

RIISTA-JA KALATALOUDEN TUTKIMUSLAITOS

KALATUTKIMUKSIA - FISKUNDERSÖKNINGAR



54
1992



RIISTA-JA KALATALOUDEN TUTKIMUSLAITOS

KALATUTKIMUKSIA- FISKUNDERSÖKNINGAR



Vastaava toimittaja: Lauri Urho

Toimittajat: Irma Kolari, Marja-Liisa Koljonen, Antti Lappalainen, Riitta Rahkonen, Atso Romakkaniemi, Matti Salminen, Lena Söderholm-Tana, Pirkko Söderkultalahti ja Aune Vihervuori

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos
Kalantutkimusosasto
Kalanviljelyosasto
PL 202
00151 Helsinki

puh. 90 - 624 211
telex 19101236 vdx sf
telefax 90 - 631 513
telebox tbx668

Kalatutkimuksia -- Fiskundersökningar sarjassa julkaistaan kalatalouteen liittyviä tutkimuksia, suunnitelmia, raportteja, selvityksiä, lausuntoja, esitelmiä sekä tutkimusten aineistoja tai muita vastaavia kirjoituksia. Julkaisukielenä ovat pääsääntöisesti suomi ja ruotsi. Kirjoitusohjeita on saatavilla Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen tietopalvelussa (PL 202, 00151 Helsinki).

Julkaisun jakelusta päätetään kunkin numeron osalta erikseen. Julkaisua koskevat tiedustelut osoitetaan tietopalveluun.

Kalatutkimuksia -- Fiskundersökningar on jatkoa sarjoille: "Maataloushallituksen kalataloudellinen tutkimustoimisto. Monistettuja julkaisuja" (no:t 1-42) ja "Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, kalantutkimusosasto. Monistettuja julkaisuja" (no:t 1-98), "Tiedonantoja" (no:t 1-24) ja "Meddelanden" (no:t 1-21).

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kalantutkimusosaston ja kalanviljelyosaston muut julkaisusarjat ovat "Finnish Fisheries Research" ja "Suomen Kalatalous".

Ansvarig redaktör: Lauri Urho

Redaktörer: Irma Kolari, Marja-Liisa Koljonen, Antti Lappalainen, Riitta Rahkonen, Atso Romakkaniemi, Matti Salminen, Lena Söderholm-Tana, Pirkko Söderkultalahti och Aune Vihervuori

Vilt- och fiskeriforskningsinstitutet
Fiskeriforskningsavdelningen
Fiskodlingsavdelningen
PB 202
00151 Helsingfors

tel. 90 - 624 211
telex 19101236 vdx sf
telefax 90 - 631 513
telebox tbx668

I serien Kalatutkimuksia -- Fiskundersökningar publiceras undersökningar, planer, rapporter, utredningar, utlåtanden, föredrag samt forskningsmaterial eller motsvarande artiklar som behandlar fiskerihushållningen. Publikationsspråken är i huvudsak finska och svenska. Skrivinstruktioner kan erhållas från Vilt- och fiskeriforskningsinstitutets informationstjänst (PB 202, 00151 Helsingfors).

Publikationens distribuering fastställs skilt för varje nummer. Förfrågningar angående tidskriften bör riktas till informationstjänsten.

Kalatutkimuksia -- Fiskundersökningar är en fortsättning på "Maataloushallituksen kalataloudellinen tutkimustoimisto. Monistettuja julkaisuja" (nr 1-42) ja "Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, kalantutkimusosasto. Monistettuja julkaisuja" (nr 1-98), "Tiedonantoja" (nr 1-24) och "Meddelanden" (nr 1-21).

Övriga publikationsserier från Vilt- och fiskeriforskningsinstitutets fiskeriforskningsavdelning och fiskodlingsavdelning är "Finnish Fisheries Research" och "Suomen Kalatalous".

RIISTA- JA KALATALOUDEN TUTKIMUSLAITOS
KALATUTKIMUKSIA – FISKUNDERSÖKNINGAR

No 54

1992

Yhdennetyn ympäristöseurannan järvien koekalastukset

Aimo Järvinen, Martti Rask, Eero Niemelä, Jari Raitaniemi ja Timo Turunen

**Lapin happamoitumistutkimus - taimenen poikastutkimukset
Lutto- ja Paatsjoen vesistöalueilla**

Jaakko Erkinaro, Eero Niemelä ja Martti Rask

Iso Valkjärven vesikemialliset ja biologiset tutkimukset

**Marko Järvinen, Martti Rask, Kirsi Kuoppamäki, Erkki Makkonen,
Jukka Ruuhijärvi ja Lauri Arvola**

**Kalkituksen akuutit vaikutukset ahvenen ja pitkäaikaiset
vaikutukset siian elintoiintoihin Isossa Valkjärnessä**

Pekka Vuorinen, Seppo Peuranen, Marja Vuorinen ja Martti Rask

**Kalakantojen kehitys Etelä-Suomen pienissä happamoituneissa
järvissä kalkituksen jälkeisinä vuosina**

Jari Raitaniemi, Martti Rask, Aimo Järvinen ja Kari Nyberg

**Suomalaisten suhtautuminen vesistöjen happamoitumisen
torjuntatoimenpiteisiin**

Antti Lappalainen

Helsinki 1992

Iso Valkjärven vesikemialliset ja biologiset tutkimukset

**Marko Järvinen¹, Martti Rask², Kirsi Kuoppamäki¹,
Erkki Makkonen³, Jukka Ruuhijärvi² ja Lauri Arvola⁴**

**¹Helsingin yliopisto
Lammin biologinen asema
Lammi**

**²Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos
Evon kalastuskoeasema
Evo**

**³Joensuun yliopisto
Biologian laitos
Joensuu**

**⁴Jyväskylän yliopisto
Biologian laitos
Jyväskylä**

SISÄLLYSLUETTELO

1. Johdanto	37
2. Järven jako ja kalkitus	37
2.1. Järven jako	37
2.2. Järven kalkitus	38
3. Näytteenotto	39
4. Veden kemia	41
5. Kasviplankton	45
5.1. Kasviplanktonin biomassa ja lajisto	45
5.2. Kasviplanktonin tuotanto ja planktonyhteisön hengitys	47
6. Eläinplankton	48
7. Pohjaeläimet	50
8. Kalatutkimukset	53
8.1. Ahvenpopulaation koko	53
8.2. Ahvenen ravinto	54
9. Tiivistelmä	57
10. Sammandrag	58
11. Kirjallisuus	59

1. JOHDANTO

Suomalaisen happamoitumistutkimusohjelman (HAPRO) vesibiologisissa tutkimuksissa keskityttiin lähinnä happamoitumisen vaikutusten kartoittamiseen (Kauppi ym. 1990). Happamoituneiden vesien neutralointia ja kalkituksen biologisia vaikutuksia käsiteltiin muutamissa tutkimuksissa (Alasaarela ym. 1990, Niinioja ym. 1990, Salonen ym. 1990, Raitaniemi & Rask 1990), tosin yhdessäkään ei tarkasteltu neutraloinnin vaikutuksia järven koko ravintoketjuun.

