

**SUOMEN YMPÄRISTÖKESKUKSEN
RAPORTTEJA 22 | 2013**

Piilevien aiheuttamat kalanpyydysten likaantumisongelmat

– Pyhäjärven eteläosa, Kulovesi ja Roine

**Kristiina Vuorio, Marko Järvinen, Sami Moilanen ja
Ämer Bilaletdin**

SUOMEN YMPÄRISTÖKESKUKSEN
RAPORTTEJA 22 | 2013

Piilevien aiheuttamat kalanpyydysten likaantumisongelmat

– Pyhjärven eteläosa, Kulovesi ja Roine

Kristiina Vuorio, Marko Järvinen, Sami Moilanen ja
Ämer Bilaletdin

Helsinki 2013

Suomen ympäristökeskus



SUOMEN YMPÄRISTÖKESKUKSEN RAPORTTEJA 22 | 2013
Suomen ympäristökeskus (SYKE)

Taitto: Liisa Lamminpää

Julkaisu on saatavana ainoastaan internetistä: www.syke.fi/julkaisut | helda.helsinki.fi/syke

ISBN 978-952-11-4181-2 (PDF)
ISSN 1796-1726 (verkkoj.)

ALKUSANAT

Kalanpyydysten likaantuminen on ongelma erityisesti säännöstellyissä reittivesistöissä, missä se haittaa kalastusta avovesikaudella ja jääpeitteisenä aikana. Pirkanmaalla talvisesta kalanpyydysten likaantumisesta on raportoitu enenevässä määrin 1900-luvun lopulla ja 2000-luvun alussa. Kalastajien havaintojen mukaan pääasiallinen syy olisi lisääntynyt säännöstelyjuoksutus nk. kevätkuopan teon aikaan, mutta syy-seuraussuhdetta ei ole voitu selvästi osoittaa aiemmissä tutkimuksissa. Tässä tutkimuksessa kalanpyydysten likaantumista ja likaantumisen syitä tarkasteltiin kolmella Pirkanmaan järvellä: Pyhäjärvellä, Kulovedellä ja Roineella. Tutkimus on jatkoa aiemmillemme Pirkanmaan ympäristökeskuksen (nykyinen Pirkanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus PIR-ELY) ja Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) toteuttamille likaantumisselvityksille, jotka on tehty osana alueen keskeisten järvien säännöstelyn kehittämistä (Marttunen ym. 2004, Moilanen & Nieminen 2006). Tutkimuksen ensimmäisessä osiossa kalanpyydysten likaantumista tarkasteltiin kirjanpitokalastajien merkintöjen avulla. Toisessa osiossa likaantumista tarkasteltiin havaskokeiden tulosten perusteella. Tutkimuksen pääasiallisena tarkoituksena oli lisätä ymmärrystä vedenkorkeuden ja virtaaman vaihtelujen merkityksestä kalanpyydysten likaantumisesta.

Hankkeeseen osallistuneet ympäristöviranomaisia, vesiensuojelun tutkimusta ja kalastajia edustavat tahot ansaitsevat lämpimät kiitokset hyvästä yhteistyöstä. Erityisesti haluamme kiittää kaikkia kirjanpitokalastajia, joiden kalastuskirjanpito-merkinnät mahdollistivat tämän tutkimuksen. Pirkanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksesta (PIR-ELY) tutkimusprofessori Tom Frisk, ylitarkastaja Heidi Heino, hydrologi Merja Suomalainen ja yli-insinööri Hannu Wirola osallistuivat aktiivisesti hankkeen suunnitteluun, rahoitusjärjestelyihin ja kokouksiin, mistä heille lämpimät kiitokset. Lisäksi kiitämme Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistyksestä (KVVY) limnologi Reijo Oravaista, hydrobiologi Olli Piirroista sekä iktyonomi Pekka Westerlingiä ja iktyonomi Markku Niemistä havaskokeiden ja vedenlaadun seurannan toteutuksesta sekä FM Antti Lindforsia, Luode Consulting Oy, virtausmittausten järjestämisestä Kulovedellä. Kiitämme Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) tutkija Niina Kotamäkeä avusta tilastollisissa analyyseissä, tutkimusinsinööri Hannu Sirviötä avusta tuulitietojen keruussa sekä sisävesiyksikön päällikkö Seppo Hellsteniä avusta ja käytännön järjestelyistä hankkeen aikana. Lämpimät kiitokset FM Tuija Juutilaiselle, joka laati aiheesta alustavan kirjallisuuskatsauksen vuonna 2010 toimiessaan SYKE Jyväskylän toimipaikassa.

Haluamme osoittaa lämpimät kiitokset Liisa Lepistölle ja Jouko Sarvalalle rakentavista kommentteista raporttiluonnokseen. Tutkimus on toteutettu vuosina 2011 ja 2012 maa- ja metsätalousministeriön (MMM) myöntämällä rahoituksella (Y-vastuualue) hankkeelle ”Piilevien aiheuttamat pyydysten limoittumisongelmat Pirkanmaan suurissa järvissä ja niiden seurantamenetelmien kehittäminen” yhteistyössä Pirkanmaan elinkeino- liikenne- ja ympäristökeskuksen kanssa.

Lopuksi kiitämme Maria Holmbergiä ruotsinkielisen yhteenvedon tarkistamisesta.

SISÄLLYS

Alkusanat	3
Sisällys	5
1 Johdanto	7
2 Aineisto ja menetelmät	8
2.1 Kalanpyydysten likaantumisselvitys kalastuskirjanpidon avulla.....	8
2.1.1 Tutkimusalue	8
2.1.2 Kalanpyydysten likaantuminen.....	9
2.1.3 Juoksutukset ja vedenkorkeus	10
2.1.4 Jäätyminen, jään ja jäällä olevan lumen paksuus sekä tuulihavainnot.....	11
2.1.5 Vedenlaatu ja kasviplankton.....	11
2.1.6 Tilastolliset menetelmät	11
2.2 Havaskoetutkimus.....	12
2.2.1 Havaskokeet	12
2.2.2 Kasviplankton ja vedenlaatu	15
2.2.3 Virtausmittaukset.....	15
2.2.4 Tilastolliset menetelmät	15
3 Tulokset	16
3.1 Kalanpyydysten likaantumisselvitys kalastuskirjanpidon avulla.....	16
3.1.1 Kalastuskirjanpitoluokset	16
3.1.2 Juoksutukset ja vedenkorkeus	18
3.1.3 Veden lämpötila, jäätyminen, jään ja lumen paksuus sekä tuuli.....	19
3.1.4 Vedenlaatu ja kasviplankton.....	20
3.1.5 Ympäristötekijöiden vaikutus kalanpyydysten likaantumiseen	21
3.2 Havaskoetulokset	24
4 Tulosten tarkastelu	30
4.1 Kalanpyydysten likaantuminen – kalastuskirjanpito.....	30
4.2 Havaskokeet	31
5 Johtopäätökset	33
Lähteet	34
Kuvailulehdet	35
Kuvailulehti	35
Presentationsblad.....	36
Documentation page	37

1 Johdanto

Kalanpyydysten likaantuminen etenkin keväisin ja syksyisin on merkittävä vesistöjen rehevöitymiseen liittyvä ongelma. Avovesikauden lisäksi suurissa säännöstellyissä reittivesistöissä kalanpyydysten likaantumista tapahtuu myös talvella jään alla vaikeuttaen verkkokalastusta. Pirkanmaalla talvisesta kalanpyydysten likaantumisesta on raportoitu enenevässä määrin 1900-luvun lopulla sekä 2000-luvun alussa Pyhäjärven lisäksi ainakin Kulovedellä ja Vanajavedellä (Moilanen-Nieminen 2006) sekä Längelmäveden reitillä (Mallasvesi, Längelmävesi, Roine; Leminen 2007). Hämeessä talvisia likaantumishavaintoja on tehty em. lisäksi ainakin Konnivesi-Ruotsalaisella (Anttila-Huhtinen & Manninen 1997, Raunio 2005). Muualla maassa likaantumishavainnot liittyvät pääasiassa syksyisiin *Hyalotheca*-yhtymälävän aiheuttamiin ongelmiin. Etelä-Suomessa Uudellamaalla talvisiin likaantumishaittoihin ei ole kiinnitetty erityistä huomiota. Aivan pohjoisimmassa Suomessa verkot eivät likaannu talvella siinä määrin, että siitä aiheutuisi merkittävää haittaa kalastukselle (Juutilainen 2010).

Yleisimmin seisovia kalanpyydyksiä likaavat mikroskooppisen pienet planktiset, usein soluketjuja tai tähtimäisiä yhdyskuntia muodostavat, piilevät *Aulacoseira*, *Melosira*, *Fragilaria*, *Tabellaria* ja *Asterionella*, rihmamaiset sinilevät (mm. *Aphanizomenon* ja *Dolichospermum* (*Anabaena*), viherleviin kuuluva rihmamainen yhtymälävä *Hyalotheca dissiliens* (kirkkaissa ja karuissa järvissä) sekä *Gonyostomum semen* -limälävä (humusjärvissä) (Lepistö 1992). Verkkoihin voi tarttua myös muunlaista materiaalia, kuten detritusta eli kuollutta orgaanista ainesta, isompien vesikasvien tai hyönteisten osia sekä mineraaliainesta.

Pirkanmaalla Pyhäjärven eteläosissa verkkojen likaantuminen on useina vuosina vaikeuttanut kalastusta, jopa siinä määrin, että verkkokalastus on jouduttu paikoin lopettamaan kokonaan voimakkaimman likaantumisen ajaksi (Moilanen & Nieminen 2006). Perimmäisenä syynä voimakkaaseen likaantumiseen on pidetty rehevöitymistä. Myös juoksutuksen aiheuttamat suhteellisen suuret virtaamanopeudet ja suuri vedenpinnan lasku voivat saada levämassoja liikkeelle (Moilanen & Nieminen 2006, Anttila-Huhtinen & Manninen 1999).

Pyhäjärven kalastajien kokemukset viittaavat siihen, että kevättalvella tulvavesien varastoitumiseksi lisättävien juoksutusten, ns. kevätkuopan teon seurauksena tapahtuva vedenpinnan lasku aiheuttaa voimakkaita virtauksia, jotka kiristävät verkkoja ja nostavat pohjaan vajonnutta levämassaa sekä orgaanista ja epäorgaanista ainesta vesipatsaaseen aiheuttaen verkkojen likaantumista (Marttunen ym. 2004). Osana Pirkanmaan keskeisten järvien säännöstelyjen kehittämistä tehtiin talvella 2001 pyydysten likaantumisselvitys Vanajavedellä, Pyhäjärvellä ja Kulovedellä (Moilanen & Nieminen 2006). Tämä tutkimus on jatkoa em. selvitykselle. Pääasiallisena tarkoituksena on lisätä ymmärrystä vedenkorkeuden ja virtaaman vaihtelujen merkityksestä kalanpyydysten likaantumisessa.

2 Aineisto ja menetelmät

Tutkimus koostuu kahdesta osiosta. Ensimmäisessä osiossa tarkasteltiin juoksutusten voimakkuutta ja vedenkorkeuden vaihteluja sekä veden fysikaalis-kemiallisia ominaisuuksia vasten havaintoja verkkojen likaantumisesta. Aineisto pohjautuu Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry:n alueella suorittamaan kalastotarkkailuun. Kalastotarkkailussa yhtenä virallisena tarkkailumenetelmänä on kalastuskirjanpito, josta on sovittu alueen harrastaja- ja vapaa-ajankalastajien kanssa. Pirkanmaan Pyhäjärvellä ja Kulovedellä oli käytettävissä melko kattava kirjanpitokalastusaineisto. Roineella kalastuskirjanpito on perustunut vapaaehtoisuuteen eikä riittävän kattavia tietoja ollut käytettävissä. Toisessa osiossa syy-seuraussuhteita tarkasteltiin kokeellisesti Pyhäjärvellä, Kulovedellä ja Roineella syksyllä ja talvella 2011–2012 tehtyjen verkkohavaskokeiden avulla.

2.1

Kalanpyydysten likaantumisselvitys kalastuskirjanpidon avulla

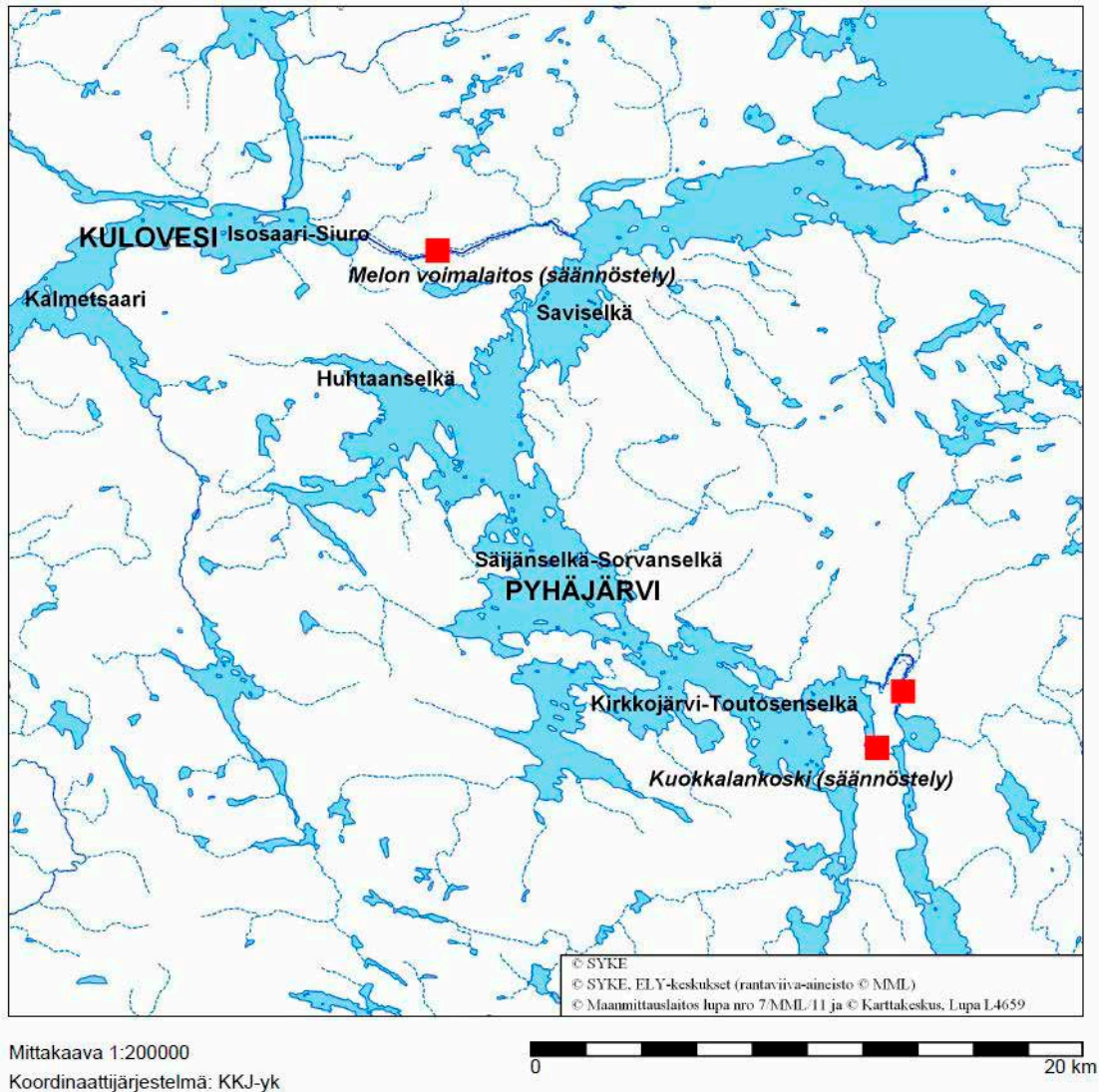
2.1.1

Tutkimusalue

Kalanpyydysten likaantumista tarkasteltiin kirjanpitokalastajien kalastuskirjanpitoihinsa merkitsemien likaantumishavaintojen perusteella kahdella Pirkanmaan maakunnassa sijaitsevalla Kokemäenjoen vesistöön kuuluvalla järvioltaalla: Pyhäjärvellä ja Kulovedellä (kuva 1).

Sekä Pyhäjärvi että Kulovesi ovat säännösteltyjä vesistöjä, joissa säännöstelyn alkuperäisenä tarkoituksena on ollut vesivoiman tuotanto ja tulvasuojelu. Pyhäjärven vedenkorkeuteen vaikuttavat sekä Pyhäjärven ja Kuloveden välisessä kanavassa sijaitsevalla Melon voimalaitospadolla tapahtuva juoksutus että Lempäälän kanavan ja Herralanvirran säännöstelypadoilla tapahtuva juoksutus. Pyhäjärven eteläpäässä sijaitsevista Lempäälän kanavan ja Herralanvirran säännöstelypadoista käytetään tässä tutkimuksessa yhteisnimitystä Kuokkalankosken säännöstely.

Melon voimalaitospadolla tehtävä säännöstely on ns. lyhytaikais- eli vuorokausisäännöstelyä, jossa juoksutusta muutetaan lyhyellä aikajänteellä, mikä aiheuttaa ylös-alas sahaavaa vedenkorkeuden vaihtelua. Kevättalvella Melon juoksutuksia lisätään, kun aloitetaan ns. kevätkuopan teko kevään tulvavesiä varten. Kuokkalankosken säännöstely tuo vettä Pyhäjärveen Vanajaveden suunnalta Kirkkojärven kautta. Melon voimalaitospadolla tehtäviin juoksutuksiin nähden Kuokkalankoskella tapahtuvan juoksutuksen vaihtelu on paljon vähäisempää.



Kuva 1. Kalanpyydysten likaantumistutkimuksessa tarkasteltujen havaintoalueiden sijainnit Pyhäjärvellä (Saviselkä, Säjjänselkä-Sorvanselkä, Kirkkojärvi-Toutosenselkä ja Huhtaanselkä) ja Kulovedellä (Isosaari-Siuro ja Kalmetsaari) sekä (■) Melon voimalaitospadon ja Kuokkalankosken (Lempäälän kanava ja Herralanvirta) säätöstelypatojen sijainnit.

