

# Kurkistus Hiidenveden menneisyyteen – paleolimnologinen selvitys Kirkkojärveltä ja Mustionselältä



Jan Weckström  
Minna Väiliranta  
Marjut Kaukolehto  
Kaarina Weckström



Länsi-Uudenmaan  
**VESI ja YMPÄRISTÖ** ry  
Västra Nylands vatten och miljö rf

Julkaisu  
226/2011



LÄNSI-UUDENMAAN VESI JA YMPÄRISTÖ RY  
JULKAISU 226/2011

# Kurkistus Hiidenveden menneisyyteen – paleolimnologinen selvitys Kirkkojärveltä ja Mustionselältä

Jan Weckström,  
Minna Väiliranta,  
Marjut Kaukolehto,  
Kaarina Weckström

Lohja 2011

Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry

LÄNSI-UUDENMAAN VESI JA YMPÄRISTÖ RY, JULKAISU 226/2011

Valokuva(t): Luvy ry, Kaukolahti Marjut, Väiliranta Minna ja Weckström Jan  
Julkaisu on saatavana myös internetistä: [www.luvy.fi/julkaisut](http://www.luvy.fi/julkaisut)

Lohjan Painotuote Oy, Lohja 2011

ISBN 978-952-250-070-0 (nid.)

ISBN 978-952-250-071-7 (PDF)

ISSN-L 0789-9084

ISSN 0789-9084 (painettu)

ISSN 1798-2677 (verkkójulkaisu)

# Sisältö

<b>1 Johdanto</b> .....	<b>5</b>
<b>2 Tutkimusalue</b> .....	<b>5</b>
<b>3 Menetelmät</b> .....	<b>7</b>
3.1 Näytteenotto ja sedimentin ajoitukset .....	7
3.2 Piileväanalyysi .....	9
3.3 Kasvimakrofossiilianalyysi .....	11
3.4 Surviaissääskianalyysi .....	11
<b>4 Tulokset ja pohdintaa</b> .....	<b>12</b>
4.1 Kirkkojärvi .....	12
4.1.1 Piilevät .....	12
4.1.2 Kasvimakrofossiilit .....	13
4.1.3 Surviaissääsken toukat .....	13
4.2 Mustionselkä .....	15
4.2.1 Piilevät .....	15
4.2.2 Kasvimakrofossiilit .....	16
4.2.3 Surviaissääsken toukat .....	16
<b>5 Yhteenveto ja johtopäätökset</b> .....	<b>17</b>



# 1 Johdanto

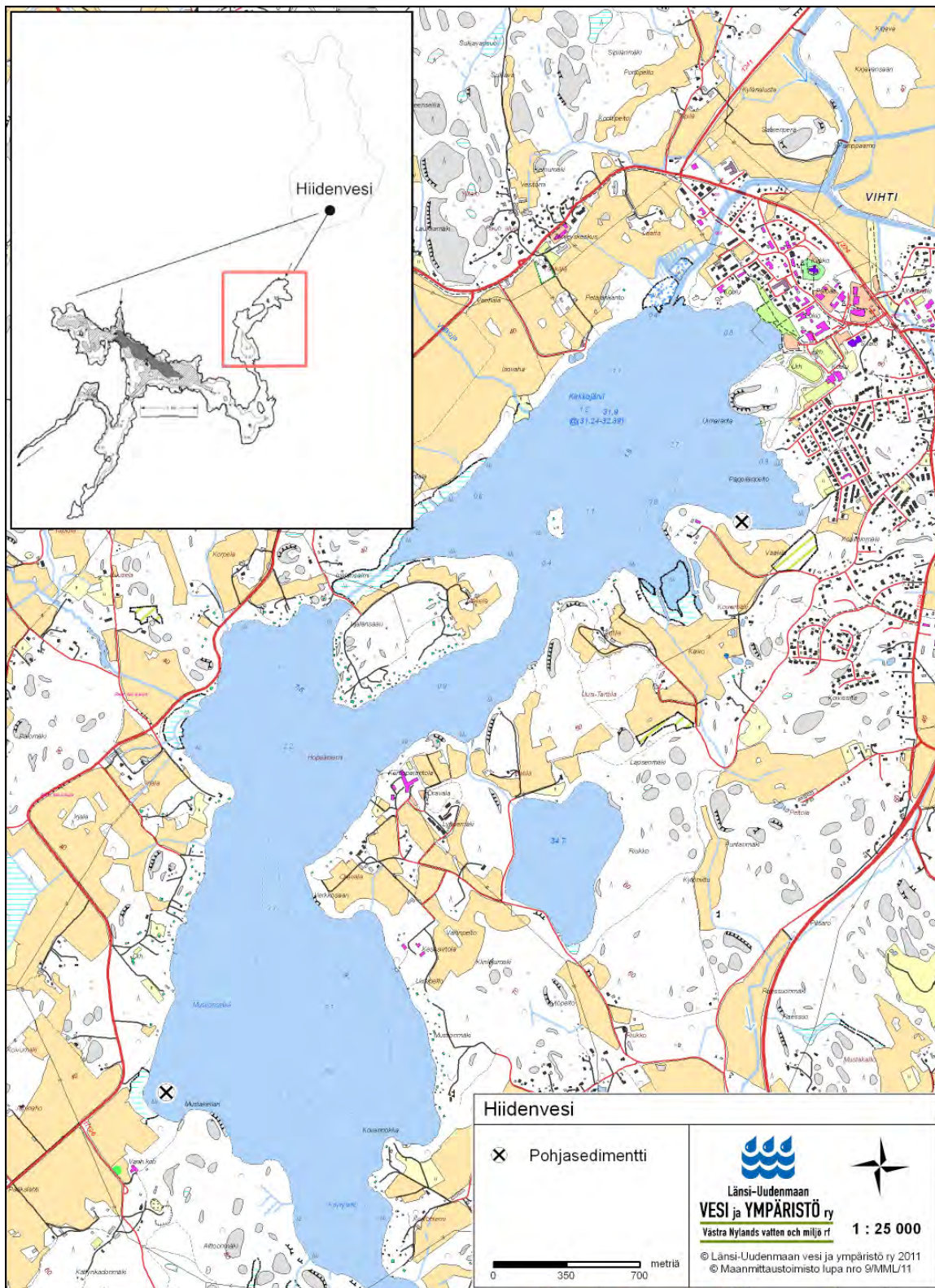
Maapallon kokonaispinta-alasta on vettä 71 %, josta makean veden osuus (järvet ja joet) on ainoastaan 0,3 % (Wetzel 2001). Makean veden saatavuus on välttämätöntä niin ihmisille, eläimille kuin kasveillekin. Sen rajallisesta määrästä johtuen on ensiarvoisen tärkeää turvata makean veden laatu ja saatavuus myös tulevaisuudessa. Euroopan Unionin vesipolitiikan puitteiden direktiivi (European Communities 2000) vaatii jäsenmaitaan luokittelemaan järvet viiteen luokkaan niiden veden laadun perusteella. Veden laatu arvioidaan biologisin, kemiallisin ja morfologisin perustein, ja kaikkien jäsenmaiden järvien tilan tulisi olla hyvä vuoteen 2015 mennessä. Historiallista monitoroitua tietoa järvien kunnosta ei useinkaan ole saatavilla kuin muutaman viime vuosikymmenen ajalta. Tämä aikajakso ei kuitenkaan riitä määrittämään järven ”luontaista” tilaa ts. tilaa ennen ihmistoiminnan vaikutusta järveen tai sen valuma-alueeseen. Ainoa keino arvioida menneiden aikojen biologisia ja kemiallisia olosuhteita (luontainen referenssi- eli vertailutila) ja niissä tapahtuneita muutoksia on paleolimnologinen lähestymistapa.