Vuonna 1990 aloitettiin Evon Iso Valkjärvellä kalkitustutkimus, jonka tarkoituksena on selvittää kalkituksen vaikutuksia läpi koko ekosysteemin bakteereista kasvi- ja eläinplanktoniin, pohjaeläimiin ja kaloihin. Tämän lisäksi järvellä tehdään kokeellisia kala- ja rapututkimuksia, seurataan kalkituksen vaikutuksia kalojen cesium- ja elohopeapitoisuuksiin sekä tutkitaan elohopean metyloitumis- ja demetyloitumisprosesseja. Hankkeessa ovat mukana Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Helsingin yliopiston Lammin biologinen asema, Vesi- ja ympäristöhallituksen vesien ja ympäristöntutkimuslaitos, Säteilyturvakeskus sekä Partek.

Tavanomaisen koejärvi/vertailujärvi-järjestelyn sijasta Iso Valkjärven kalkitustutkimuksessa järvi jaettiin muovikalvolla kahteen osaan, joista toinen kalkittiin ja toinen jätettiin käsittelemättömäksi vertailupuoleksi. Koejärjestelyn ansiosta tutkimus- ja vertailupuolen veden laatu ja eliöyhteisöt olivat alunperin samat. Tämän kirjoituksen tarkoituksena on esitellä kalkituskokeen vesikemiallisia ja biologisia tuloksia vuosilta 1990 ja 1991.

2. JÄRVEN JAKO JA KALKITUS

2.1. Järven jako

Iso Valkjärveä jakava muoviverho (polyeteeniä, johon sekoitettu etyylivinyyliaasettaattia) asennettiin paikoilleen kevätyöiltä 9.4.1991. Muoviverhon päät kiinnitettiin rannalla sijaitseviin puihin ja verho kiristettiin sen yläreunassa kulkevalla köydellä. Verhon yläosaan kiinnitettiin 10 m välein polyuretaanikellukkeet (30*50*80 cm), joiden tukemana verhon yläreuna pysyy n. 0.5 m vedenpinnan yläpuolella. Muoviverhon alareunan tasku painotettiin koko verhon pituudelta (210 m) hiekkapusseilla. Asennustyön lopuksi verho laskostettiin ja köytettiin kellukkeiden väliltä. Jäät sulivat Iso Valkjärvestä 30. huhtikuuta.

Järvi jaettiin kahdeksi puoliskoksi 3.5.1991 vapauttamalla verhoa kannatelleet köydet. Verhon alareunan painuminen tiiviisti pohjaa vasten varmistettiin sukeltajien avulla. Muoviverhon päät kaivettiin 1-2 m rannan sisään. Puoliskot ovat pinta-alaltaan yhtä suuria, mutta niiden tilavuudet eroavat toisistaan, sillä syvännealueesta suurempi osa jäi kalkittavalle puolelle (taulukko 1).

Taulukko 1. Iso Valkjärven morfometrisia ja hydrologisia ominaisuuksia.

	koko järvi	vertailupuoli	kalkittu puoli
pinta-ala (km ²)	0.0385	0.0164	0.0221
valuma-alue (km ²)	0.170	0.072	0.098
maksimisyvyys (m)	8.0	7.5	8.0
keskisyvyys (m)	3.4	2.9	3.8
tilavuus (m ³)	131,200	47,400	83,800
alusveden %-osuus kokonaistilavuudesta (syvyydet > 4 m)	21	11	26

2.2. Järven kalkitus

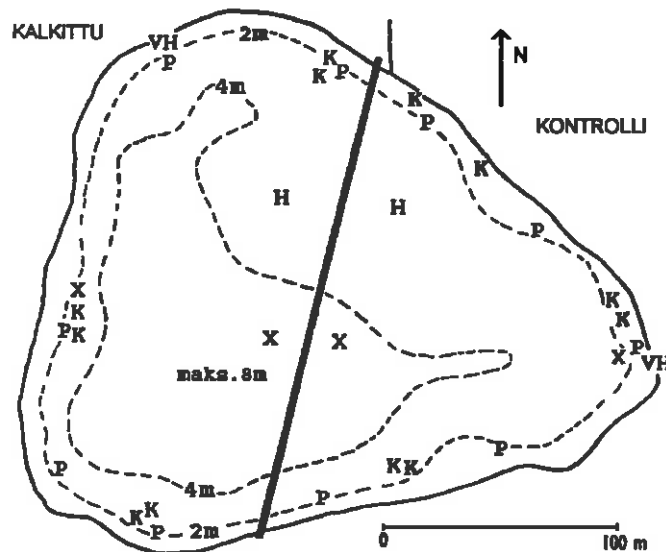
Järven läntinen puolisko kalkittiin 21.5.1991 märkälevitysmenetelmää käyttäen: kalsiumkarbonaattijauhe (CaCO₃) siirrettiin paineen avulla säiliöautosta levitysveneeseen, missä se sekoitettiin järviveteen ennen ruiskuttamista järveen. Kalkituksen tavoitteena oli pH- ja alkaliteetti-arvojen nostaminen lähtötilanteen arvoista n. 5.0 ja ± 0 mekv l⁻¹ arvoihin 6.5-7.0 ja 0.20-0.25 mekv l⁻¹. Tärkeimmät kalkitukseen liittyvät tiedot ilmenevät taulukosta 2.

Taulukko 2. Iso Valkjärven kalkituksessa käytetyn CaCO₃:n määrä ja kemiallinen koostumus (yksityiskohtaisempi kuvaus kalkituksesta Weppling ym. 1992).

kalkkimäärä (kg)	3,050
annostelu (g m ⁻³)	36.4
CaCO ₃ (%)	96.1
suurimmat epäpuhtaudet: Mg (%)	1.8
Si (%)	1.5
raekoko, keskiarvo (µm)	31.6

3. NÄYTTEENOTTO

Toukokuusta syyskuuhun 1990 näytteet veden kemiasta ja planktonyhteisöistä otettiin kahden viikon välein 0-1 ja 5-6 m syvyydeltä sekä kummaltakin puolelta järven tulevaa jakolinjaa litoraali-pisteistä 0-1 m syvyydeltä (kuva 1). Syyskuusta 1990 toukokuuhun 1991 vesikemialliset näytteet otettiin kerran kuukaudessa. Biologinen näytteenotto aloitettiin jälleen 6.5.1991. Järven jaon jälkeen näytteet otettiin molemmilta puolilta 0-1 ja 4-5 m syvyydeltä sekä litoraali-pisteistä 0-1 m syvyydeltä. Toukokuussa 1991 suoritettiin intensiivinen näytteenotto 1-2 päivän välein kalkituksen välittömien vaikutusten selvittämiseksi. Intensiivijakson päätyttyä näytteet otettiin kahden viikon välein lokakuuhun asti ja sen jälkeen kerran kuukaudessa.



