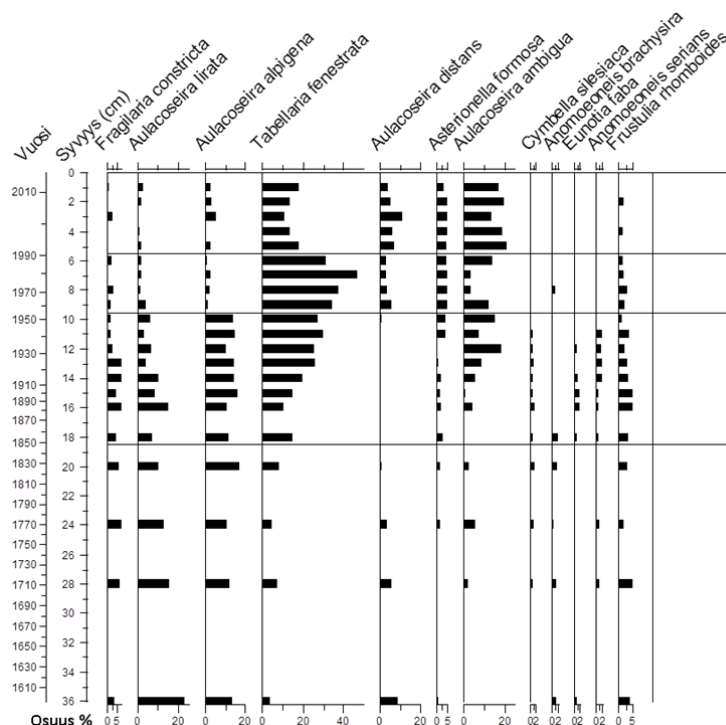
Kuva 6. Alumiinin pitoisuuksissa (mg/kg) tapahtuneet muutokset Iso Kivijärven sedimenttikerrostumissa vuosina 1611–2012 ja Martinjärvellä vuosina 1641–2012. Musta viiva kuvaa Iso Kivijärveä ja harmaa viiva Martinjärveä (Data, Geologian tutkimuskeskus).

3.3. Piileväanalyysi

3.3.1 Martinjärven ja Iso Kivijärven piileväjäänteet

Iso Kivijärven näytesarjasta tunnistettiin 147 piilevälajia ja 25 sukua, sekä Martinjärveltä yhteensä 229 piilevälajia ja 27 sukua (Liite 3, Liite 4, Liite 5 ja Liite 6). Iso Kivijärvellä eniten lajeja löytyi suvuista *Eunotia* (32 lajia), *Aulacoseira* (20), *Navicula* (12), *Pinnularia* ja *Nitzschia* (molemmissa 10). Martinjärvellä eniten lajeja löytyi suvuista *Eunotia* (40 lajia), *Pinnularia* (32), *Navicula* (29) ja *Aulacoseira* (22). Iso Kivijärvellä yksilömääriltään runsaimpia olivat sukujen *Aulacoseira* ja *Tabellaria* lajit. Martinjärvellä esiintyi eniten sukujen *Aulacoseira* ja *Fragilaria* yksilöitä. Yleisimmät piilevälajit Iso Kivijärvellä olivat *Tabellaria fenestrata*, *Aulacoseira subarctica*, *Aulacoseira ambigua*, *Aulacoseira alpigena* ja *Aulacoseira lirata*. Yleisimmät piilevälajit Martinjärvellä olivat *Aulacoseira lirata*, *Aulacoseira alpigena*, *Aulacoseira subarctica*, *Aulacoseira ambigua* ja *Fragilaria exigua*.

Iso Kivijärven (vertailujärvi) stratigrafia-kuvaajasta (Kuva 7) näkyi, että karuissa vesissä viihtyvän lajin *Aulacoseira alpigena* suhteellinen osuus koko lajikoostumuksesta oli aikaisemmin runsaampaa. Sen osuus alkoi vähentyä jyrkemmin 8–9 cm:ssä (vuodet 1972–1983) vanhempiin sedimenttikerrostumiin verrattuna. Myös karummissa vesissä viihtyvät lajit *Anomoeoneis brachysira*, *Eunotia faba* ja *Anomoeoneis seriens* esiintyivät aikaisemmin järnessä, mutta hävisivät kokonaan sieltä viimeistään 1950-lukuun mennessä. Karuissa vesissä viihtyvän *Fragilaria constricta*-lajin suhteellinen osuus alkoi vähentyä 11–12 cm:ssä (vuodet 1942–1950). *Asterionella formosa*, joka saattaa runsastua järven rehevöityessä, runsastui 10–11 cm:stä (vuodet 1950–1961) alkaen vanhempiin sedimenttikerrostumiin verrattuna. Lajien mallinnetut kokonaisfosforioptimit (Miettinen 2003) löytyvät taulukosta 3.

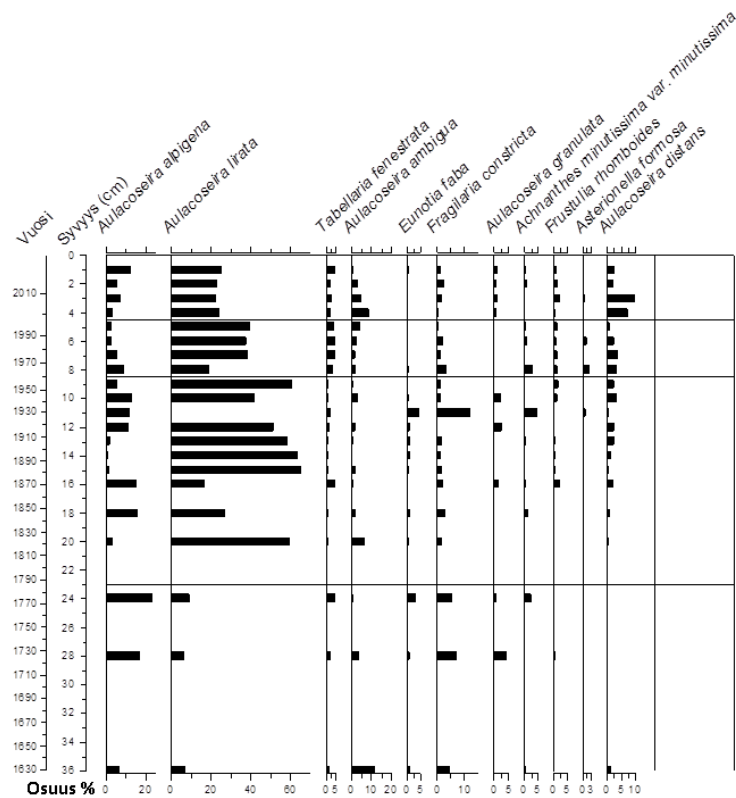


Kuva 7. Stratigrafia-kuvaaja Iso Kivijärven runsaimmista piilevälajeista vuosina 1611–2012. Kuvaajassa on nähtävissä lajien suhteelliset osuudet (%) eri sedimenttikerrostumissa, sekä sedimenttikerrostumien syvyydet (cm) ja niitä vastaavat vuodet. Lajien kokonaisfosforioptimit löytyvät taulukosta 3.

Taulukko 3. Iso Kivijärvellä ja Martinjärvellä esiintyvien piilevälajien kokonaisfosforioptimit $\mu\text{g/l}$ (Miettinen 2003).

Piilevälaji	Kokonaisfosforioptimi ($\mu\text{g/l}$)
<i>Achnanthes minutissima</i>	15.8
<i>Anomoeoneis brachysira</i>	10.5
<i>Anomoeoneis seriens</i>	9.8
<i>Asterionella formosa</i>	16.4
<i>Aulacoseira alpigena</i>	13.4
<i>Aulacoseira ambigua</i>	23.4
<i>Aulacoseira distans</i>	18.5
<i>Aulacoseira granulata</i>	30.6
<i>Aulacoseira lirata</i>	21.6
<i>Cymbella silesiaca</i>	17.2
<i>Eunotia faba</i>	15.6
<i>Fragilaria constricta</i>	15.8
<i>Frustulia rhomboides</i>	18.7
<i>Tabellaria fenestrata</i>	26.4

Martinjärven stratigrafia-kuvaajasta (Kuva 8) näkyi, että rehevien vesien laji *Frustulia rhomboides* runsastui 9-10 cm:ssä (vuodet 1954–1963). Karummissa vesissä viihtyvän *Aulacoseira alpigena*-lajin suhteellinen osuus koko lajikoostumuksesta oli aikaisemmin runsaampaa. Iso Kivijärven tavoin sen osuus alkoi vähentyä 8–9 cm:stä (vuodet 1963–1977) alkaen. Toinen karuissa vesissä viihtyvä laji *Eunotia faba* hävisi järvestä kokonaan 6-7 cm:stä (vuodet 1986–1996) alkaen. *Asterionella formosa*, joka saattaa runsastua järven rehevöityessä, yleistyi uudempia kerrostumia kohti 10–11 cm:stä (vuodet 1943–1954) alkaen ja sen runsain suhteellinen osuus oli vuosina 1977–1986. Rehevyyttä ilmentävä laji *Tabellaria fenestrata* runsastui 7–8 cm:ssä (vuodet 1977–1986). Järven rehevyyttä ilmentävän *Aulacoseira ambigua*-lajin suhteellinen osuus kasvoi vuosien 1977–1986 ja 2005–2010 välillä verrattuna vanhempiin sedimenttikerrostumiin. Eräissä sedimenttikerrostumissa laji *Aulacoseira lirata* esiintyi jopa 65 % koko näytteestä. Lajien mallinnetut kokonaisfosforioptimit (Miettinen 2003) löytyvät taulukosta 3.

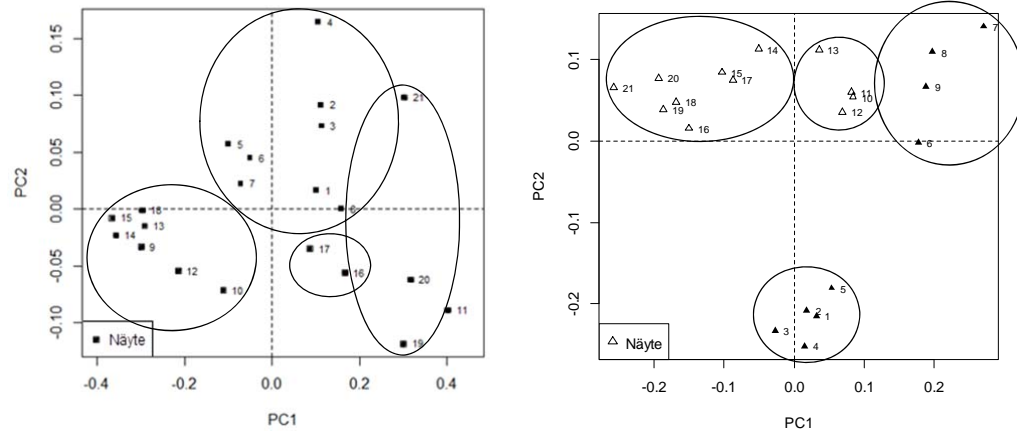


Kuva 8. Stratigrafia-kuvaaja Martinjärven runsaimmista piilevälajeista vuosina 1641–2012. Kuvaajassa on nähtävissä lajien suhteelliset osuudet (%) eri sedimenttikerrostumissa, sekä sedimenttikerrostumien syvyydet (cm) ja niitä vastaavat vuodet. Lajien kokonaisfosforioptimit löytyvät taulukosta 3.

3.3.2 Pääkomponenttianalyysi

Iso Kivijärven pääkomponenttianalyysi-kuvaaja erotti lajiston neljään ryhmään: (Kuva 9) 21–14 cm, 13–10 cm, 9–6 cm ja 5–1 cm. Lajisto muuttui vuosina 1933–1942 (näyte 13), 1972–1983 (näyte 9) ja 2000–2004 (näyte 5). Iso Kivijärven näyte 9 vastaa ajallisesti Martinjärven näytettä 8 ja turvetuotannon aloitusta Martinjärvellä. Suurimmat lajistomuutokset Iso Kivijärvellä verrattuna vanhimpien sedimenttikerrostumien lajistoon eli luonnontilaiseen vaiheeseen olivat vuosien 1972–2012 aikoihin.

Martinjärven pääkomponenttianalyysi-kuvaaja (Kuva 9) erotti lajiston neljään ryhmään: 21–18 cm, 17–16 cm, 15–9 cm ja 8–1 cm. Näytteet 18 ja 11 poikkeavat niitä vanhemmista näytteistä. Näytteissä oli paljon liuenneita piileväyksilöitä, mikä vaikeutti lajintunnistusta. Aikaiset muutokset lajistossa olivat alkaneet näkyä jo vuosina 1858–1882 (näyte 17). Lajisto muuttui selvästi myös vuosina 1894–1906 (näyte 15) ja vuosina 1977–1986 (näyte 8).