Paleolimnologinen lähestymistapa on yleisesti käytetty erinomainen työkalu vesiympäristöjen menneiden olojen selvittämiseen. Suotuisissa olosuhteissa vesistöjen pohjaan kerrostunut sedimentti edustaa aikajärjestyksessä olevaa luonnon arkistoa, johon on taltioitunut vesistön ja sen lähialueen ympäristöhistoria. Tutkimalla sedimenttisarjan biologinen, fysikaalinen ja kemiallinen koostumus ja ajoittamalla tutkitut kerrokset saadaan yleensä luotettava ja monipuolinen kuva menneiden aikojen ympäristöoloista, niissä tapahtuneista muutoksista, muutosten nopeuksista ja muutosten suunnista.

Tämän tutkimuksen tarkoitus on paleolimnologisin keinoin selvittää Hiidenveden Kirkkojärven ja Mustionselän biologista ja kemiallista historiaa, arvioida millainen Hiidenveden luontainen tila on ollut sekä määrittää milloin muutos luonnontilaisesta nykytilanteeseen on tapahtunut.

## 2 Tutkimusalue

Hiidenvesi kuuluu Karjaanjoen vesistöön ja on Uudenmaan toiseksi suurin järvi (Kuva 1). Sen pinta-ala on 30,3 km<sup>2</sup> ja se on luontaisesti savisamea. Hiidenvesi koostuu neljästä päältäasta, joiden vedenlaatu eroaa toisistaan. Matalien Kirkkojärven ja Mustionselän vedenlaatu on välttävää ja Kirkkojärvi onkin Hiidenveden huonokuntoisin alue. Nummelanselän ja varsinaisen Hiidenveden päältäan, Kiihkelyksenselän, vedenlaatu on tyydyttävä. Järven ulkoinen ravintokuormitus on runsasta ja Hiidenvedessä on havaittu säännöllisiä sinileväkukintoja jo niinkin varhain kuin 1920-luvulla (Jääskeläinen 1930). Valuma-alue koostuu lähinnä savikkopelloista, joilta huuhtoutuu runsaasti savea vesistöön. Lisäksi lukuisat purot ja joet kuormittavat järveä runsaasti. Lisätietoja Hiidenvedestä ja sen valuma-alueesta löytyy mm. Jääskeläinen 1930; Harjula 1970; Alajärvi 2000; Horppila 2005 ja [http://www.hiidenvesi.fi/tietoa-hiidenvedestä](http://www.hiidenvesi.fi/tietoa-hiidenvedesta).



**Kuva 1.** Näytteenottopaikkojen sijainti Hiidenveden Kirkkojärvellä ja Mustionselällä.



## 3 Menetelmät

### 3.1 Näytteenotto ja sedimentin ajoitukset

Tutkimusta varten kesäkuussa 2008 kairattiin kaksi sedimenttisarjaa, toinen Kirkkojärveltä ja toinen Mustionselältä. Näytteet otettiin rannan läheisyydestä, missä makroskooppisten kasvijäänteiden esiintymistodennäköisyys on suurin (Kuva 1 ja 2). Kirkkojärven kairauspisteen veden syvyys oli 1,1 m ja sedimenttisarjan paksuus 58 cm. Mustionselän kairauspisteen veden syvyys oli 1,9 m ja sedimenttisarjan paksuus 72 cm. Sedimentit kairattiin UWITEC-painovoi-makairalla (<http://www.uwitec.at/html/corer.html>), viipaloitiin yhden senttimetrin paksuisiksi osanäytteiksi ja säilytettiin Minigrip®-pusseissa +4 °C kylmähuoneessa.

Sedimenttisarjassa tapahtuneiden muutoskohtien, muutosnopeuksien ja sedimentaationopeuden määrittämiseksi näytesarja ajoitettiin lyijy-210 ( $^{210}\text{Pb}$ ) ja cesium-137 ( $^{137}\text{Cs}$ ) menetelmillä Liverpoolin (Englanti) yliopistossa (Taulukko 1). Cesium-137 isotooppia ei ole luonnostaan ilmassa. Sen ajoitus perustuu ydinkokeissa ja ydinvoimalonnettomuuksissa ilmaan päässeeseen ja sedimenttikerrokseen hautautuneen radioaktiivisen cesiumin mittaamiseen. Tätä cesiumin isotooppia havaitaan sedimenteissä vasta 1950-luvun alusta lähtien (Oldfield 1987). Lyijy-210 -menetelmä perustuu sedimentin tuottaman ns. tukeutuvan  $^{210}\text{Pb}$  isotoopin sekä ilmakehästä peräisin olevan ns. tukeutumattoman  $^{210}\text{Pb}$  radioaktiivisuuden mittaukseen. Lyijy-210 puoliintuu 22,6 vuodessa, joten menetelmällä voidaan ajoittaa suhteellisen tarkasti näytteitä aina 1900-luvun alkuun asti.

**Taulukko 1.** Ajoitustulokset. Taulukossa on ilmoitettu näytteen sedimenttinäytteen syvyys, sen ikä kalenterivuosisissa, ja sedimentaationopeus.

Kirkkojärvi

Syvyys		Kronologia			Sedimentaationopeus		
cm	$\text{g cm}^{-1}$	Aika AD	Ikä v	$\pm$	$\text{g cm}^{-2} \text{y}^{-1}$	$\text{cm v}^{-1}$	$\pm$ (%)
0,0	0,0	2008	0	0			
0,5	0,1	2005	3	1	0,034	0,16	18,2
1,5	0,3	1998	10	2	0,034	0,14	18,2
2,5	0,6	1991	17	4	0,034	0,12	18,2
3,5	0,9	1982	26	5	0,034	0,10	18,2
4,5	1,2	1971	37	7	0,034	0,09	18,2
5,5	1,6	1961	47	8	0,034	0,09	18,2
6,5	2,0	1949	59	12	0,034	0,08	18,2
7,5	2,4	1936	72	14	0,034	0,08	18,2

Mustionselkä

Syvyys		Kronologia			Sedimentaationopeus		
cm	$\text{g cm}^{-1}$	Aika AD	Ikä v	$\pm$	$\text{g cm}^{-2} \text{v}^{-1}$	$\text{cm v}^{-1}$	$\pm$ (%)
0,0	0,0	2008	0	0			
0,5	0,1	2003	5	2	0,031	0,10	30,9
1,5	0,5	1993	15	5	0,031	0,09	30,9
2,5	0,8	1981	27	7	0,031	0,08	30,9
3,5	1,3	1966	42	12	0,031	0,06	30,9
4,5	1,9	1948	60	17	0,031	0,05	30,9
5,5	2,4	1929	79	24	0,031	0,05	30,9

Kirkkojärven iät vuodesta 2000–1940 kuvissa 4, 5 ja 6 perustuvat lyijy-210 ja cesium-137 ajoituksiin ja ovat siten suhteellisen luotettavia. Iät ennen vuotta 1940 on ekstrapoloitu sedimentaation 0,08 cm/vuosi mukaan (katso taulukko 1). Vastaavasti Mustionselän iät ennen vuotta 1930 on ekstrapoloitu 0,05 cm/vuosi mukaan.



**Kuva 2.** Sedimenttinäytteenottoa Hiidenveden Kirkkojärvellä. Vasemmalla näytteenotin, Uwitec-paino-voimakaira, ja oikealla järven pohjasta nostetut sedimenttisarjat. Kuva: Marjut Kaukolehto.