Kuva 1. Iso Valkjärven syvyyskartta ja näytteenottopisteet vuonna 1991. Musta viiva osoittaa järven jakolinjan. X=veden kemiasta ja planktonnäytteet, P=pohjaeläinnäytteet, H=haranäytteet, VH=varsijaavinäytteet, K=kalanäytteet.

Veden lämpötila ja liuenneen hapen pitoisuus mitattiin järvellä 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 4.0, 5.0 ja 6.0 m syvyydeltä (kontrollipuolelta 0-5 m). Veden näkösyvyys mitattiin valkolevyllä. Vesi- ja planktonnäytteet otettiin metrin pituisella Sormusen putkinoutimella (V=6.36 l). Veneen eri puolilta otetut kolme nostoa yhdistettiin kokooma-astiassa ja kaadettiin 10 l hanalliseen ämpäriin, josta näytepullot täytettiin. Talvella näytteet otettiin samoista pisteistä 2-3 m päässä toisistaan sijainneista avannoista. Vesinäytteet kuljetettiin laboratorioon pimeässä jäämurskaa sisältävissä kylmälaukuissa. Vesikemian määritykset ja käytetyt menetelmät ilmenevät taulukosta 3.

Taulukko 3. Iso Valkjärven näytteistä tehdyt vesikemialliset mittaukset ja käytetty menetelmä.

mitattava suure	menetelmä
pH	- potentiometrinen määrittäminen, Orion SA 720 pH-mittari
alkaliteetti	- Gran-titraus
sähkönjohtavuus	- Radiometer CDM 3-johtokyky mittari
veden väri	- spektrofotometrinen määrittäminen 420 nm, Whatman GF/C suodatettu näyte, platina-koboltti standardi
kokonais-P, kokonais-N NO ₂ +NO ₃ , NH ₄ , PO ₄	- spektrofotometrinen määrittäminen, persulfaattihajotettu näyte - spektrofotometrinen määrittäminen, Whatman GF/C suodatettu näyte
liuennut epäorgaaninen hiili	- CO ₂ :n määrittäminen infrapunakaasudetektorilla
liuennut orgaaninen hiili	- Whatman GF/C suodatettu näyte, fosforihappohapotus, korkealämpötilapolttaminen, määrittäminen infrapunakaasudetektorilla
Na, K, Ca, Mg, Fe	- atomiabsorptiospektrofotometri
kokonais-Al	- fotometrinen määrittäminen käyttäen katekolivioletti-reagenssia
Cl, SO ₄	- Dionex 2000i -ionikromatografi
klorofylli a	- 24 h etanoliiuutto huoneenlämmössä, spektrofotometrinen määrittäminen

Kasviplanktonnäytteet säilöttiin happamalla Lugolin liuoksella. Kasviplanktonin lajisto ja biomassa määritettiin käänteismikroskoopilla. Lajien tilavuudet määritettiin Lugol-säilytyistä näytteistä Willénin ym. (1985) mukaan. Perustuotanto mitattiin radiohiilimenetelmää soveltaen (Schindler ym. 1972). Perustuotantotuloksista on vähennetty hiilen pimeäsitoutuminen. Planktonyhteisön hengitys määritettiin liuenneen epäorgaanisen hiilen pitoisuuden lisääntymisenä pimeäpulloissa 24 h inkuboinnin aikana.

Pienet alkueläimet (< 50 µm) laskettiin kasviplanktonlaskennan yhteydessä. Suuremmat alkueläimet laskettiin eläinplanktonnäytteistä. Eläinplanktonnäytteenotossa 2-3 Sormusen putkinoutimellista suodatettiin 50 µm haavikankaan läpi. Näytepulloihin lisättiin etukäteen sokeriliuosta estämään vesikirppujen munien irtoaminen. Näytteet säilöttiin formaldehydillä. Äyriäisplankton ja *Asplanchna*-rataseläimet laskettiin ura-alustalta stereomikroskoopilla (Hakala 1971). Muut rataseläimet laskettiin käänteismikroskoopilla.

Vuonna 1990 pohjaeläinnäytteet otettiin neljältä alueelta n. 1 m syvyydeltä. Vuonna 1991 näytteet otettiin kuukausittain 1-2 m syvyydeltä viidestä pisteestä (kuva 1) jakolinjan molemmin puolin (näyte = viisi nostoa). Kvantitatiiviset näytteet otettiin 64 cm²:n Kajak-noutimella. Lisäksi otettiin haralla näyte vesisammalkasvustosta 2-3 m syvyydeltä sekä varsihaavilla rannan rahkasammalkasvuston alta jakolinjan molemmilta puolilta kerran kuukaudessa. Näytteet seulottiin 0,5 mm seulalla.

Ahvenkannan koko arvioitiin merkinnällä (eväleikkaus) ja takaisinpyynnillä molempina keväinä. Kalat pyydystettiin 1-3 m syvyydestä katiskoilla (silmäkoko 1 cm). Katiskat pyydystävät > 8,5 cm:n mittaisia kaloja, joten ikäryhmä 1+ jää populaatioarviosta pois. Ikä, kasvu ja ravintönäytteiksi otettiin kuukausittain 50 ahventa vuonna 1990 ja 50 + 50 vuonna 1991. Eri kokoisia kaloja otettiin järven kummankin puoliskon kuuden katiskan saaliin suhteessa.