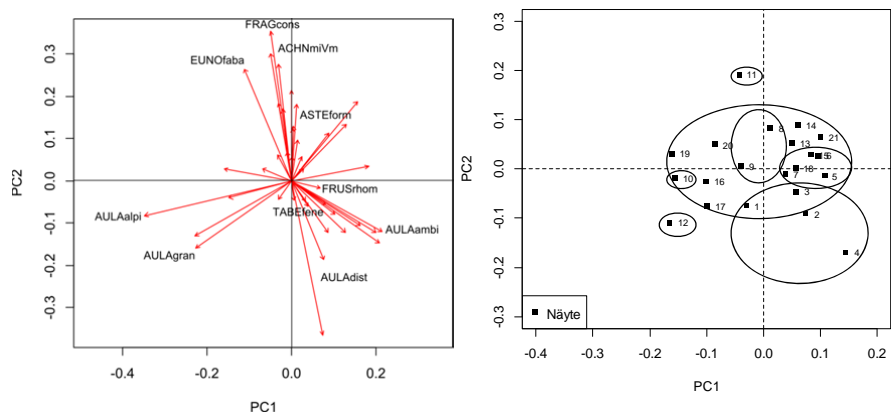


Martinjärvi

Iso Kivijärvi

Kuva 9. Pääkomponenttianalyysi (PCA) piilevien lajikoostumuksesta Martinjärvellä vuosina 1641–2012 (kuvassa vasemmalla) ja Iso Kivijärvellä vuosina 1611–2012 (kuvassa oikealla). Pääkomponenttianalyysi- eli PCA-kuvaaja havainnollistaa lajiston suhteellisissa osuuksissa tapahtuneita muutoksia sedimenttikerrostumien välillä ajan kuluessa. Suurin vaihtelu lajiston suhteellisissa osuuksissa on nähtävissä akseleilta PC1 ja PC2. Symbolit ovat yksittäisiä eri sedimenttikerrostumien näytteitä. Pienimmät numerot ovat tuoreimpia näytteitä ja suurimmat numerot vanhimpia.

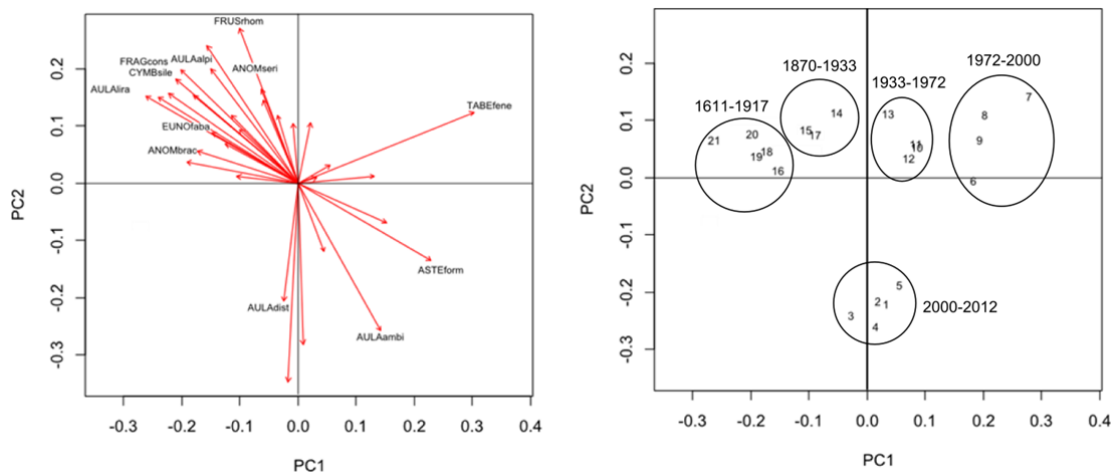
Martinjärven pääkomponenttianalyysi-kuvaaja (Kuva 10) voidaan piirtää myös jättämällä laji *Aulacoseira lirata* pois kuvaajasta. Laji esiintyi näytteissä hyvin runsaana. Laji saattaa vääristää pääkomponenttianalyysikuvaajan tulkintaa. Ilman tätä lajia pääkomponenttianalyysi-kuvaaja erotti lajiston 5 eri ryhmään. Ryhmiä olivat sedimenttisyvyydet 21–13 cm (vuodet 1641–1929), 12–10 cm (1929–1963), 9–8 cm (1963–1986), 7–5 cm (vuodet 1986–2010) ja 4 cm–1 cm (vuodet 2010–2012).



Kuva 10. Pääkomponenttianalyysi (PCA) piilevien lajikoostumuksesta Martinjärvellä vuosina 1641–2012. Näyte 21 vastaa vuosia 1641–1738 ja näyte 1 vuotta 2012. Kuvaajan piirtämisessä on jätetty huomiotta suuren suhteellisen osuuden omaava laji *Aulacoseira lirata*. Pääkomponenttianalyysi- eli PCA-kuvaaja havainnollistaa lajiston suhteellisissa osuuksissa tapahtuneita muutoksia sedimenttikerrostumien välillä ajan kuluessa. Suurin vaihtelu lajiston suhteellisissa osuuksissa on nähtävissä akseleilta PC1 ja PC2. Ensimmäisessä kuvassa piilevälajit (lyhenteet Liite 7) ja toisessa kuvassa sedimenttikerrostumien näytteet. Näyte 8 vastaa vuosia 1977–1986, jolloin turvetuotanto järven valuma-alueella alkoi. Lajien koko nimet löytyvät liitteestä 5. Lajien kokonaisfosforioptimit löytyvät taulukosta 3. Symbolit ovat yksittäisiä eri sedimenttikerrostumien näytteitä.

Martinjärven pääkomponenttianalyysissä (Kuva 10) näkyivät samat lajistomuutokset kuin stratigrafiakuvaajassakin. Rehevissä vesissä viihtyvä *Aulacoseira ambigua* oli runsaimmillaan 2–5 cm:ssä (vuodet 2005–2012). Yksittäisten lajien mallinnetut kokonaisfosforioptimit (Miettinen 2003) löytyvät taulukosta 3. Lajien nimien lyhenteet ja lajien koko nimet löytyvät liitteestä 7.

Iso Kivijärven pääkomponenttianalyysissä (Kuva 11) näkyivät samat lajistomuutokset kuin stratigrafiakuvaajassakin. Karuissa vesissä viihtyvät *Aulacoseira alpigena* ja *Fragilaria constricta* esiintyivät runsaimmillaan 36–14 cm:ssä (vuodet 1611–1933). Rehevissä vesissä viihtyvä *Tabellaria fenestrata* oli runsaimmillaan 6–9 cm:ssä (vuodet 1972–2000). Myös rehevissä vesissä viihtyvä *Aulacoseira ambigua* oli runsaimmillaan 1–5 cm:ssä (2000–2012). Yksittäisten lajien mallinnetut kokonaisfosforioptimit (Miettinen 2003) löytyvät taulukosta 3. Lajien nimien lyhenteet ja lajien koko nimet löytyvät liitteestä 7.

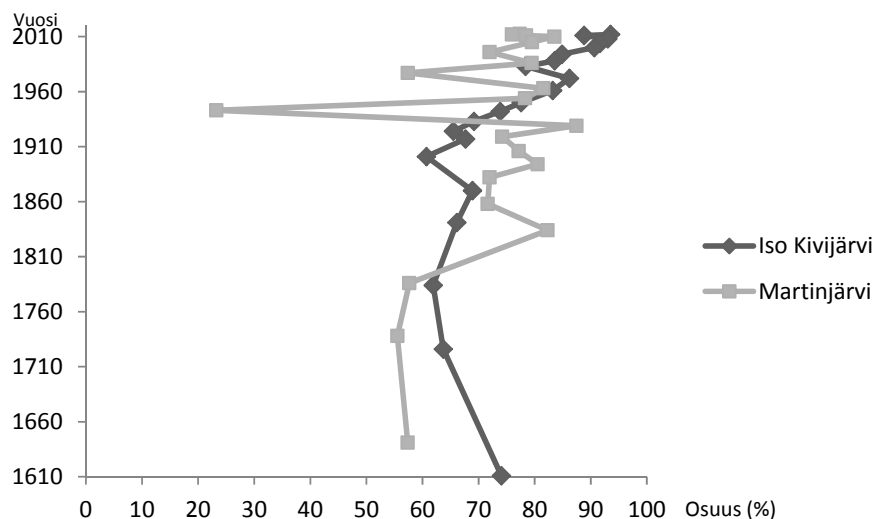


Kuva 11. Pääkomponenttianalyysi piilevälaajien suhteellisissa osuuksissa suurimman vaihtelun omaavista lajeista Iso Kivijärvellä sedimenttikerrostumien näytteissä 1–21. Näyte 21 vastaa vuosia 1611–1726 ja näyte 1 vuotta 2012. Ensimmäisessä kuvassa piilevälaajat (lyhenteet Liite 7) ja toisessa kuvassa sedimenttikerrostumien näytteet. Lajien koko nimet löytyvät liitteestä 5. Lajien kokonaisfosforioptimit löytyvät taulukosta 3. Numerot ovat yksittäisiä eri sedimenttikerrostumien näytteitä.

3.3.3 Järvien trofiatason ja piilevien monimuotoisuuden muutokset

Iso Kivijärvellä planktisten piilevien osuus vaihteli 60 - 94 prosentin välillä (Kuva 12, Taulukko 4). Näytteestä 13 (vuosijakso 1933–1942) nuorempia sedimenttikerrostumia kohti planktisten piilevien osuus kasvoi selvästi suhteessa vanhempiin kerrostumiin. Osuudet jatkoivat kasvuaan nykypäivään asti. *Fragilaria*-suvusta benttiset lajit *Fragilaria constricta*, *Fragilaria exigua* ja *Fragilaria pinnata* vähentyivät. *Fragilaria*-suvun planktisilla lajeilla ei ollut selvää trendiä suhteellisen osuuden muutoksissa.

Martinjärvellä planktisten piilevien osuus vaihteli 55 - 88 prosentin välillä (Kuva 12, Taulukko 4). Selvää trendiä osuuksien muutoksissa ei ollut havaittavissa. Näytteen 11 kohdalla oleva lasku 22 prosenttiin johtuu näytteessä olevista runsaasta määrästä liuenneita piileväyksilöitä, jotka jäivät tunnistamatta.

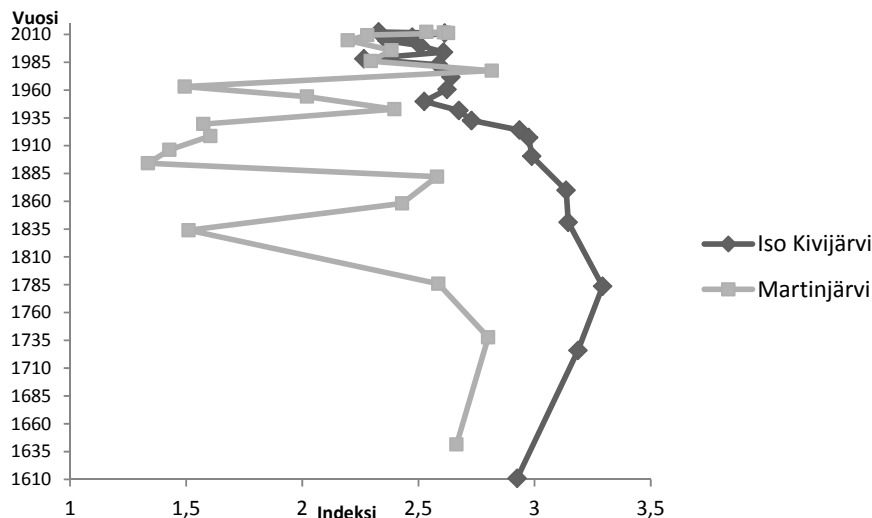


Kuva 12. Planktisten piilevien osuus kaikista piilevistä (%) Iso Kivijärvellä vuosina 1611–2012 ja Martinjärvellä vuosina 1641–2012. Musta viiva kuvaa planktisten piilevien osuutta Iso Kivijärvellä ja harmaa viiva Martinjärvellä.

Taulukko 4. Iso Kivijärvellä ja Martinjärvellä eri sedimenttikerrostumissa esiintyvät planktiset ja benttiset piileväsuvut ja -lajit.