2.1.2

Kalanpyydysten likaantuminen

Kalanpyydysten likaantumista arvioitiin 37 kirjanpitokalastajan vuosina 1989-2010 kalastuskirjanpitoihinsa merkitsemien likaantumishavaintojen perusteella. Havainnot täydennettiin vuodesta 1998 alkaen kalastuskirjanpitoihin liitettyihin erillisiin haastattelulomakkeisiin merkityillä havainnoilla. Kaikkia vuotta 2000 vanhempia vihkoja ei ollut enää käytettävissä, vaan aineisto perustuu pääosin aikaisempaan selvitykseen (Moilanen & Nieminen 2006), jota täydennettiin käytettävissä olleiden kalastuskirjanpitojihkojen ja haastattelulomakkeiden merkinnöillä. Tarkastelujakso rajoittuu syyskuun alun ja huhtikuun lopun väliseen ajanjaksoon, jolloin piilevien aiheuttamaa kalanpyydysten likaantumista pääasiassa esiintyy.

Tarkastelussa Pyhäjärven eteläosa on jaettu neljään osa-alueeseen: 1) Kirkkojärvi-Toutosenselkä, 2) Säjjänselkä-Sorvanselkä, 3) Saviselkä ja 4) Huhtaanselkä. Kulovedellä tarkastellut osa-alueet ovat 5) Isosaari-Siuron alue ja 6) Kalmetsaaren ympäristö (sisältäen Sarkonlahden alueen) (Kuva 1).

Kirjanpitokalastajien lukumäärä vaihteli osa-alueittain yhdestä yhteentoista. Kokonaisuudessaan seurantajakso on 21 vuotta, mutta sen kesto vaihtelee alueittain. Pisin, koko tutkimusajanjakson kattava aineisto (1989–2010), on käytettävissä Säijänselän-Sorvanselän alueelta, jossa myös kirjanpitokalastajia on eniten, 11 kappaletta. Lyhin, vain viiden vuoden mittainen aineisto on Huhtaanselältä (2001–2006), jossa kirjanpitokalastajia on ainoastaan yksi.

Kalastajien merkinnät kalanpyydysten likaantumisesta ovat subjektiivisia havaintoja ja siksi tulkinnanvaraisia. Samana ajankohtana ja samalla alueella kalastavien maininnat kalanpyydysten likaantumisasteesta saattoivat poiketa toisistaan. Yhden kalastajan mielestä verkot olivat täynnä ”räkälevää” ja toisen mielestä verkot ”limoituitivat”. Myös kalastajien arviot likaantumisesta olivat toisinaan ristiriitaisia. Joissakin tapauksissa saman kalastajan kalastuskirjanpitoon merkitsemä arvio likaantumisesta saattoi poiketa jonkin verran haastattelulomakkeeseen merkitystä arviosta. Edellä mainituista syistä likaantumisastetta ei luokiteltu tarkemmin (esim. ei likaantumista, likaantuminen vähäistä, likaantuminen runsasta), vaan tilastollisia analyysejä varten likaantumisaste arvioitiin kaksiportaisella asteikolla: ei likaannu (0) ja likaantuu (1).

Likaantumishavaintojen kirjaustiheys vaihteli paljon ja suurin osa havainnoista koski likaantuneita verkkoja eikä havaintoja puhtaista tai lievästi likaantuneista verkoista ole välttämättä kirjattu järjestelmällisesti. Tilastollisia analyysejä varten havaintojen tarkastelu tehtiin kuukausikohtaisesti. Tietyn kuukauden ja alueen kalanpyydysten likaantumisasteeksi merkittiin 1, jos kyseisen kuukauden aikana kyseisellä alueella yksikin kalastaja oli tehnyt havainnon verkkojen likaantumisesta.

2.1.3

Juoksutukset ja vedenkorkeus

Koska aluekohtaisia virtausmittauksia ei ollut käytettävissä, virtausten voimakkuutta arvioitiin Melon voimalaitospadon ja Kuokkalankosken säännöstelypadon juoksutusmäärien perusteella. Tiedot juoksutuksista kerättiin Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) ylläpitämästä vedenlaaturekisteristä (Hertta-tietokanta). Lyhytaikaisten virtaamamuutosten vaikutusten arvioimista varten virtaamista laskettiin seitsemän vuorokauden pituisen ajanjakson aikana kirjattujen virtaamien maksimi- ja minimiarvojen erotus. Lyhytaikaista virtaaman määrää arvioitiin myös laskemalla seitsemän vuorokauden virtaamasumma. Ajankohtaan nähden poikkeavia virtaamajaksoja etsittiin laskemalla kunkin kuukauden virtaamakeskiarvon poikkeama vastaavan ajankohdan pitkän ajan keskiarvosta (1989–2010). Keskimääräiseen virtaamaan nähden poikkeuksellisten virtaamien havaitsemista varten laskettiin ajankohdan kuukausikeskiarvon poikkeama kyseisen vuoden virtaamakeskiarvosta.

Juoksutuksen vaikutuksia arvioitiin myös tarkastelemalla vedenkorkeuden muutoksia. Vedenkorkeustiedot kerättiin SYKEN Hertta-tietokannasta. Vedenkorkeuden mittauspisteet sijaitsivat Pyhäjärven eteläosassa, Näppilässä ja Nokianvirran suulla sekä Kulovedellä (Ruolahti). Lyhytaikaisten vedenkorkeuden muutosten vaikutuksia arvioitiin tarkastelemalla seitsemän vuorokauden ajanjakson aikana tapahtuneita vedenkorkeuden maksimimuutoksia verrattuna vastaavan ajankohdan vedenkorkeuden pitkän ajan (1989–2010) keskiarvoon tai kyseisen vuoden vedenkorkeuden keskiarvoon.

2.1.4

Jäätymisen, jään ja jäällä olevan lumen paksuus sekä tuulihavainnot

Jäätymisen ja jäänlähdön ajankohtaa arvioitiin pääasiassa Näsijärven eteläosan mittauksetietojen perusteella, koska Pyhäjärveltä tietoja oli käytettävissä vain vuoteen 1995 asti (SYKE, Hertta-tietokanta). Koska järven eri alueilla etenkin jäätymisen ajankohta voi poiketa suurestikin, huomioitiin jäätymisen ja jäänlähdön ajankohdan arvioinnissa myös kalastajien kalastuskirjanpitoihinsa merkitsemät havainnot jäätilanteesta.

Jään ja lumen paksuustietoina käytettiin Näsijärven Naistenlahden jäänpaksuuden mittauksetietoja, joita täydennettiin Näsijärven Kyrönlahden tiedoilla. Lumitilanne Näsijärven Naistenlahdella ja Kyrönlahdella saattaa kuitenkin poiketa Pyhäjärven vastaavasta Näsijärven havaintopisteiden avoimuuden vuoksi. Sadanta-arvoina käytettiin Nokian mittauspisteen aluesadantatuloksia. Sadannan vaikutusta verkkojen likaantumiseen arvioitiin laskemalla kuuden edeltävän kuukauden aikainen kumulatiivinen sadanta.

Tuulitiedot ovat Tampere-Pirkkalan lentoaseman havaintoasemalta (SYKE, HYD-valikko). Tuulen suunnan ja nopeuden lisäksi otettiin huomioon kuukauden aikana puhaltaneiden tuulten maksiminopeus sekä kuukauden tuulisumma. Jääpeitteen alla tuulen sekoittava vaikutus puuttuu, minkä vuoksi jääpeitteisenä aikana sekä tuulen nopeudeksi että kuukauden tuulisummaksi merkittiin 0.

2.1.5

Vedenlaatu ja kasviplankton

Vedenlaatu- ja kasviplanktonaineisto kerättiin niin ikään SYKEN Hertta-tietokannasta, josta poimittiin tiedot seuraavista muuttujista: näkösyvyys, veden lämpötila, happipitoisuus ja hapen kyllästysaste, pH, kokonaistyyppi ja -fosfori, sekä liuenneet epäorgaaniset ravinteet (nitraatti+nitriittityppi, ammoniumtyppi ja fosfaattifosfori), kiintoaine (epäorgaaninen aines), sameus, sähkönjohtavuus ja väriluku. Tarkasteluun otettiin sekä pinnanläheisen (0–2 m) että pohjanläheisen (1 m pohjasta) vesikerroksen tulokset. Kasviplanktonitulokset ja *a*-klorofyllipitoisuus edustavat pinnanläheisen vesikerroksen (0–2 m) mittaustuloksia.

2.1.6

Tilastolliset menetelmät

Verkkojen likaantumiseen vaikuttavien tekijöiden tarkasteltuun sovellettiin binäärisen (likaantuu = 1, ei likaantuu = 0) aineiston analysointiin sopivaa logistista regressioanalyysiä. Logistinen regressioanalyysi on regressioanalyysin erikoistyyppi, jota käytetään silloin, kun selitettävä tekijä on luokkamuuttuja, joka voi saada vain kaksi arvoa. Logistinen regressiomalli ei pyri ennustamaan määriä vaan todennäköisyyksiä eli millä todennäköisyydellä selittävät muuttujat vaikuttavat tapahtuman todennäköisyyteen ja kuinka suuri selittävien muuttujien vaikutus on. Logistisessa regressioanalyysissä kyse on siis siitä, millä todennäköisyydellä tarkasteltavana oleva ilmiö tapahtuu, eli tässä tapauksessa millä todennäköisyydellä kalanpyydykset likaantuvat. Tulokset kertovat vaikuttavatko selittävät muuttujat (esim. vedenkorkeus tai virtaama) verkkojen likaantumiseen ja kuinka suuri on ko. muuttujien vaikutus (0 = kalanpyydyksen likaantuminen erittäin epätodennäköistä, 1 = kalanpyydyksen likaantuminen erittäin todennäköistä).

Logistisessa regressioanalyysissä malli pyritään muodostamaan mahdollisimman yksinkertaiseksi. Tässä tutkimuksessa malli muodostettiin käyttäen eteenpäin askeltavaa regressiota. Ensimmäisessä vaiheessa malliin valitaan selittävä muuttuja, jonka

selityksaste on suurin. Seuraavassa vaiheessa malliin lisätään selittävä muuttuja, jonka kasvattaa eniten mallin selityksastetta ja niin edelleen.

Logistinen regressiomalli voidaan kirjoittaa muotoon: $P = 1/(1+\exp(-Z))$, missä P on todennäköisyys, että havainto kuuluu ryhmään 1 (tässä tapauksessa verkko likaantuu) ja $1-P$ on todennäköisyys, että havainto kuuluu ryhmään 0 (ei likaantumista). Mallissa $Z = b_0 + b_1 \cdot X_1 + \dots + b_p \cdot X_p$). Regressiokertoimet b_0, b_1, \dots, b_p estimoidaan suurimman uskottavuuden menetelmällä iteratiivisesti. Aineiston kelpoisuus regressioanalyysiin tarkistettiin kollineaarisuustestin avulla, joka varmistaa, että selittävät muuttujat eivät korreloi keskenään.

Koska SYKE:n vedenlaaturekisteristä ei löytynyt havaintoja jokaiselle tarkastelu-kuukaudelle, binääriseen regressioanalyysiin otettiin mukaan ainoastaan ne muuttujat, joiden aineisto kattoi kaikki tarkastelu-kuukaudet. Vedenlaatutekijöiden ottaminen mukaan tarkasteluun pienensi aineiston kokoa liikaa eikä regressioanalyysin tulos ollut enää luotettava. Regressioanalyysiin mukaan otetut selittävät muuttujat ovat: Melon voimalaitospadolla ja Kuokkalankosken säännöstelypadolla tapahtuneet keskimääräiseen vuosivirtaamaan nähden poikkeavat virtaamat, vedenkorkeuden poikkeama kyseisen vuoden keskimääräisestä vedenkorkeudesta, tuulen maksiminopeus ja tuulisumma, aluesadanta kuuden edeltävän kuukauden ajalta, jääpeitteen esiintyminen sekä jään ja lumen paksuus. Virtaamatulosten vertailu tehtiin kahdella eri tavalla. Aluksi tuloksia verrattiin Melon voimalaitospadon virtaamatuloksiin kaikilla tutkimusalueilla paitsi Kirkkojärvi-Toutosenselän alueella, missä käytettiin Kuokkalankosken virtaamatuloksia. Seuraavaksi vertailu tehtiin käyttäen Melon virtaamatietoja kaikilla tutkimusalueilla. Analyysi tehtiin sekä koko aineistolle (Pyhäjärvi ja Kulovesi) että erikseen Pyhäjärven aineistolle ja Pyhäjärven eri tutkimusalueiden aineistoille (Kirkkojärvi-Toutosenselkä, Säijänselkä-Sorvanselkä, Saviselkä). Pyhäjärven Huhtaanselän ja Kuloveden aineistoille ei analyysiä tehty erikseen, koska aineistot eivät yksinään täyttäneet regressioanalyysin ehtoja.

Koska aineisto ei muunnostenkaan jälkeen ollut normaalisti jakautunut eikä siten täysin täyttänyt regressiomallin normalisuusehtoa, binääriseen logistiseen regressioanalyysin tulokset varmistettiin soveltamalla myös Kruskal-Wallis-testiä, joka on parametrisen yksisuuntaisen varianssianalyysin epäparametrinen vastine. Tilastolliset analyysit tehtiin käyttäen SPSS 15.0 tilasto-ohjelmaa (SPSS Inc.).

2.2

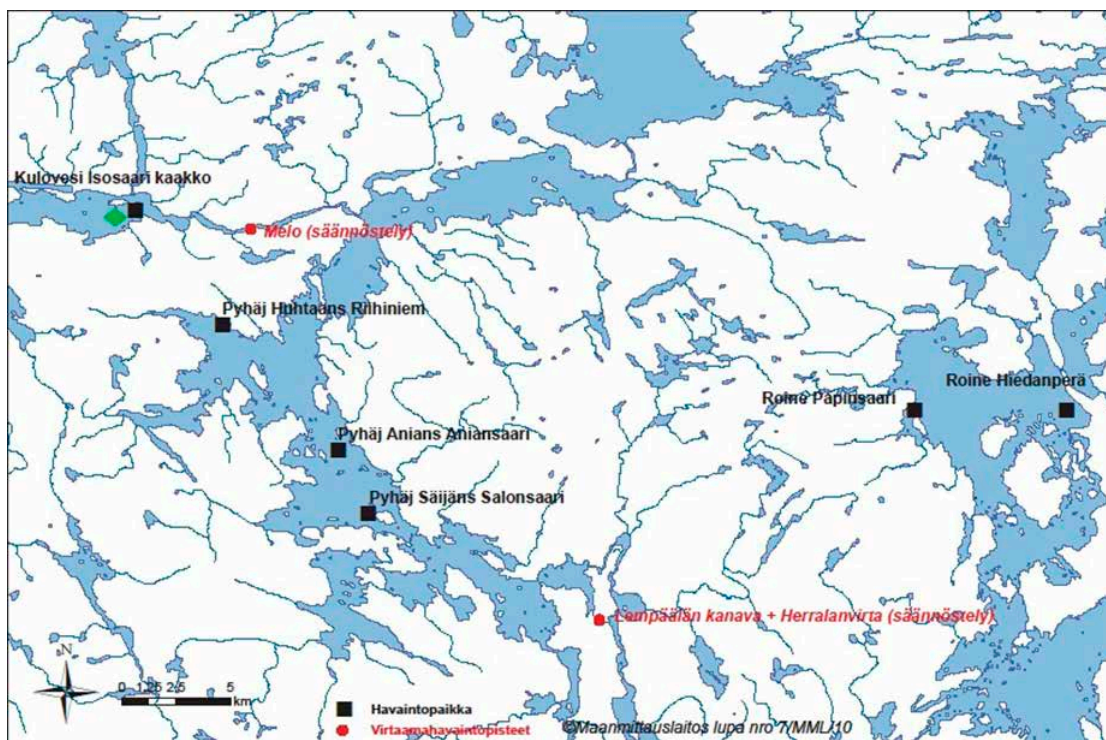
Havaskoetutkimus

2.2.1

Havaskokeet

Talvella 2011–2012 Kuloveden ja Pyhäjärven alueella toteutettiin havaskokeita, joiden tarkoituksena oli selvittää verkkohavaksiin tarttuvan aineksen määrää ja laatua eri ajankohtina. Havaskokeita toteutettiin myös Roineella, vaikka se ei ole säännöstelty vesistö kuten Pyhäjärvi tai Kulovesi, vaan siellä virtausten suunnan ja voimakkuuden määrittellee lähinnä tuulen suunta ja voimakkuus (mm. Bilaletdin ym. 2002). Roineelta ei myöskään ollut käytettävissä riittävän kattavia tietoja verkkojen likaantumisesta.

Koehavasten likaantumista seurattiin yhteensä kuudella havaintopaikalla (kuva 2) neljänä eri havaintojaksona (taulukko 1). Kulovedellä havaintopaikkoja oli yksi ja Roineella kaksi. Pyhäjärven kolmesta havaintopaikasta Säijänselän Salonsaaren ja Anianselän Aniansaaren havaintopaikat sijaitsevat päävirtausalueella. Huhtaanselän Riihiniemen havaintopaikka valittiin päävirtausalueen ulkopuolelta, jolloin havaintopaikka toimi myös kontrollialueena.



Kuva 2. Talvella 2011-2012 tehtyjen havaskokeiden sijaintipaikat (■) Kulovedellä, Pyhäjärvellä ja Roineella, (◆) virtausmittarin sijaintipaikka sekä (●) Melon voimalaitospadon ja Kuokkalankosken (Lempäälän kanava ja Herralanvirta) säännöstelypatojen sijainnit.