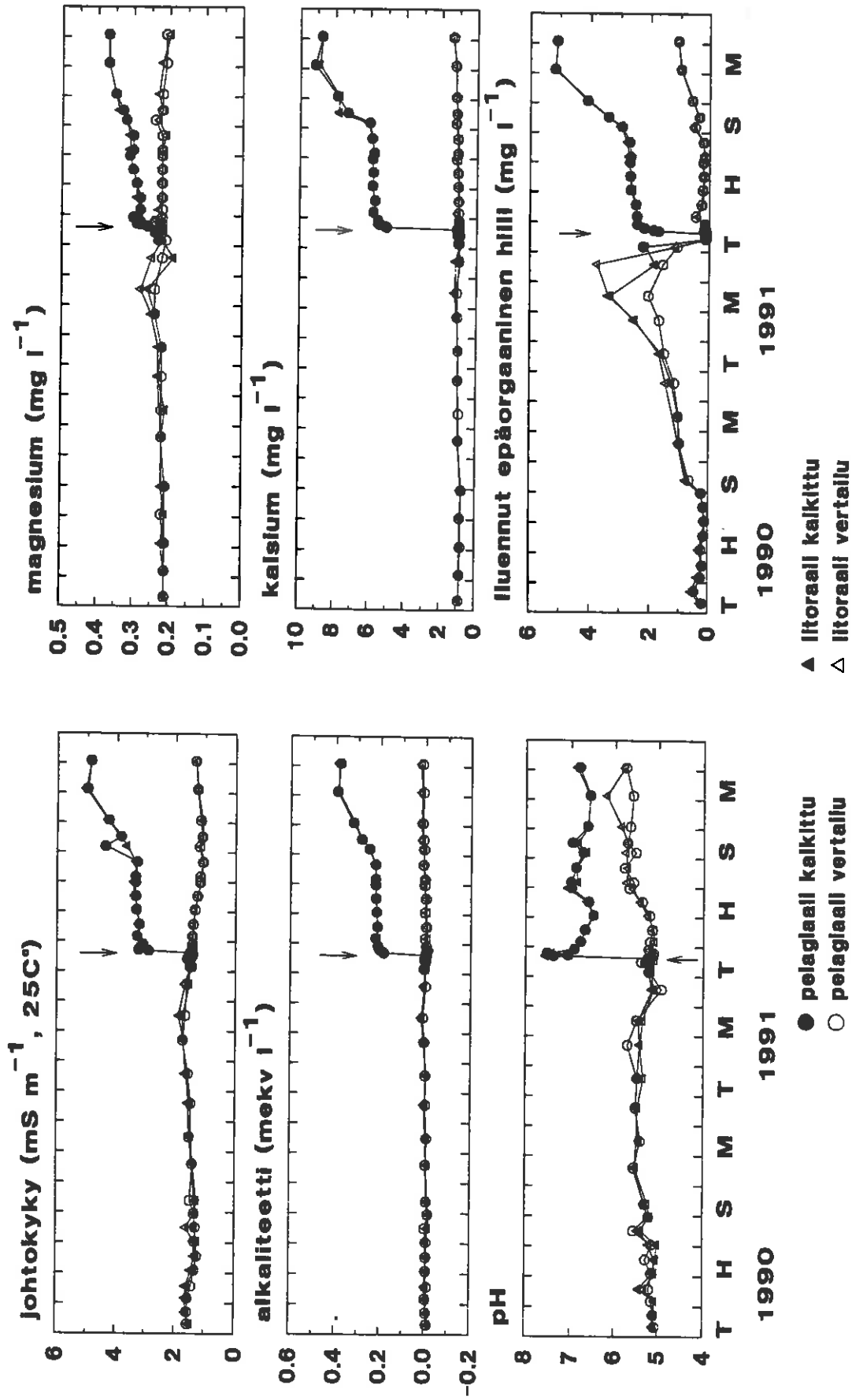
4. VEDEN KEMIA

Keväällä 1991 jäät sulivat Iso Valkjärvestä 30.4.1991. Kevättäyskierto jatkui järven jaon jälkeen (3.5.) vielä 4-5 päivää. Kemiallisissa ominaisuuksissa syntyi puoliskojen välille eroja kun tilavuudeltaan erilaiset alusvedet sekoittuivat päällysveteen kierron aikana. Puolten väliset erot ehtivät kuitenkin pääosin tasaantua kalkitukseen mennessä, jolloin molemmat puolet olivat jo kerrostuneita.

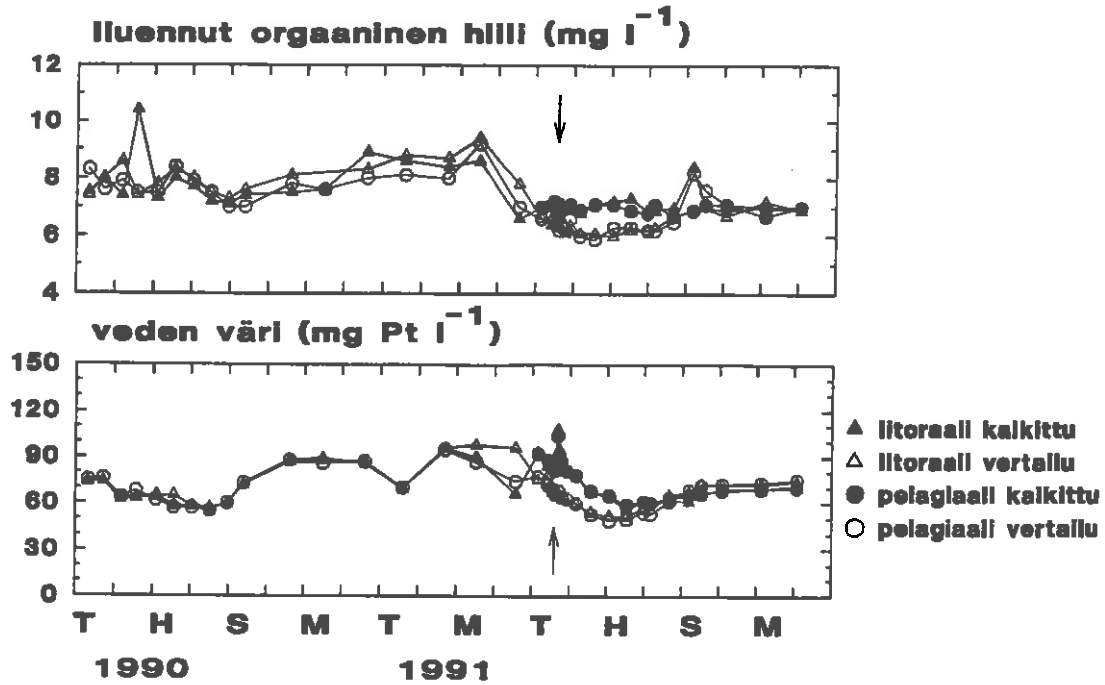
Veden pH, alkaliteetti ja sähkönjohtavuus sekä epäorgaanisen hiilen, kalsiumin ja magnesiumin pitoisuudet kohosivat kalkituksen seurauksena (kuva 2). Liunneen epäorgaanisen hiilen pitoisuudet olivat kesällä 1990 hyvin pieniä, 0.1-0.3 mg l⁻¹. Kasviplanktonin kevätmaksimi kulutti keväällä 1991 kevätkierron seurauksena lisääntyneen epäorgaanisen hiilen päällysvedestä. Pitoisuudet olivat ennen kalkitusta kummallakin puolella jakolinjaa samaa suuruusluokkaa kuin edellisellä kesänä, mutta kalkituksen seurauksena liunneen epäorgaanisen hiilen pitoisuus lisääntyi kalkitulla puolella yli kaksikymmenkertaisesti. Lisätty CaCO₃ sisälsi epäpuhtautena magnesiumia (Weppling ym. 1992), mikä lisäsi Mg-pitoisuutta kalkitulla puolella. Syystäyskierron aikaisten Ca- ja Mg-tulosten perusteella noin 50 % järveen levitetystä kalsiumkarbonaatista on liennut ensimmäisen kesän aikana (K. Weppling, Partek, suull. tiedonanto).