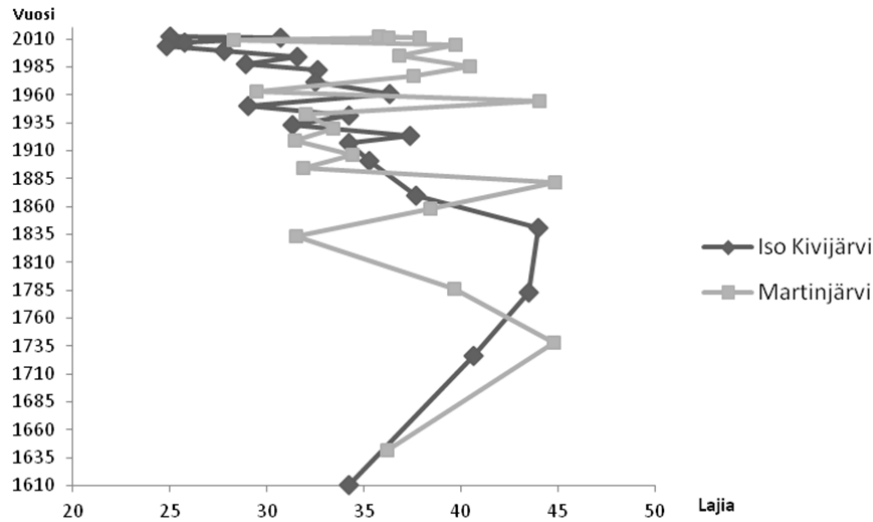
Iso Kivijärvi		Martinjärvi	
Planktinen piileväsuku tai -laji	Benttinen piileväsuku tai -laji	Planktinen piileväsuku tai -laji	Benttinen piileväsuku tai -laji
Asterionella	Achnanthes	Asterionella	Achnanthes
Aulacoseira	Achnantheidium	Aulacoseira	Achnantheidium
Cyclotella	Actinella	Cyclotella	Actinella
Nitzschia	Anomoeoneis	Nitzschia	Amphora
Pinnularia	Brachysira	Pinnularia	Anomoeoneis
Synedra	Caloneis	Stenopterobia	Brachysira
Tabellaria	Cocconeis	Tabellaria	Caloneis
<i>Fragilaria crotonensis</i>	Cymbella	<i>Fragilaria bidens</i>	Cocconeis
<i>Fragilaria intermedia</i>	Eunotia	<i>Fragilaria intermedia</i>	Cymbella
<i>Fragilaria virescens</i>	Frustulia	<i>Fragilaria virescens</i>	Eunotia
	Hantzschia	<i>Synedra famelica</i>	Frustulia
	Mastogloia	<i>Synedra ulna</i>	Gomphonema
	Navicula		Hantzschia
	Neidium		Navicula
	Stauroneis		Neidium
	Surirella		Stauroneis
	Tetracyclus		Surirella
	<i>Fragilaria brevistriata</i>		Tetracyclus
	<i>Fragilaria constricta</i>		<i>Fragilaria bicapitata</i>
	<i>Fragilaria exigua</i>		<i>Fragilaria brevistriata</i>
	<i>Fragilaria lapponica</i>		<i>Fragilaria constricta</i>
	<i>Fragilaria pinnata</i>		<i>Fragilaria exigua</i>
			<i>Fragilaria inflata</i>
			<i>Fragilaria lapponica</i>
			<i>Fragilaria pinnata</i>
			<i>Synedra parasitica</i>

Iso Kivijärvellä Shannon-monimuotoisuus oli suurimmillaan 1600–1800-luvuilla ja pienimmillään 1900-luvulla aiempiin vuosisatoihin verrattuna (Kuva 13). Monimuotoisuus vaihteli indeksin arvojen 2–2,9 välillä. Martinjärvellä monimuotoisuus vaihteli paljon 1600-luvulta tähän päivään (Kuva 14). Suurimmillaan se oli vuosina 1977–1986 (arvo 2,8) ja pienimmillään vuosina 1906–1919 (arvo 1,3). Martinjärvellä monimuotoisuus vaihteli Iso Kivijärveä enemmän, eikä selvää trendiä ollut havaittavissa.



Kuva 13. Shannonin diversiteetti-indeksi Iso Kivijärvellä vuosina 1611–2012 ja Martinjärvellä vuosina 1641–2012. Indeksien arvot 0–3 kuvaavat lajiston monimuotoisuudessa tapahtuneita muutoksia. Pienet arvot kuvastavat yksipuolista lajistoa tai lajien suhteelliset runsaudet vaihtelevat ja suuret arvot suurta lajimäärää tai lajien suhteelliset runsaudet ovat tasaisia (Lahti K. & Rönkä A. 2006. *Biologia: Ympäristöekologia*). Musta viiva kuvaa diversiteettiä Iso Kivijärvellä ja harmaa viiva Martinjärvellä.

Iso Kivijärvellä lajirunsaudessa (Kuva 14) oli vaihtelua. Lajimäärät nousivat vuosina 1611–1841 ja olivat sen jälkeen laskussa. Lajirunsaus oli alempaa 1900-luvulla, kuin sitä edeltävinä vuosisatoina. Vuonna 2004–2008 lajirunsaus oli alimmillaan vain 25 lajia, kun taas vuonna 1841–1870 se oli ylimmillään 44 lajia. Lajimäärä siis melkein puolittui näiden ajanjaksojen välillä. Martinjärvellä lajirunsaus vaihteli paljon 1600-luvulta tähän päivään (Kuva 14). Ylimmillään se oli vuonna 1858–1882 (45 lajia) ja alimmillaan vuosina 1954–1963 ja 2005–2010 (28–30 lajia). Selvää trendiä lajimäärissä ei ollut havaittavissa.

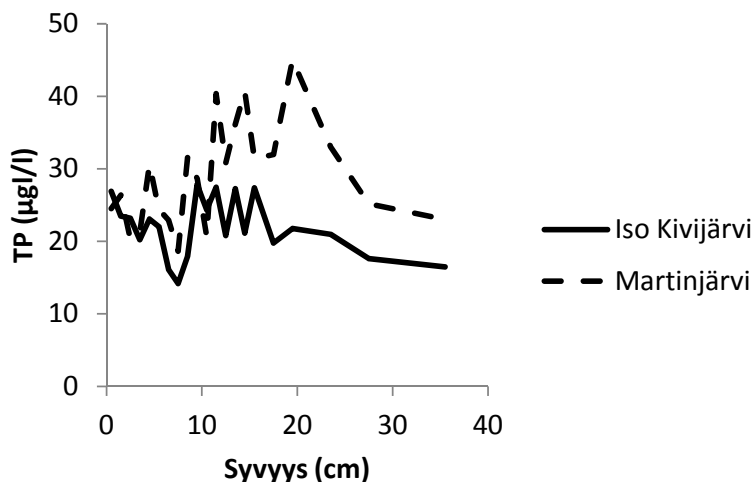


Kuva 14. Piilevien lajirunsautta kuvaava rarefaktio. Kuvaajassa on nähtävissä vuodet ja lajimäärä eri vuosina. Musta viiva kuvaa lajirunsautta Iso Kivijärvellä vuosina 1611–2012 ja harmaa viiva Martinjärvellä vuosina 1641–2012.

3.3.4 Fosforipitoisuuden muutosten mallinnus (DI-TP)

Pro gradu-tutkielmassa määritetyt piilevälajit Iso Kivijärvellä ja Martinjärvellä olivat 60–91 % samoja, kuin piilevistä pääteltyihin kokonaisfosforiarvoihin perustuvaan malliin valitut piilevälajit (Tammelin & Kauppila 2015). Martinjärvellä malliin valitut lajit olivat hieman enemmän mallista poikkeavia kuin Iso Kivijärvellä. Viidessä sedimenttikerrostumassa malliin valitut lajit olivat yli 80 prosenttia samoja, kuin pro gradun tutkimusjärvissä. Lopuissa sedimenttikerrostumissa malliin valitut lajit olivat 39–78 % samoja, kuin tutkimusjärvissä. Suurimmassa osassa sedimenttikerrostumia mallin lajit olivat kuitenkin yli 60 % samoja, kuin tutkimusjärvien lajit.

Mallinnetun kokonaisfosforin (Kuva 15) ja pääkomponenttiakselien pistemäärien (Kuva 9) välisestä yhteydestä Iso Kivijärvellä pystyttiin arvioimaan, kuvasiko tarkasteltava pääkomponenttiakseli mahdollisesti rehevöitymistä järvellä. Hajontakuviosta mallinnetun kokonaisfosforin (DI-TP) ja PC1-akselin välillä voitiin havaita, että muuttujien välinen lineaarinen riippuvuus oli kohtalainen (Nissinen 2008). Korrelaatiokertoimista valittiin siksi laskettavaksi lineaarinen korrelaatio eli Pearsonin korrelaatiokerroin. Pääkomponenttiakseli 1 (PC1) selitti lajiston vaihtelusta 67,3 % (RGui-ohjelma), kun taas pääkomponenttiakseli 2 (PC2) selitti 12,8 % lajiston vaihtelusta. Siksi korrelaatiota laskettaessa tarkasteltiin vain PC1- ja PC2-akselin pistemäärien yhteyttä mallinnettuihin kokonaisfosforin arvoihin, sillä ne selittivät suurinta vaihtelua lajikoostumuksen eroista (yhteensä 80,1 % lajiston vaihtelusta).



Kuva 15. Mira Tammelinin (Turun yliopisto) mallintama kokonaisfosforipitoisuus (TP, µg/l) Iso Kivijärven ja Martinjärven sedimenttikerrostumien syvyyksissä 0–36 cm sedimenttikerrostumista määritettyihin piilevälajeihin perustuen. Yhtenäinen viiva kuvaa kokonaisfosforipitoisuutta Iso Kivijärvellä ja katkoviiva Martinjärvellä.

Lineaarinen korrelaatio Iso Kivijärvellä kokonaisfosforin ja PC1-akselin välillä oli 0,70, sekä kokonaisfosforin ja PC2-akselin välillä 0,20. Näin ollen mallinnetun kokonaisfosforin ja PC1-akselin välillä oli kohtalainen positiivinen lineaarinen riippuvuus, eli kokonaisfosforin arvojen noustessa myös PC1-akselin arvot nousevat. Voitiin siis sanoa, että PC1-akseli kuvasi kokonaisfosforin määrän lisääntymistä tai vähenemistä järvessä. Kokonaisfosforin ja PC2-akselin välinen riippuvuus taas oli heikko.

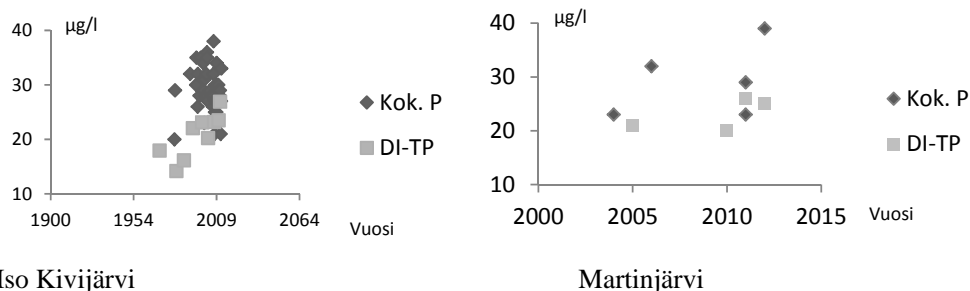
Martinjärvellä tutkimukseen valittiin se pääkomponenttianalyysi, josta sedimenttikerrostumissa suhteellisesti runsaana esiintyvä piilevälaaji *Aulacoseira lirata* oli poistettu, sillä laji saattaa vääristää tuloksia, koska sen suhteellinen osuus oli ajoittain niin runsasta. Martinjärvellä PC1-akseli selitti lajiston vaihtelusta 30,4 % (RGui-ohjelma), kun taas PC2-akseli selitti 20,6 % lajiston vaihtelusta. PC3-akseli selitti 13,8 %, PC4-akseli 9,4 % ja PC5-akseli 8,2 % lajiston vaihtelusta. Siksi korrelaatiota laskettaessa tarkasteltiin vain PC1-akselin ja PC2-akselin pistemäärien yhteyttä mallinnettuihin kokonaisfosforin arvoihin, sillä ne selittivät suurinta vaihtelua lajikoostumuksen eroista (yhteensä 51 % lajiston vaihtelusta).

Lineaarinen korrelaatio mallinnetun kokonaisfosforin ja pääkomponenttiakselin 1 (PC1) välillä Martinjärvellä oli 0,36, sekä kokonaisfosforin ja pääkomponenttiakselin 2 (PC2) välillä 0,73. Näin ollen kokonaisfosforin ja PC1-akselin välillä oli heikko positiivinen riippuvuus, sekä kokonaisfosforin ja PC2-akselin välillä oli kohtalainen positiivinen lineaarinen riippuvuus. Tulokset viittaavat siihen, että PC2-akseli kuvaa kokonaisfosforin määrän lisääntymistä tai vähenemistä eli rehevöitymiskehitystä järvellä.

Ympäristöhallinnon Hertta-tietokannasta saatiin Keski-Suomen ELY-keskuksen mittaamat kokonaisfosforipitoisuudet Iso Kivijärvelle ja Martinjärvelle. Iso Kivijärveltä löytyi vedenlaadun seurantatietoja vuodesta 1981 alkaen ja Martinjärveltä vuodesta 2004 alkaen. Iso Kivijärven ja Martinjärven mitattujen kokonaisfosforipitoisuuksien vastaavuutta (Kuva 16) vertailtiin Mira Tammelinin mallintamiin kokonaisfosforipitoisuuksiin (Kuva 15), jotka saatiin määritettyjen piilevälaajien avulla.