Koejärjestelyt suoritettiin pääosin Herve & Heinosen (2004) ohjeen mukaisesti. Ruostumattomasta teräksestä valmistettuihin, suuruudeltaan 50 x 50 cm:n koehavaskehikoihin viritettiin 0,15 mm:n vahvuisesta havaslangasta valmistetut verkkohavakset, joiden solmuväli oli 20 mm (kuva 3). Kehikot asetettiin oletettuun virtaussuuntaan nähden poikittain parhaan tuloksen varmistamiseksi. Jokaiselle havaintoasemalle asetettiin neljä rinnakkaista havaskehikkoa siten, että kehikon alareuna oli noin metri pohjan pinnan yläpuolella. Kolme ensimmäistä noin kahden viikon mittaista viljelyjaksoa ajoittuivat marraskuun alun ja joulukuun 2011 puolivälin väliseen aikaan (taulukko 1). Neljäs ja viimeinen havaskoejakso toteutettiin jääpeitteisenä aikana Roineella ja Pyhäjärvellä tammikuun 2012 loppupuolella. Kulovedellä viimeinen havaintojakso toteutettiin vasta helmikuun 2012 alussa alkutalven heikon jäätilan-teen vuoksi. Varsinaisen kevätkuopan teon aikaan havaskokeita ei ollut mahdollista enää tehdä.

Taulukko 1. Roineella, Kulovedellä ja Pyhäjärvellä toteutettujen havaskokeiden paikat, paikkojen koordinaatit sekä jaksosten kestot (Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry).

Järvi	Alue	Koordinaatit	Jakso 1	Jakso 2	Jakso 3	Jakso 4
Roine	Hiedanperä	3347262E, 6813828N	03.11.2011– 16.11.2011	16.11.2011– 30.11.2011	30.11.2011– 14.12.2011	18.01.2012– 01.02.2012
	Papinsaari	3341628E, 6813380N	03.11.2011– 16.11.2011	16.11.2011– 30.11.2011	30.11.2011– 14.12.2011	18.01.2012– 01.02.2012
Kulovesi	Isosaari, kaakko	3305346E, 6823050N	03.11.2011– 16.11.2011	16.11.2011– 30.11.2011	30.11.2011– 14.12.2011	06.02.2012– 20.02.2012
Pyhäjärvi	Sorva, Riihiniemi	3308688E, 6817942N	04.11.2011– 17.11.2011	17.11.2011– 01.12.2011	01.12.2011– 15.12.2011	19.01.2012– 02.02.2012
	Salonsaari	3315702E, 6809072E	04.11.2011– 17.11.2011	17.11.2011– 01.12.2011	01.12.2011– 15.12.2011	19.01.2012– 02.02.2012
	Aniansaari	3313074E, 6813255N	04.11.2011– 17.11.2011	17.11.2011– 01.12.2011	01.12.2011– 15.12.2011	19.01.2012– 02.02.2012

Koehavasten noston yhteydessä kehikot valokuvattiin ja arvioitiin silmämääräisesti. Osa koehavaksista oli irronnut osittain kehyksestään. Lisäksi joihinkin koehavaksiin oli tarttunut särkikaloja. Silmämääräisen arvioinnin perusteella jokaiselta havainto-
asemalta valittiin kolme edustavinta havaskehikkoa jatkokäsittelyyn. Havakset irrotettiin kehikoista ja kuljetettiin laboratorioon kannellisissa muoviastioissa (kuva 4).

Laboratoriossa havaksiin tarttuneen orgaanisen eli eloperäisen aineen ja kiinto-
aineen määrittämiseksi koehavakset pestiin kahdella litralla tislattua vettä. Pesu-
vedestä otettiin noin kuuden millilitran tilavuinen kokoomanäyte havaksiin tarttu-
neen orgaanisen materiaalin laadun tarkastelua varten. Näyte säilöttiin happamalla
Lugolin liuoksella myöhempää tarkastelua varten. Pesuvedestä määritettiin lisäksi
kasviplanktonin määrää kuvaava *a*-klorofyllipitoisuus. Havaksiin tarttuneen epä-



Kuva 3. Koehavas, joka on viritetty 50 x 50 cm suuruisen kehikkoon.
Kuva: Pekka Westerling, Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry.



Kuva 4. Kehikoista irrotetut koehavakset kuljetettiin laboratorioon kannellisissa muoviastioissa.
Kuva: Pekka Westerling, Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys.

orgaanisen aineen eli kiintoaineen määrä arvioitiin hehkutusjäännöksestä. Lisäksi hehkutushäviön avulla arvioitiin havaksiin tarttuneen kuolleen ja elävän orgaanisen aineksen määrää.

Koehavaksiin tarttunut kasviplankton määritettiin kokoomanäytteestä semikvantitatiivisella menetelmällä. Kustakin kokoomanäytteestä otettiin 0,5 ml:n osanäyte, joka laimennettiin 2,5 millilitralla tislattua vettä ja näyte laskeutettiin laskeutuskammiossa, jonka tilavuus oli 3 ml. Semikvantitatiivisessa menetelmässä näytteistä määritettiin kasviplanktonlajiston suhteellinen osuus planktonmikroskoopilla 260x kokonaissuurennuksella 10–30 näkökentän alueelta asteikolla 1–5 (Järvinen ym. 2011).

2.2.2

Kasviplankton ja vedenlaatu

Kuloveden, Roineen ja Pyhäjärven havaskoepaikoilta kerättiin kasviplanktonnäytteitä vuoden 2011 tammi-, helmi-, maaliskuu-, elo-, loka- ja marraskuussa sekä vuoden 2012 helmikuun loppupuolella tai maaliskuun alussa. Ainoastaan Kulovedeltä ei otettu alkuvuonna 2012 kasviplanktonnäytettä. Pinnasta kahden metrin syvyyteen ulottuvasta vesipatsaasta otettiin putkinoutimella kasviplanktonnäyte kokoomanäytteenä, josta 200 ml:n tummaan lasipulloon otettu osanäyte säilöttiin 0,5 ml:lla hapanta Lugolin liuosta. Syksyllä ja talvella otetut kasviplanktonnäytteet analysoitiin planktonmikroskoopilla soveltaen suppeaa kvantitatiivista laskentamenetelmää ja elokuun näytteet tutkittiin soveltaen laajaa kvantitatiivista menetelmää (Zwerver 2012).

Havaskokeiden yhteydessä tutkimusalueilla suoritettiin tihennettyä vedenlaadun seuranta. Vesinäytteitä otettiin Kuloveden Isosaaren, Pyhäjärven Sorvanselän sekä Roineen Hiedanperän ja Papinsaaren havaintoasemilta yhden metrin syvyydeltä pohjaan asti ulottuvasta vesipatsaasta yhden metrin välein. Näytteistä analysoitiin kokonaisravinteet sekä niiden fraktiot (kokonaisfosfori ja fosfaattifosfori, kokonaistyyppi, ammoniumtyppi ja nitraatti+nitriittityppi), alkaliniteetti, näkösyvyys, liukoinen happi ja hapen kyllästysaste sekä kemiallinen hapenkulutus, sameus, sähkönjohtavuus, väriluku ja piidioksidipitoisuus sekä veden lämpötila ja pH. Veden *a*-klorofyllipitoisuus määritettiin 0–2 m paksuisesta vesikerroksesta.

2.2.3

Virtausmittaukset

Kuloveden havaintopaikan läheisyyteen pohjaan asennettiin Aanderaa-merkkinen akustinen virtausmittari, ADCP (1200 kHz, SYKE, Luode Consulting Oy). Asennetun laitteen avulla saatiin mittaustuloksia veden lämpötilasta sekä virtauksen nopeudesta ja suunnasta. Mittaustuloksia saatiin metrin välien vesipatsaan osasta, joka ulottui 2–10 metriä pohjan yläpuolelle. Mittauksia tehtiin marraskuun lopun 2011 ja toukokuun alun 2012 välisenä aikana.

2.2.4

Tilastolliset menetelmät

Havaskoeaineistojen tilastolliset analyysit tehtiin soveltaen epäparametrissa Mann-Whitneyn testiä, koska aineisto ei muunnostenkaan jälkeen täyttänyt varianssianalyysin normaalisuus- ja varianssien yhtäsuuruusehtoja. Tilastolliset analyysit tehtiin käyttäen SPSS 15.0 tilasto-ohjelmaa.

3 Tulokset

3.1

Kalanpyydysten likaantumisselvitys kalastuskirjanpidon avulla

3.1.1

Kalastuskirjanpitotulokset

Kaiken kaikkiaan tutkimusta varten käytiin läpi yhteensä 235 kalastuskirjanpitovihkoa. Kirjanpitokalastajien lukumäärä oli Pyhäjärvellä (29) selvästi suurempi kuin Kulovedellä (8). Käytettävissä olleiden kalastuskirjanpitovihkojen lukumäärät jakaantuivat seuraavasti: Pyhäjärvi 177 (Kirkkojärvi-Toutonen 52, Säijänselkä-Sorvanselkä 65, Saviselkä 54) ja Kulovesi 58. Kaiken kaikkiaan kalastuskirjanpitovihkoissa oli 716 havaintoa verkkojen likaantumisesta. Järvikohtaisesti likaantumishavainnot jakaantuivat seuraavasti: Pyhäjärvi 607 ja Kulovesi 109 havaintoa.

Pyhäjärvellä eniten havaintoja (210 havaintoa) kertyi Säijänselän-Sorvanselän alueelta, toiseksi eniten Kirkkojärvi-Toutosenselän alueelta (195 havaintoa) ja kolmanneksi eniten Saviselän alueelta. Mainintoja puhtaista tai lähes puhtaista verkoista kertyi yhteensä 194, joka on 27 % kaikista kalastuskirjanpitoihin merkityistä havainnoista. Mainintoja likaantuneista tai erittäin likaantuneista verkoista löytyi 522. Kaikista havainnoista 73 % koski likaantuneita verkkoja. Ainoastaan Huhtaanselällä havaintoja puhtaista verkoista (55 mainintaa, 86 %) oli enemmän kuin likaantuneista verkoista (9 mainintaa, 14 %).

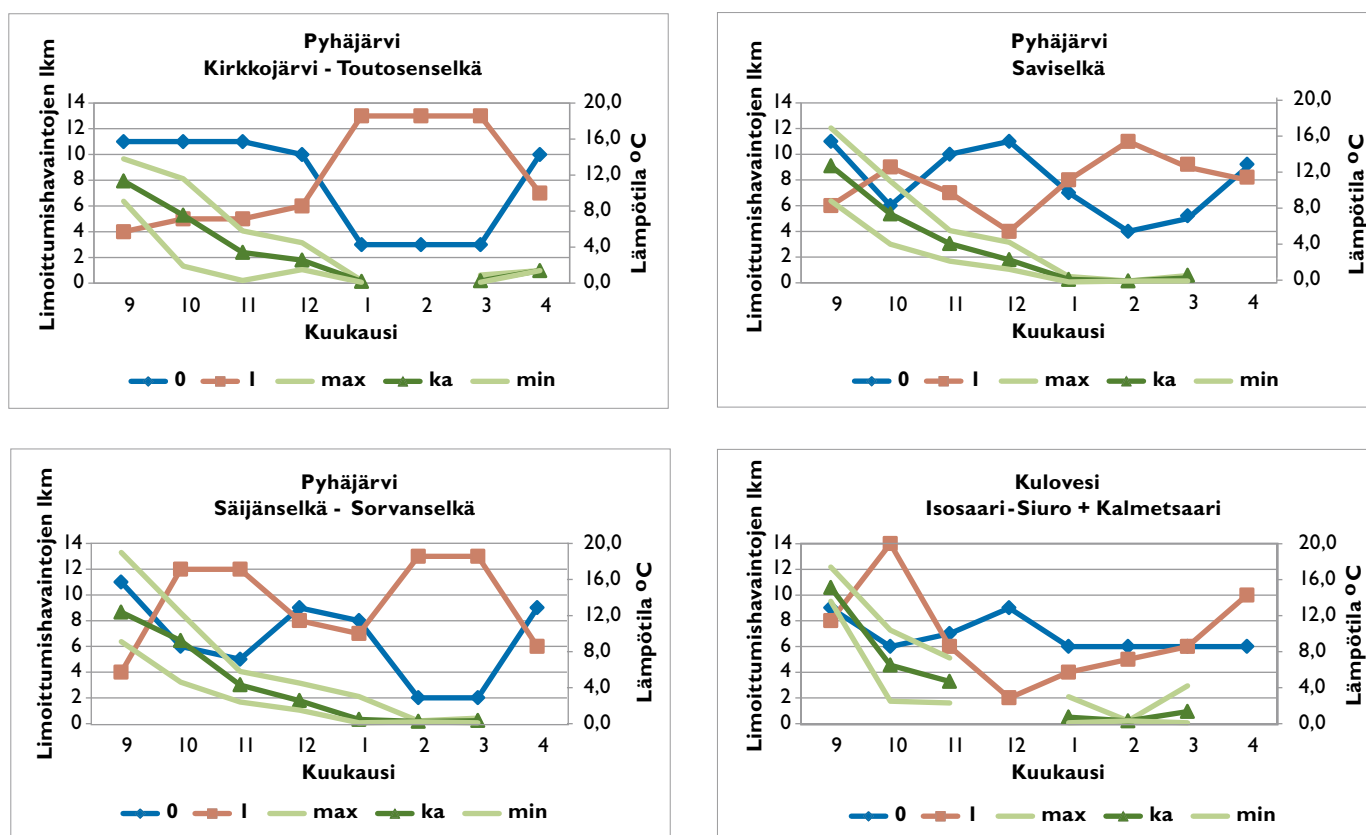
Havaintoja likaantuneista tai puhtaista verkoista oli kirjattu hyvin epätasaisesti eri ajanjaksoille. Toisinaan havaintoja oli kirjattu aina verkkoja koettaessa, toisinaan vain likaantumisjakson alku ja loppu oli kirjattu ylös. Alkuperäisen aineiston havaintojen epätasaisen jakauman vuoksi aineiston kelpoisuutta tilastollisia analyysejä varten parannettiin laskemalla likaantumishavainnoista kuukausikohtaiset likaantumisarvot osa-alueittain syyskuun alun ja huhtikuun lopun väliselle ajanjaksolle. Yhteenveto Pyhäjärven ja Kuloveden osa-alueiden kalastajien lukumäärästä, tutkimusjaksojen pituuksista ja kuukausikohtaisesta likaantumisesta on esitetty taulukossa 2.

Vaikka mainintoja likaantuneista verkoista oli selvästi enemmän kuin mainintoja puhtaista verkoista, kuukausikohtaisessa aineistossa havaintoja likaantuneista ja puhtaista verkoista on suunnilleen saman verran Kirkkojärvi-Toutosenselän, Säijänselän-Sorvanselän ja Saviselän alueelta sekä koko Kuloveden alueelta. Pyhäjärvellä suunnilleen puolet kaikista kalastuskirjanpitoihin merkityistä havainnoista koski likaantuneita verkkoja. Vastaava prosenttiosuus Kulovedellä oli lähes 70 %.

Taulukko 2. Kirjanpitokalastajien lukumäärät ja tutkimusjakson kestot sekä kalanpyydysten kuukausittaisista likaantumishavaintojen summat syys- ja talvijaksolla (syyskuu-huhtikuu) (0 = ei likaannu, 1 = likaantuu) tutkimusjävrien eri osa-alueilla.

Järvi/Alue	Kalastajien lkm	Tutkimusjakso	Likaantuminen		Kuukausittaisia havaintoja yhteensä
			0	1	
PYHÄJÄRVI	29	1989-2010	214	215	429
Kirkkojärvi-Toutosenselkä	7	1993-2009	62	66	128
Säijänselkä-Sorvanselkä	11	1989-2010	54	75	129
Saviselkä	10	1991-2008	63	62	125
Huhtaanselkä	1	2001-2006	35	12	47
KULOVESI	8	1993-2009	55	55	110
Siuro-Isosaari	3	1994-2009	26	34	60
Kalmetsaari	5	1993-2008	29	21	50
YHTEENSÄ	37	1989-2010	269	270	539

Kalanpyydysten likaantumisessa oli sekä alueellisia että ajallisia eroja. Suhteellisesti eniten havaintoja likaantuneista verkoista suhteessa havaintoihin puhtaista verkoista oli tutkimusjaksoina 1991–1992, 1993–1994, 1996–1997, 2002–2003 ja 2004–2005 sekä 2008–2009 ja syksystä 2009 eteenpäin. Likaantumishavaintojen lukumäärän perusteella likaantumishaitta oli Pyhäjärvellä selvästi runsainta tutkimusjaksoina 2002–2003 ja 2004–2005. Kulovedellä lukumääräisesti eniten likaantumishavaintoja oli tutkimusjaksona 1996–1997. Etenkin Pyhäjärvellä suurin osa likaantumishavainnoista ajoittuu jääpeitteiseen aikaan helmi-maaliskuulle. Toisaalta likaantumista havaitaan myös syksyllä, etenkin lokakuussa (kuva 5).



Kuva 5. Likaantumishavaintojen (1 = verkot likaantuvat, 0 = ei likaantumista) lukumäärät Pyhäjärven selkälakeilla (Kirkkojärvi-Toutosenselkä, Säijänselkä-Sorvanselkä, Saviselkä) ja Kulovedellä sekä pintaveden lämpötilan keskiarvo sekä minimi ja maksimilämpötilat kuukausittain syyskuusta-huhtikuuhun.