Humusvesissä veden väri voi lisääntyä kalkituksen jälkeen, sillä pH:n kohotessa humusaineiden väri voimistuu (Shapiro 1964). Iso Valkjärvestä väri oli toukokuun alussa korkeampi kalkittavalla puolella (kuva 3). Kalkituksen jälkeen väri lisääntyi ja pysyi korkeana muutaman päivän, jonka jälkeen se pieneni. Vaikka väri väheni myös vertailupuolella, väriarvot olivat kalkitulla puolella syksyyn asti vertailupuolta korkeampia.

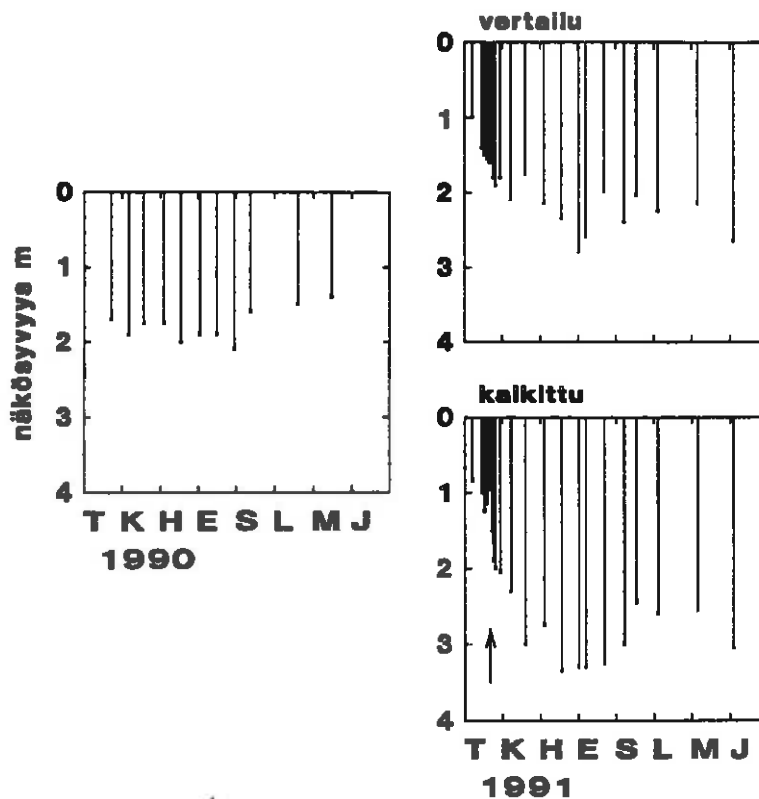
Näkösyyvyys oli ennen kalkitusta suurempi järven vertailupuolella. Näkösyyvyys lisääntyi välittömästi kalkituksen jälkeen (kuva 4). Erot näkösyyvyyksissä puolten välillä olivat



Kuva 2. Päälysveden (0-1 m) pH, alkaliteetti ja sähkönjohtavuus sekä epäorgaanisen hiilen, kalsiumin ja magnesiumin pitoisuudet Iso Valkjärvenä vuosina 1990 ja 1991. Nuoli osoittaa kalkitusajankohdan.



Kuva 3. Päälysveden (0-1 m) veden väri ja liuenneen orgaanisen hiilen pitoisuus Iso Valkjärven pinnalla vuosina 1990 ja 1991. Nuoli osoittaa kalkitusajankohdan



Kuva 4. Veden näkösyvyys Iso Valkjärven pinnalla vuosina 1990 ja 1991. Nuoli osoittaa kalkitusajankohdan.

suurimmillaan heinä-elokuussa, 0.5-1.3 m. Kirkkaissa happamissa järvissä kalkitus on usein vähentänyt näkösyvyyttä ja valon tunkeutumista veteen, mikä on liitetty liuenneen orgaanisen aineen määrän lisääntymiseen vilkastuneen hajotustoiminnan tuloksena, humuksen absorptio-ominaisuuksien muuttumiseen pH:n kohotessa ja/tai kasviplanktonbiomassan lisääntymiseen (Bukaveckas & Driscoll 1991). Humusvesissä näkösyvyys saattaa lisääntyä humusaineiden saostuessa (Heikkinen ja Alasaarela 1988). Iso Valkjärvessä näkösyvyyden lisääntyminen kalkitulla puolella johtui todennäköisesti kasviplanktonin biomassan pienenemisestä, sillä liuenneen orgaanisen hiilen pitoisuudet eivät muuttuneet (kuva 3). Näkösyvyyden lisääntyminen kalkitulla puolella ei muuttanut lämpötilan ja hapen kerrostuneisuutta verrattuna kontrollipuoleen.

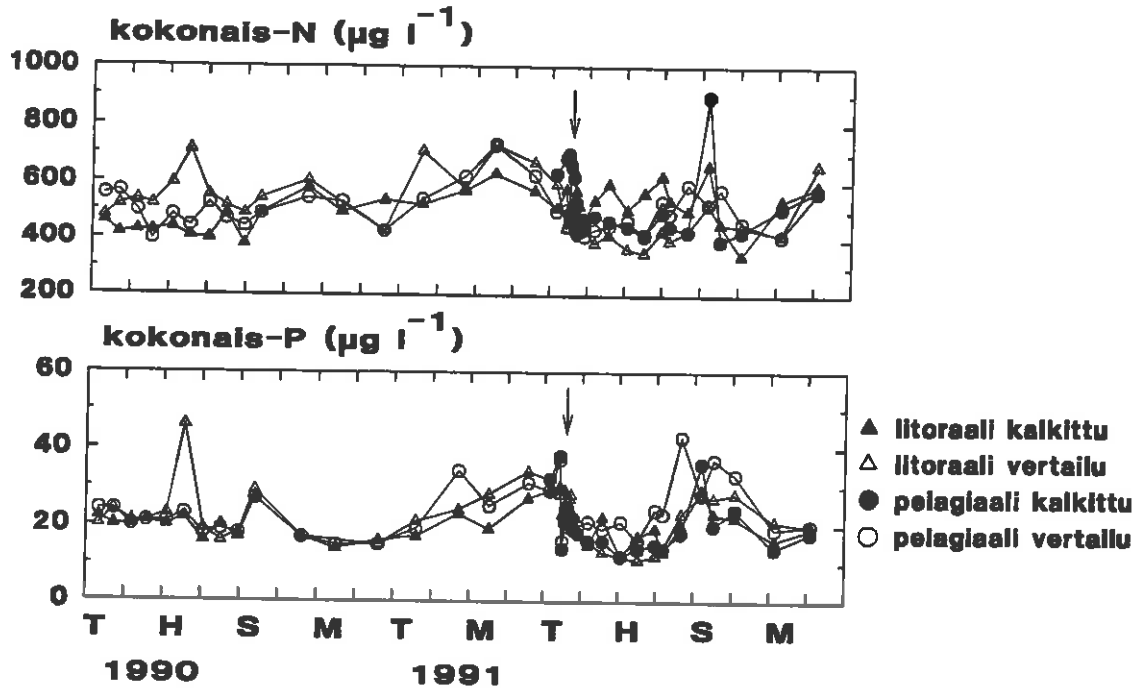
Taulukko 4. Ravinne- ja muiden ionien sekä klorofylli a:n (chl a) pitoisuudet Iso Valkjärven pelagiaalissa 0 - 1 m syvyydellä vuosina 1990 - 1991. Keskiarvo \pm SD sekä suluisia vaihteluväli. 1990: 10.5. - 11.9.1990; 1991 Vertailu: 14.5.- 16.9.1991; 1991 Kalkittu: 22.5.-16.9.1991.