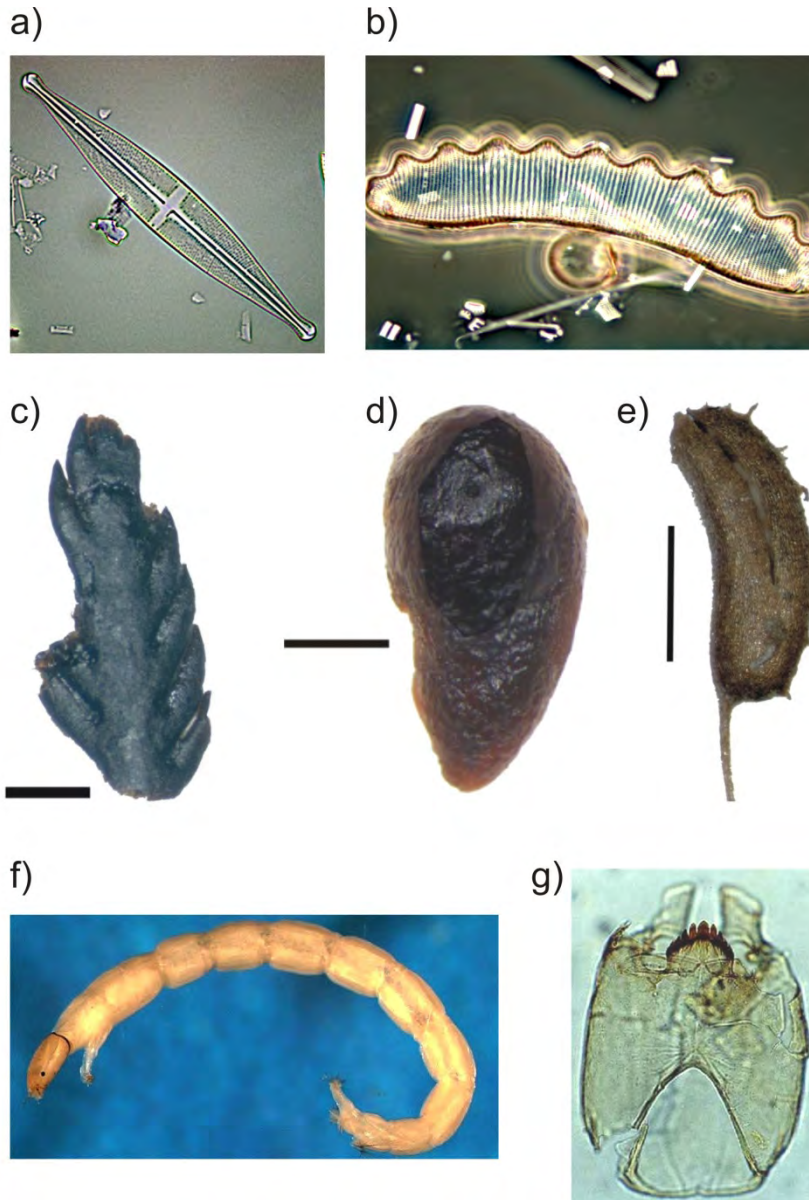
### 3.2 Piileväanalyysi

Piileväpreparaatit valmistettiin hieman muunnellusti Weckström ym. (1997) mukaan. Sedimenttinäytteistä otettiin noin 0,1 g märkäsedimenttiä ja kuumennettiin 90 °C vetyperoksidissa (37 % H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), kunnes orgaaninen aines oli hapettunut. Karbonaatit poistettiin lisäämällä muutama tippa väkevää suolahappoa (50 % HCl). Näytteet pestiin ja sentrifugoitiin neljä kertaa. Piileväsuspensio kiinnitettiin objektilasiin Naphraxilla (R.I > 1,74).

Jokaisesta näytteestä analysoitiin satunnaisilta linjoilta vähintään 300 piileväsolun puolikasta (Kuvat 3a ja 3b) Leica DMLB ja OLYMPUS BX40 tutkimusmikroskoopeilla käyttäen 1000-ker-taista suurennosta ja immersioöljyä. Piilevien määrittämisessä käytettiin pääasiallisesti teoksia Krammer & Lange-Bertalot (1986–1991) ja lajinnimistö perustuu Hartleyn (1986) nimistöön.

Kirkkojärven kokonaistypen (TN, total nitrogen) pitoisuuksien rekonstruktio perustuu kvanti-tatiiviseen paleolimnologiseen lähestymistapaan (Birks ym. 1990). Tietämällä eri piilevälajien nykyinen optimiarvo TN:n suhteen voidaan kyseinen muuttuja rekonstruoida ajan funktiona tutkimalla fossiilisten piileväyhteisöjen lajikoostumusta ja siinä tapahtuvia muutoksia. Mallin-nukseen käytettiin 103 pientä ja suojaista Suomen rannikkoalueen lahdelmaa, joiden nykyisen piileväpopulaatioiden ja veden mitatun TN:n välinen suhde on tilastollisesti määritetty (Weckström, K. ym. 2004; Weckström, K. julkaisematon aineisto). Vaikka mallin aineisto on kerätty merenlahdistä, se soveltuu hyvin Hiidenveden kokonaistypen rekonstruointiin. Käy-tetyt merenlahdet ovat pääosin hyvin suojaista, osa lähes sulkeutuneita, vähäsuolaisia altaita,

joista valtaosan vesi on lähes yhtä sameata ja ravinnerikasta kuin Hiidenvedessä. Mallin pohja-aineistossa jokaiselle piilevälajille on laskettu niiden optimiarvo ja toleranssi kokonaistypelle. Mallin pohja-aineiston piilevälajistoa verrattiin Kirkkojärven sedimenttisarjasta löydettyihin piilevälajeihin ja johdettiin kullekin näytteelle sen TN-arvo. Käytetty malli toimii hyvin sen selitysoisuuden ( $r^2$ ) ollessa 0,7 ja mallin ristiinvalidoitu keskivirhe (root mean square error of prediction) 0,11 log  $\mu\text{g/l}$  (Weckström, K. ym. 2004; Weckström, K. julkaisematon aineisto).