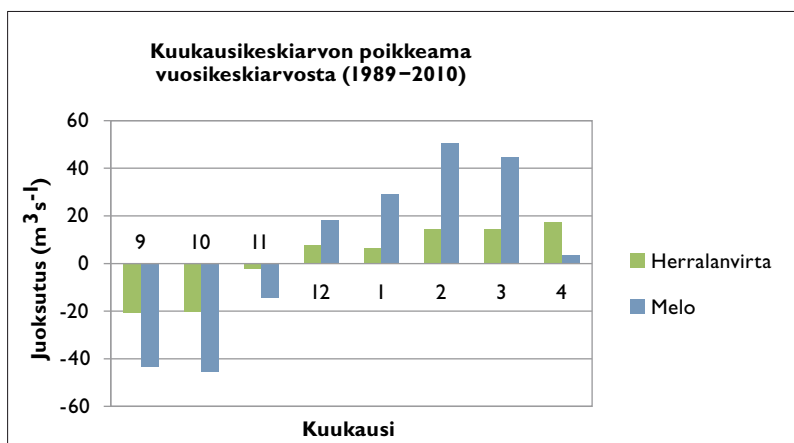
Pyhäjärvellä kalanpyydysten likaantumisen ajankohta vaihteli alueittain (kuva 5). Kirkkojärvi-Toutosenselän alueella likaantuminen rajoittui pääasiassa jääpeitteiseen jaksoon tammi-maaliskuulle, kun taas Säijänselän-Sorvanselän ja Saviselän alueilla jääpeitteisenä aikana likaantumisjakson pituus oli hieman Kirkkojärvi-Toutosenselän likaantumisjaksoja lyhyempi, mutta toisaalta likaantumista havaittiin myös lokamarraskuussa. Huhtaanselällä, mistä havaintoaineisto oli pienin, ei likaantuminen painottunut selkeästi mihinkään ajanjaksoon. Kulovedellä likaantumishavaintoja oli eniten lokakuussa ja Siuro-Isosaaren alueella myös huhtikuussa.

3.1.2

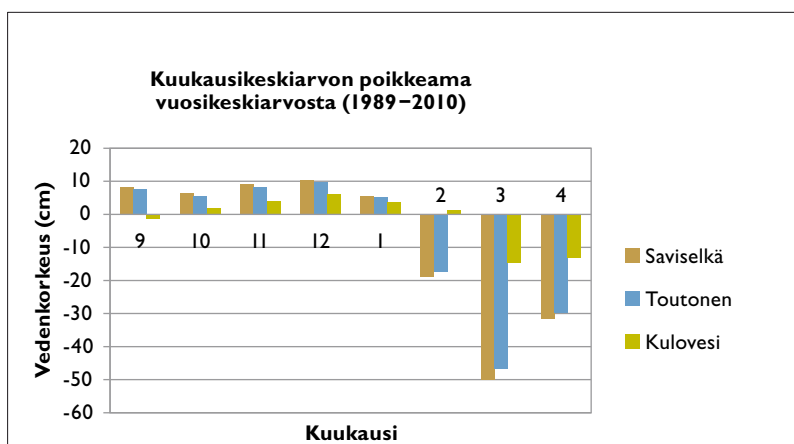
Juoksutukset ja vedenkorkeus

Herralanvirran säännöstelypadolla ja Melon voimalaitospadolla juoksutukset ovat voimakkaimmillaan jääpeitteisenä aikana (kuva 6). Ns. kevätkuopan teko alkaa yleisimmin tammi-helmikuussa, minkä seurauksena vedenpinta on keskimääräistä vuositista vedenpintaa selvästi alempana helmi-maaliskuussa. Pyhäjärvellä vedenpinta on alhaisimmillaan tavallisesti maaliskuussa. Kuloveden keskimääräinen vedenkorkeuden vaihtelu on Pyhäjärven vedenkorkeuden vaihtelua huomattavasti pienempää (kuva 7). Kuvissa 6 ja 7 esitetyt mittaustulokset ovat keskiarvoja. Todellisuudessa vedenkorkeuden vaihtelu on suurempaa, etenkin Kuloveden alueella.

Kuva 6. Herralanvirran säännöstelypadon ja Melon voimalaitospadon juoksutusten pitkänajan (1989–2010) kuukausikeskiarvojen poikkeamat pitkänajan vuosikeskiarvoista.



Kuva 7. Pyhäjärven Saviselän ja Toutosenselän sekä Kuloveden vedenkorkeuden pitkänajan (1989–2010) kuukausikeskiarvojen poikkeama pitkänajan keskimääräisestä vedenkorkeudesta.



Veden lämpötila, jäätyminen, jään ja lumen paksuus sekä tuuli

Pintaveden lämpötila on tutkimusjakson alussa syyskuussa yleensä 8–10 °C ja jäähtyy jäätympisteeseen tavallisesti joulukuun loppuun mennessä (taulukko 3). Kalastajien kokemusten mukaan kalanpyydysten likaantuminen näyttäisi alkavan juuri siinä vaiheessa, missä vesi jäähtyy alle 8–10 °C:een (kuva 5). Ilmiö esiintyy tutkimusalueella kaikkialla muualla paitsi Kirkkojärvi-Toutosenselän alueella.

Koska Pyhäjärvellä jäätyminen ja jäänlähdon ajankohtaa on havainnoitu ainoastaan vuoden 1995 loppuun asti, otettiin tarkasteluun sekä Näsijärven eteläosan vastaavan ajankohdat että kalastajien kalastuskirjanpitoihinsa merkitsemät havainnot (taulukko 3). Tavallisimmin jäätyminen ajankohta alueella vaihtelee joulukuun puolivälistä tammikuun alkuun. Näsijärven eteläosassa ja Pyhäjärven pohjoisosassa jäätyminen tapahtuu suunnilleen samoihin aikoihin, mutta Pyhäjärven eteläosassa Sorvanselän-Säijänselän alueella jäätyminen tapahtuu vajaata kuukautta em. alueiden jäätymistä aikaisemmin. Kaikilla havaintoalueilla jäänlähdo tapahtuu suunnilleen samoihin aikoihin huhti-toukokuun vaihteessa.

Vuonna 1992 Näsijärvi jäättyi poikkeuksellisesti jo marraskuun alussa ja talvina 2006–2007 ja 2007–2008 vasta tammikuun loppupuolella. Jääpeitteinen aika kestää alueella keskimäärin neljä kuukautta. Lyhimmillään jääpeitteisen kauden kesto oli noin kolme kuukautta (talvina 1994–1995, 2006–2007 ja 2007–2008) ja pisimmillään yli viisi kuukautta (1992–1993). Kalastajien havaintojen perusteella Säijänselän-Sorvanselän alueella jäätyminen tapahtuu aiemmin ja jääpeitteinen aika on keskimäärin vajaan kuukauden pidempi.

Keskimääräinen jään paksuus on alueella noin puoli metriä ja lunta jään päällä on keskimäärin 20 cm (kuva 8). Paksuinta jää oli talvella 2002–2003 ja erityisen paljon lunta jään päällä oli tutkimusjaksoina 1995–1996 ja 1999–2000. Ohuin jää- sekä lumi-peite mitattiin talvella 2007–2008.

Avovesikaudella syksyllä, erityisesti syys-lokakuussa, yli 40 % tuulista puhaltaa etelän ja lounaan suunnasta. Vallitsevat tuulet puhaltavat suunnista, joissa tartuntamatka on pisin lähes koko Pyhäjärven alueella. Edellä mainitusta syystä etelä- ja lounaistuulten vettä sekoittava vaikutus on kaikkein suurin.

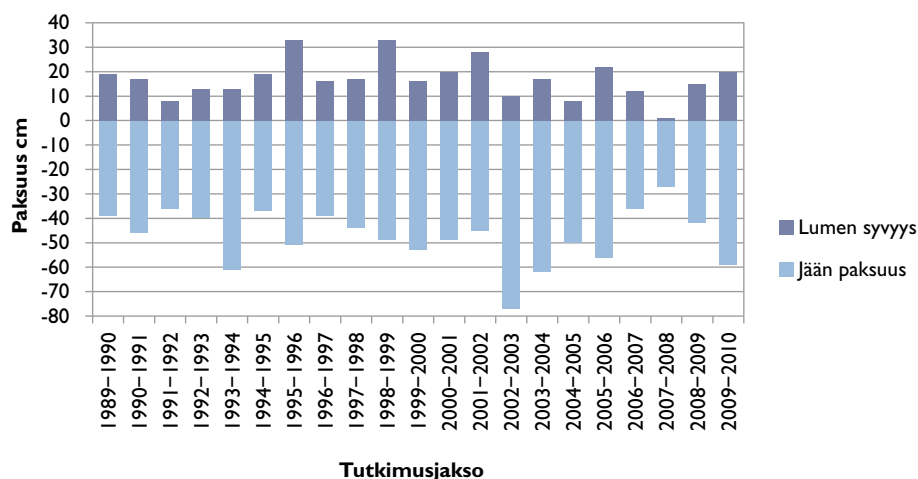
Taulukko 3. Yhteenveto tarkasteluvuosien 1989–2010 vedenlaadusta (näkösyvyys sekä happi-, *a*-klorofylli-, kokonaisfosfori- ja kokonaistyyppipitoisuus) syys-huhtikuun välisenä ajanjaksona Pyhäjärvellä ja Kulovedellä sekä niiden osa-alueilla. Taulukossa esitetty keskiarvo (min-maks, n = 32–70).

Järvi/Alue	Näkösyvyys m	Happipitoisuus mg l ⁻¹		<i>a</i> -klorofylli µg l ⁻¹ 0-2 m	Kokonaisfosfori µg l ⁻¹		Kokonaistyyppi µg l ⁻¹	
		pinta	pohja		pinta	pohja	pinta	pohja
PYHÄJÄRVI	1,9 (0,8-5,2)	10,4 (7,1-13,2)	7,7 (0,0-11,6)	12 (3,2-32)	26 (14-50)	88 (18-1655)	771 (380-1660)	894 (470-2615)
Kirkkojärvi-Toutosenselkä	1,5 (0,8-3,1)	10,4 (7,7-12,7)	2,8 (0,0-11,6)	13 (4,4-32)	28 (18-50)	247 (25-1655)	774 (545-1200)	1096 (505-2615)
Säijänselkä-Sorvanselkä	1,9 (0,9-5,2)	10,4 (7,1-13,0)	8,5 (0,9-11,3)	8,7 (3,2-21)	25 (14-40)	29 (18-54)	764 (380-1660)	760 (470-1190)
Saviselkä	2,0 (1,3-3,6)	10,4 (7,7-13,2)	8,6 (0,0-11,6)	14 (7,9-21)	25 (17-36)	41 (19-210)	768 (520-1320)	861 (530-1700)
Huhtaanselkä	2,1 (1,3-3,6)	10,6 (8,8-12,1)	7,4 (0,0-11,3)	17 (12-21)	26 (17-36)	54 (20-210)	796 (550-1130)	981 (610-1700)
KULOVESI	2,3 (1,5-3,5)	10,9 (8,1-13,0)	8,5 (0,0-12,2)	7,0 (1,8-17)	20 (13-29)	37 (15-210)	856 (640-1210)	1021 (680-2740)
Siuro-Isosaari	2,2 (1,5-3,5)	11,1 (8,1-13,0)	10,5 (6,7-12,2)	7,0 (1,8-17)	20 (13-27)	21 (15-40)	871 (670-1210)	877 (695-1040)
Kalmetsaari	2,4 (1,5-3,5)	10,6 (9,1-12,3)	5,5 (0,0-11,2)		20 (14-29)	61 (16-210)	834 (640-1180)	1233 (680-2740)

Vedenlaatu ja kasviplankton

SYKEN Hertta-vedenlaaturekisterin kuukausittainen aineisto kattaa pääasiassa vain kesäkuukaudet. Kesäkuukausien ulkopuolelta (syys-huhtikuu) tietoja vedenlaadusta ei ole kaikilta kuukausilta. Kasviplanktonin koostumuksesta ja määrästä tietoja on vain satunnaisesti.

Keskimääräinen näkösyvyys on Pyhäjärvellä ja Kulovedellä tutkimusajankohtana vajaat kaksi metriä (taulukko 3). Myös keskimääräiset kokonaisravinnepitoisuudet ovat hyvin samanlaiset, mutta pohjanläheisen vesikerroksen talviaikaisen alhaisen happipitoisuuden seurauksena etenkin Pyhäjärvellä kokonaisravinnepitoisuudet ovat jääpeitteisenä aikana huomattavasti avovesikauden vastaavia arvoja suurempia (taulukko 3). Pyhäjärvellä Kirkkojärvi-Toutosenselän alue on matalaa ja siellä jääpeitteisenä aikana pohjanläheisten vesikerrosten happi loppuu helposti, mikä nostaa pohjanläheisen vesikerroksen kokonaisfosforipitoisuuden moninkertaiseksi avovesikauteen verrattuna.



Kuva 8. Jään paksuus ja jään päällä olevan lumikerroksen suurin paksuus Näsijärven Naistenlahden ja Kyrönlahden mittauspisteessä 1989–2010. Kuvassa nolla-arvo edustaa jään pintaa ja jään paksuus on esitetty pinnasta alaspäin ulottuvana kerroksena.

Tarkasteluajanjaksolta (1989–2010) ei ollut käytettävissä yhtään kvantitatiivista kasviplanktonitulosta syys-huhtikuulta. Tutkimusjaksoa edeltävältä ajalta SYKEN kasviplanktonrekisteriin oli tallennettu muutama yksittäinen kasviplanktontulos. Pyhäjärvellä maaliskuussa 1986 *Aulacoseira*-suvun piilevät muodostivat 70–90 % kasviplanktonin kokonaisbiomassasta. Syyskuussa 1986 runsaimpina esiintyivät *Aphanizomenon*-suvun sinilevät ja nielulevät. Saman vuoden marraskuussa *Aulacoseira*-piilevät muodostivat yli 90 % kasviplanktonbiomassasta.

Levähaittarekisteristä löytyi tutkimusvuosilta ainoastaan yksi näyte kummaltakin järveltä: Pyhäjärvellä 7.11.1996 levähaitan olivat aiheuttaneet *Aulacoseira*-suvun piilevät. Kulovedellä 15.4.2002 piilevät (suku ei tiedossa) olivat niin ikään levähaitan aiheuttajina.

Ympäristötekijöiden vaikutus kalanpyydysten likaantumiseen

Ympäristötekijöiden vaikutusta kalanpyydysten likaantumiseen tutkittiin binäärisen logistisen regressioanalyysin avulla. Regressioanalyysi tehtiin erikseen koko aineistolle, Pyhäjärven aineistolle ja Pyhäjärven eri osa-alueiden aineistoille: Kirkkojärvi-Toutosenselkä, Säijänselkä-Sorvanselkä ja Saviselkä (taulukko 4). Pyhäjärven Huhhtaanselän ja Kuloveden sekä sen osa-alueiden (Siuro-Isosaari ja Kalmetsaari) aineistot olivat regressioanalyysiin liian suppeita. Regressioanalyysiin ei myöskään voitu ottaa mukaan kaikkia fysikaalis-kemiallisia ympäristömuuttujia, koska niiden mukaan ottaminen pienensi aineiston koon regressioanalyysiä varten liian pieneksi. Kaikkien ympäristömuuttujien vaikutuksia verkkojen likaantumiseen tutkittiin epäparametrisella Kruskal-Wallis testillä.

Regressioanalyysi tehtiin käyttäen eteenpäin askeltavaa regressiota, joka etsii mahdollisimman yksinkertaista selittävää mallia tarkasteltavalle ilmiölle. Likaantumisaineiston analyysissä mikään verkkojen likaantumista selittävistä malleista ei sisältänyt enempää kuin kaksi selittävää muuttujaa. Sekä koko aineiston että Pyhäjärven aineiston tarkastelussa verkkojen likaantumista ennustavat parhaiten keskimääräisestä vedenpintaa alhaisemmat vedenkorkeudet tai alhainen vedenkorkeus yhdessä Melon voimalaitospadon keskimääräisiä juoksutuksia suurempien juoksutusmäärien (kevätkuopan teko) kanssa. Toisin sanoen vedenpinnan aleneminen ja voimakkaat juoksutukset näyttävät lisäävän eniten verkkojen likaantumisen todennäköisyyttä.

Regressioanalyysillä tuotettujen mallien selitysasteet jäivät kuitenkin alhaisiksi (2,3–18,4 %), eikä mikään regressioanalyysin muodostamista malleista kyennyt luokittelemaan tarkasteluaineiston havaintoja verkkojen likaantumisesta tai ei-likaantumisesta kovinkaan hyvin (taulukko 4, mallin ennustekyky). Mallit kykenivät luokittelemaan aineiston likaantumishavainnoista oikein 30,9–76,4 %. Pyhäjärven aineistossa malli kykeni paremmin luokittelemaan oikein ei-likaantumista (80,0 % havainnoista) kuin likaantumista (30,9 % havainnoista). Kaikista havainnoista mallit kykenivät luokittelemaan oikein vähän yli puolet (51,1–56,6 %) havainnoista.