	1990 n = 10	1991 vertailu n = 17	1991 kalkittu n = 13
PO ₄ (µg l ⁻¹)	1.1 \pm 0.3 (1 - 2)	1.4 \pm 0.9 (1 - 4)	1.4 \pm 0.7 (1 - 3)
NO ₂ + NO ₃ (µg l ⁻¹)	6.2 \pm 2.3 (3 - 10)	9.5 \pm 5.7 (4 - 28)	10.2 \pm 6.6 (2 - 27)
NH ₄ (µg l ⁻¹)	-	7.2 \pm 2.9 (2 - 14)	8.5 \pm 5.1 (2 - 22)
Na (mg l ⁻¹)	0.38 \pm 0.01 (0.37 - 0.40)	0.38 \pm 0.01 (0.34 - 0.40)	0.40 \pm 0.02 (0.36 - 0.42)
K (mg l ⁻¹)	0.40 \pm 0.11 (0.25 - 0.53)	0.37 \pm 0.05 (0.27 - 0.43)	0.39 \pm 0.05 (0.28 - 0.45)
Fe (mg l ⁻¹)	0.18 \pm 0.02 (0.16 - 0.21)	0.19 \pm 0.04 (0.14 - 0.26)	0.20 \pm 0.05 (0.15 - 0.35)
Al _{tot} (µg l ⁻¹) ^a	47 \pm 10 (36 - 64)	47 \pm 13 (28 - 80)	42 \pm 15 (20 - 63)
Cl (mg l ⁻¹)	0.69 \pm 0.08 (0.63 - 0.81)	0.61 \pm 0.08 (0.50 - 0.76)	0.60 \pm 0.08 (0.46 - 0.71)
SO ₄ (mg l ⁻¹)	2.3 \pm 0.3 (1.9 - 2.6)	1.3 \pm 0.5 (1.3 - 2.8)	2.6 \pm 0.2 (2.1 - 2.8)
chl a (µg l ⁻¹)	17.6 \pm 10.3 (5.7 - 35.7)	28.8 \pm 23.9 (5.3 - 97.8)	12.5 \pm 15.1 (5.2 - 55.5)

^{a)} 1990; n = 5

Kalkituksen jälkeen fosforin kokonaispitoisuudet pysyivät pelagiaalissa pienempinä kuin vertailupuolella (kuva 5). Ero ei ole kuitenkaan selvä, jos tarkasteluun otetaan mukaan littoraalipisteet. Epäorgaanisten ravinteiden ja ionien (Ca ja Mg poissulkien) pitoisuuksissa ei tapahtunut selviä muutoksia kalkituksen jälkeen (taulukko 4). Alumiinipitoisuudet pienenivät kasvukauden aikana kummallakin puolella järveä. Kalkitulla puolella lasku oli hieman voimakkaampi, mikä saattoi johtua alumiinin saostumisesta kalkituksen

vaikutuksesta (Wright 1985, Driscoll ym. 1989). Päälysveden rauta-, kalium- ja sulfaattipitoisuudet olivat suurempia kalkitulla puolella kuin vertailupuolella.



Kuva 5. Päälysveden (0-1 m) kokonaisravinnepitoisuudet Iso Valkjärvässä vuosina 1990 ja 1991. Nuoli osoittaa kalkitusajankohdan

Kalkitusta seuranneet kemialliset muutokset olivat alusvedessä samankaltaisia kuin päälysvedessä (taulukko 5). Syystäyskierto tapahtui vertailupuolella syyskuun lopussa. Kalkitun puolen syvännealue kiersi pohjaan asti lokakuun alun jälkeen.

5. KASVIPLANKTON

5.1. Kasviplanktonin biomassa ja lajisto

Järven kasviplanktonia luonnehtii isokokoinen *Gonyostomum semen*-limalevä (Raphidophyceae), joka on esiintynyt järvässä yleisenä myös 80-luvulla (Arvola, L. ja Rask, M. julkaisematon aineisto, Arvola & Kankaala, 1989). Kesällä 1990 *G. semen* muodosti suurelta osin kasviplanktonin biomassan. Levän solulukumäärät ovat kuitenkin pieniä verrattuna moniin kulta-, nielu-, viher- ja panssarileviin. *G. semenin* esiintyminen on usein liitetty pieniin happamiin vesiin, joiden veden väri ja fosforipitoisuus ovat melko korkeat ja epäorgaanisen typen pitoisuus pieni (Hongve ym. 1988). Lajin on havaittu yleensä vähenevän kalkituksen seurauksena (Cronberg ym. 1988).

Taulukko 5. Alusveden (4 - 5 m) fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet Iso Valkjärnessä vuonna 1991. Keskiarvo \pm SD sekä suluissa vaihteluväli. Vertailu: 14.5. - 16.9.1991; Kalkittu: 22.5.- 16.9.1991.