Iso Kivijärvellä mallinnetut kokonaisfosforiarvot aliennustivat vanhempia mitattuja kokonaisfosforin arvoja (Kuva 16), mutta vuosina 2004–2012 malli ennusti

kokonaisfosforipitoisuuden oikein (20–28 µg/l). Martinjärvellä mallinnetut kokonaisfosforipitoisuudet (21–27 µg/l) vuosina 2005–2012 täsmäsivät Iso Kivijärveä paremmin mitattujen kokonaisfosforipitoisuuksien kanssa (Kuva 16). Sekä Iso Kivijärven että Martinjärven mallinnetut kokonaisfosforipitoisuudet nousivat aikavälillä 2004–2012 Iso Kivijärvellä arvosta 20 µg/l arvoon 28 µg/l ja Martinjärvellä arvosta 21 µg/l arvoon 27 µg/l. Viimeaikaiset kokonaisfosforipitoisuudet olivat samaa suuruusluokkaa molemmissa järvissä.



Kuva 16. Ympäristöviranomaisten määrittämät kokonaisfosforipitoisuudet (kok. P µg/l) (Herttatietokanta 2015) ja piilevistä päätelty mallinnetut kokonaisfosforipitoisuudet (DI-TP µg/l) Iso Kivijärvellä vuosina 1972–2012 (kuvassa vasemmalla) ja Martinjärvellä vuosina 2004–2012 (kuvassa oikealla) (Mira Tammelin, Turun yliopisto).

4. TULOSTEN TARKASTELU

Tutkimusjärvien sedimentin ajoitukset tehtiin monilla eri menetelmillä ja ne tukivat toisiaan, eli niitä voitiin pitää luotettavina.

4.1. Valuma-alueiden eroosion arviointi

Valuma-alueen maankäytön muutokset ja niistä seuranneet ekologiset vaikutukset näkyivät selvästi vertailujärvenä toimineen Iso Kivijärven tuloksissa erityisesti 1920–1930-luvulta alkaen. Kaliumpitoisuuden nousu ilmentää tavallisesti mineraalimaa-aineksen eroosion lisääntymistä. Iso Kivijärvellä pitoisuuden jyrkkä nousu vuosina 1924–1961 osui yksiin piilevälajiston monimuotoisuuden vähentymisen kanssa. Monimuotoisuus laski silloin jyrkemmin kuin vanhemmissa sedimenttikerrostumissa. Myös lajimäärä väheni samoihin aikoihin voimakkaammin kuin aiemmin. Pääkomponenttianalyysi Iso Kivijärven piilevälajistosta havainnollisti, että vuosista 1924–1933 tuoreempia sedimenttikerrostumia kohti lajistolliset erot kasvoivat suhteessa vanhempiin kerrostumiin. Vuosien 2008–2011 kaliumpitoisuuden nousu osui yksiin kunnostusojitusten suoritusten ja niitä mahdollisesti seuranneen mineraalimaa-aineksen eroosion kanssa.

Martinjärven tuloksissa ei havaittu yhtä selkeää muutosta maankäytön ja piilevien monimuotoisuuden välillä kuin Iso Kivijärvessä. Se, että monimuotoisuus ja lajimäärät vaihtelivat paljon Martinjärvellä 1600-luvulta alkaen tähän päivään asti, kertoi, että järven lajisto oli herkkää muutoksille. Yhteyttä monimuotoisuuden ja lajimäärien, sekä kaliumpitoisuuden muutosten välillä ei ollut havaittavissa. Martinjärven valuma-alueella tapahtuva kiihtyvän eroosion kausi vuosina 1929–1986 ja samanaikainen hiilen määrän eli humuksen lisääntyminen järvessä saattoi selittää pääkomponenttianalyysi-kuvaajassa havaitut suuret muutokset lajistossa samalla aikavälillä. Metsätalouden ojituksista suurin osa tehtiin 1960- ja 1980-lukujen välisenä aikana, mikä saattoi selittää kaliumpitoisuuden nousemista sinä aikana. Kaliumpitoisuuden nousu vuosina 1986–2005 osui yksiin turvetuotannon aloituksen kanssa.

Maatalouden vaikutus näkyi molempien järvien sedimentin kaliumpitoisuuksien nousuna. Iso Kivijärven ja Martinjärven valuma-alueiden kaliumpitoisuuksista voitiin havaita, että molempien järvien valuma-alueilla tapahtui kaliumpitoisuuden jyrkkää nousua yhtä aikaa aikavälillä 1929–1961. Ahokkaan (2015) pro gradu-tutkielman mukaan 1900-luvun alun ja 1960-luvun välinen kaliumpitoisuuden nousu molempien järvien valuma-alueilla johtui pääosin peltoviljelystä. 1900-luvun vaihteen lajistomuutokset Martinjärvellä osuivat yksiin maatalouden aloituksen kanssa järven valuma-alueella.

Myös Turkian ym. (1998) paleolimnologisessa tutkimuksessa metsätaloustoimenpiteiden vaikutuksesta järvien vedenlaatuun piilevien lajistomuutoksia apuna käyttäen todettiin, että eroosio oli kiihtynyt viime aikoina. Se todettiin sedimentin lisääntyneen minerogeenisen aineksen perusteella. Myös typen määrän vähentyminen viittasi yhdessä tutkimusjärvistä lisääntyneeseen eroosioon. Kauppilan ym. (2012) paleolimnologisessa tutkimuksessa Kirmanjärvestä todettiin sedimentin kemiallisia ominaisuuksia tutkiessa, että sedimentin minerogeeninen aines lisääntyi vuosina 1850–1910 samaan aikaan piilevälajiston muuttuessa. Tämä johtui todennäköisimmin metsänhakuista ja maataloudesta valuma-alueella. Miettinen ym. (2002) totesivat Pieni-Kuuppalanlammen paleolimnologisessa tutkimuksessa, että aikainen ihmisasutus voi aiheuttaa huomattavia muutoksia järvissä, mikä näkyy sedimentin kemiallisissa ominaisuuksissa. Tämän pro gradu -tutkielman tulokset tukevat näitä tuloksia.

4.2. Turvetuotannon ja metsätalouden vaikutusten arviointi kemiallisten analyysien ja piileväaineiston perusteella

Humuksen määrän voimakas lisääntyminen Iso Kivijärvessä vuosina 1933–1983 tuki ajatusta siitä, että järvi muuttui aiempaa rehevämmäksi. Martinjärvellä vuosien 1894–1906 korkea hiilen määrä suhteessa typen määrän osui yksiin valuma-alueella sijaitsevien oletettavasti vanhimpien peltojen esiintymisen kanssa 1800–1900-lukujen vaihteessa. Alumiinipitoisuuksien nousu molemmissa tutkimusjärvissä osui yksiin 1900-luvun alkupuolen pellonraivausten sekä 1960–1980-lukujen välisen ajan metsäojitusten lisääntymisen kanssa. Mahdollisesti metsänuudistamisista johtuva alumiinin määrän lisääntyminen oli paljon suurempaa Iso Kivijärvellä kuin Martinjärvellä. Sen perusteella ei voitu osoittaa, että turvetuotannolla oli vaikutusta alumiinipitoisuuksiin Martinjärvessä Iso Kivijärveen verrattaessa.

Iso Kivijärven ja Martinjärven sedimenttikerrostumien C-N-suhteesta voitiin havaita, että humuksen määrä kasvoi voimakkaammin Iso Kivijärvellä 1920–1980-luvuilla kuin Martinjärvellä. Näin ollen ei voitu osoittaa, että turvetuotannolla olisi ollut suurta vaikutusta humuksen määrän lisääntymiseen Martinjärvellä. Iso Kivijärvi oli oman levätuotannon ja suurimpien lajistollisten erojen perusteella rehevimmillään vuosina 1972–2000. Todennäköisesti metsäojitukset ja niitä seurannut humuksen määrän lisääntyminen järveen selittivät rehevöitymiskehitystä.

Koistinen (2012) totesi, että veden viipymä voi vaikuttaa vesistön humuspitoisuuteen. Martinjärvi on hyvin lyhytviipymäinen järvi. Turkian ym. (1998) paleolimnologisessa tutkimuksessa havaittiin, että C-N-suhteen pienentyminen kertoi biologisen tuottavuuden kasvusta yhdessä tutkimusjärvistä. Iso Kivijärvellä ja Martinjärvellä hiilen ja typen suhde oli pienimmillään vuosina 2000–2012, mistä voidaan päätellä, että järvien tuottavuus oli tuolloin aiempaa suurempaa. Tämä osui yksiin molempien järvien valuma-alueilla tapahtuneiden metsätalouden kunnostusojitusten kanssa. Iso Kivijärvessä olivat myös suurimmat planktisten piilevien osuudet ja pienin lajimäärä 2000-luvulla, mikä osui yksiin suurimman järven oman levätuotannon kanssa. Martinjärvessä vastaavaa kehitystä ei ollut huomattavissa.

Sekä Iso Kivijärven että Martinjärven PCA-kuvaajista voitiin nähdä, että lajikoostumus muuttui Martinjärvellä vuosina 1977–1986, sekä Iso Kivijärvellä vuosina 1972–1983. Molempien järvien valuma-alueella tapahtui siis muutoksia samoihin aikoihin, mikä saattoi vaikuttaa lajikoostumuksen muutoksiin. On tiedossa, että valuma-alueiden soita ojitettiin metsätaloutta varten pääosin 1960- ja 1980-lukujen välisenä aikana, eli 1970–1980-lukujen ojitukset saattoivat vaikuttaa lajistomuutoksiin molemmissa järvissä. Myös turvetuotanto Martinjärven valuma-alueella vuodesta 1977 lähtien saattoi osaltaan selittää lajikoostumuksen muutoksia Martinjärvellä. Lajistomuutokset olivat kuitenkin suurempia tätä vanhemmissa sedimenttikerrostumissa, eli turvetuotannon aloituksella ei näyttäisi olevan olleen suurempaa vaikutusta lajistomuutoksiin.

Valuma-alueiden latvajärvissä metsätaloustoimenpiteiden limnologiset vaikutukset voivat olla suuria, kun taas järvissä, jotka ovat alempana vesistössä, vaikutuksia voi olla vaikea havaita (Liehu ym. 1986, viitattu teoksessa Simola ym. 1995). Peräkkäiset pienet järvet valuma-alueella pidättävät paljon ravinne- ja kiintoainekuormituksesta, jotka ovat peräisin metsätaloustoimenpiteistä (Simola ym. 1995). Näin saattoi olla myös Martinjärven tapauksessa. Martinjärven valuma-alue on hyvin järvinen. Se saattaa vaikuttaa siihen, että tuloksissa ei ole nähtävissä jyrkkiä muutoksia suhteessa Iso Kivijärveen. Kalmunevan turvetuotantoalueelta vedet johtavat ensin Suojärveen ja sitten vasta Ryönänkosken kautta Martinjärveen. Voi olla, että osa turvetuotannosta peräisin olevasta ravinne- ja kiintoainekuormituksesta on siten jäänyt yläpuoliseen Suojärveen. Tuloksiin voi vaikuttaa myös se, että Martinjärvellä oli niin paljon suurempi valuma-alue (178 km²), kuin Iso Kivijärvellä (38 km²). Esimerkiksi pienemmän C-N-suhteen ja suhteessa pienet muutokset C-N-suhteessa voi selittää se, että hiilen kulkeutuminen järveen vaihtelee riippuen valuma-alueen koosta (Gergel ym. 1999, Canham ym. 2004, Jansson ym. 2008, viitattu teoksessa Solomon ym. 2015).

4.3. Piilevä- ja surviaissääskijäänteet muutosten kuvaajina

Iso Kivijärvellä lajin *Asterionella formosa* runsastuminen 1940-luvulla osui yksiin suurimpien humuspitoisuuksien kanssa 1950-luvulta lähtien verrattuna aikaan ennen 1950-lukua.

Martinjärven rehevyyttä ilmentävien lajien ja lajistollisten erojen suuruuden perusteella järvi oli rehevimmillään 1930-luvulla. *Asterionella formosa* runsastui 1930-luvulla yhtä aikaa humuksen määrän lisääntymisen kanssa. Martinjärven stratigrafia-kuvaajasta kävi ilmi, että *Aulacoseira ambigua*, joka on järven rehevyyttä ilmentävä laji, osuus kasvoi vuosien 1977–1983 ja 2005–2009 välillä verrattuna vanhempiin sedimenttikerrostumiin. Martinjärven valuma-alueella aloitettu turvetuotanto Kalmunevalla vuonna 1977 saattoi vaikuttaa lajin runsastumiseen järven rehevöitymisen myötä. Myös metsätalouden ojitukset saattoivat osaltaan vaikuttaa lajin runsastumiseen järveen tulevan kiintoaine- ja humuskuormituksen voimistuessa. Myös Turkia ym. (1998) tutkimuksessa havaittiin metsäojitusten vaikuttaneen piilevälajistoon. Yhden tutkimusjärven, Saarijärven, valuma-alueella oli tehty metsätalouden ojituksia 1950-luvun lopussa ja 1970-luvulla. 1950-luvun jälkeen järveen alkoi ilmestyä mesotrofisille ja eutrofisille järville tyypillisiä piilevälajeja.