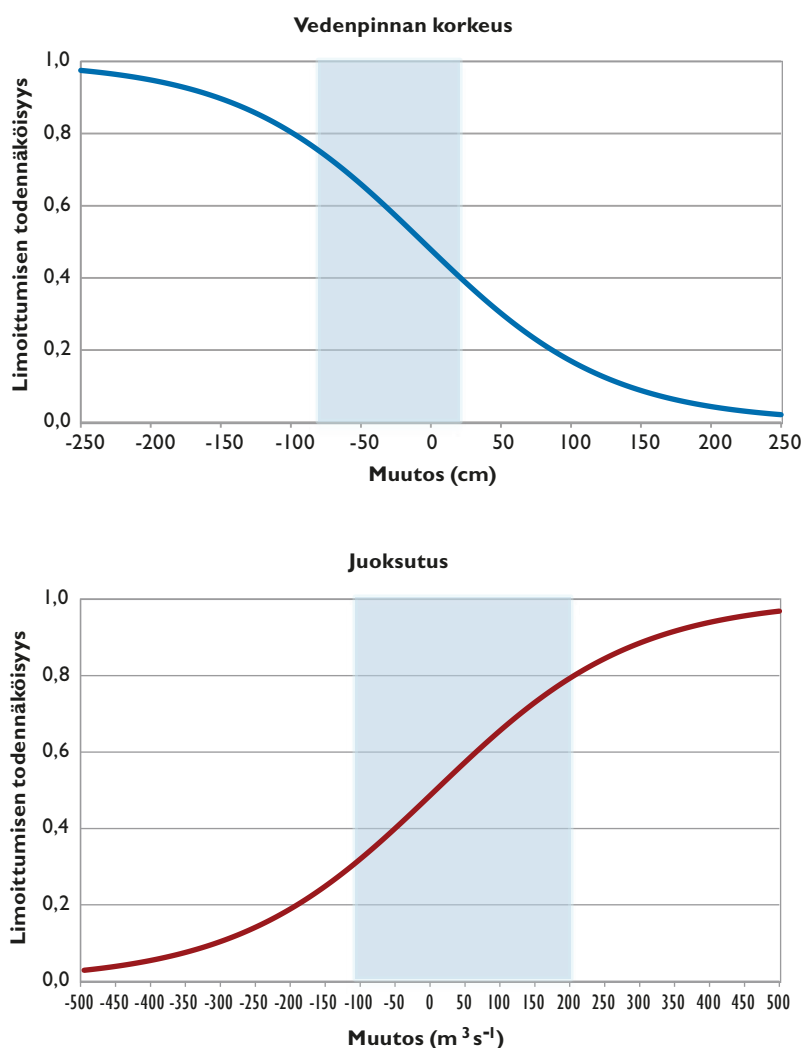
Koko aineistoon (sisältäen Pyhäjärven kaikkien osa-alueiden aineistot sekä Kuloveden aineiston) sovitettu malli oli tilastollisesti merkitsevä ($p = 0,031$), kun selittävänä muuttujana oli vedenkorkeuden muutos tai Melon virtaaman muutos yhdessä vedenkorkeuden muutoksen kanssa ($p = 0,047$). Näissä malleissa vedenkorkeuden

Taulukko 4. Binäärisen logistisen regressiomallin selitysaste, koko mallin ennustekyky sekä mallin ennustekyky ei likaantumiselle (0) ja verkkojen likaantumiselle (1), koko mallin sekä malliin otettujen selittävien tekijöiden (X_1 , X_2) merkitsevyydet sekä regression vakiotermit ja kertoimet kullekin muuttujalle. Selittävät tekijät (numero sulkeissa sarakkeiden X_1 ja X_2 merkitsevyyden perässä): (1) vedenkorkeuden kuukausikeskiarvon poikkeama vuosikeskiarvosta, (2) Melon virtaaman kuukausikeskiarvon poikkeama vuosikeskiarvosta ja (3) kuukauden tuulisumma.

Alue	Askel	N	Selitysaste (%)	Mallin ennustekyky (%)			Merkitsevyys (p)			Regressiokerroin		
				Malli	0	1	Malli	X_1	X_2	b_0	b_1	b_2
Koko aineisto	1.	539	2,3	56,6	73,2	40,0	0,031	0,000 (1)		-0,087	-0,015	
	2.	539	3,5	56,6	62,5	50,7	0,047	0,009 (2)	0,002 (1)	-0,090	0,004	-0,013
Pyhäjärvi	1.	429	3,0	55,5	80	30,9	0,000	0,000 (1)		-0,107	-0,016	
	2.	429	4,8	52,7	67,3	38,2	0,045	0,006 (2)	0,003 (1)	-0,113	0,005	-0,014
Kirkkojärvi-Toutonen	1.	128	15,9	51,1	44,4	57,8	0,727	0,000 (3)		0,775	-0,019	
	2.	128	18,4	51,1	43,5	58,8	0,902	0,054 (2)	0,000 (3)	0,661	0,007	-0,017
Säijänselkä-Sorvanselkä	1.	129	8,7	56,6	38,6	76,4	0,073	0,007 (1)		0,204	-0,029	
Saviselkä	1.	125	3,3	55,1	62,1	48,1	0,442	0,046 (2)		-0,055	0,007	

lasku tai Melon virtaaman kasvu yhdessä vedenkorkeuden laskun kanssa selittivät verkkojen likaantumista. Kun selittävänä tekijänä oli vedenkorkeuden muutos, pelkästään Pyhäjärven aineistoon sovitettu malli oli tilastollisesti erittäin merkitsevä ($p < 0,001$). Pyhäjärvellä myös Melon virtaaman kasvu yhdessä vedenkorkeuden alenemisen kanssa selitti merkitsevästi ($p = 0,045$) verkkojen likaantumista.

Pyhäjärven osa-alueille sovitetuista malleista ainoastaan Säijänselän-Sorvanselän alueen malli oli tilastollisesti suuntaa-antavasti merkitsevä ($p = 0,073$), kun selittävänä tekijänä on vedenkorkeuden muutos. Pyhäjärven muidenkin osa-alueiden mallien antamia tuloksia voidaan silti pitää melko luotettavina, koska malleihin sovitetut selittävät tekijät olivat tilastollisesti merkitseviä. Mallien selittävien tekijöiden tilastollinen merkitsevyys oli parhain Kirkkojärvi-Toutosenselän alueella, missä tuulen vaikutuksen väheneminen ($p < 0,001$) yhdessä Melon voimalaitospadon kasvavan juoksutusmäärän ($p = 0,054$) kanssa kasvatti verkkojen likaantumisen todennäköisyyttä. Säijänselän-Sorvanselän alueella puolestaan aleneva vedenkorkeus lisäsi likaantumisen todennäköisyyttä, kun taas Sorvanselän alueella likaantumisriskiä kasvattivat Melon voimalaitospadon keskimääräistä voimakkaammat juoksutukset. Kuvassa 9 on esitetty miten yhden selittävän muuttujan regressiomallissa selittävän muuttujan arvon muuttuminen vaikuttaa likaantumisen todennäköisyyteen.



Kuva 9. Yhden selittävän muuttujan vaikutus likaantumisen todennäköisyyteen koko aineiston, Pyhäjärven aineiston ja Pyhäjärven eri osa-alueiden aineistojen tarkastelussa. Vedenkorkeus = vedenkorkeus suhteessa keskimääräiseen vedenkorkeuteen (yläkuva) ja juoksutus = Melon voimalaitospadon juoksutusmäärä suhteessa keskimääräiseen juoksutukseen (alakuva). Kuvissa sinisellä pohjalla merkitty keskimääräinen vedenkorkeuden ja virtaaman muutos suhteessa vuosikeskiarvoon.

Regressioanalyysin tulosten varmistamiseksi verkkojen likaantumiseen vaikuttavia ympäristömuuttujia tarkasteltiin myös epäparametrisella Kruskal-Wallis testillä. Taulukossa 5 on esitetty ainoastaan Kruskal-Wallis testillä saadut merkitsevät ja erittäin merkitsevät testitulokset. Kruskal-Wallis testissä huomioitiin myös ne fysikaalis-kemialliset ympäristötekijät, joita ei voitu ottaa mukaan binääriseen logistiseen regressioanalyysiin.

Virtaaman kuukausikeskiarvojen poikkeamat vuosikeskiarvoista, kuukausittaiset vedenkorkeuden poikkeamat vuosikeskiarvoista sekä jään ja lumen paksuus selittivät likaantumista tilastollisesti merkitsevästi tai erittäin merkitsevästi koko aineiston, Pyhäjärven ja Kirkkojärvi-Toutosenselän aineistojen tarkasteluissa. Säijänselän-Sorvanselän alueella tilastollisesti erittäin merkitseviä em. muuttujista oli ainoastaan vedenkorkeuden kuukausittaiset poikkeamat vuosikeskiarvoista.

Kulovedellä vedenkorkeuden muutoksilla tai juoksumäärillä ei näytä olevan vaikutusta kalanpyydysten likaantumiseen. Pyhäjärvellä sen sijaan Melon voimalaitospadon juoksumäärän vaikutus Kirkkojärvi-Toutosenselällä on analyysien mukaan merkitsevämpi tekijä ($p = 0,000$) kuin Kuokkalankosken juoksumäärän vaikutus ($p = 0,010$). Tulosten perusteella vuosikeskiarvoihin nähden poikkeukselliset virtaamat vaikuttavat verkkojen likaantumiseen voimakkaimmin Kirkkojärvi-Toutosenselällä. Alhaisen vedenkorkeuden vaikutus ei ole tilastollisesti merkitsevä Saviselän alueella, mutta on tilastollisesti erittäin merkitsevä Säijänselän-Sorvanselän alueella ($p = 0,002$) ja Kirkkojärvi-Toutosenselän alueella ($p = 0,001$). Toisin sanoen vuosikeskiarvoon nähden alhaiset vedenkorkeudet vaikuttavat verkkojen likaantumiseen sitä vähemmän mitä lähempänä Melon voimalaitospadon tarkasteltava alue sijaitsee.

Tuulen maksiminopeus, kuukauden tuulisumma sekä tuulen suunta olivat erittäin merkitseviä likaantumiseen vaikuttavia tekijöitä sekä Pyhäjärven koko aineiston että Kirkkojärvi-Toutosenselän aineiston tarkastelussa. Aluesadannan vaikutus oli merkitsevä ainoastaan Kuloveden alueella. Aluesadannan lisäksi Kulovedellä tuulen nopeus ja tuulisumma olivat merkitseviä selittäviä tekijöitä. Saviselän alueella poikkeuksellisten vedenkorkeuksien lisäksi ainoastaan jääpeitteen paksuus oli tilastollisesti merkitsevä verkkojen likaantumista selittävä tekijä.

Näkösyvyys ja pohjanläheisen vesikerroksen sameus korreloi verkkojen likaantumisen kanssa sekä koko aineiston että Pyhäjärven aineiston tarkastelussa. Kokonaisravinteista veden kokonaisfosforipitoisuudella ei näytä olevan vaikutusta verkkojen likaantumiseen, vaikka ravinnepitoisuuden kasvu vaikuttaakin leväbiomassaa lisäävästi. Sen sijaan pinnanläheisen vesikerroksen kokonaistyyppipitoisuus selitti verkkojen likaantumista Pyhäjärven ja Kirkkojärvi-Toutosenselän aineistossa. Samaten pohjanläheisen vesikerroksen happitilanne ($0,0-11,6 \text{ mg l}^{-1}$) oli merkitsevä selittävä tekijä sekä koko Pyhäjärven aineistossa että Kirkkojärvi-Toutosenselän alueella. Kulovedellä mikään edellä mainituista ympäristömuuttujista ei selittänyt verkkojen likaantumista.

Molempien tilastollisten testin tulokset olivat samansuuntaisia ja epäparametrisen testin tulokset vahvistivat logistisen regressioanalyysin tuloksia siitä, että vedenkorkeuden vaihtelut sekä suuret juoksumäärät vaikuttavat verkkojen likaantumiseen. Kruskal-Wallis testi myös antaa olettaa, että monet fysikaalis-kemialliset ympäristötekijät, joita ei voitu ottaa mukaan regressioanalyysiin, vaikuttavat lisäksi verkkojen likaantumiseen.

Taulukko 5. Epäparametrisen Kruskal-Wallis testin merkitsevät ja erittäin merkitsevät tulokset verkkojen likaantumiseen vaikuttaville ympäristömuuttujille. $\chi^2 = \text{Khi}^2$ testisuure ja p = asymptootinen merkitsevyys. Muuttujat ovat: virtaama vs. vuosikeskiarvo = kuukauden keskiarvovirtaaman poikkeama vuosikeskiarvosta (keskiarvovirtaamia verrattu Melon virtaamatuloksiin muualla, mutta Kirkkojärvi-Toutosenselän alueelle käytetty Kuokkalankosken virtaamatuloksia) ja Melon virtaama vs. vuosikeskiarvo = kuten edellä, mutta Melon virtaamatietoja käytetty kaikille osa-alueille, vedenkorkeus vs. vuosikeskiarvo = vedenkorkeuden kuukausikeskiarvon poikkeama vuosikeskiarvosta. Muuttujissa pinta = tulos 1 metrin syvyydestä pinnasta ja pohja = pohjanläheisen vesikerroksen mittaustulos. KI-TO = Kirkkojärvi-Toutosenselkä. SÄ-SO = Säijänselkä-Sorvanselkä. SA = Saviselkä. Taulukossa erittäin merkitsevät ($p < 0,010$ testitulokset lihavoitu ja merkitsevät tulokset ($p = 0,010-0,050$) alleviivattu.

Muuttuja	Koko aineisto		Pyhäjärvi		KI-TO		SÄ-SO		SA		Kulovesi	
	χ^2	p	χ^2	p	χ^2	p	χ^2	p	χ^2	p	χ^2	p
Virtaama vs. vuosikeskiarvo	7,27	0,007	10,65	0,001	6,56	<u>0,010</u>	1,75	0,186	4,04	<u>0,044</u>	0,00	0,957
Melo virtaama vs. vuosikeskiarvo	11,94	0,001	15,60	0,000	12,38	0,000	1,75	0,186	4,04	<u>0,044</u>	0,00	0,957
Veden korkeus vs. vuosikeskiarvo	18,33	0,000	20,47	0,000	10,86	0,001	9,25	0,002	2,53	0,112	0,03	0,872
Lumen paksuus	11,36	0,001	19,37	0,000	20,57	0,000	1,41	0,236	2,16	0,142	1,68	0,194
Jään paksuus	13,74	0,000	18,85	0,000	13,47	0,000	4,09	<u>0,043</u>	1,56	0,212	0,10	0,755
Jääpeite 0/l	5,71	<u>0,017</u>	10,75	0,001	16,67	0,000	0,12	0,726	0,69	0,405	1,30	0,254
Tuulen nopeus	3,78	0,052	9,90	0,002	20,97	0,000	0,00	0,979	0,26	0,608	3,87	<u>0,049</u>
Tuuli maksiminopeus	5,18	<u>0,023</u>	11,79	0,001	20,15	0,000	0,09	0,771	0,60	0,439	3,22	0,073
Tuulisumma	3,60	0,058	9,84	0,002	21,02	0,000	0,00	0,996	0,28	0,596	4,08	<u>0,043</u>
Tuulen suunta	5,94	<u>0,015</u>	11,41	0,001	20,75	0,000	0,03	0,861	0,33	0,566	1,88	0,170
Aluesadanta	0,07	0,787	0,72	0,396	1,92	0,166	1,23	0,267	0,35	0,552	4,75	<u>0,029</u>
Näkösyyvyys	3,90	<u>0,048</u>	3,93	<u>0,047</u>	0,15	0,698	0,13	0,719	1,03	0,309	0,56	0,455
Kokonaistyyppi, pinta	3,26	0,071	4,55	<u>0,033</u>	4,57	<u>0,032</u>	2,99	0,084	0,38	0,537	0,94	0,333
Happipitoisuus, pohja	2,71	0,100	5,88	<u>0,015</u>	6,32	<u>0,012</u>	1,06	0,303	0,02	0,902	1,04	0,308
Sameus, pohja	4,40	<u>0,036</u>	4,40	<u>0,036</u>	3,26	0,071	0,85	0,358	1,37	0,242		

3.2

Havaskoetulokset

Kulovedellä Isosaaren, Pyhäjärvellä Aniansaaren ja Salonsaaren sekä Roineella Hiedanperän ja Papinsaaren tutkimusalueilla vedenlaatua sekä kasviplanktonin koostumusta ja määrää seurattiin tehostetusti vuoden 2011 tammikuun alusta maaliskuun loppuun ja saman vuoden syyskuun alusta vuoden 2012 maaliskuun loppuun. Alueet ovat pääosin samoja, joissa suoritettiin neljä havaskoetta marraskuun 2011 ja helmikuun 2012 välisenä aikana. Kaikki havaskokeet tehtiin ajankohtina, jolloin veden lämpötila oli alle 10 °C. Kolme ensimmäistä, kahden viikon mittaista havaskoejaksoa tehtiin sarjana peräkkäin ilman taukoa kokeiden välissä. Veden lämpötila ensimmäisen kokeen alussa oli noin 8 °C. Veden lämpötila laski suunnilleen kaksi astetta jokaisen kokeen aikana, ollen noin 2 °C viimeisen kokeen lopussa. Viimeisen havaskoejakson aikana veden lämpötila oli hieman yli 0 °C.

Pyhäjärvi on tutkimusalueista selvästi ravinteikkain, mikä näkyy paitsi korkeampana kokonaisravinnepitoisuutena myös korkeampana *a*-klorofyllipitoisuutena ja alhaisimpana näkösyvyytenä (kuva 10). Aniansaaren ja Salonsaaren tutkimusalueilla sekä kokonaisfosfori- että kokonaistyyppipitoisuudet olivat korkeita verrattuna muihin tutkimusalueisiin. Pinnanläheisen vesikerroksen kokonaisfosforin maksimipitoisuus oli kyseisillä alueilla 40–50 $\mu\text{g l}^{-1}$. Kulovedellä ja Roineella pintaveden kokonaisfosforipitoisuus vaihteli noin 10–30 $\mu\text{g l}^{-1}$ välillä. Kokonaistyyppipitoisuus oli selvästi korkein Kulovedellä, suurimmillaan 1000 $\mu\text{g l}^{-1}$, Pyhäjärvellä 860 $\mu\text{g l}^{-1}$ ja Roineella 440–450 $\mu\text{g l}^{-1}$. Pyhäjärvellä alhainen happipitoisuus lisäsi ajoittain ravinteiden liukenemista sedimentistä veteen kohottaen pohjanläheisen vesikerroksen kokonaisravinnepitoisuuksia. Pyhäjärven tutkimusalueilla *a*-klorofyllipitoisuus

kohosi suurimmillaan yli 30 µg l⁻¹ syys-lokakuussa. Samoihin aikoihin näkösyvyys oli pienimmillään, vain noin 1 m. Kulovedellä *a*-klorofyllipitoisuuden maksimiarvo 18 µg l⁻¹ oli vasta lokakuussa, jolloin näkösyvyys laski 1,1 m:iin. Roineella *a*-klorofylli oli suurimmillaan 10–11 µg l⁻¹ vasta marraskuussa. Arvo on noin puolet Kuloveden ja suunnilleen kolmannes Pyhäjärven vastaavasta arvosta. Näkösyvyys Roineella oli pienimmillään noin 2 metriä.