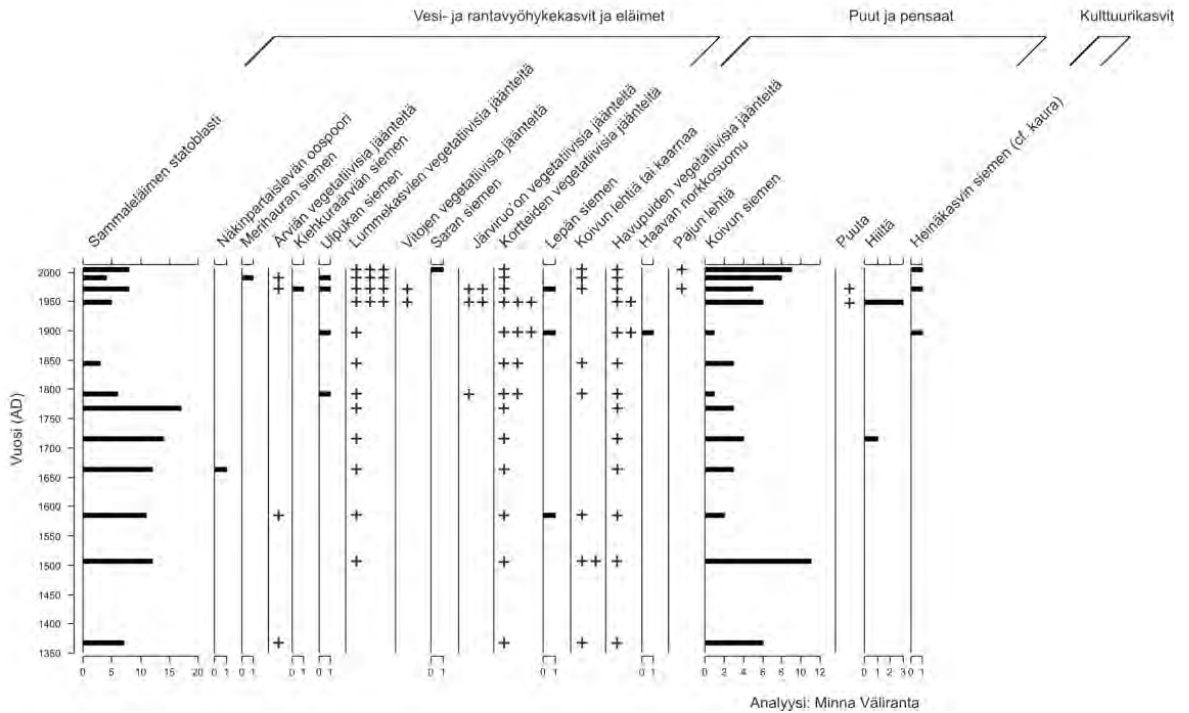


**Kuva 3.** Tutkimuksessa käytetyt paleobioindikaattoriryhmät. Esimerkkitaksoneina ylhäällä piilevän kuorenpuolikkaat a) *Stauroneis anceps* var. *gracilis* ja b) *Eunotia Serra*, keskellä kasvien jäänteitä c) ärviän talvehtimissilmu (fossiili), d) ulpukan siemen (fossiili) ja e) hauran siemen (moderni). Alarivillä vasemmalla kuva kokonaisesta modernista surviaissäskestä f) *Tanypodinae* ja oikealla surviaissäskistä sedimentissä säilyvä pääkapseli g) *Paratanytarsus*. Kuvat: Jan Weckström, Minna Väiliranta ja Marjut Kaukolehto.



### 3.3 Kasvimakrofossiilianalyysi

Menneisyyden kasvillisuuslajisto selvitettiin analysoimalla sedimentin makroskooppiset kasvin jäänteet (Kuvat 3c ja 3d). Kasvimakrofossiilianalyysin näytekoko vaihteli 10 ja 22 cm<sup>3</sup> välillä, yleisin näytekoko oli 10 cm<sup>3</sup>. Sedimentinäyte siivilöitiin 120 mikrometrin seulalla ja seulalle jäävä osuus analysoitiin stereomikroskoopin ja valomikroskoopin avulla. Mm. siemenet laskettiin kappaleittain. Nämä näkyvät diagrammissa (Kuva 4 ja 7) mustina palkkeina. Vegetatiivisten kasvien osien, kuten lehtien palasten osuudet arvioitiin suhteellisella skaalalla, jossa + = < 10 kpl/näyte, ++ = < 50 kpl/näyte ja +++ = > 50 kpl/näyte.



**Kuva 4.** Kasvimakrofossiilien esiintymisrunsaudet Kirkkojärven sedimentissä. Kuvassa on esitetty ai-noastaan yleisimmät lajit. Lajirunsautta kuvastavat + = < 10 kpl/näyte, ++ = < 50 kpl/näyte ja +++ = > 50 kpl/näyte.

### 3.4 Surviaissäskianalyysi

Jokaisesta näytteestä otettiin 0,5–28,5 g märkää sedimenttiä, jota kuumennettiin laimeassa 10 % kaliumhydroksidiliuoksessa 30 minuuttia. Käsitelty sedimentti suodatettiin 103 µm siivilän läpi. Kaikki surviaissäskien toukkien pääkapselit (Kuva 3g) poimittiin stereomikroskoopin alla ja kiinnitettiin objektilasille. Jokaisesta näytteestä laskettiin 50–100 pääkapselia. Tunnistus perustui pääosin teoksiin Brundin (1948), Hofmann (1971,1984), Sæther (1975, 1976, 1980), Klink (1983), Wiederholm (1983), Walker ym. (1992), Rieradevall & Brooks (2001), Epler (2001) ja Heiri ym. (2004).

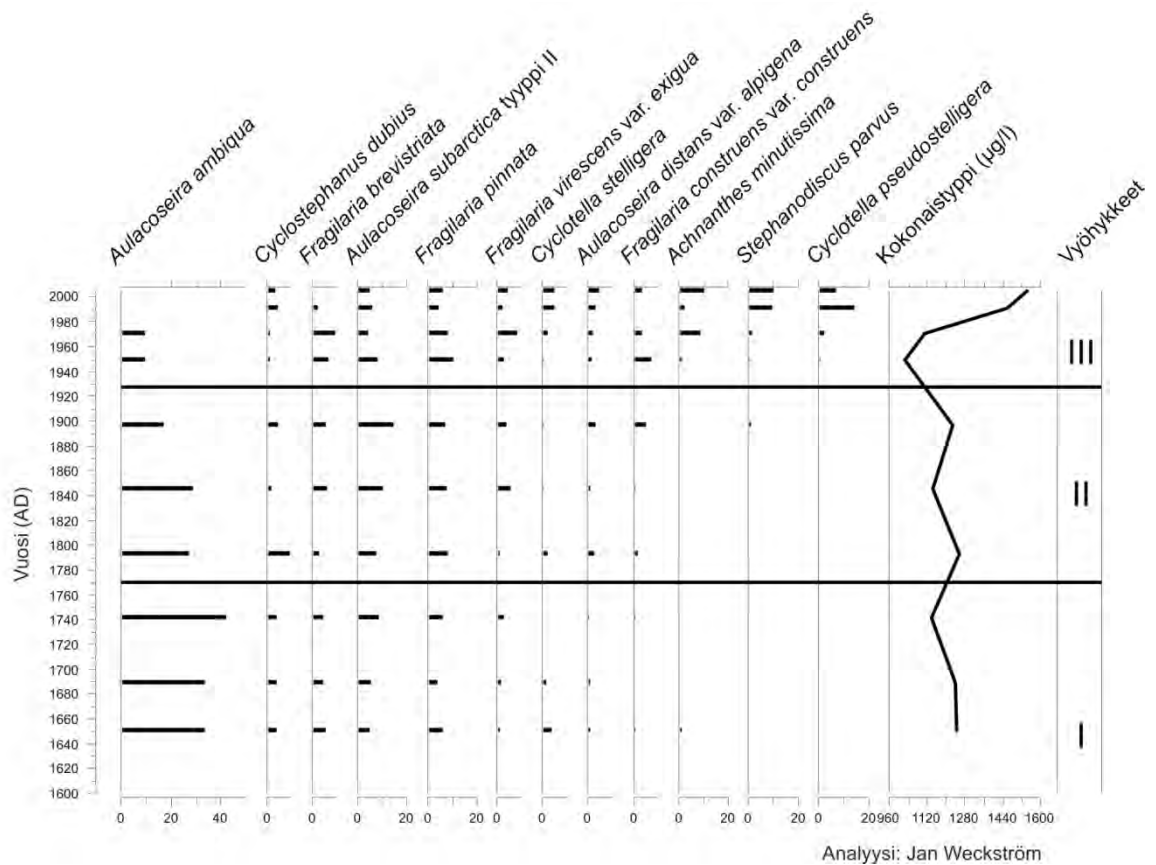
## 4 Tulokset ja pohdintaa

### 4.1 Kirkkojärvi

#### 4.1.1 Piilevät

Kirkkojärven sedimenttisarjasta tavattiin 134 piilevätaksonia, joista yleisimmät (näytteesä esiintymisrunsaus yli 5 %) on esitetty kuvassa 5. Piilevästratigrafia on jaettu objektiivisin tilastollisin menetelmin kolmeen osaan, joiden piilevätaksonit eroavat merkittävästi toisistaan. Vanhimman vyöhykkeen (vyöhyke I, Kuva 5) piileväpopulaatiota hallitsevat *Fragilaria*- ja *Aulacoseira*-sukujen lajit. *Fragilaria*-suvun lajit ovat pääsääntöisesti pohjalla eläviä hyviä kilpailijoita ja viihtyvät epävakaisissa olosuhteissa. Ne dominoivat piileväpopulaatiota yleensä esim. järvien synnyn alkuaikoina (Korhola & Weckström 2004) ja järvien kuroutuessa irti merenlahdista (Stabell 1985). Kirkkojärven savisamea, voimakkaasti resuspendoituva, epävakaa sedimentti on niille otollinen kasvuympäristö. *Aulacoseira*-suvun lajit käsittävät sekä pohjalla eläviä että planktonissa vapaasti kelluvia lajeja. Sekä *Aulacoseira subarctica* että *A. ambigua* viihtyvät planktonissa, ja *A. ambigua* on tyypillinen keskiravinteisten eli mesotrofisten järvien laji. Edellämainitut lajit vallitsevat myös vyöhykkeessä II, joskin *Aulacoseira*-lajien, etenkin *A. ambiguan* suhteellinen osuus vähenee ja *Fragilaria*-lajien nousee. Vyöhykkeiden II ja III välillä tapahtuu Kirkkojärven lajistossa selkein muutos. Vyöhykkeen II mesotrofiset planktiset levät (esim. *A. ambigua*) korvautuvat pääasiallisesti vahvasti rehevöityneitä vesiä suosivalla pienellä planktisella *Stephanodiscus parvus* -lajilla sekä pienellä, nopeasti kasvavalla, usein matalia, rehevöityneitä ja turbidisia eli sameita vesiä suosivalla *Cyclotella pseudostelligera* -lajilla (Finney ym. 2000; Reynolds ym. 2002).