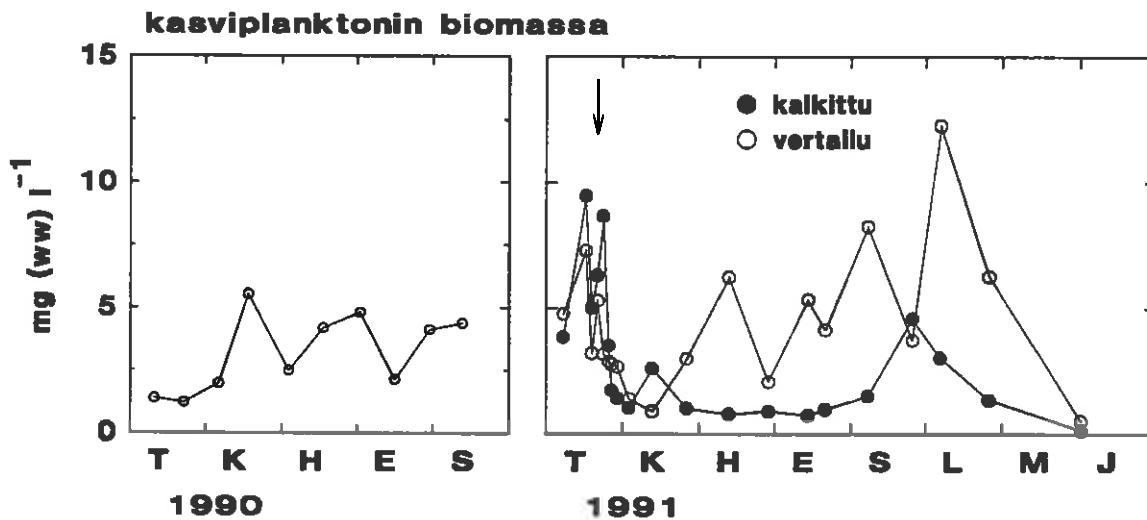
	1991 vertailu n = 17	1991 kalkittu n = 13
pH	5.24 \pm 0.24 (4,96 - 5.59)	6.54 \pm 0.14 (6.33 - 6.74)
alkaliteetti (mekv l ⁻¹)	0.024 \pm 0.034 (-0.006 - 0.084)	0.454 \pm 0.207 (0.184 - 0.716)
sähkönjoht. (mS m ⁻¹ 25°C)	1.53 \pm 0.08 (1.38 - 1.63)	5.33 \pm 1.81 (2.99 - 7.71)
veden väri (mg Pt l ⁻¹)	76 \pm 6 (67 - 88)	89 \pm 5 (80 - 99)
kokonais-P (μ g l ⁻¹)	25.3 \pm 11.7 (12 - 50)	23.2 \pm 7.7 (13 - 37)
kokonais-N (μ g l ⁻¹)	499 \pm 136 (381 - 797)	542 \pm 29 (496 - 584)
DOC (mg l ⁻¹) ^a	6.6 \pm 0.5 (6.0 - 7.7)	7.0 \pm 0.2 (6.7 - 7.5)
DIC (mg l ⁻¹) ^b	4.05 \pm 1.66 (1.98 - 6.90)	7.22 \pm 2.45 (4.25 - 10.67)
PO ₄ (μ g l ⁻¹)	1.5 \pm 0.9 (1 - 4)	1.2 \pm 0.6 (1 - 3)
NO ₂ + NO ₃ (μ g l ⁻¹)	9.6 \pm 4.1 (2 - 20)	8.2 \pm 3.5 (2 - 12)
NH ₄ (μ g l ⁻¹)	18.3 \pm 13.2 (7 - 55)	80.5 \pm 66.3 (2 - 175)
Na (mg l ⁻¹) ^c	0.39 \pm 0.05 (0.37 - 0.57)	0.40 \pm 0.01 (0.39 - 0.42)
K (mg l ⁻¹)	0.51 \pm 0.16 (0.39 - 0.86)	0.56 \pm 0.15 (0.43 - 0.85)
Ca (mg l ⁻¹)	1.09 \pm 0.11 (0.99 - 1.28)	9.88 \pm 3.93 (4.75 - 14.81)
Mg (mg l ⁻¹)	0.23 \pm 0.01 (0.22 - 0.24)	0.38 \pm 0.07 (0.29 - 0.46)
Fe (mg l ⁻¹)	0.44 \pm 0.24 (0.21 - 0.85)	0.38 \pm 0.09 (0.29 - 0.50)
Al _{tot} (μ g l ⁻¹)	56 \pm 13 (37 - 83)	52 \pm 10 (30 - 66)
Cl (mg l ⁻¹)	0.61 \pm 0.05 (0.56 - 0.69)	0.55 \pm 0.07 (0.47 - 0.71)
SO ₄ (mg l ⁻¹)	1.9 \pm 0.9 (0.5 - 2.8)	2.3 \pm 0.3 (1.8 - 2.7)
klorofylli a (μ g l ⁻¹)	43.4 \pm 51.6 (5.6 - 172.7)	47.7 \pm 52.8 (5.7 - 145.3)

a) liuennut orgaaninen hiili b) liuennut epäorgaaninen hiili c) vertailu n=16, kalkittu n=12

Iso Valkjärven kasviplanktoniyhteisö koostui toukokuussa 1991 pienten metsäjärvien kevätkukinnalle tyypillisistä siimallisista panssari-, viher-, kulta- ja nielulevistä. Kevätkukinta oli loppuillaan kalkituksen tapahtuessa, mikä näkyi kasviplanktonin biomassan ja kevätlajien vähenemisenä järven kummallakin puolella.

Kalkitus ei aiheuttanut välittömiä muutoksia kasviplanktonin yhteisörakenteeseen. Kasviplanktonin biomassassa pieneni päällysvedessä heti kalkituksen jälkeen, mikä johtui osittain kasviplanktonin kevätkukinnan loppumisesta. Biomassa pysyi kalkitulla puolella kuitenkin lähes koko kasvukauden pienempänä kuin vertailupuolella (kuva 6).

Kasviplanktonin biomassa ei useinkaan muutu kalkituksen seurauksena, sillä häviävät kasviplanktonilajit korvautuvat yleensä toisilla lajeilla (Stokes 1986, Muniz 1991). Iso Valkjärvessä kalkitun puolen pienempi biomassa johtui pääosin *G. semenin* puuttumisesta kesä-elokuussa. Lajin osuus kalkitun puolen kasviplanktonin biomassassa lisääntyi vasta elokuussa ja sitä tavattiin aina lokakuun lopulle asti.



Kuva 6. Päälyllysveden (0-1 m) kasviplanktonin biomassa Iso Valkjärven pelagiaalissa vuosina 1990 ja 1991. Nuoli osoittaa kalkitusajankohdan.