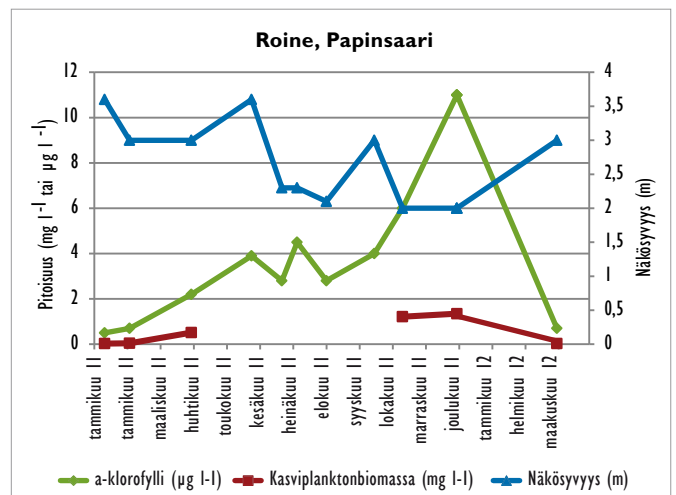
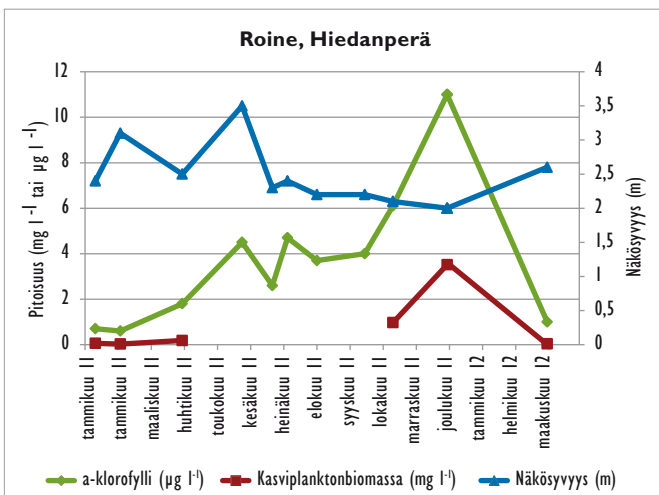
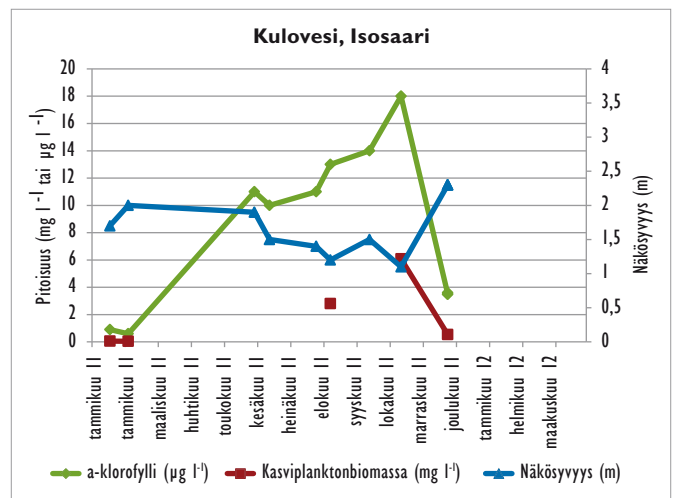
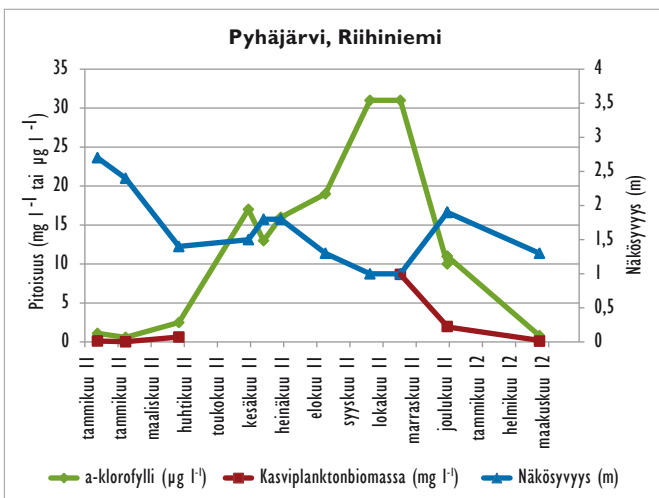
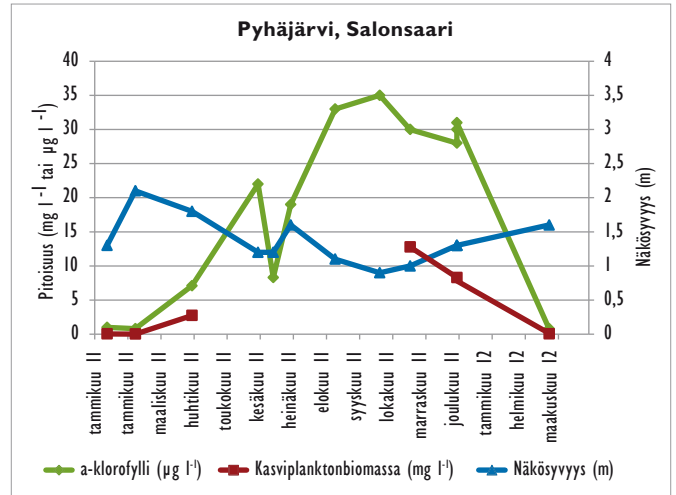
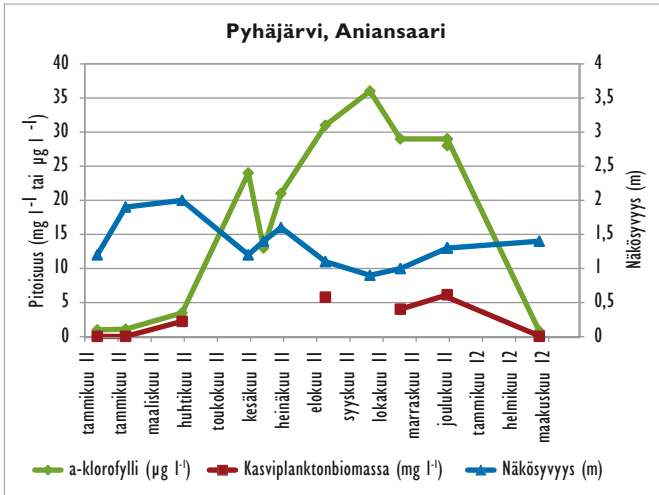
Kaikilla tutkimusalueilla sinilevät ja piilevät muodostavat suuren osan kasviplanktonin kokonaisbiomassasta. Pyhäjärvellä sinilevät olivat vallitseva kasviplanktonryhmä syys-lokakuussa 2011 korkeimman kasviplanktonbiomassan aikoihin (kuva 11). Vasta marraskuussa piilevät, etenkin rihmamainen *Aulacoseira (Melosira) islandica* (O. Müller) Simonsen, muodostivat Aniansaaren ja Salonsaaren tutkimusalueilla valtaosan (yli 90 %) kasviplanktonin kokonaisbiomassasta. Riihiniemen tutkimusalueella sen sijaan sinilevät olivat vielä marraskuussakin runsain kasviplanktonryhmä. Myös Kulovedellä sinilevät (mm. *Planktothrix agardhii* (Gomont) Anagnostidis & Komárek) muodostivat yhdessä piilevien kanssa suurimman osan kasviplanktonbiomassasta. Roineella piilevät olivat vuonna 2011 kaikkina tutkimusajankohtina selvästi runsain kasviplanktonryhmä.

Koehavasten likaantumisessa havaittiin tilastollisesti merkitseviä alueellisia ja ajallisia eroja (Mann-Whitneyn testi: $p < 0,001$) sekä kiintoaineen että orgaanisen aineen kertymissä. On huomattava, että vaikka kiintoainetta kertyi koehavaksiin melko vähän, orgaanista ainetta raskaampana materiaalina sen kertymä (mg g⁻¹ vrk⁻¹) verrattuna orgaanisen aineen kertymään on suurempi. Sekä kiintoaineen että orgaanisen aineen kertymä oli kaikkein suurin Pyhäjärven Aniansaaren ja Salonsaaren alueilla ja pienin Roineen havaskoealueilla. Aniansaaren ja Salonsaaren alueilla verkkoihin kertyneen materiaalin määrä oli suurin ensimmäisen havaskoejakson aikana ja pieneni asteittain, ollen alhaisin jääpeitteisenä aikana. Kulovedellä sekä orgaanisen aineksen että kiintoaineen kertymä kasvoi syksyllä marraskuusta joulukuuhun, mutta oli pieni (noin 4 mg g⁻¹ vrk⁻¹) jään alla tehdyn havaskokeen aikana. Tulokset ovat samansuuntaisia myös havaskoemateriaalista analysoidun *a*-klorofyllipitoisuuden suhteen.

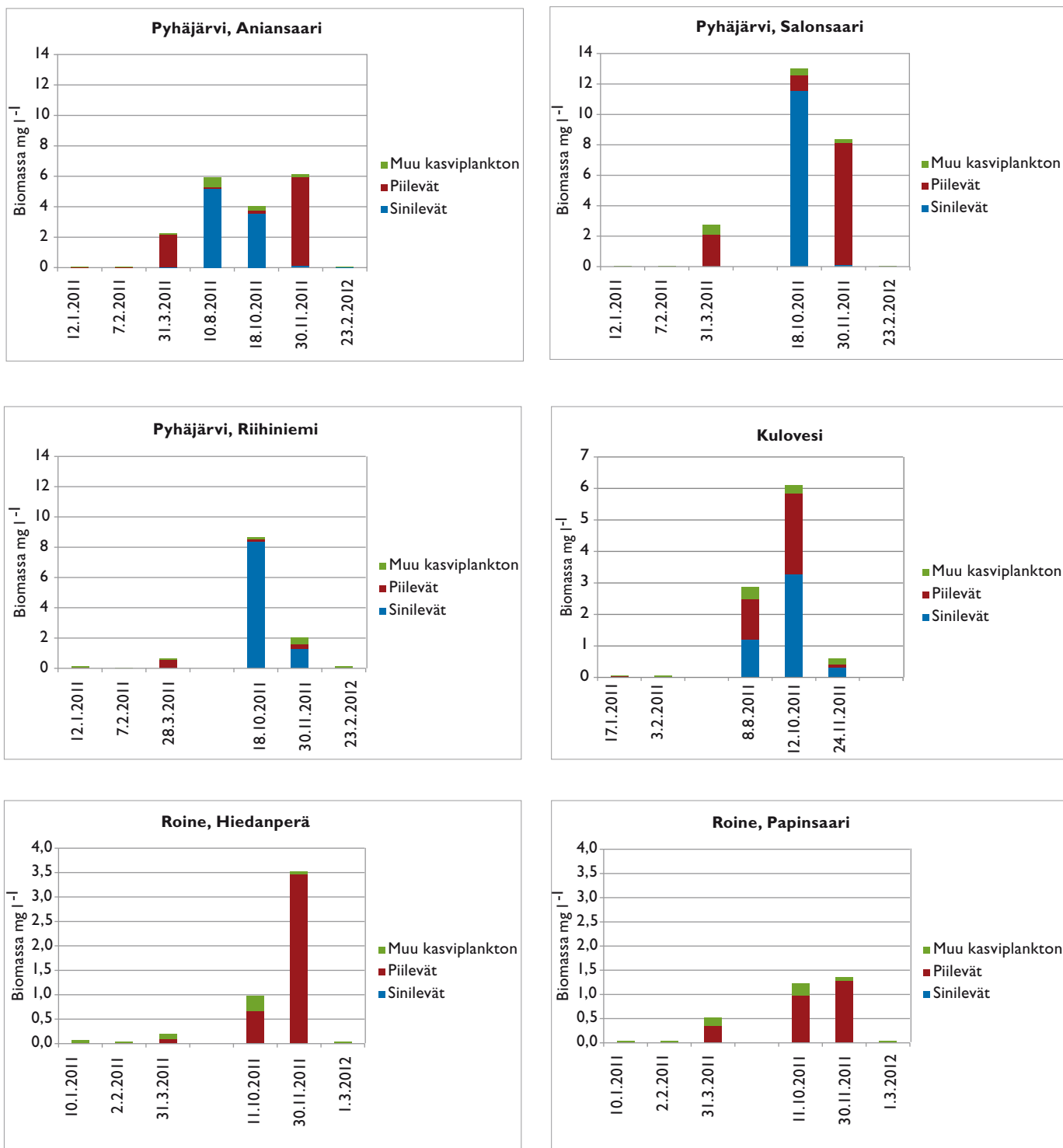
Kaikilla tutkimusalueilla verkkohavaksiin oli tarttunut pääasiassa rihmamaisia *Aulacoseira*-suvun piileviä ja/tai *Phormidium*-suvun sinilevärihmoja, muiden kasviplanktonlevien osuus koehavaksissa oli suhteellisen pieni (kuva 12). Likaantuminen oli selvästi voimakkainta Pyhäjärvellä Aniansaaren ja Salonsaaren alueilla (kuvat 12 ja 13). Kyseisillä alueilla verkkohavaksiin oli tarttunut selvästi eniten *Aulacoseira islandica* (kuva 14) sekä jonkin verran muita rihmamaisia *Aulacoseira*-suvun piileviä. Pyhäjärvellä Salonsaaren alueella ja Roineella kummallakin havaskoetutkimusalueella piilevät olivat merkittävin havaksia likaava tekijä.

Pyhäjärvellä Aniansaaren alueella havaksiin oli tarttunut *Aulacoseira*-piilevien lisäksi *Phormidium*-suvun sinilevärihmoja. Pyhäjärvellä Riihiniemen alueella ja Kulovedellä Isosaaren alueella *Phormidium*-sinilevärihmat puolestaan muodostivat pääosan verkkohavaksiin tarttuneesta levämassasta. *Phormidium*-suvun sinileviä tavattiinkin suhteellisesti eniten Pyhäjärvellä Riihiniemen alueella, missä koehavasten likaantumisen aste oli kuitenkin selvästi alhaisempi kuin Aniansaaren ja Salonsaaren alueilla. Myös Kuloveden koehavaksissa *Phormidium*-suvun sinileviä oli suhteellisesti ottaen enemmän kuin piileviä tai muita planktonleviä. Sekä Kulovedellä että Roineen tutkimusalueilla havasten likaantuminen oli Pyhäjärven Aniansaaren ja Salonsaaren tutkimusalueita selvästi alhaisempaa.

Havaskokeiden aikaan tutkimusalueelta otettujen kasviplanktonnäytteiden koostumus vastaa pääosin koehavaksista otettujen näytteiden kasviplanktonkoostumusta. Sekä planktonnäytteissä että koehavaksista otetuissa kasviplanktonnäytteissä esiintyi runsaasti *Aulacoseira*-suvun piileviä. Pyhäjärven Riihiniemen ja Kuloveden verkkohavaksista tavattiin *Phormidium*-suvun sinilevää, jota ei samoilta alueilta otetuissa kasviplanktonnäytteissä kuitenkaan havaittu.

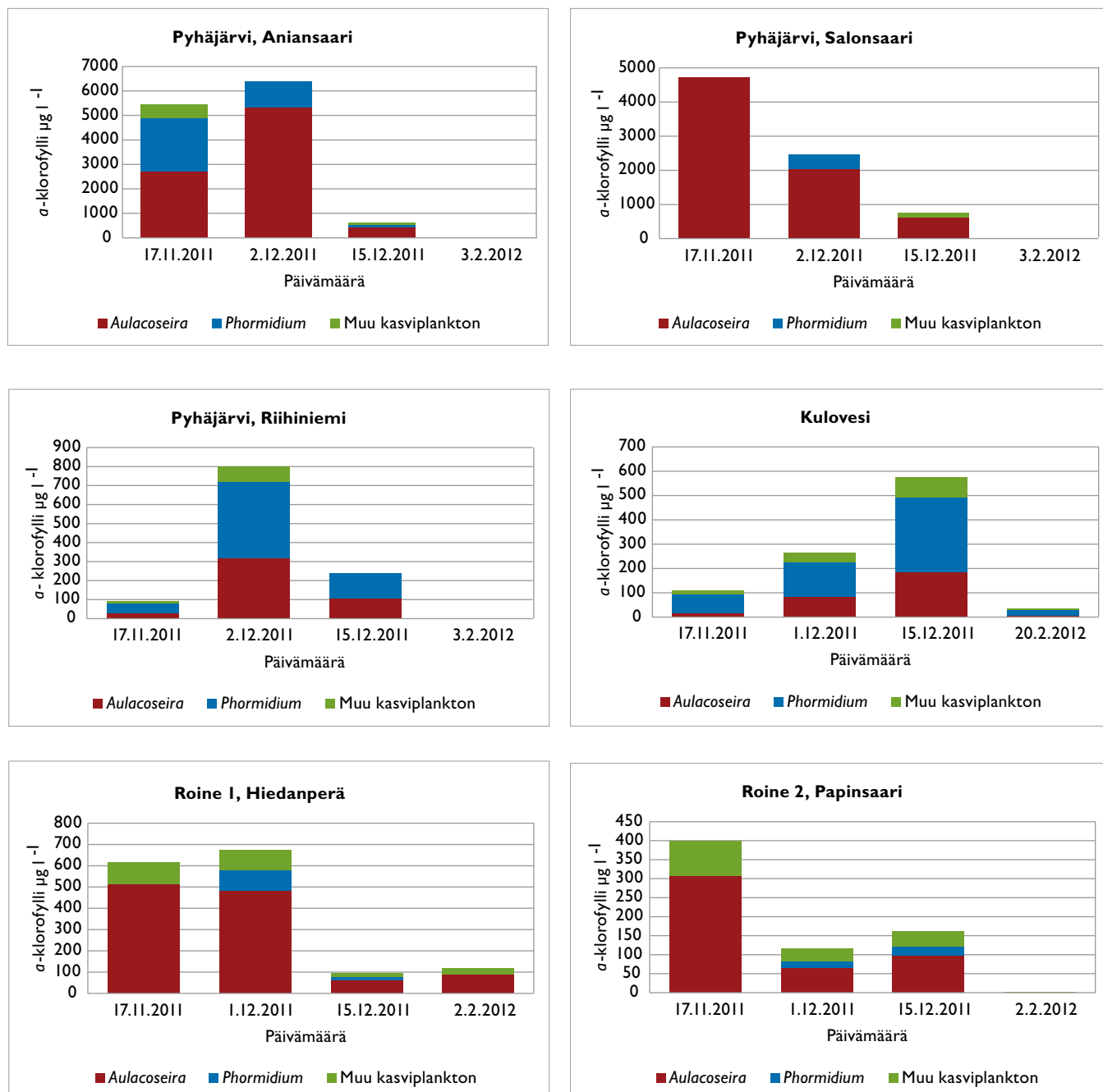


Kuva 10. Kasviplanktonin kokonaisbiomassan (mg l^{-1}), α -klorofyllipitoisuuden ($\mu\text{g l}^{-1}$) ja näkösyvyyden (m) kehitys vuoden 2011 tammikuusta vuoden 2012 maaliskuuhun Pyhäjärven, Kuloveden ja Roineen tutkimusalueille. Huomaa pystyakselien eri asteikot.