Samassa hankkeessa saadut toisen pro gradu -tutkielman tulokset surviaissääskien osoittamista muutoksista tutkimusjärvien tilasta (Ahokas 2015) olivat osittain yhteneviä piilevistä saatujen tulosten kanssa. Surviaissääsket kertovat alusveden tilan muutoksista, kun taas piilevät päällysveden. Iso Kivijärvellä sekä surviaissääski- että piileväyhteisöjen monimuotoisuus oli molempien tutkielmien mukaan laskussa 1900-luvulla, piileväyhteisöillä hieman aikaisemmin (piilevillä 1910-luvulta verrattuna surviaissääskillä

1930-luvulta). Martinjärvellä tällaista kehitystä ei havaittu. Lajirunsaudessa Iso Kivijärvellä voitiin sekä surviaissääskillä että piilevillä havaita lajimäärän laskua surviaissääskillä 1930-luvulta ja piilevillä 1920-luvulta alkaen. Martinjärvellä ei piileväyhteisöjen perusteella lajirunsaudessa ollut selvää trendiä havaittavissa. Molempien tutkielmien mukaan alhaisimmat lajimäärät tutkimusjärvissä olivat 2000-luvulla. Molemmista tutkielmista monimuotoisuus vaihteli enemmän Martinjärvellä. Voidaan sanoa, että piileväyhteisöjen perusteella monimuotoisuus oli laskenut Iso Kivijärvellä hieman ennen kuin surviaissääskiyhteisöillä.

Piilevälajit indikoivat Iso Kivijärvellä järven muuttumista rehevämmäksi jo 1930–1940-luvuilta lähtien, kun taas surviaissääskissä havaittiin rehevien lajien suhteellisten osuuksien lisääntymistä 1960–1970-luvuilta lähtien. Martinjärvellä rehevyyttä ilmentävät piilevälajit runsastuivat 1930–1950-luvuilta lähtien. Surviaissääsket ilmensivät järven rehevöitymistä 1960–1970-luvuilta lähtien. Näin ollen piilevät olivat ilmentäneet molempien tutkimusjärvien rehevöitymistä hieman surviaissääskiä aikaisemmin. Lajikoostumuksen eroista pääkomponenttianalyysin avulla voitiin sekä surviaissääski- että piileväyhteisöistä havaita, että Iso Kivijärvellä lajistomuutokset olivat selkeämmin tiettyyn suuntaan tapahtuvia, kuin Martinjärvellä.

Suurin muutos surviaissääskilajistossa havaittiin Ahokkaan mukaan Iso Kivijärvellä vasta 1990-luvulla, kun taas piilevälajistossa jo 1970-luvulta alkaen. Martinjärvellä surviaissääskilajiston suurin muutos oli 2000-luvulla ja piilevälajiston osalta jo 1930–1950-luvuilla ja vuosina 2010–2012. Iso Kivijärven stratigrafian mukaan suurin selittävä tekijä piilevälajiston muutoksiin olivat rehevissä vesissä viihtyvän *Tabellaria fenestratan* runsaimmat esiintymät 1970–1980-luvuilla. Martinjärven stratigrafian mukaan suurimmat selittävät tekijät lajiston muutoksiin olivat karuissa vesissä viihtyvän *Aulacoseira alpigenan* vähentyminen ja rehevissä vesissä viihtyvän *Aulacoseira ambiguan* lisääntyminen järvessä 1960-luvulla.

Myös Meriläisen ym. (2003) tutkimuksessa Jyväsjärvellä tutkittiin piilevien ja surviaissääskien avulla järven ekologisen tilan kehitystä. Järveen oli laskettu pitkään käsittelemättömiä jätevesiä. Tutkimuksessa löydettiin vastaavanlaisia tuloksia, sillä silloinkin piilevät reagoivat aikaisemmin vedenlaadun muutoksiin, kuin surviaissääsket.

4.4. Kokonaisfosforin mallinnuksen tulosten arviointi

Iso Kivijärven kokonaisfosforin mallinnustulosten perusteella DI-TP-pitoisuuksien jyrkkä nousu ja suurimmat arvot vuosina 1870–1983 osuivat yksin lajikoostumuksen suurimpien muutoksien ja rehevämpiä vesiä suosivan lajiston runsastumisen kanssa. Martinjärvellä suurimmat mallinnetut kokonaisfosforipitoisuudet vuosina 1906–1963, sekä vuosina 2005–2010 havaittiin hieman ennen lajikoostumuksen suurimpia muutoksia ja rehevämpiä vesiä suosivien lajien runsastumista vuosina 1929–1963, sekä vuosina 2010–2011. DI-TP-pitoisuuksien jyrkkä nousu osui yksin metsänhakkuiden ja maatalouden aloituksen kanssa molempien järvien valuma-alueilla. 2000-luvun korkeat mallinnetut kokonaisfosforipitoisuudet osuivat yksin kunnostusojitusten suorittamisen kanssa tutkimusjärvien valuma-alueilla. Myös esimerkiksi Kauppilan ym. (2012) tutkimuksessa maatalouden aloitus Kirmanjärven valuma-alueella näkyi mallinnetun kokonaisfosforipitoisuuden lisääntymisenä. Tämä tulos tukee tässä tutkimuksessa havaittua mallinnetun kokonaisfosforipitoisuuden lisääntymistä maatalouden aloituksen myötä molemmista tutkimusjärvissä. Iso Kivijärvessä lajien monimuotoisuus laski yhtä aikaa kokonaisfosforipitoisuuden lisääntyessä vuodesta 1901 alkaen ja 2000-luvulla. Tämä tulos oli yhtenevä Kauppilan ym. (2012) tutkimustulosten kanssa.

Tutkimusjävrien kokonaisfosforin mallinnus ennusti mitattuja kokonaisfosforipitoisuuksia tarkasti vasta vuosina 2004–2012 ja sitä vanhemmat mallinnetut kokonaisfosforipitoisuudet olivat aliennustettuja. Myös hyvin suuret mitatut kokonaisfosforipitoisuudet vuosina 2004–2012 olivat aliennustettuja mallinnuksessa. Myös Kauppilan ym. (2002a) tutkimuksessa kokonaisfosforin mallinnus piilevillä ei ennustanut hyvin korkeita mitattuja kokonaisfosforipitoisuuksia, eli tulos oli samansuuntainen. Miettisen (2003) tutkimuksessa piilevistä jäljitetyille kokonaisfosforipitoisuuksille havaittiin myös, että mallinnus tuotti enemmän virheitä suurilla kokonaisfosforiarvoilla. Se voi johtua kokonaisfosforiarvojen lisääntyneestä vaihtelusta pitoisuuksien keskiarvojen noustessa. Näyttäisi siltä, että Iso Kivijärvi ja Martinjärvi olivat viimeaikaisten kokonaisfosforipitoisuuksien perusteella suunnilleen yhtä reheviä vuosina 2004–2012 ja rehevöityivät vielä sinä aikana. Tämän, sekä järvien lajistomuutosten perusteella näyttäisi siltä, että Iso Kivijärvi oli Martinjärveä rehevämpi vuosina 1972–2000, eli ei ole näyttöä siitä, että turvetuotannolla olisi ollut suurempaa vaikutusta Martinjärven rehevöitymiseen.

Se, että PC2-akseli kuvaasi rehevöitymistä Martinjärvellä, tarkoittaa sitä, että lajiston suurinta vaihtelua kuvaava PC1-akseli oli jotakin muuta ympäristömuuttujaa kuvaava akseli. Martinjärvi erottui Iso Kivijärvestä siinä, että Iso Kivijärvellä rehevöityminen näytti muokkaavan eniten lajistoa.

4.5. Päätelmät

Martinjärven mataluus ja lyhytviipymäisyys saattoivat vaikuttaa sedimentoitumiseen ja siten tuloksiin. Lyhytviipymäisyys tarkoittaa, että järvessä vallitsevat olosuhteet muuttuvat nopeasti. Partikkelit eivät ehdi sedimentoitua ja usein oikovirtaus on suurta. Matalassa järvessä on vuodenaikaisia vaihteluita resuspensiossa ja typhen sekä fosforin välinen suhde vaihtelee. Sen myötä sedimentin laatu muuttuu ja vedenlaatu voi muuttua nopeasti (Niemistö ym. 2008).

Tämän pro gradu -aineiston perusteella Kalmunevan turpeennostoalueella ei ole ollut sellaista vaikutusta Martinjärven ekologiseen tilaan, joka erottuisi selvästi metsäojitusten ja muun maankäytön seurauksista. Pienempiä lajistomuutoksia oli havaittavissa turvetuotannon aloituksen aikoihin 1970-luvulla, mutta valuma-alueella 1900-luvun alusta alkaneella maataloudella ja myöhemmin 2000-luvulla metsätalouden kunnostusojituksilla oli suurempi vaikutus järven ekologiseen tilaan. Vertailujärvi Iso Kivijärvi näyttäisi olleen Martinjärveä rehevämpi 1970-luvulta vuoteen 2000. Iso Kivijärvellä näyttäisi siltä, että maatalous ja metsätalous yhdessä muokkasivat lajistoa rehevämmän järven lajistoksi. Järvien hyvin erikokoiset valuma-alueet ja Martinjärven valuma-alueen järvisyys sekä lyhytviipymäisyys voivat vaikuttaa paljon tuloksiin. Martinjärvellä jää vielä selvittämättä, mikä oli suurin lajistomuutosta selittävä muuttuja, sillä kokonaisfosfori oli toiseksi suurin selittävä muuttuja, koska se korreloi pääkomponenttiakselin 2 kanssa. On mahdollista, että ilmastonmuutos voi vaikuttaa lajistomuutoksiin. Ilmastonmuutoksen on Rühlandin ym. (2014) tutkimuksessa todettu vaikuttavan pienten planktisten piilevien runsastumiseen. Monet muut ympäristön stressitekijät voivat piilottaa ilmastonmuutoksen selvän vaikutuksen vesistöön. 1990-luvulta lähtien on Suomessa havaittu mökkijärvien vesien ruskettumista (Meriläinen ym. 2014). Humuksen määrä on lisääntynyt muun muassa tummemmilla ja erämaisemmilla vesillä. Paikoin metsä- ja turvemaiden ojitukset ovat lisänneet humuksen määrää vesissä ja lisänneet veden ruskettumista. Suurimpia syyllisiä ovat ilmaston lämpeneminen ja sateisuuden lisääntyminen, sekä happaman laskeuman vähentyminen. Todennäköisesti myös nämä ilmiöt yhdessä vaikuttavat vesien tummumiseen. Valuma-alueilta kulkeutuu järviin suurempia humuskuormia maan pysyessä pidempään sulana ja sateiden kuljettaessa humusta järviin. Martinjärvellä tulisikin vielä

tutkia tarkemmin muutoksia veden tummumista kuvaavissa veden väriarvoissa, sekä humuksen määrän muutoksia tutkimusjaksolla 1600-luvulta tähän päivään. Näin voitaisiin mahdollisesti nähdä, onko myös siellä tapahtunut järveden rusketumista ja mikä kenties on aiheuttanut sen.

KIITOKSET

Haluan kiittää ohjaajiani Tommi Kauppilaa ja Jarmo Meriläistä lukuisista vinkeistä ja avusta. Lisäksi haluan kiittää samassa hankkeessa samoista järvistä surviaissääskiä pro gradussaan tutkinutta Tiina Ahokasta molempien gradujen yhteisen maankäytön historian selvittämisestä, vertaistuesta ja monista keskusteluista sekä neuvoista tutkimusaiheen parissa. Kiitän Geologian Tutkimuskeskusta Kuopiossa sedimentin kemiallisten analyysien tuloksista omia analyyseja varten. Kiitän myös Jyväskylän yliopiston tilastotieteen opiskelijoita Santtu Tikkaa ja Jani Rantasta tilastotieteen analyyseissa auttamisessa. Haluan myös kiittää Suomen ympäristökeskuksen tutkijaa Mika Niemistä järvien valuma-alueiden kartasta, avusta piilevien määrittämisessä, tilastotieteen analyyseissa ja kirjallisuusvinkeissä. Kiitän myös Mira Tammelinia piileväaineiston perusteella mallinnetuista kokonaisfosforiarvoista. Lisäksi haluan kiittää Heidi Tanttua vertaistuesta piilevien määrittämisen kanssa ja R-ohjelmointiavusta, sekä Inka Vesalaa vinkeistä tekstin muokkauksessa. Haluan myös kiittää suuresti Keuruun kaupunkia ja Maa- ja vesitekniikan tuki ry:tä saamistani apurahoista. Kiitän vielä perhettäni henkisestä tuesta ja erityisesti miestäni avusta ohjelmoinnin parissa, sekä sukulaisia lastenhoitoavusta gradun viimeistelyn aikoihin. Viimeiseksi kiitän vielä Oona-vauvaa, joka nukkui hyvin päivänia, että äiti sai kirjoittaa gradua rauhassa.