Kirkkojärven piilevävyöhykettä I voidaan pitää suhteellisen luonnontilaisena aikana, jolloin ihmistoiminnan vaikutus veden laatuun on ollut vähäistä. Suhteellisen korkea piilevillä johdettu kokonaistyyppiarvo (Kuva 5) viittaa siihen, että järvi lienee luonnostaankin mesotrofinen. Tämä johtunee ravinnerikkaasta savimaasta sen valuma-alueella. Vyöhyke II kuvastanee vaihettumisvyöhykettä luonnontilaisesta järvestä kohti ihmistoiminnan vaikutuksen alaisena olevaa vesiekosysteemiä. Kokonaistyyppimäärissä ei näy muutoksia, mutta *Fragilaria*-suvun suhteellinen lisääntyminen viittaisi epävakaisempiin olosuhteisiin. Näitä ovat voineet olla muutokset valuma-alueen maankäytössä sekä mahdolliset veden korkeuden säännöstelyt. Vyöhykkeen III alku ajoittuu 1950-luvun alkuun, jolloin teollisten lannoitteiden käyttö kasvoi merkittävästi. Tämä näkyy selvänä lajistomuutoksena ja voimakkaana kokonaistyyppien määrän kasvuna. Piilevillä johdettujen viimeaikaisten kokonaistyyppien määrien vaihtelu 1026 µg/l ja 1545 µg/l välillä on suhteellisen hyvin sopusoinnussa järven todellisen, mitatun konsentraation kanssa. Esimerkiksi vuosien 1997–2001 kokonaistyyppien keskiarvo oli 1250 µg/l (Horppila 2005). Kaiken kaikkiaan Kirkkojärven lajistossuknessio on suhteellisen tyypillinen rehevöityville järville (kts. esim. Anderson ym. 1990).



**Kuva 5.** Piilevien suhteelliset esiintymisrunsaudet Kirkkojärven sedimentissä. Kuvassa ovat ainoastaan lajit, joiden suhteellinen esiintymisprosentti on yli 5. Menneiden aikojen kokonaistyyppi on rekonstruoitu kvantitatiivisesti piilevien avulla.

#### 4.1.2 Kasvimakrofossiilit

Kirkkojärven sedimenttisarjan selkein piirre on järviruo'on, kortteiden ja kelluslehtisten kasvien voimakas lisääntyminen 1950-luvun tienoilla (Kuva 4). Erityisesti järviruo'on ja kortteiden lisääntyminen viittaa näytteenottoaikan madaltumiseen. Tämä voi mahdollisesti johtua altaan sedimentaatiossa tapahtuneista muutoksista. Kelluslehtisten kasvien (ulpukka ja lummekasvit) menestyminen voi heijastella muutoksia veden värissä. Tällaiset muutokset voivat johtua joko ravinteisuuden, turbiditeetin (savisameus) tai humuksen (peräisin valuma-alueelta) lisääntymisestä, joka aiheuttaa vesipatsaan valonläpäisevyyden heikentymistä.

Kirkkojärven sedimenttisarjasta löytyi myös viljakasvin, todennäköisesti kauran, siemeniä. Nämä löydöt ajoittuvat 1800-luvun loppuun.

#### 4.1.3 Surviaissäaskan toukat

Kirkkojärven rantavyöhykkeen surviaissäskilajisto on hyvin monimuotoinen. Näytteistä tunnistettiin 74 taksonia, joista 13 yleisintä on esitetty kuvassa 6. Suurin osa löydetyistä taksonista esiintyy yleisesti meso- ja eutrofisissa rantavyöhykkeissä. Monet lajeista suosivat myös makrofyyttejä. Useat lajit "miinaavat" makrofyyttejä eli ne kaivautuvat upos- ja kelluslehtisten varsiin ja lehtiin.

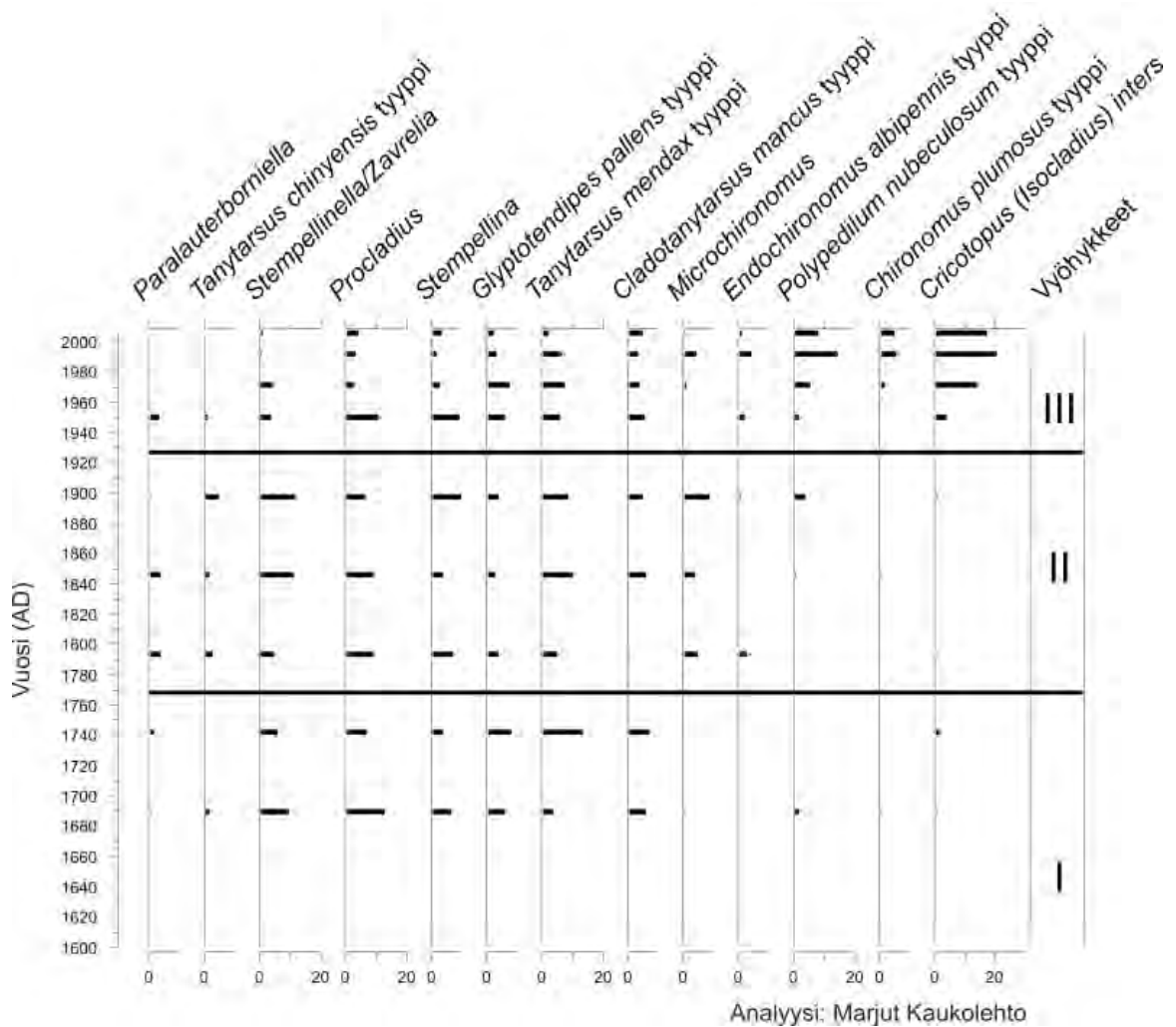
Suurin osa lajistosta esiintyy tasaisesti kautta tutkitun ajanjakson, mutta selkeitäkin muutoksia on havaittavissa. *Chironomus plumosus* -tyyppi, *Cricotopus*-tyyppi ja *Polypedilum*-tyyppi ovat runsastuneet selkeästi 1950-luvun jälkeen. Erityisesti *Chironomus*-lajit sietävät rehevöityneitä ja vähähappisia olosuhteita, mutta myös muuta likaantumista muita lajeja paremmin. Myös *Polypedilum*-tyyppi käsittää lajeja, jotka viihtyvät eutrofisten järvien rantavyöhykkeessä. *Cricotopus intersectus* -tyyppi pitää sisällään useita eri lajeja, ja vaikka sen runsastuminen on selkeää ja se todennäköisesti reagoi johonkin ympäristössä tapahtuneeseen muutokseen, sen runsastumisen syytä on vaikea arvioida. Monet *Cricotopus*-suvun lajit ovat rantavyöhykkeellä eläviä makrofyyttien miinaajia.