Kuva II. Kasviplanktonin biomassa (mg l⁻¹) sekä sinilevien, piilevien ja muun kasviplanktonin osuus kokonaisbiomassasta Pyhäjärven, Kuloveden ja Roineen tutkimusalueilla tutkimusajankohtina tammikuusta 2011 maaliskuuhun 2012.

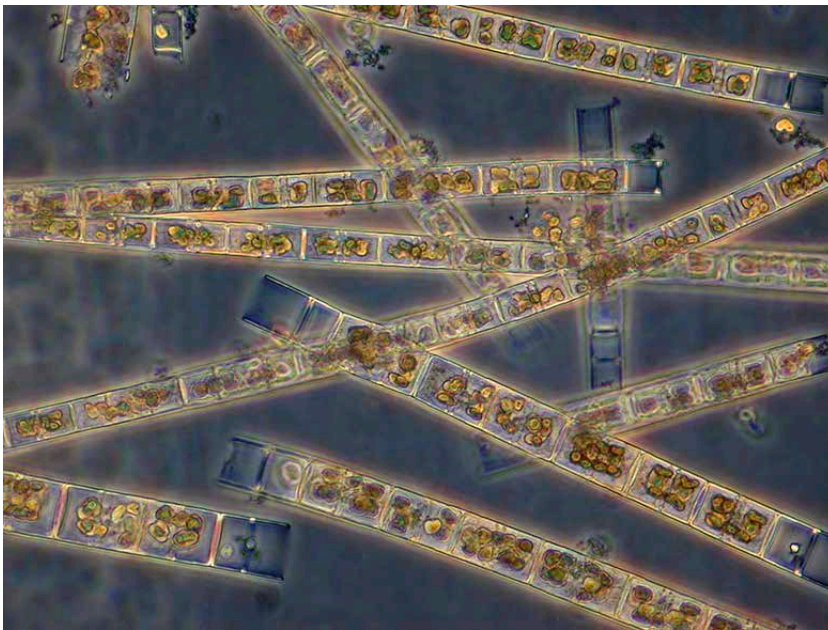
Kasviplanktonlevien lisäksi koehavaksiin oli tarttunut kuollutta orgaanista ainesta eli detritusta. Detrituksen määrä oli kaikkien havaskoejaksojen ajan suurin Kuloveden koehavaksissa ja pienin Roineen Papinsaaren alueen koehavaksissa. Muilla tutkimusalueilla detrituksen määrä oli aluksi pieni, mutta sen määrä nousi loppuvuotta kohti ollen suurin joulukuussa ja tammi-helmikuussa toteutettujen havaskokeiden aikaan.



Kuva 12. Koehavaksiin tarttuneen orgaanisen aineen α -klorofyllipitoisuus sekä *Aulacoseira*-suvun piilevien, *Phormidium*-suvun sinilevien sekä muun kasviplanktonin osuus α -klorofyllipitoisuudesta Pyhäjärven, Kuloveden ja Roineen tutkimusalueilla eri tutkimusajanjaksoina 2011–2012. Kuvissa esitetyt päivämäärät ovat noin kaksi viikkoa kestäneiden tutkimusjaksojen loppumispäivämääriä. Huomaa y-akselien eri asteikot.



Kuva 13. Pyhäjärven Aniansaaren koeverkkohavakseen tarttunutta materiaalia nostohetkellä 2.12.2011. Kuva: Pekka Westerling, Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry.



Kuva 14. Mikroskooppikuva koeverkkohavaksiin tarttuneesta *Aulacoseira islandica* -piilevästä. Kuva: Reija Jokipii, Suomen ympäristökeskus.

Sauvamaisia tai rihmamaisia bakteereita tavattiin erittäin pieniä määriä koehavak-
sissa viimeisessä jääpeitteisenä aikana toteutetuissa havaskokeissa kaikilla tutkimus-
alueilla.

Kuloveden virtausnopeuden havaintopisteessä virtauksissa havaittiin sahaavaa
vuorokausivaihtelua. Kaikilla mittaussyvyyksillä virtausnopeuden vaihtelut olivat
samansuuntaisia maksimivirtausnopeuden ollessa yleensä 5–6 metrin syvyydellä
pohjan pinnan yläpuolella. Alhaisimmat virtausnopeudet havaittiin syvimmässä ja
matalimmassa havaintosyvyydessä. Kaiken kaikkiaan virtausnopeuksissa oli vain
pientä vaihtelua eri syvyyksillä keskimääräisen maksimivirtausnopeuden ollessa
 $107\text{--}114\text{ mm s}^{-1}$ ($111 \pm 24\text{ mm s}^{-1}$).

4 Tulosten tarkastelu

4.1

Kalanpyydysten likaantuminen – kalastuskirjanpito

Kirjanpitokalastajien kalastuskirjanpitomerkintöjen perusteella Pyhäjärvellä verkkojen likaantumista tapahtuu sekä avovesikaudella loka-marraskuussa että jääpeitteisenä aikana helmi-maaliskuussa. Voimakkainta syksyinen likaantuminen on Saviselän ja Säijänselän-Sorvanselän alueella. Syksyistä likaantumishaittaa ei kuitenkaan juuri havaita Kirkkojärvi-Toutosenselän alueella. Siellä alueen mataluuden takia tuulisella säällä verkkoihin tarttuu runsaasti vesikasvien osia, minkä vuoksi syksyinen verkkojen likaantuminen voi myös jäädä havaitsematta. Kulovedellä piilevien aiheuttama verkkojen likaantuminen on yleisintä avovesiaikana syksyllä, lokakuussa.

Jääpeitteisenä aikana Pyhäjärvellä verkkojen likaantuminen ajoittuu puolestaan samoihin aikoihin kevätkuopan teon kanssa. Kevätkuopan teon aikaista likaantumista jään alla ei näytä esiintyvän Kulovedellä, vaan likaantumishaitta keväällä ajoittuu tavallisesti vasta huhtikuulle, esiintyen kevätkierron aikoihin.

Syksyisillä piileväkukinnoilla ei välttämättä ole suoraa yhteyttä jäänalaiseen likaantumishaittaan ja tämän tutkimuksen tulokset ovat samansuuntaisia aikaisemman tutkimuksen (Moilanen & Nieminen 2006) havaintojen kanssa. Useina vuosina syksyllä esiintynyt haitta loppuu ennen jäiden tuloa eikä haitta välttämättä uusiudu jääpeitteen tulon jälkeen. Toisaalta vaikka likaantumishaittaa ei ole esiintynyt syksyllä, verkot ovat kuitenkin saattaneet likaantua jääpeitteisenä aikana.

Pitkällä aikavälillä pahin likaantumishaitta näyttäisi olleen 1900-luvulla 1991–1992, 1993–1994 ja 1996–1997 sekä 2000-luvun alkupuolella 2002–2003 ja 2004–2005. Likaantumishaitta vaihtelee jonkun verran alueittain, mutta pahimpina vuosina likaantumisajanjaksot näyttävät olleen kestoiltaan pidempiä. Pahimpina haittavuosina likaantuminen on alkanut jo syksyllä jatkuen läpi talven. Tuloksia voi kuitenkin vääristää se, että aivan kaikilta tutkimusjaksoilta likaantumishavainnoja ei ollut lainkaan käytettävissä. Lisäksi kaikilta tutkimusjaksoilta ei ollut käytettävissä aukotonta aineistoa, mikä osaltaan vaikeuttaa tulosten tulkintaa. Niinä vuosina, joina aineistosta puuttui havainnoja, merkinnät koskivat vain likaantuneita verkkoja eikä havainnoja puhtaista verkoista ole välttämättä kirjattu kalastuskirjanpitoon. Toisaalta alueilla esiintyvää vähäistä likaantumista saatetaan pitää normaalina tilanteena eikä sitä näin ollen välttämättä kirjata kalastuskirjanpitoon tai haastattelulomakkeisiin. Kalastajat ovat myös saattaneet siirtyä kalastamaan suojaisemmille paikoille päävirtauksen ulkopuolelle, jolloin välttyään pahimmilta likaantumishaitoilta.

Pelkästään tarkastelemalla likaantumishavainnoja ja Melon voimalaitospadon tai Kuokkalankosken säännöstelypadon juoksutusmääriä likaantumisen ja juoksutusten välistä yhteyttä on vaikea havaita. Likaantumista tapahtuu sekä voimakkaitten juoksutusten että heikompien juoksutusten aikana. Verkkojen likaantumista ei siis voida selittää pelkästään juoksutusmäärien kasvulla, vaan juoksutuksiin tulee liittyä myös

voimakas vedenpinnan lasku. Erilaisista vesiolloista johtuen juoksutusmuutokset eivät välttämättä aiheuta aina tutkimusalueilla samanlaista virtausnopeuden muutosta tai vedenpinnan laskua, mikä vaikeuttaa tulosten tulkintaa.

Tilastollisten testien tulosten perusteella säännöstelyjuoksutukset (kevätkuopan teko) ja vedenpinnan lasku lisäävät verkkojen likaantumisen todennäköisyyttä etenkin Pyhäjärvellä. Juoksutusten vaikutukset lähellä Melon voimalaitospatoa ovat vähäisempiä, todennäköisesti ylös-alas sahaavasta vuorokausisäännöstelystä johtuen sekä Pyhäjärven pohjoisosasta tulevien virtausten vuoksi. Sen sijaan voimakkainta säännöstelyjuoksutusten vaikutus näyttäisi olevan Kirkkojärvi-Toutosenselän alueella, joka sijaitsee aivan Pyhäjärven eteläosassa, kauimpana Melon voimalaitospadosta.

Tulokset tukevat alueen kalastajien kokemuksia siitä, että voimakas vedenpinnan aleneminen kevätkuopan teon aikaan aiheuttaa voimakkaita virtauksia, jotka puolestaan likaavat verkkoja. Myös aikaisempien tutkimusten tulokset ovat antaneet viitteitä vedenpinnan voimakkaan alenemisen ja runsaiden juoksutusten yhteydestä talvisiin likaantumisongelmiin, vaikka aikaisemmissa tutkimuksissa ilmiötä ei ole voitu osoittaa yksiselitteisesti (esim. Anttila-Huhtinen & Manninen 1997, Marttunen ym. 2004, Moilanen & Nieminen 2006, Leminen 2007).

4.2

Havaskokeet

Sekä Pyhäjärven päävirtausalueella että Roineella kalanpyydysten likaantumista aiheuttaa pääasiassa rihmamainen piilevä *Aulacoseira islandica* (O. Müller) Simonsen (aikaisempi nimi *Melosira islandica* O. Müller), vaikka likaantuminen niukkaravinteisemmalla Roineella oli selvästi vähäisempää kuin Pyhäjärven päävirtausalueella. *Aulacoseira islandica* -piilevä esiintyy pääasiassa kylmän veden aikaan marras-huhtikuussa (Lundh-Almestrand 1954), jolloin veden lämpötila on alle 10–12 °C, esiintymisen optimilämpötilan ollessa noin 6 °C (Stoermer ym. 1981). Lajin tiedetään muodostavan massaesiintymiä kylmässä vedessä syksyllä ja jopa jään alla (Cleve-Euler 1951, Lund-Almestrand 1954, Willén 1962, Ventelä ym. 1998, Blank ym. 2009). Laji esiintyy pääasiassa niukkaravinteisessä ympäristössä, mutta sen on todettu hyötyvän lievästä rehevöitymisestä. Erittäin rehevissä järvissä lajia ei yleensä tavata (Stoermer ym. 1981). Keväällä lumen sulettua jään pinnalta kasviplanktonbiomassan määrä voi olla lähellä, tai jopa ylittää avovesikauden kasviplanktonbiomassan määrän (esim. Ventelä ym. 1998).

Aulacoseira-, kuten myös *Melosira*-sukujen lajeja pidetään usein meroplanktisiina. Talvella jääpeitteisenä aikana, jolloin tuulen sekoittava vaikutus eliminoituu, *Aulacoseira*-rihmat vajoavat pohjaa kohti muodostaen levämattoja sedimentin pinnalle. Rihmat esiintyvät planktonissa vain, jos vedessä on tarpeeksi sekoittumista pitämään rihmat vesipatsaassa. Sekoittumisen puuttuessa, esimerkiksi jääpeitteisenä aikana, vettä raskaampien *Aulacoseira*-rihmojen on todettu vajoavan 0,7–8 metriä vuorokaudessa (mm. Vehmaa & Salonen 2009 ja siinä olevat viitteet). Jään alla esiintyy kuitenkin usein pystysuuntaisia konvektiovirtauksia, joiden ansiosta piilevärihmat pysyvät planktisina (Kelley 1997). *Aulacoseira*-rihmoja tavataan planktonissa kuitenkin myös aikoina, jolloin vedessä ei esiinny tarpeeksi voimakkaita konvektiovirtauksia. Edellä mainitusta syystä *Aulacoseira*-rihmoilla on epäilty olevan myös muita, toistaiseksi tuntemattomia mekanismeja, jotka edesauttavat niiden pysymistä planktonissa (Vehmaa & Salonen 2009).

Pyhäjärven Riihiniemessä ja Kulovedellä *Aulacoseira islandica* -piilevää tärkeämpi verkkohavasten likaaja oli rihmamainen *Phormidium*-sukuun kuuluva sinilevä, jota tavataan harvoin runsaana planktonissa, mutta se esiintyy pääasiassa pohjanläheisissä vesikerroksissa sedimentin pinnalla muodostaen mattomaisia kasvustoja

(meroplankton). *Phormidium*-suvun sinilevärihmat esiintyvät usein runsaina arktisten alueiden ja lauhkean vyöhykkeen vesissä, minkä vuoksi niitä on myös pidetty kylmän veden muotoina. Todellisuudessa ne eivät kuitenkaan kykene tuottamaan lisäkasvua alle 5 °C lämpötilassa, vaan niiden kasvun optimilämpötila on yli 10–15 °C lajista riippuen (Tang ym. 1997, 1999). Ne pystyvät kuitenkin ylläpitämään hidasta kasvua alhaisessakin lämpötilassa ja kykenevät lisäämään kasvunopeuttaan muita leväryhmiä nopeammin veden lämmitessä (esim. Tang ym. 1997, 1999).

Piikuorensa ansiosta piilevät ovat vettä raskaampia organismeja ja laskeutuvat helposti järvioltaan pohjalle, kun veden liikkeet vähenevät jääpeitteisenä aikana. Kylmässä vedessä ja alhaisessa valaistuksessa, mm. monet piilevät ja sinilevät (sini-bakteerit) voivat alentaa aineenvaihduntansa tasoa tai jopa horrosta epäedullisten aikojen yli. Monet piilevät ja sinilevät voivat myös käyttää autotrofian eli omavaraisuuden sijaan vaihtoehtoisia selviytymisstrategioita. Niiden on myös todettu kykenevän omavaraisen tuotannon lisäksi toisenvaraiseen tuotantoon (heterotrofia) käyttämällä hyväkseen liuenneiden epäorgaanisten ravinteiden sijaan liuenneita orgaanisia ravinteita (Tuchman ym. 2006, Rivkin & Putt 1987, Kuehn ym. 1992). Toisenvarainen tuotanto antaa näille leville kilpailuedun tilanteissa (esimerkiksi talvella jään alla), joissa alhainen valaistus ja lämpötila hidastavat pelkästään omavaraiseen tuotantoon kykenevien levien kasvua.

5 Johtopäätökset

Aikaisemmissa tutkimuksissa kalastajien havaitseman kalanpyydysten lisääntyvän likaantumisen syy-yhteyttä kasvaneisiin virtaamamuutoksiin ja vedenpinnan laskuun ei ole luotettavasti pystytty osoittamaan (esim. Anttila-Huhtinen & Manninen 1997, Moilanen & Nieminen 2006). Tämän tutkimuksen tulokset kuitenkin tukevat kalastajien havaintoihin pohjautuvaa lähtöoletusta, että verkkojen likaantuminen voimistuu kevätkuoppajuoksutusten aikaan kasvavien virtaamien ja vedenkorkeuden alenemisen seurauksena. Likaantuminen on selvästi voimakkain Pyhäjärvellä päävirtausalueella, Kirkkojärvi-Toutosenselän ja Säijänselän-Sorvanselän alueella, kun taas päävirtausalueen ulkopuolella sijaitsevalla Huhtaanselällä piilevien aiheuttamaa talvista likaantumisongelmaa ei havaittu.

Kalanpyydysten likaantumisongelma ei rajoitu yksinomaan kevätkuopan teon aikaan vaan sitä esiintyy myös syksyllä loka-marraskuussa. Syksyinen likaantumishaitta ajoittuu samoihin aikoihin syyskierron kanssa, mikä lienee haitan pääasiallinen aiheuttaja. Rihmamainen *Aulacoseira islandica* -piilevä oli selvästi merkittävin kalanpyydyksiä likaava tekijä. Kyseinen piilevä esiintyy pääasiassa kylmässä vedessä, sen esiintymisen optimilämpötilan ollessa alle 10–12 °C. Kalastajien havainnot verkkojen likaantumisen lisääntymisestä veden lämpötilan laskiessa alle 10 °C viittaavat *Aulacoseira*-suvun piilevien runsastumiseen veden lämpötilan laskiessa.