KIRJALLISUUS

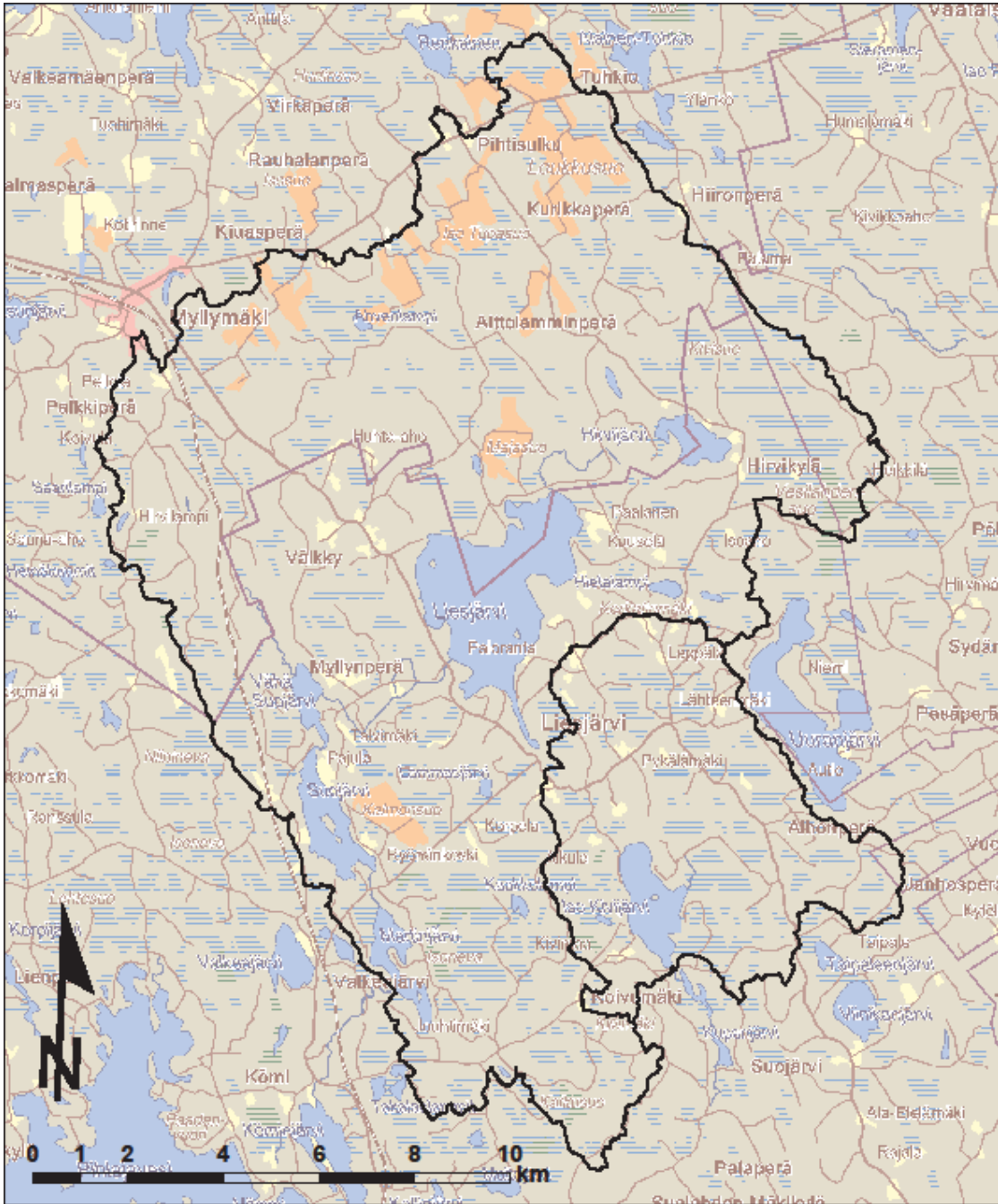
- Ahokas T. 2015. *Pro gradu -tutkielma*. Turve- ja metsätalouden vaikutukset kahden metsäjärven surviaissääskiyhteisöihin: paleolimnologinen tutkimus. Bio- ja ympäristötieteiden laitos. Akvaattiset tieteet. Jyväskylän yliopisto.
- Battarbee R. W., Jones V. J., Flower R. J., Cameron N. G. & Bennion H. 2001. Diatoms. Teoksessa: Smol J. P., Birks H. J. B. & Last W. M. (toim.), *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments, Volume 3: Terrestrial, Algal and Siliceous Indicators*, 155-202.
- C2-ohjelma. Juggins S. Versio 1.7.4.
- Hammer Ø., Harper D. A. T. & Ryan P. D. 2001. PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9 s.
- Kauppila T. 2013. Martinjärven ja Iso Kivijärven vertailututkimuksen järvisedimenttien Cs-ajoitustulokset. Geologian tutkimuskeskus, väliraportti 5.8.2013.
- Kauppila T. 2014. Martinjärven ja Iso Kivijärven sedimenttitutkimuksista. GTK. 2.5.2014. Power Point-esitys.
- Kauppila T., Moisio T. & Salonen V.-P. 2002a. A diatom-based inference model for autumn epilimnetic total phosphorus concentration and its application to a presently eutrophic boreal lake. *J. Paleolimn.* 27: 261–273.
- Kauppila T., Moisio T. & Salonen V.-P. 2002b. Diatom-inferred increase in limnetic phosphorus concentration and the associated changes in sedimentary phosphorus fractions in Valkjärvi, a lake in Kärkölä, Finland. *Boreal Environment Research* 7: 27-40.

- Kauppila T., Kanninen A., Viitasalo M., Räsänen J., Meissner K. & Mattila J. 2012. Comparing long term sediment records to current biological quality element data – Implications for bioassessment and management of a eutrophic lake. *Limnologia* 42: 19–30.
- Klöve B., Tuukkanen T., Marttila H., Postila H. & Heikkinen K. 2012. *Turvetuotannon kuormitus-Kirjallisuuskatsaus ja asiantuntija-arvio turvetuotannon vesistökuormitukseen vaikuttavista tekijöistä*. TASSO-hankkeen raportti. Suomen ympäristökeskus ja Oulun yliopisto.
- Koistinen A. 2012. Keski-Suomen vesien tila. http://www.keskisuomi.fi/filebank/22757-koistinen_maakuntavaltuusto_060612.pdf. Hakupäivä 22.6.2015.
- Krammer K. & Lange-Bertalot H. 1986. *Bacillariophyceae. 1. Teil: Naviculaceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa, Band 2/1*, Fischer, Stuttgart, 876 s.
- Krammer K. & Lange-Bertalot H. 1988. *Bacillariophyceae. 2. Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa, Band 2/2*, Fischer, Stuttgart, 596 s.
- Krammer K. & Lange-Bertalot H. 1991a. *Bacillariophyceae. 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa, Band 2/3*, Fischer, Stuttgart, 576 s.
- Krammer K. & Lange-Bertalot H. 1991b. *Bacillariophyceae. 4. Teil: Achnanthaceae, Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema, Gesamtliteraturverzeichnis Teil 1-4. Süßwasserflora von Mitteleuropa, Band 2/4*, Fischer, Stuttgart, 437 s.
- Kukkonen M. & Miettinen J. 2007. *Tummien metsäjärvien vedenlaadun muutokset sedimentin pölvien ilmentämänä. Pohjois-Karjalan vesistöjen tilan parantaminen*. Pohjois-Karjalan ympäristökeskuksen raportteja 4.
- Lahti K. & Rönkä A. 2006. *Biologia: Ympäristöekologia*. WSOY oppimateriaalit, Helsinki.
- Marttila H. 2012. Orgaaninen kiintoainne turvemaiden valumavesissä – keinoja kuormituksen vähentämiseksi. Huomiota humusvesiin-seminaari. 14.4.2012. Oulun yliopisto.
- Meriläinen J. J., Karjalainen J., Marjomäki T. J. & Forsius M. 2014. Suomen järvet ruskettuvat. *Suomen Luonto* 4: 42–45.
- Meriläinen J. J., Hynynen J., Palomäki A., Mäntykoski K. & Witick A. 2003. Environmental history of an urban lake: a palaeolimnological study of lake Jyväsjärvi, Finland. *J. Paleolimn.* 30: 387-406.
- Miettinen J. O. 2003. A diatom-total phosphorus transfer function for freshwater lakes in southeastern Finland, including cross-validation with independent test lakes. *Boreal Environment Research* 8: 215-228.
- Miettinen J., Grönlund E., Simola H. & Huttunen P. 2002. Palaeolimnology of Lake Pieni-Kuoppalanlampi (Kurkijoki, Karelian Republic, Russia): isolation history, lake ecosystem development and long-term agricultural impact. *J. Paleolimn.* 27: 29-44.
- Niemistö J., Holmroos H., Pekcan-Hekim Z. & Horppila J. 2008. Interactions between sediment resuspension and sediment quality decrease the TN : TP ratio in a shallow lake. *Limnol. Oceanogr.* 53: 2407–2415.
- Nissinen K. 2008. *Tilastotieteen peruskurssi 1*. Versio 1.2. Jyväskylän yliopisto. Matematiikan ja tilastotieteen laitos, 202 s.
- Palviainen M. & Finér L. 2013. *Kunnostusojituksen vaikutus vesistöjen humuskuormitukseen*. TASSO. Helsingin yliopisto ja Metsäntutkimuslaitos.
- RGui-ohjelma. Versio 2.15.2.

- Rühland K.M., Paterson A.M. & Smol J.P. 2015. Lake diatom responses to warming: reviewing the evidence. *J. Paleolimn.* doi: 10.1007/s1 0933-015-9837-3.
- Silver T. & Tikander S. 2014. Lehmijärven valuma-alueen happamuus sekä alumiini- ja rikkipitoisuus. <http://www.doria.fi/handle/10024/96842>. Hakupäivä 7.3.2015.
- Simola H., Kukkonen M., Lahtinen J. & Tossavainen T. 1995. Effects of intensive forestry and peatland management on forest lake ecosystems in Finland: sedimentary records of diatom floral changes. Teoksessa: Marino D. & Montresor M. (toim.), *Proceedings of the thirteenth international diatom symposium 1994*, Forestry effects on diatoms: 121-128.
- Smol J. P. 2008. *Pollution of lakes and rivers: a paleoenvironmental perspective*. 2nd edition. Wiley-Blackwell, Hoboken, NJ, USA, 396 s.
- Solomon C. T., Jones S. E., Weidel B. C., Buffam I., Fork M. L., Karlsson J., Larsen S., Lennon J. T., Read J. S., Sadro S. & Saros J. E. 2015. Ecosystem Consequences of Changing Inputs of Terrestrial Dissolved Organic Matter to Lakes: Current Knowledge and Future Challenges. *Ecosystems* 18: 376-389.
- Tammelin M. & Kauppila T. 2015. Iisalmen reitin luontainen rehevyys. *Vesitalous* 2: 41-44.
- Turkia J., Sandman O. & Huttunen P. 1998. Palaeolimnological evidence of forestry practices disturbing small lakes in Finland. *Boreal Environment Research* 3: 45-61.
- Ympäristöhallinnon Hertta-tietokanta 2015.
<https://www2.ymparisto.fi/scripts/hearts/welcome.asp>. Hakupäivä 17.1.2015.

LITTEET

Liite 1. Tutkimusjärvien Iso Kivijärven ja Martinjärven valuma-alueet. ©SYKE, METLA, MMM, MML, VRK. Valuma-alueet määritetty SYKE:n VALUE-työkalulla, joka perustuu Maanmittauslaitoksen tuottamaan digitaaliseen korkeusmalliin (10 metrin hila). VALUE-työkalua on käytetty ESRI:n ArcGIS 10.2 ohjelmistolla.



Liite 2. Piileväpreparaattien valmistusohje (Geologian tutkimuskeskus, Kuopio).

Näytteitä varten peitinlasit puhdistettiin liottamalla niitä vähintään 12 tuntia isopropanoliliuoksessa. Näytteet numeroitiin juoksevilla numerolla. Koeputket numeroitiin samoilla tunnuksilla. Spaattelilla otettiin pieni nokare sedimentinäytettä koeputkeen, johon lisättiin vetyperoksidia muutaman kerran päivän aikana, aluksi noin 2 ml. Näytteiden annettiin seisoa pari viikkoa. Koeputkia ravisteltiin välillä koeputkiravistimella ja lisättiin vetyperoksidia tarvittaessa.

Tämän jälkeen koeputkiin lisättiin vetyperoksidia ja niitä kuumennettiin vesihautteessa noin 5-6 tuntia. Veden ei tarvinnut kiehua, vain näytteiden. Kuumentamisen jälkeen koeputket nostettiin telineeseen, niitä jäähdytettiin 1 tunti ja lisättiin typpihappoa noin 1 ml/koeputki. Sitten lisättiin noin 4-5 tippaa rikkihappoa. Koeputket jätettiin kirkastumaan seuraavaan aamuun.