Samaan aikaan edellisten surviaissäskien runsastumisen kanssa mm. *Paralauterborniella*- ja *Tanytarsus*-tyypit hävisivät sedimenttisarjasta kokonaan. *Paralauterborniella* viihtyy useimmiten pehmeissä sedimenteissä, joskin se esiintyy ajoittain myös uposkasveilla. *Tanytarsus*-suku on laaja ja siinä esiintyvien lajien ekologinen vaste on kirjava, mutta tyyppillisesti ne ovat rantavyöhykkeen lajeja ja viihtyvät vähemmän ravinteisissä vesissä. *Tanytarsus chinyensis* -tyyppi esiintyy yleensä viileissä niukkaravinteisissä järvissä, mutta Fennoskandiassa se esiintyy myös lämpimissä vesissä.

Loput kuvan 6 surviaissäskitaksoneista osoittavat suhteellista vähentymistä 1950-luvulta alkaen. *Stempellinella* esiintyy yleensä pienissä joissa, lähteissä ja järvissä hiekkapohjilla. *Stempellina* suosii puolestaan lämpimiä ja niukkaravinteisiä järviä. *Stempellinella*- ja *Stempellina*-suvun toukat rakentavat hiekanmuruista itselleen liikuteltavan suojakotelon. Ne eivät siten menesty, jos sedimentti muuttuu niin hienoksi ja pölyväväksi että se tukehduuttaa ne asuinputkiinsa. *Glyptotendipes pallens* -tyyppi ja *Endochironomus albipennis* -tyyppi ovat "miinaajia" eli kaivautuvat makrofyyttien lehtiin ja varsiin. Niitä esiintyy mesotrofisista eutrofisiin vesiin. *Procladius* -suvussa on paljon lajeja, joita ei voi erottaa toisistaan. Ne ovat jonkin verran hapestomuutta sietäviä saalistajia, jotka esiintyvät usein rehevässä järvissä. *Cladotanytarsus mancus* -tyyppiä tavataan useimmiten ravinteikkaiden lämpimien järvien rantavyöhykkeellä. *Microchironomus* esiintyy sitä vastoin useimmiten järvien syvemmillä alueilla.

Kirkkojärven surviaissäskipopulaation vaihtelut on jaettu myös kolmeen vyöhykkeeseen, joissa tapahtuvat muutokset ovat ekologisesti hyvin samansuuntaisia kuin piilevävyöhykkeissäkin. Vyöhyke I ilmentää hyvin todennäköisesti järven "luontaista" surviaissäskiyhdyskuntaa, vyöhyke II on vaihettumisvyöhyke ja vyöhyke III kuvastaa rehevää, vähähappista ympäristöä, jota ihmistoiminta on voimakkaasti muokannut.





**Kuva 6.** Surviaissäskien toukkien suhteelliset esiintymisrunsaudet Kirkkojärven sedimentissä. Kuvassa on esitetty ainoastaan yleisimmät lajit.

## 4.2 Mustionselkä

### 4.2.1 Piilevät

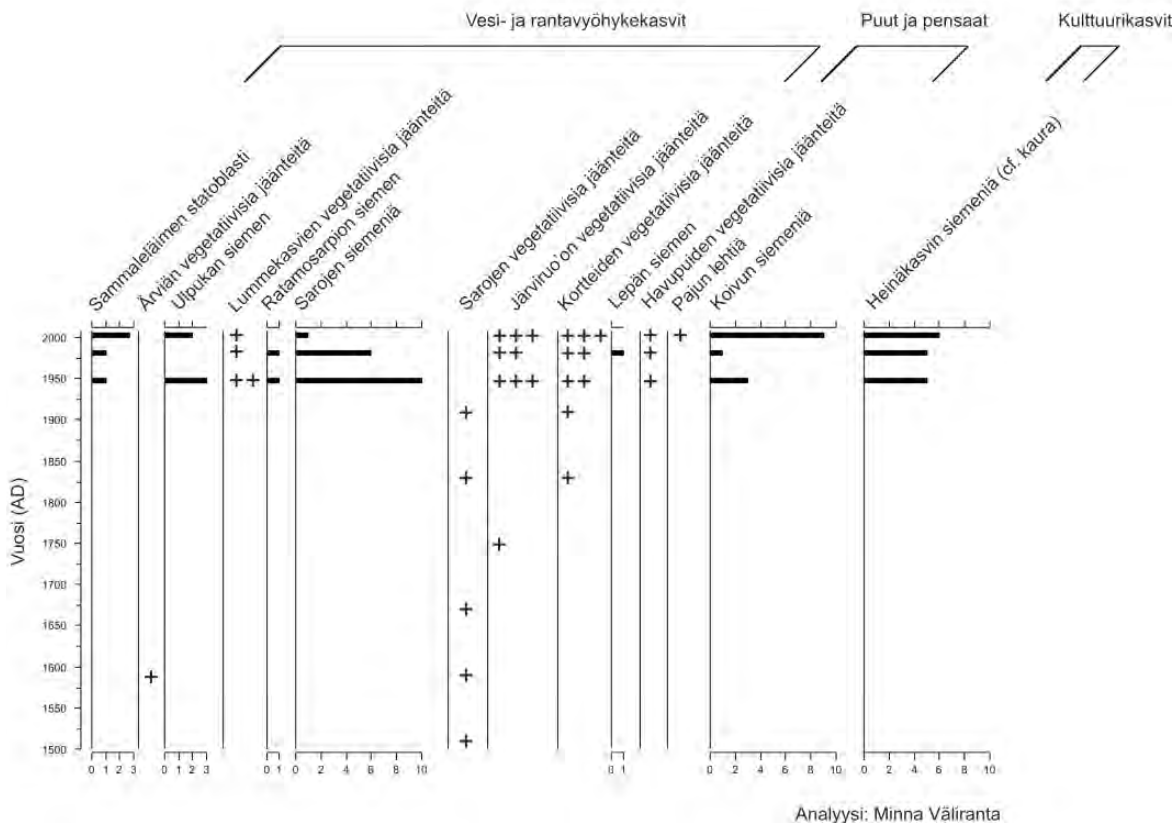
Mustionselän sedimenttisarjasta laskettiin piilevät ainoastaan kahdesta viimeaikaisimmasta näytteestä (edustavat aikaa vuodesta 1980 vuoteen 2008), sillä vanhemmista näytteistä ne puuttuivat kokonaan. Myös lasketuissa kahdessa näytteessä piilevien kuorenpuoliskojen kunto oli huono ja niiden konsentraatiot olivat matalat. Koska laskettuja näytteitä on vain kaksi, ei niistä ole tehty piilevästratigrafiaa. Näytteiden vallitseva lajisto on hyvin samankaltainen kuin Kirkkojärven viimeaikaisissa näytteissä. Ravinteikkaita vesiä suosivat *Stephanodiscus*-lajit (*S. parvus*, *S. hantzschii*) ovat yleisiä, samoin kuin mesotrofisia vesiä suosiva *Aulacoseira ambigua* ja rehevöityneitä ja turbidisia vesistöjä suosiva *Cyclotella pseudostelligera*.