Heikon jäätilanteen ja resurssisyyden vuoksi havaskokeita ei tehty kevätkuopan teon aikaan, mutta syyskierron aikainen piilevien aiheuttama verkkohavasten likaantuminen oli selvästi havaittavissa paitsi Pyhäjärven päävirtausalueella sijaitsevilla Aniansaaren ja Salonsaaren alueilla myös Roineella molemmilla havaskoealueilla. Roineella, missä sekä kokonaisravinnepitoisuudet että kasviplanktonin määrät ovat alhaisempia eikä suuria vedenpinnan muutoksia tai virtaamavaihteluita esiinny, verkkohavasten likaantuminen oli selvästi Pyhäjärven päävirtausalueella tapahtuvaa likaantumista vähäisempää.

Kalanpyydysten likaantuminen on monisyinen ongelma, jonka perimmäisenä syynä on rehevöityminen, mutta etenkin jääpeitteisenä aikana ongelmaa kärjistävät voimakkaat vedenkorkeuden muutokset ja voimakkaat virtaamat, jotka nostavat pohjalle vajonnutta orgaanista materiaalia ja piileviä uudelleen vesipatsaaseen aiheuttaen verkkojen likaantumista. Vedenkorkeuden muutokset ja suuret virtaamat eivät kuitenkaan yksistään selitä verkkojen likaantumista vaan myös monet fysikaalis-kemialliset tekijät, kuten tuuli ja ravinnepitoisuudet, voivat vaikuttaa likaantumishaitan esiintymiseen.

LÄHTEET

- Anttila-Huhtinen, M. & Manninen, P. 1999. Havasten limoittumistutkimus Konnivesi Ruotsalaisella talvella 1997. Suomen ympäristö 274. 57 s.
- Bilaledin, Ä., Podsechin, V., Peltonen, A. & Perttula H. 2002. Virtaukset ja veden laatu Roineen ja Mallasveden eri osissa. Mallilaskelmat vaihtoehtoisille vedenottoaikoille. Pirkanmaan ympäristökeskuksen monistesarja 22. 88 s.
- Blank, K., Haberman, J., Haldna, M. & Laugaste, R. 2009. Effect of winter conditions on spring nutrient concentrations and plankton in a large shallow Lake Peipsi (Estonia/Russia). *Aquatic Ecology* 43: 745-753.
- Cleve-Euler, A. 1951. Die Diatomeen von Schweden und Finnland. *Kungliga Vetenskaps-akademiens Handlingar* 2/1. *Bibliotheca Phycologica* 5: 1-162.
- Herve, S. & Heinonen, P. 2004. Verkkohavaksen limoittuminen. Julkaisussa Suomessa käytetyt biologiset vesitutkimusmenetelmät, toim. Ruoppa, M. & Heinonen, P. Suomen ympäristö 682, s. 40-42.
- Juutilainen, T. 2010. Piilevät ja niiden aiheuttamat verkkojen limoittumisongelmat – kirjallisuuskatsaus. Julkaisematon raportti. Suomen ympäristökeskus 4.5.2010.
- Järvinen, M., Forsström, L., Huttunen, M., Hällfors, S., Jokipii, R., Niemelä, M. & Palomäki A. (toim.) 2011. Kasviplanktonin tutkimusmenetelmät. (<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=25750&lan=fi>).
- Kelley, D. E. 1997. Convection in ice-covered lakes: effect on algal suspension. *Journal of Plankton Research* 19: 1859-1880.
- Kuehn, K.A., O'Neill, R.M. & Kuehn, R.D. 1992. Viable photosynthetic microalgal isolates from aphotic environments of the Edwards Aquifer (Central Texas). *Sytologia* 7:129-142.
- Leminen, M. 2007. Verkkojen talviaikainen likaantuminen Längelmäveden reitillä. Hämeen TE-keskus. Kalastusyksikkö. Moniste 12. 19 s.
- Lepistö, L. 1992. Planktonlevien aiheuttamat haitat. Vesi- ja ympäristöhallituksen julkaisuja – sarja A 88. 64 s.
- Lundh-Almestrand, A. 1954. *Melosira islandica* and *M. granulata* in the Scania lake Ringsjön. *Svensk Botanisk Tidskrift* 48: 591-595.
- Marttunen, M., Nieminen, H., Keto, A., Suomalainen, M., Tarvainen, A., Moilanen, S. & Järvinen, E. 2004. Pirkanmaan keskeisten järvien säännöstelyn kehittäminen. Suomen ympäristö 689. 192 s.
- Moilanen, S. & Nieminen, H. 2006. Pyydysten likaantumisselvitys. Pirkanmaan ympäristökeskus. Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry. 43 s.
- Raunio, J. 2005. Heinolan Konniveden kalataloudellinen tarkkailu – pyydysten limoittumistutkimus. Kymijoen vesi ja ympäristö ry:n julkaisu 135/2005, 9 s.
- Rivkin, R.B. & Putt, M. 1987. Heterotrophy by Antarctic microalgae: light-dependent incorporation of amino acids and glucose. *Journal of Phycology* 23: 442-452.
- Stoermer E.F., Kries, R.G. Jr. & Sicko-Goad, L. 1981. A systematic, quantitative, and ecological comparison of *Melosira islandica* O. Müll. with *M. granulata* (Her.) Ralfs from the Laurentian great lakes. *Journal of Great Lakes Research* 7: 345-356.
- Tang, E.P.Y., Tremblay, R. & Vincent, W.F. 1997. Cyanobacterial dominance of polar freshwater ecosystems: are high-latitude mat-formers adapted to low temperature. *Journal of Phycology* 33: 171-181.
- Tang, E.P.Y. & Vincent, W.F. 1999. Strategies of thermal adaptation by high-latitude cyanobacteria. *New Phytology* 142: 315-323.
- Tuchman, N.C., Schollett, M.A., Rier, S.T. & Geddes, P. 2006. Differential heterotrophic utilization of organic compounds by diatoms and bacteria under light and dark conditions. *Hydrobiologia* 561: 167-177.
- Vehmaa, A. & Salonen, K. 2009. Development of phytoplankton in Lake Pääjärvi (Finland) during under-ice convective mixing period. *Aquatic Ecology* 43: 693-705.
- Ventelä, A.-M., Saarikari, V. & Vuorio, K. 1998. Vertical and seasonal distribution of micro-organisms, zooplankton and phytoplankton in a eutrophic lake. *Hydrobiologia* 363: 229-240.
- Willén, E. 1962. Studies on the phytoplankton of some lakes connected with or recently isolated from the Baltic. *Oikos* 13: 169-199.
- Zwerver, S. 2012. Kasviplanktonlajisto ja –biomassa erityishuomiossa kalaverkkojen limoittumista aiheuttavat piilevät. Julkaisematon raportti Pirkanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen toimeksiannosta. 18 s.

KUVAILEHTI

Julkaisija	Suomen ympäristökeskus (SYKE)			Julkaisu-aika Kesäkuu 2013
Tekijä(t)	Kristiina Vuorio, Marko Järvinen, Sami Moilanen ja Ämer Bilaletdin			
Julkaisun nimi	Piilevien aiheuttamat kalanpyydysten likaantumisongelmat – Pyhäjärven eteläosa, Kulovesi ja Roine			
Julkaisusarjan nimi ja numero	Suomen ympäristökeskuksen raportteja 22/2013			
Julkaisun teema				
Julkaisun osat/ muut saman projektin tuottamat julkaisut	Julkaisu on saatavana ainoastaan internetistä: www.syke.fi/julkaisut helda.helsinki.fi/syke			
Tiivistelmä	<p>Kalanpyydysten likaantuminen on ongelma eräissä säännöstellyissä reittivesistöissä, missä se haittaa kalastusta avovesikauden lisäksi jääpeitteisenä aikana. Myös joillain suuremmilla säännöstelemättömillä järvillä, esimerkiksi Roineella ilmiön on koettu pahentuneen. Pirkanmaalla talvista kalanpyydysten likaantumista on raportoitu enenevässä määrin 1900-luvun lopulta lähtien. Kalastajien havaintojen mukaan pääasiallinen syy säännöstellyissä vesistöissä olisi nk. kevätkuopan tekoon liittyvät juoksutukset, mutta syy-seuraussuhteita ei ole voitu osoittaa aikaisemmissa tutkimuksissa selvästi.</p> <p>Tässä tutkimuksessa kalanpyydysten likaantumista ja sen syitä tarkasteltiin kolmella Pirkanmaan järvellä: Pyhäjärvellä, Kulovedellä ja Roineella. Tutkimus on jatkoa aiemmille Pirkanmaan ympäristökeskuksen ja Suomen ympäristökeskuksen toteuttamille likaantumis-selvityksille, jotka on tehty osana alueen keskeisten järvien säännöstelyn kehittämistä. Tutkimuksen ensimmäisessä osiossa kalanpyydysten likaantumista tarkasteltiin kirjanpito-kalastajien merkintöjen avulla. Toisessa osiossa likaantumista tarkasteltiin havaskokeiden tulosten perusteella. Tutkimuksen pääasiallisena tarkoituksena oli lisätä ymmärrystä vedenkorkeuden ja virtaaman vaihtelujen merkityksestä kalanpyydysten likaantumisessa.</p> <p>Tutkimuksen tulokset tukevat kalastajien havaintoihin pohjautuvaa lähtöoletusta, että havasten likaantuminen voimistuu kevätkuoppajuoksutusten aikaan kasvavien virtaamien ja vedenkorkeuden alenemisen seurauksena. Likaantuminen on selvästi voimakkain Pyhäjärven päävirtausalueella, Kirkkojärvi-Toutosenselän ja Säijänselän-Sorvanselän alueella, kun taas päävirtausalueen ulkopuolella sijaitsevalla Huhtaanselällä piilevien aiheuttamaa talvista likaantumisongelmaa ei havaittu. Syksyinen likaantumishaitta ajoittuu samoihin aikoihin syyskierron kanssa, jolloin alle 10–12 °C lämpötilassa esiintyvä rihmamainen <i>Aulacoseira islandica</i> -piilevä oli selvästi merkittävin kalanpyydyksiä likaava tekijä. Syyskierron aikainen piilevien aiheuttama verkkohavasten likaantuminen oli selvästi havaittavissa paitsi Pyhäjärven päävirtausalueella sijaitsevilla Aniansaaren ja Salonsaaren alueilla myös Roineella molemmilla havaskoealueilla</p>			
Asiasanat	Piilevät, kalanpyydykset, säännöstely, verkkojen limoittuminen			
Rahoittaja/ toimeksiantaja	Maa- ja metsätalousministeriö ja Suomen ympäristökeskus (SYKE)			
	ISBN	ISBN 978-952-11-4181-2 (PDF)	ISSN	ISSN 1796-1726 (verkkokj.)
	Sivuja 37	Kieli Suomi	Luottamuksellisuus Julkinen	Hinta (sis. alv 8 %)
Julkaisun myynti/ jakaja				
Julkaisun kustantaja	Suomen ympäristökeskus (SYKE) PL 140, 00251 HELSINKI			
Painopaikka ja -aika				

PRESENTATIONSBLAD

Utgivare	Finlands miljöcentral (SYKE)		Datum Juni 2013	
Författare	Kristiina Vuorio, Marko Järvinen, Sami Moilanen och Ämer Bilaletdin			
Publikationens titel	Piilevien aiheuttamat kalanpyydysten likaantumisongelmat – Pyhäjärven eteläosa, Kulovesi och Roine (Nedsmutsning av fisknät med kiselalger – i sjöarna Pyhäjärvi, Kulovesi och Roine)			
Publikationsserie och nummer	Finlands miljöcentrals rapporter 22 /2013			
Publikationens tema				
Publikationens delar/ andra publikationer inom samma projekt	Publikationen finns tillgänglig bara på internet: www.syke.fi/publikationer helda.helsinki.fi/syke			
Sammandrag	<p>Nedsmutsning av fisknät har varit problem i några sjösystem där vattennivån är reglerad. I sådana sjöar förekommer nedsmutsning av fisknät inte bara i öppet vatten men också under isen. Fenomenet förekommer också i några sjöar där vattennivån inte är reglerad, såsom i sjön Roine, i Tavastland, i södra Finland. Sedan slutet av 1900-talet har man rapporterat allt mer nedsmutsning av fisknät under isen i Birkaland. Fritids- och yrkesfiskarna skyller främst på vattennivåregleringen, men hittills har undersökningar inte kunnat entydigt bekräfta orsakssambandet mellan nedsmutsningen av fisknät och vattennivåregleringen.</p> <p>Vi har undersökt nedsmutsningen av fisknät i tre sjöar i Birkaland: södra delen av sjön Pyhäjärvi, och sjöarna Kulovesi och Roine. Undersökningen är fortsättning till nedsmutsningsrapporter genomförda av Närings-, trafik- och miljöcentralen i Birkaland och Finlands miljöcentral som är delar av ett projekt som gäller utvecklingen av regleringen av vattendrag i Birkaland. Första delen av undersökningen behandlar yrkesfiskarnas observationer av nedsmutsningen av fisknät. Andra delen av undersökningen behandlar forskningsresultaten från ett fisknätsexperiment. Avsikten var främst att bättre förstå vilken betydelse växlande avrinning och vattennivå, förorsakade av vattennivåregleringen, har för nedsmutsningen av fisknäten.</p> <p>Resultaten av undersökningen bekräftar yrkesfiskarnas observationer att vattennivåreglering under isen, som ökar avrinningen och sänker vattennivån, förstärker nedsmutsningen av fisknät. Nedsmutsningen är starkast i huvudavrinningsområdena av sjön Pyhäjärvi, i fjärden Kirkkojärvi-Toutosenselkä och Säjänselkä-Sorvanselkä, medan utanför huvudavrinningsområdena i Huhtaanselkä händer ingen nedsmutsning. På hösten börjar nedsmutsningen vid samma tid som höstcirkulation. Nedsmutsningen orsakas av en trådlik kiselalg <i>Aulacoseira islandica</i> som förekommer när vattentemperaturen sjunker under 10–12 °C. Enligt fisknätsexperimentet förekommer nedsmutsning såväl i Pyhäjärvi som i Roine under höstcirkulationen.</p>			
Nyckelord	Kiselalg, reglering av vattennivå, nedsmutsning av fisknät			
Finansiär/ uppdragsgivare	Jord- och Skogsbrukministeriet och Finlands miljöcentral (SYKE)			
	ISBN	ISBN 978-952-11-4181-2 (PDF)	ISSN	ISSN 1796-1726 (online)
	Sidantal 37	Språk Finska	Offentlighet Offentlig	Pris (inneh. moms 8 %)
Beställningar/ distribution				
Förläggare	Finland miljöcentral (SYKE) PB 140, 00251 Helsingfors			
Tryckeri/tryckningsort -år				

DOCUMENTATION PAGE

<i>Publisher</i>	Finnish Environment Institute (SYKE)			<i>Date</i> June 2013
<i>Author(s)</i>	Kristiina Vuorio, Marko Järvinen, Sami Moilanen and Ämer Bilettdin			
<i>Title of publication</i>	Piilevien aiheuttamat kalanpyydyksen likaantumisongelmat – Pyhäjärven eteläosa, Kulovesi ja Roine (Diatom induced fouling of fishing nets –Lakes Pyhäjärvi, Kulovesi and Roine)			
<i>Publication series and number</i>	Reports of the Finnish Environment Institute 22/2013			
<i>Theme of publication</i>				
<i>Parts of publication/ other project publications</i>	The publication is available only on the internet: www.syke.fi/publications helda.helsinki.fi/syke			
<i>Abstract</i>	<p>Fouling of fishing nets is a problem in some Finnish lakes where the water level is regulated by hydropower generation. In these lakes, fouling of fishing nets may hinder fishing, not only during open water season but also under ice. In Pirkanmaa in Southern Finland, the situation has deteriorated since the 1980–1990s. According to fishermen increased regulation during January-March is the main cause of fouling of fishing nets. However, earlier studies have failed to fully demonstrate the relationship between fouling and increased regulation.</p> <p>We studied the fouling of fishing nets in three lakes in Pirkanmaa: Lakes Pyhäjärvi, Kulovesi and Roine. This study is a continuation to earlier studies coordinated by Finnish Environment Centre and Pirkanmaa Centre of Economic Development, Transport and the Environment where the development of water regulation of lakes in Pirkanmaa area and impacts of fouling of fishing nets have been studied. First part of our study demonstrates fouling of fishing nets reported by fishermen. Second part presents results of a netting study carried out in the study lakes during autumn-winter 2011–2012. Our aim was to increase understanding about the importance of water level regulation to fouling of fishing nets via changes in water currents.</p> <p>Our results confirm the observations made by the fishermen that increased under-ice water level regulation causes fouling of fishing nets. The main reason for the fouling was the strengthening of water currents and the considerable decline in water level caused by increased regulation. The fouling of fishing nets was strongest in the main current area, in the basins of Kirkkojärvi-Toutosenselkä and Säijänselkä-Sorvanselkä. Whereas, in Huhtaanselkä, outside the main current area, no under-ice fouling was observed. In autumn, fouling of fishing nets starts during autumn turnover. The taxon mainly responsible for fishing net fouling is a filamentous diatom <i>Aulacoseira islandica</i> that occurs at water temperatures below 10–12°C. Experimental study revealed that, in addition to Lake Pyhäjärvi, fouling of fishing nets also occurs in Lake Roine during the autumn turnover, despite the water level in the lake is not regulated.</p>			
<i>Keywords</i>	Diatoms, fishing net fouling, water level regulation			
<i>Financier/ commissioner</i>	Ministry of Agriculture and Forestry and Finnish Environment Institute (SYKE)			
	ISBN	ISBN 978-952-11-4191-2 (PDF)	ISSN	ISSN 1796-1726 (online)
	No. of pages 37	Language Finnish	Restrictions Public	Price (incl. tax 8 %) -
<i>For sale at/ distributor</i>				
<i>Financier of publication</i>	Finnish Environmental Institute (SYKE) P.O.Box 140, FI-00251 Helsinki, Finland			
<i>Printing place and year</i>				



ISBN 978-952-11-4181-2 (PDF)

ISSN 1796-1726 (verkköj.)