Näytteisiin lisättiin UHQ-vettä ja tasoitettiin veden määrää niin, että vettä tuli yhtä paljon jokaiseen koeputkeen. Sitten koeputkia sentrifugoitiin 1800 r/min 10 minuutin ajan. Seuraavaksi merkittiin kertakäyttöiset muovipipetit samoilla tunnuksilla, kuin näytteet. Pipeteillä tyhjennettiin neste koeputkista kaatoaltaaseen. Veden tuli olla juoksevaa, ettei viemäri vaurioituisi. Sakan tuli jäädä koeputkeen. Näytteeseen lisättiin vettä ja sentrifugoitiin uudelleen. Koeputkia huuhdeltiin UHQ-vedellä ja sentrifugoitiin yhteensä viisi kertaa. Vettä ruiskutettiin välillä voimakkaasti putken pohjaan niin, että sakka saatiin irti pohjasta. Lopuksi lisättiin vettä, sekoitettiin ja siirrettiin pieni määrä näytettä ohuempaan putkeen, johon lisättiin vielä vettä. Jos näyte jäi hyvin sameaksi, sitä otettiin vain pieni tippa ja laitettiin enemmän vettä.

Seuraava vaihe oli laittaa puhdistetut peitinlasit kuivumaan hetkeksi lämpölevylle. Peitinlasit siirrettiin pöydälle ja laitettiin niiden tunnuslaput peitinlasien eteen. Peitinlasin pinta kostutettiin syljellä sormen päällä, annosteltiin näytettä peitinlasille ennen kuin sylki kuivui ja jätettiin kuivumaan seuraavaan päivään asti.

Lopuksi siirrettiin peitinlasi aluslasin päälle näyte ylöspäin ja katsottiin varovasti mikroskoopilla lopputulosta. Jos piileviä ei näkynyt, tehtiin uusi näyte peitinlasille. Vaihtoehtoisesti voitiin lisätä uusi tippa vanhan tipan päälle. Aluslasiin laitettiin tarra, johon tuli järven nimi, syvyys, päivämäärä ja nimikirjaimet. Sitten levitettiin mehupillin avulla liimaa aluslasille. Nostettiin peitinlasi liiman päälle ja näytepuoli liimapinnalle. Näytettä käytettiin kuumalla levyllä, kunnes se kupli. Paineltiin tulitikulla kuplat pois näytteestä. Annettiin kuivua pöydällä 2-3 päivää. Näytteet puhdistettiin pyyhkimällä varovasti laboratoriapaperilla ja mikroskooppilinssien puhdistusaineella.

Tarvikkeet:

Koeputkia (VWR koodi 103450-16100, 250 kpl paketissa)

Spaatteleita

Koeputkelineet

Dekanterilasi putkien keittoa varten

Peitinlasit

Aluslasit

Pasteur-pipetti

Pinsettejä

Sentrifugi

Mikroskooppi

Naphrax-liima

Isopropanolia

Rikkihappoa 95%

Typpihappo

Tolueeni pa (vain liiman jähmettymisen ehkäisyyn, liima kestää vuosia)

Deconex 11 universal (putkien pesuun)

Ammoniakki 25%

Vetyperoksidi

UHQ-vesi

Xylol/xyleeni (liiman poistamiseen levyttä)

Mikroskooppilinssien puhdistusaine:

0,5 l isopropanolia

0,5 l tislattua vettä

10 ml 25% ammoniakkia

Laji	Syvyys (cm)																				
	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	17-18	19-20	23-24	27-28	35-36
<i>Anomoeoneis vitrea</i> (Grunow) Ross	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Asterionella formosa</i> Hassall	3	6	8	5	5	4	8	6	6	4	4	1	1	2	1	2	3	1	1	1	1
<i>Aulacoseira alpigena</i> (Grunow) Krammer	3	3	5	1	3	1	3	2	2	14	15	10	15	15	16	11	12	17	11	13	13
<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen	17	20	14	19	21	14	4	4	12	15	7	19	9	6	1	4	0	3	6	2	0
<i>Aulacoseira distans</i> (Ehrenberg) Simonsen	4	5	11	7	7	3	3	4	6	1	0	0	0	0	0	0	1	1	4	6	9
<i>Aulacoseira distans</i> var. <i>nivalis</i> (W. Smith) Haworth	3	2	2	2	4	3	2	5	5	0	0	0	3	0	5	0	4	1	3	4	2
<i>Aulacoseira distans</i> var. <i>nivaloides</i> Camburn	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	2	0	1	2	2
<i>Aulacoseira distans</i> var. <i>tenella</i> (Nygaard) R. Ross	0	1	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aulacoseira fennoscandica</i> (Cleve-Euler) R. Ross	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i> (O. Müller) Simonsen	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aulacoseira herzogii</i> (Lemmermann) Simonsen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aulacoseira humilis</i> (Cleve- Euler) Genkal & Trifonova	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
<i>Aulacoseira italica</i> (Ehrenberg) Simonsen	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aulacoseira lacustris</i> (Grunow) Krammer	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aulacoseira lirata</i> (Ehrenberg) R. Ross	2	2	1	1	2	2	2	2	4	6	3	7	4	11	9	15	7	10	13	15	23
<i>Aulacoseira muzzanensis</i> (Meister) Krammer	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	7	0	1	2	2

Laji	Syvyys (cm)																				
	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	17-18	19-20	23-24	27-28	35-36
<i>Eunotia diodon</i> Ehrenberg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Eunotia exigua</i> (Brébisson ex Kützing) Rabenhorst	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Eunotia exigua</i> var. <i>bidens</i> Hustedt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Eunotia faba</i> (Ehrenberg) Grunow	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	5	1	2	1	1	0	1	1	4	1	1
<i>Eunotia fallax</i> A. Cleve	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Eunotia flexuosa</i> (Brébisson ex Kützing) Kützing	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Eunotia formica</i> Ehrenberg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Eunotia gracilis</i> W. Smith	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Eunotia lapponica</i> Grunow	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Eunotia lunaris</i> (Ehrenberg) Grunow	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Eunotia meisteri</i> Hustedt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Eunotia meniscus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Eunotia microcephala</i> Krasske	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Eunotia monodon</i> var. <i>bidens</i> (Ehrenberg) Hustedt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Eunotia parallela</i> Ehrenberg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Eunotia pectinalis</i> (Kützing) Rabenhorst	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Eunotia pectinalis</i> var. <i>ventralis</i> (Ehrenberg) Hustedt	1	0	1	0	0	0	1	1	0	2	0	0	2	2	1	2	1	1	0	1	0
<i>Eunotia polydentula</i> Brun	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
<i>Eunotia polyglyphis</i> Grunow	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Eunotia polyglyphis</i> var. <i>exigua</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Eunotia praeurupta</i> Ehrenberg	2	2	0	1	1	2	1	3	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0
<i>Eunotia pseudopectinalis</i> Hustedt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0
<i>Eunotia radiosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Eunotia robusta</i> Ralfs	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Eunotia serra</i> var. <i>diadema</i> (Ehrenberg) Patrick	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Eunotia serra</i> var. <i>tetraodon</i> (Ehrenberg) Nörpel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0

Laji	Syvyys (cm)																				
	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	17-18	19-20	23-24	27-28	35-36
<i>Stauroneis legumen</i> (Ehrenberg) Kützing	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Stauroneis phoenicenteron</i> (Nitzsch) Ehrenberg	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
<i>Stenopterobia curvula</i> (W. Smith) Krammer	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Stenopterobia</i> sp. Brébisson ex Van Heurck	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Surirella atomus</i> Hustedt	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Surirella biseriata</i> Brébisson & Godey	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Surirella brebissonii</i> var. <i>kuetzingii</i> Krammer & Lange-Bertalot	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Surirella capronii</i> Brébisson ex F. Kitton	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Surirella linearis</i> W. Smith	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Surirella minuta</i> Brébisson	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
<i>Surirella roba</i> Leclercq	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Surirella robusta</i> Ehrenberg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Surirella splendida</i> (Ehrenberg) Kützing	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Surirella striatula</i> Turpin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Synedra famelica</i> Kützing	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Synedra parasitica</i> (W. Smith) Hustedt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Synedra ulna</i> (Nitzsch) Ehrenberg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Synedra</i> sp. Ehrenberg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tabellaria binalis</i> (Ehrenberg) Grunow	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tabellaria fenestrata</i> (Lyngbye) Kützing	5	3	3	3	5	6	5	4	2	2	3	2	1	1	2	5	2	1	5	3	2
<i>Tabellaria flocculosa</i> (Roth) Kützing	2	4	3	3	2	2	3	2	1	1	0	0	1	1	1	1	2	1	2	2	1
<i>Tabellaria quadriseptata</i> Knudson	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Tetracyclus lacustris</i> Ralfs	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	6	2	1	3	1	0	1	1	0

Liite 5. Iso Kivijärven piilevälajit, joiden nimet muutettu. (<http://www.algaebase.org/>)

Vanha lajinimi & autori	Nykyinen lajinimi & autori
<i>Achnanthes coarctata</i> (Brébisson ex W. Smith) Grunow in Cleve & Grunow 1880	<i>Achnantheidium coarctatum</i> Brébisson ex W. Smith 1855
<i>Anomoeoneis brachysira</i> (Brébisson ex Rabenhorst) Cleve 1895	<i>Brachysira brebissonii</i> R. Ross in Hartley 1986
<i>Anomoeoneis follis</i> (Ehrenberg) Cleve 1895	<i>Brachysira follis</i> (Ehrenberg) R. Ross in Hartley 1986
<i>Anomoeoneis serians</i> (Brébisson) Cleve 1895	<i>Brachysira serians</i> (Brébisson) Round & D. G. Mann 1981
<i>Anomoeoneis styriaca</i> (Grunow) Hustedt 1930	<i>Brachysira styriaca</i> (Grunow) R. Ross in Hartley 1986
<i>Aulacoseira distans</i> var. <i>nivaloides</i> Camburn 1987	<i>Aulacoseira nivaloides</i> (Camburn) English & Potapova 2009
<i>Cymbella amphicephala</i> Näegeli in Kützing 1849	<i>Cymbopleura amphicephala</i> (Nägeli) Krammer 2003
<i>Cymbella gracilis</i> (Rabenhorst) Cleve 1894	<i>Encyonema gracile</i> Kirchner 1879
<i>Cymbella silesiaca</i> Bleisch in Rabenhorst 1864	<i>Encyonema silesiacum</i> (Bleisch) Round, Crawford & Mann 1990
<i>Eunotia alpina</i> (Nägeli) Hustedt in Schmidt et al. 1913	<i>Eunotia naegeli</i> Migula 1907
<i>Eunotia lunaris</i> (Ehrenberg) Grunow in van Heurck 1881	<i>Eunotia bilunaris</i> (Ehrenberg) Schaarschmidt 1880
<i>Eunotia serra</i> var. <i>diadema</i> (Ehrenberg) Patrick 1958	<i>Eunotia diadema</i> Ehrenberg 1837
<i>Fragilaria lapponica</i> Grunow in van Heurck 1881	<i>Staurosirella lapponica</i> (Grunow) D.M. Williams & Round 1987
<i>Fragilaria pinnata</i> Ehrenberg 1843	<i>Staurosirella pinnata</i> (Ehrenberg) D. M. Williams & Round 1987
<i>Fragilaria virescens</i> Ralfs 1843	<i>Fragilariforma virescens</i> (Ralfs) D. M. Williams & Round 1988
<i>Frustulia rhomboides</i> var. <i>viridula</i> (Brébisson) Cleve 1894	<i>Frustulia erifuga</i> Lange-Bertalot & Metzeltin 1996
<i>Navicula lacustris</i> W. Gregory 1856	<i>Cavinula lacustris</i> (W. Gregory) Round, Crawford & Mann 1990
<i>Navicula laevissima</i> Kützing 1844	<i>Sellaphora laevissima</i> (Kützing) D. G. Mann 1989
<i>Navicula lanceolata</i> (C. Agardh) Kützing 1844	<i>Cymbella lanceolata</i> (C. Agardh) C. Agardh 1830
<i>Navicula minuscula</i> Grunow in van Heurck 1880	<i>Adlafia minuscula</i> (Grunow) Lange-Bertalot & Genkal 1999
<i>Navicula molaris</i> Grunow 1863	<i>Caloneis molaris</i> (Grunow) Krammer & Lange-Bertalot 1985
<i>Navicula pupula</i> Kützing 1844	<i>Sellaphora pupula</i> (Kützing) Mereschkovsky 1902
<i>Navicula nyassensis</i> Otto Müller 1910	<i>Sellaphora nyassensis</i> (Otto Müller) D. G. Mann 1989
<i>Neidium binodeforme</i> Krammer in Krammer & Lange-Bertalot 1985	<i>Neidiomorpha binodeformis</i> (Kram.) Canton., Lang.-Bert. & Ang. 2010

Liite 6. Martinjärven piilevälajit, joiden nimet muutettu. (<http://www.algaebase.org/>)