Piilevät esiintyvät yleensä lähes kaikkialla missä valoa ja kosteutta riittää yhteyttämiseen, ja koska niiden kuoret ovat pääasiallisesti piidioksidia ne kestävät erittäin hyvin kulumista. Piilevien puuttuminen Mustionselän syvemmistä sedimenttikerroksista johtunee niiden kuorten

liukenemisesta. Liukenemisen syitä ei voi varmuudella todeta, mutta usein se johtuu hyvin alkaalisesta vedestä, korkeasta pH:sta (kuoret liukenevat nopeasti jos veden pH on yli 9), voimakkaasti kohonneesta veden lämpötilasta, orgaanisista hapoista tai matalasta piipitoisuudesta sedimentin ja veden rajapinnassa (esim. Iler 1979; Marshall 1980; Barker ym. 1994; Bennet ym. 1991). Hiidenvedessä ainakin veden korkea pH voi olla yksi selittäjä, sillä voimakkaiden leväkukintojen aikana Hiidenveden pH voi nousta jopa yli kymmenen kun se muutoin vaihtelee välillä 7–8 (Niemistö ym. 2009).

#### 4.2.2 Kasvimakrofossiilit

Mustionselän kasvijäänteet ovat hyvin samankaltaisia kuin Kirkkojärnessä (Kuva 7). Selkein piirre täälläkin on järviruo'on, kortteiden ja kelluslehtisten kasvien voimakas lisääntyminen 1950-luvun paikkeilla samoin kuin muutokset kelluslehtisten kasvien määrissä. Myös Mustionselän näytteistä löytyi viljakasvin, todennäköisesti kauran, siemeniä samalta ajanjaksolta kuin Kirkkojärveltäkin.



**Kuva 7.** Kasvimakrofossiilien esiintymisruunsaudet Mustionselän sedimentissä. Kuvassa esitetty ainoastaan yleisimmät lajit. Lajirunsausta kuvastavat + = < 10 kpl/näyte, ++ = < 50 kpl/näyte ja +++ = > 50 kpl/näyte.

#### 4.2.3 Surviaissääsken toukat

Surviaissääsken toukkia ei tutkittu Mustionselän näytteistä. Surviaissääskenanalyysi on hyvin aikaavievä ja työläs prosessi, joten kahden sedimenttisarjan näytteiden analysointi ei mahtunut paleolimnologiseen selvitykseen varattuun aikaraamiin.

## 5 Yhteenveto ja johtopäätökset

Tässä tutkimuksessa selvitettiin Hiidenveden Kirkkojärven ja Mustionselän ravinnehistoriaa paleolimnologisin menetelmin. Piilevien, kasvin jäänteiden ja surviaissäskien toukkien jäänteiden avulla rekonstruointiin menneiden aikojen vedenlaatua ja kasvillisuutta. Kaikki paleobioindikaattorit heijastavat samansuuntaisia muutoksia Kirkkojärven ja Mustionselän historiassa (Kuva 8). Sekä surviaissäskien toukkien että piilevien jäänteet viittaavat siihen, että Kirkkojärvi ja Mustionselkä ovat olleet rehevähköjä järviä jo ennen 1800-luvun alkua, vaikka ihmistoiminnan vaikutus Hiidenveden veden laatuun on ollut vielä suhteellisen vähäistä. Kasvijäänteiden perusteella voi olettaa veden olleen hieman kirkkaampaa kuin nykyään.

Aika (AD)	Piilevät	Kasvit	Surviaissäskien toukat	Tulkinta
~ 1950	Rehevä	Rehevä	Rehevä, vähän happea	Ravinnekuorman lisäys
	Vaihtuminen	Matala vesi?	Vaihtuminen	Vedenpinnan säännöstely, Peltojen raivaus
~ 1800	Rehevähkö, luonnontilainen	Kirkkaampi vesi	Rehevähkö, luonnontilainen	Suhteellisen luonnontilainen valuma-alue

**Kuva 8.** Yhteenveto Kirkkojärven ja Mustionselän ympäristömuutoksista piilevien, kasvimakrofossiilien ja surviaissäskien toukkien kuvastamana.

Paleobioindikaattoreiden mukaan seuraavat noin 150 vuotta olivat vaihtumisen aikaa. Tällöin Hiidenveden veden pintaa säännösteltiin ja valuma-alueen maankäyttöä muutettiin maatalousvaltaisemmaksi. Kasvijäänteet viittaavat mahdolliseen vedenpinnan laskuun. Piileväänteet viittaavat hieman sameampaan ympäristöön, mutta vaihtuminen on ollut hidasta. Myöskään surviaissäskien toukat eivät osoita nopeita muutoksia. Kirkkojärven ja Mustionselän historian suurin ja nopein muutos tapahtui toisen maailmansodan jälkeen 1950-luvun alussa, jolloin veden ravinnepitoisuudet nousivat huomattavasti. Tämä näkyy selkeästi kaikkien paleobioindikaattoreiden lajistokoostumuksesta niiden muuttuessa mesotrofisesta lajistosta kohti runsasravinteisia lajeja. Voimakas muutos johtuu pitkälti maankäytön tehostamisesta ja teollisten lannoitteiden käyttöönotosta.

Hiidenvedestä tehdyt aiemmat tutkimukset osoittavat selvästi, että suhteellisen suljettujen ja matalien Kirkkojärven ja Mustionselän vedenlaatu on Hiidenveden heikon (esim. Repka 2005). Näiltä paikoilta on kuitenkin puuttunut pidempi ajallinen perspektiivi. Tämä tutkimus osoittaa, että Hiidenvesi on ollut ainakin viimeiset 300 vuotta suhteellisen rehevä järvi. Luontainen rehevyys lienee seurausta ravinnerikkaasta savimaasta sen valuma-alueella. Ihmistoiminta on

kuitenkin entisestään rehevöittänyt järveä. Järven ennallistamisen kannalta tutkimuksemme tulos on oleellinen, sillä se osoittaa järven ”luontaisen” tilan olevan mesotrofinen. Siten Hiidenvedestä on mahdotonta muokata kirkasvetistä ja niukkaravinteista järveä. Ihmistoiminnan haitallista vaikutusta tulisi voida kuitenkin vähentää ja järvi ennallistaa luonnontilaisempaan suuntaan.

## **Kiitokset**

Tutkimus on rahoitettu Hiidenveden kunnostus- hankkeesta, jota hallinnoi Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry. Yhteyshenkilömme Ulla-Maija Jalli on auttanut materiaalin hankinnassa ja Helsingin yliopiston Ympäristötieteen laitos on mahdollistanut näytteiden keruun. Haluamme lämpimästi kiittää kaikkia tutkimukseen osallistuneita henkilöitä ja tahoja.