Vanha lajinimi & autori	Nykyinen lajinimi & autori
<i>Achnanthes biasolettiana</i> var. <i>biasolettiana</i> Grunow in Cleve & Grunow 1880	<i>Achnantheidium pyrenaicum</i> (Hustedt) H.Kobayasi 1997
<i>Achnanthes coarctata</i> (Brébisson ex W. Smith) Grunow in Cleve and Grunow 1880	<i>Achnantheidium coarctatum</i> Brébisson ex W. Smith 1855
<i>Achnanthes minutissima</i> Kützing	<i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki 1994
<i>Amphora coffaeformis</i>	<i>Amphora coffeiformis</i> var. <i>perpusilla</i> (Grunow) Cleve 1895
<i>Anomoeoneis brachysira</i> (Brébisson ex Rabenhorst) Cleve 1895	<i>Brachysira brebissonii</i> R. Ross in Hartley 1986
<i>Anomoeoneis follis</i> (Ehrenberg) Cleve 1895	<i>Brachysira follis</i> (Ehrenberg) R. Ross in Hartley 1986
<i>Anomoeoneis serians</i> (Brébisson) Cleve 1895	<i>Brachysira serians</i> (Brébisson) Round & D. G. Mann 1981
<i>Anomoeoneis styriaca</i> (Grunow) Hustedt 1930	<i>Brachysira styriaca</i> (Grunow) R. Ross in Hartley 1986
<i>Aulacoseira distans</i> var. <i>nivaloides</i> Camburn 1987	<i>Aulacoseira nivaloides</i> (K. E. Camburn) J. English & M. Potapova 2009
<i>Caloneis schumanniana</i> var. <i>biconstricta</i> (Grunow) Reichelt	<i>Caloneis limosa</i> (Kützing) R. M. Patrick in Patrick & Reimer 1966
<i>Cymbella delicatula</i> Kützing 1849	<i>Delicata delicatula</i> (Kützing) Krammer 2003
<i>Cymbella gracilis</i> (Rabenhorst) Cleve 1894	<i>Encyonema gracile</i> Kirchner 1879
<i>Cymbella hybrida</i> var. <i>lanceolata</i> Krammer in Krammer & Lange-Bertalot 1985	<i>Cymbopleura lanceolata</i> (Krammer) Krammer 2003
<i>Cymbella minuta</i> Hilse in Rabenhorst 1862	<i>Encyonema minutum</i> (Hilse) D. G. Mann in Round, Crawford & Mann 1990
<i>Cymbella obscura</i> Krasske 1938	<i>Encyonema obscurum</i> (Krasske) D. G. Mann 1990
<i>Cymbella silesiaca</i> Bleisch in Rabenhorst 1864	<i>Encyonema silesiacum</i> (Bleisch) Mann in Round, Crawford & Mann 1990
<i>Eunotia naegelii</i> Migula 1907	<i>Eunotia alpina</i> (Nägeli) Hustedt in Schmidt et al. 1913
<i>Eunotia clevei</i> Grunow in Cleve 1891	<i>Amphorotia clevei</i> (Grunow) Williams & Reid 2006
<i>Eunotia lunaris</i> (Ehrenberg) Grunow in Van Heurck 1881	<i>Eunotia bilunaris</i> (Ehrenberg) Schaarschmidt 1880
<i>Eunotia pectinalis</i> var. <i>ventralis</i> (Ehrenberg) Hustedt 1911	<i>Eunotia pectinalis</i> var. <i>ventricosa</i> (Ehrenberg) Grunow in van Heurck 1881
<i>Eunotia serra</i> var. <i>diadema</i> (Ehrenberg) Patrick 1958	<i>Eunotia diadema</i> Ehrenberg 1837

Vanha lajinimi & autori	Nykyinen lajinimi & autori
<i>Fragilaria bicapitata</i> Mayer 1917	<i>Fragilariforma bicapitata</i> (Mayer) D. M. Williams & Round 1988
<i>Fragilaria exigua</i> Grunow 1878	<i>Fragilariforma exigua</i> (Grunow) M. G. Kelly
<i>Fragilaria inflata</i> Pantocsek 1902	<i>Pseudostaurosira brevistriata</i> var. <i>inflata</i> (Pantocsek) Edlund 1994
<i>Fragilaria lapponica</i> Grunow in van Heurck 1881	<i>Staurosirella lapponica</i> (Grunow) D.M.Williams & Round 1987
<i>Fragilaria pinnata</i> Ehrenberg 1843	<i>Staurosirella pinnata</i> (Ehrenberg) D. M. Williams & Round 1987
<i>Fragilaria virescens</i> Ralfs 1843	<i>Fragilariforma virescens</i> (Ralfs) D. M. Williams & Round 1988
<i>Frustulia rhomboides</i> var. <i>viridula</i> (Brébisson) Cleve 1894	<i>Frustulia erifuga</i> Lange-Bertalot & Krammer in Lange-Bertalot & Metzeltin 1996
<i>Navicula atomus</i> (Kützing) Grunow 1860	<i>Mayamaea atomus</i> (Kützing) Lange-Bertalot 1997
<i>Navicula atomus</i> var. <i>excelsa</i> (Krasske) Lange-Bertalot in Krammer & Lange-Bertalot 1985	<i>Mayamaea excelsa</i> (Krasske) Lange-Bertalot 1997
<i>Navicula bacilloides</i> Hustedt 1945	<i>Sellaphora bacilloides</i> (Hustedt) Levkov, Nakov & Metzeltin 2006
<i>Navicula bacillum</i> Ehrenberg 1839	<i>Sellaphora bacillum</i> (Ehrenberg) D. G. Mann 1989
<i>Navicula clementioides</i> Hustedt 1944	<i>Placoneis clementioides</i> (Hustedt) E. J. Cox 1988
<i>Navicula constans</i> Hustedt 1944	<i>Placoneis constans</i> (Hustedt) E. J. Cox
<i>Navicula fossalis</i> var. <i>obsidialis</i> (Hustedt) Lange-Bert. in Krammer&Lange-Bertalot 1985	<i>Mayamaea fossalis</i> var. <i>obsidialis</i> (Hustedt) Lange-Bertalot 1997
<i>Navicula lanceolata</i> (C. Agardh) Kützing 1844	<i>Cymbella lanceolata</i> (C. Agardh) C. Agardh 1830
<i>Navicula levanderi</i> Hustedt in A. Schmidt et al. 1934	<i>Neidiopsis levanderi</i> (Hustedt) Lange-Bertalot & Genkal 1999
<i>Navicula minuscula</i> Grunow in van Heurck 1880	<i>Adlafia minuscula</i> (Grunow)Lange-Bertalot in Lange-Bertalot & Genkal 1999
<i>Navicula muticoides</i> Hustedt 1949	<i>Luticola muticoides</i> (Hustedt) Mann in Round, Crawford&Mann 1990
<i>Navicula nyassensis</i> Otto Müller 1910	<i>Sellaphora nyassensis</i> (Otto Müller) D. G. Mann 1989
<i>Navicula pupula</i> var. <i>pseudopupula</i> (Krasske) Hustedt 1930	<i>Sellaphora pseudopupula</i> (Krasske) Lange-Bertalot et al. 1996
<i>Navicula pusilla</i> W. Smith 1853	<i>Cosmioneis pusilla</i> (W.Smith) Round, Crawford & Mann 1990
<i>Navicula rotunda</i> Hustedt 1945	<i>Eolimna rotunda</i> (Hustedt) Kulikovskiy et al. 2010
<i>Navicula seminulum</i> Grunow 1860	<i>Sellaphora seminulum</i> (Grunow) D. G. Mann 1989

Vanha lajinimi & autori	Nykyinen lajinimi & autori
<i>Navicula submuralis</i> Hustedt 1945	<i>Eolimna submuralis</i> (Hustedt) Kulikovskiy, Lange-Bertalot & Witkowski 2010
<i>Neidium binodeforme</i> Krammer in Krammer & Lange-Bertalot 1985	<i>Neidiomorpha binodeformis</i> (Krammer) M. Cantonati, Lange-Bertalot & N. Angeli 2010
<i>Pinnularia brebissonii</i> (Kützing) Rabenhorst 1864	<i>Pinnularia acutobrebissonii</i> Kulikovskiy, Lange-Bertalot & Metzeltin 2010
<i>Pinnularia divergens</i> var. <i>elliptica</i> (Grunow) Cleve 1895	<i>Pinnularia ovata</i> K. Krammer 2000
<i>Pinnularia fasciata</i> (Lagerstedt) Hustedt 1930	<i>Caloneis bacillum</i> (Grunow) Cleve 1894
<i>Pinnularia gibba</i> var. <i>subundulata</i> (Ant. Mayer) J. Frenguelli 1933	<i>Pinnularia abaujensis</i> var. <i>subundulata</i> (Mayer) R. M. Patrick 1966
<i>Pinnularia interrupta</i> W. Smith 1853	<i>Pinnularia biceps</i> W. Gregory 1856
<i>Pinnularia lata</i> var. <i>thuringiaca</i> (Rabenhorst) Mayer 1917	<i>Pinnularia rabenhorstii</i> (Grunow) K. Krammer 2000
<i>Pinnularia leptosoma</i> (Grunow) Cleve 1895	<i>Caloneis leptosoma</i> (Grunow) Krammer in Krammer & Lange-Bertalot 1985
<i>Pinnularia mesolepta</i> var. <i>angusta</i> Cleve 1897	<i>Pinnularia angusta</i> (Cleve) Krammer 1992
<i>Pinnularia microstauron</i> var. <i>brebissonii</i> (Kützing) Ant. Mayer 1913	<i>Pinnularia acutobrebissonii</i> Kulikovskiy, Lange-Bertalot & Metzeltin 2010
<i>Pinnularia molaris</i> (Grunow) Cleve 1895	<i>Caloneis molaris</i> (Grunow) Krammer in Krammer & Lange-Bertalot 1985
<i>Pinnularia sublinearis</i> (Grunow) Cleve 1895	<i>Caloneis dubia</i> Krammer in Lange-Bertalot & Krammer 1987
<i>Pinnularia subsolaris</i> (Grunow) Cleve 1895	<i>Pinnularia decrescens</i> (Grunow) K. Krammer 2000
<i>Synedra parasitica</i> (W. Smith) Hustedt 1930	<i>Pseudostaurosira parasitica</i> (W. Smith) Morales 2003
<i>Tabellaria binalis</i> (Ehrenberg) Grunow in van Heurck 1881	<i>Oxyneis binalis</i> (Ehrenberg) Round in Round, Crawford & Mann 1990

Liite 7. Piilevien lajinimien koko nimet ja lyhenteet.

Lajinimi	Lyhenne
<i>Achnanthes minutissima</i>	ACHNminu
<i>Achnantheidium latecephalum</i>	ACHNlate
<i>Anomoeoneis brachysira</i>	ANOMbrac
<i>Anomoeoneis follis</i>	ANOMfoll
<i>Anomoeoneis serians</i>	ANOMseri
<i>Asterionella formosa</i>	ASTEform
<i>Aulacoseira alpigena</i>	AULAalpi
<i>Aulacoseira ambigua</i>	AULAambi
<i>Aulacoseira distans</i>	AULAdist
<i>Aulacoseira distans var. nivalis</i>	AULAdiVn
<i>Aulacoseira distans var. nivaloides</i>	AULAdVns
<i>Aulacoseira distans var. tenella</i>	AULAdiVt
<i>Aulacoseira granulata</i>	AULAggran
<i>Aulacoseira italica</i>	AULAital
<i>Aulacoseira lirata</i>	AUALira
<i>Aulacoseira muzzanensis</i>	AULAmuzz
<i>Aulacoseira perglabra</i>	AULAperg
<i>Aulacoseira subarctica</i>	AULAsuba
<i>Aulacoseira valida</i>	AULAvali
<i>Cymbella gracilis</i>	CYMBgrac
<i>Cymbella silesiaca</i>	CYMBsile
<i>Eunotia clevei</i>	EUNOclev
<i>Eunotia faba</i>	EUNOfaba
<i>Eunotia pectinalis var. ventralis</i>	EUNOpeVv
<i>Eunotia praerupta</i>	EUNOprae
<i>Eunotia sudetica</i>	EUNOsude
<i>Eunotia veneris</i>	EUNOvene
<i>Fragilaria constricta</i>	FRAGcons
<i>Fragilaria exigua</i>	FRAGexig
<i>Frustulia rhomboides</i>	FRUSrhom
<i>Frustulia rhomboides var. amphipleuroides</i>	FRUSrVam
<i>Navicula minuscula</i>	NAVImins
<i>Navicula rotunda</i>	NAVIrotu

Lajinimi	Lyhenne
<i>Neidium binodeforme</i>	NEIDbinf
<i>Neidium binodis</i>	NEIDbino
<i>Nitzschia wuellerstorfi</i>	NITZwuel
<i>Pinnularia interrupta</i>	PINNinte
<i>Tabellaria binalis</i>	TABEbina
<i>Tabellaria fenestrata</i>	TABEfene
<i>Tabellaria flocculosa</i>	TABEfloc
<i>Tetracyclus lacustris</i>	TETRlacu