## Kirjallisuus

- Alajärvi, E. (2000). Hiidenveden rehevöitymiskehitys 1900-luvulla – paleolimnologinen tutkimus eläinplanktonin yhteisö-rakenteen muutoksista. Julkaisematon Pro gradu -tutkielma. Helsingin Yliopisto. 39 s.
- Anderson, N.J., B. Rippey & A.C. Stevenson (1990). Change to a diatom assemblage in a eutrophic lake following point source nutrient re-direction: a paleolimnological approach. *Freshwater Biology* 23, 205–217.
- Barker P., J.-C. Fontes, F. Gasse & J.-C. Druart (1994). Experimental dissolution of diatom silica in concentrated salt solutions and implications for paleoenvironmental reconstruction. *Limnology & Oceanography* 39, 99–110.
- Bennet P., D.I. Siegel, B.M. Hill & P.H. Glaser (1991). Fate of silicate minerals in a peat bog. *Geology* 19, 328–331.
- Birks, H.J.B., J.M. Line, S. Juggins, A.C. Stevenson & C.J.F. ter Braak (1990). Diatoms and pH reconstruction. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, B 327, 263-278.
- Brundin, L. (1948). über die metamorphose der section Tanytarsariae connectens (Dipt. Chironomidae). *Arkiv för Zoologi* 41 A, 1–22.
- Epler, J.H. (2001). Identification manual for the larval Chironomidae (Diptera) of North and South Carolina. (<http://h2o.enr.state.nc.us/esb/BAUwww/Chironomid.htm>).
- European Communities (2000). Directive 2000/60EC of the European Parliament and the Council of 23 October establishing a framework for Community action in the field of water policy. *Official Journal of European Communities*, L327, 22.12.2000.
- Finney, B.P., I. Gregory-Eaves, J. Sweetman., M.S.V. Douglas & J. P. Smol. (2000). Impacts of climate change and fishing on Pacific salmon abundance over the past 300 years. *Science* 27, 795-799.
- Harjula, H. (1970). Hiidenveden rehevöitymisen kehitys vertailevan pohjasedimenttitutkimuksen valossa. Julkaisematon Pro gradu -tutkielma. Helsingin Yliopisto. 134 s.
- Hartley, B. (1986). A check-list of the freshwater, brackish and marine diatoms of the British Isles and adjoining coastal waters. *Journal of the British Marine Biological Association*, 66, 531-610.
- Heiri, O., T. Ekrem & E. Willasen (2004). Larval head capsules of European *Micropsectra*, *Paratanytarsus* and *Tanytarsus* (Diptera: Chironomidae: Tanytarsini). (<http://www.bio.uu.nl/~palaeo/Chironomids/Tanytarsini/intro.htm>).
- Hofmann, W. (1971). Zur taxonomie und Palökologie subfossiler Chironomiden (Dipt.) in Seesedimenten. *Ergebnisse der Limnologie* 6, 1–50
- Horppila, J. (2005). Project background and lake description. *Archiv für Hydrobiologie, Special Issues Advances in Limnology* 59, 1–11.
- Jääskeläinen, V. (1930). Hiidenvesi kalavetenä. Suomen kalatalous. Kalataloudellisen tutkimustoimiston sarjajulkaisu. *Maataloushallituksen tiedonantaja* N:ro 298. s. 1–37.
- Iler R. (1979). *The chemistry of silica*. Wiley.
- Klink, A.G. (1983). Key to the Dutch larvae of *Paratanytarsus* Thienemann & Bause with note on the ecology and the phylogenetic relations. Medeklinker, 3. Orgaan van Hydrobiologisch Adviesburo.
- Korhola, A. & J. Weckström (2004). Paleolimnological studies in Arctic Fennoscandia and the Kola Peninsula (Russia). Teoksessa: Pienitz, R., M.S.V. Douglas & J.P. Smol (toim.), *Long-term environmental change in Arctic and Antarctic lakes, Vol. 8*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, s. 381–418.
- Krammer, K. & H. Lange-Bertalot (1986-1991). *Bacillariophyceae, Parts 1–4*. Volume 2 of “Süßwasserflora von Mitteleuropa”, (toim.) Ettl, H. ym. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Germany.
- Marshall W.L. (1980). Amorphous silica solubilities. 1. Behaviour in aqueous sodium nitrate solutions; 25–300 °C, 0–6 molal. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 44, 907–913.

- Niemistö, J., H. Holmroos, L. Nurminen & J. Horppila (2009). Resuspension-mediated temporal variation in phosphorus concentrations and internal loading. *Journal of Environmental Quality* 38, 560–566.
- Oldfield, F. (1987.) The future of the past – a perspective on palaeoenvironmental study. Teoksessa Clark, M.J., K.J. Gregory & A.M. Gurnell (toim.): *Horizons in Physical Geography*, 10-26. Macmillan Education LTD, Hong Kong.
- Repka, S. (toim.) (2005). Lake Hiidenvesi: Studies on a clay-turbid and eutrophic multi-basin lake. *Archiv für Hydrobiologie, Special Issues Advances in Limnology* 59. 232 s.
- Reynolds, C. S., V. Huszar, C. Kruk, L. Naselli-Flores & S. Melo (2002). Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. *Journal of Plankton Research* 24(5), 417–428.
- Rieradevall, M. & S.J. Brooks (2001). An identification guide to subfossil Tanypodinae larvae (Insecta: Diptera: Chironomidae) based on cephalic setation. *Journal of Paleolimnology* 25, 81–99.
- Sæther, O.A. (1975). Nearctic and Palaearctic *Heterotrissocladius* (Diptera: Chironomidae). *Bull. Fish. Res. Bd. Can.* 193, 1–67.
- Sæther, O.A. (1976). Revision of *Hydrobaenus*, *Trissocladius*, *Zalutschia*, *Paratrissocladius*, and some related genera (Diptera: Chironomidae). *Bull. Fish. Res. Bd. Can.* 195, 1–287.
- Sæther, O.A. (1980). New name for *Oliveria* Sæther, 1976 (Diptera: Chironomidae) nec *Oliveria* Sutherland, 1965 (\*Cnidaria: Anthozoa), with a first record for the European continent. *Ent. Scand.* 11, 399–400.
- Stabell, B. (1985). The development and succession of taxa within the diatom genus *Fragilaria* Lyngbye as response to basin isolation from the sea. *Boreas* 14, 273–286.
- Walker, I.R., D.R. Oliver & M.E. Dillon (1992). The larva and habitat of *Parakiefferiella nigra* Brundin (Diptera: Chironomidae). *Netherlands Journal of Aquatic Ecology* 26, 527–531.
- Weckström, J., A. Korhola & T. Blom (1997). The relationship between diatoms and water temperature in thirty subarctic Fennoscandian lakes. *Arctic and Alpine Research* 29, 75–92.
- Weckström, K., S. Juggins & A. Korhola (2004). Quantifying background nutrient concentrations in the coastal zone of the Baltic Sea. *Ambio* 33, 324–327.
- Wetzel 2001. *Limnology, Lake and River Ecosystems*. Third Edition. Academic Press, 1006 s.
- Wiederholm, T. (toim.) (1983). Chironomidae of the Holarctic Region, Keys and Diagnosis. Part 1: Larvae. *Ent. Scand. Suppl.* 19. Lund, Sweden. 457 s.





Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry  
Västra Nylands vatten och miljö r.f.

PL 51, 08101 Lohja  
Puh. (019) 323 623  
vesi.ymparisto@vesiensuojelu.fi  
www.luvy.fi

ISBN 978-952-250-070-0 (nid.)  
ISBN 978-952-250-071-7 (PDF)  
ISSN-L 0789-9084  
ISSN 0789-9084 (painettu)  
ISSN 1798-2677 (verkkajulkaisu)