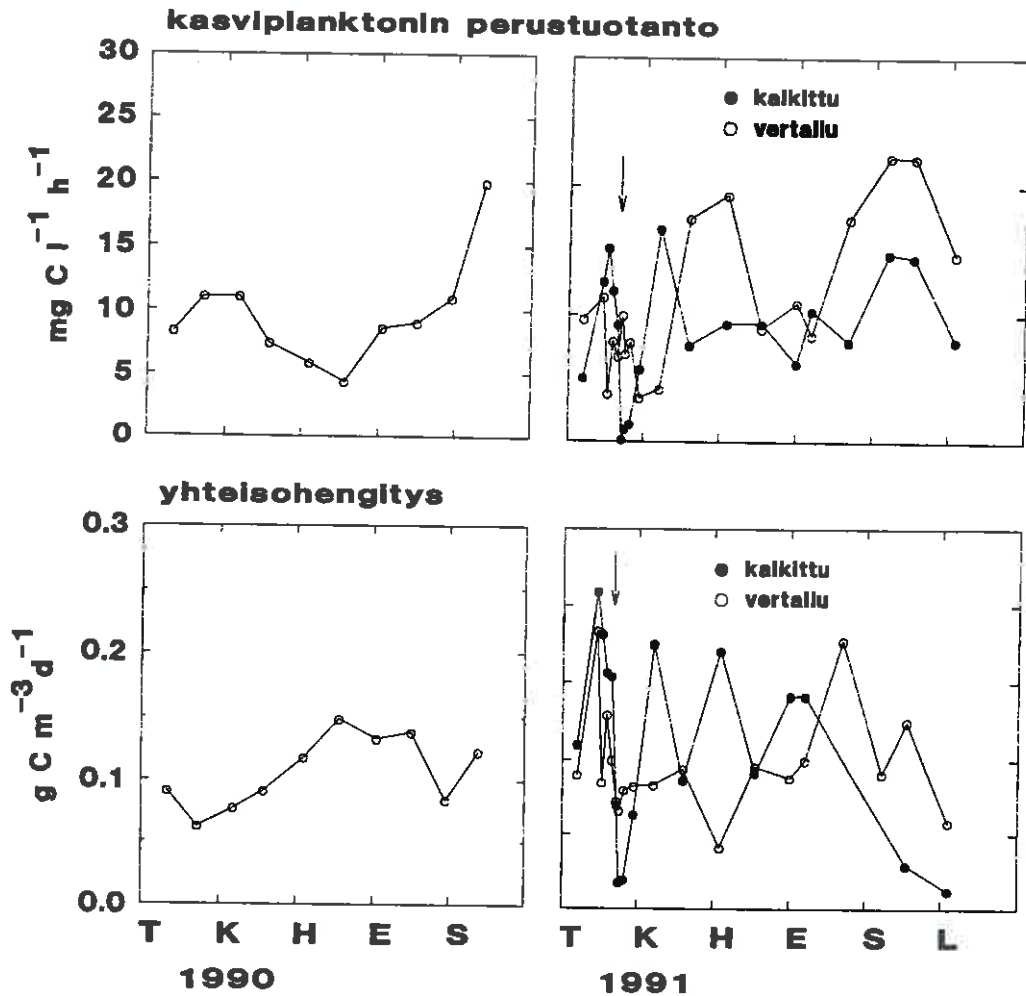
Alkukesällä kalkitun puolen kasviplanktoniyhteisö koostui panssari-, nielu- ja kultalevistä. Kesä- ja heinäkuun vaihteessa *Synedra*-suvun piilevät runsastuivat hetkellisesti. Heinä- ja elokuussa *Rhodomonas lacustris*-nielulevä muodosti suurelta osin kasviplanktonin biomassan ja solulukumäärät. Vertailupuolella sitä ei tavattu lainkaan. Lajin esiintyminen kalkituksen jälkeen voi liittyä kohonneeseen pH-arvoon, sillä *R. lacustris* esiintyy yleisemmin vesissä, joissa pH-arvo on vähintään 6 (Arvola 1986). Kasviplanktonin lajistossa ja runsaussuhteissa oli muitakin eroja puolten välillä.

Vertailupuolella leväryhmien osuudet kokonaisbiomassasta ja solulukumääristä eivät poikenneet vuoden 1990 tuloksista. Kesällä 1991 kasviplanktonin biomassa muodostui lähinnä kultalevistä ja *Gonyostomum semen*-levästä.

5.2. Kasviplanktonin tuotanto ja planktoniyhteisön hengitys

Kasviplanktonin perustuotanto ja planktoniyhteisön kokonaishengitys pienuivat kalkitulla puolella heti kalkituksen jälkeen ja pysyivät alhaisina sitä seuranneet päivät (kuva 7). Kesäkuun alussa perustuotanto lisääntyi, mutta se pysyi pienempänä kuin

vertailupuolella. Kummallakin järven puoliskolla perustuotanto vaihteli suuresti kesän aikana vuoteen 1990 verrattuna.



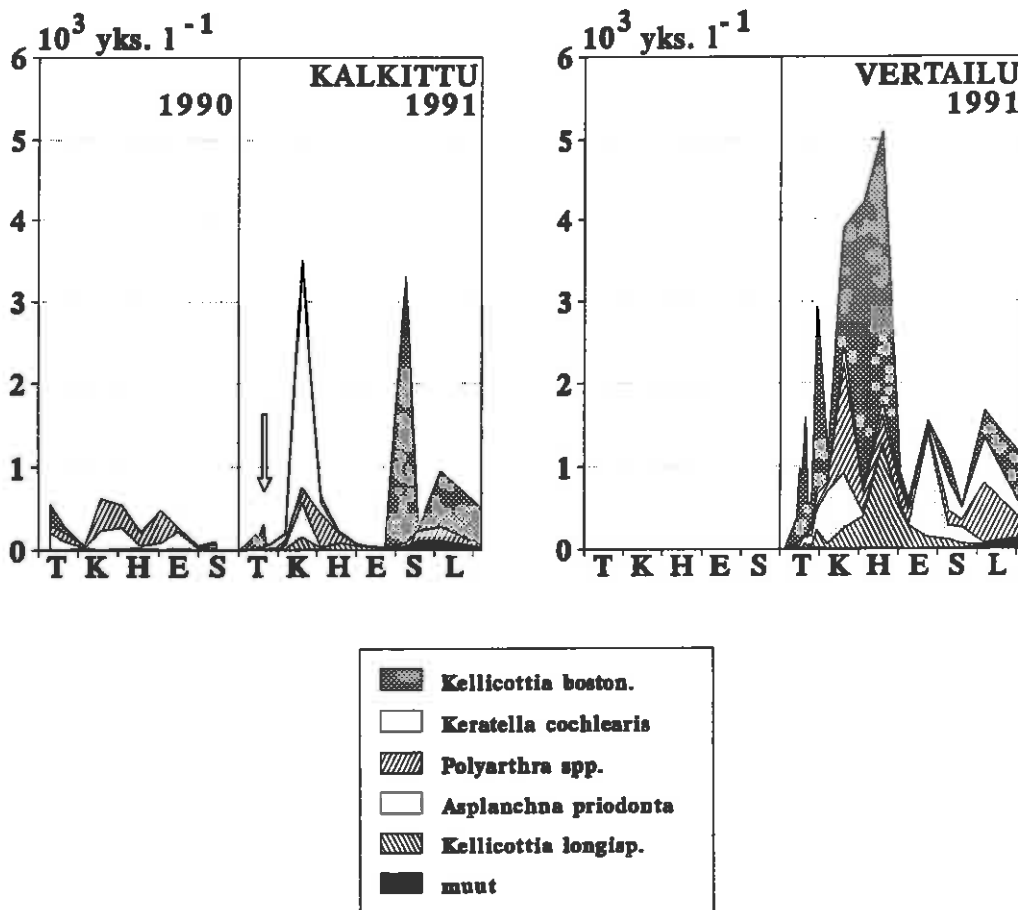
Kuva 7. Kasviplanktonin perustuotanto (yläkuva) ja planktonyhteisön kokonaishengitys (alakuva) 0.5 m syvyydellä Iso Valkjärvässä vuosina 1990 ja 1991. Nuoli osoittaa kalkitusajankohdan.

6. ELÄINPLANKTON

Iso Valkjärvässä alkueläinyhteisö koostui *Strombidium*- ja *Halteria*-sukujen ripsieläimistä sekä suuresta joukosta muita ripsi- ja siimaeliöitä. Ripsieläinten lukumäärät pienenevät selvästi heti kalkituksen jälkeen ja niiden tiheys lisääntyi vasta parin viikon kuluttua kalkituksesta.

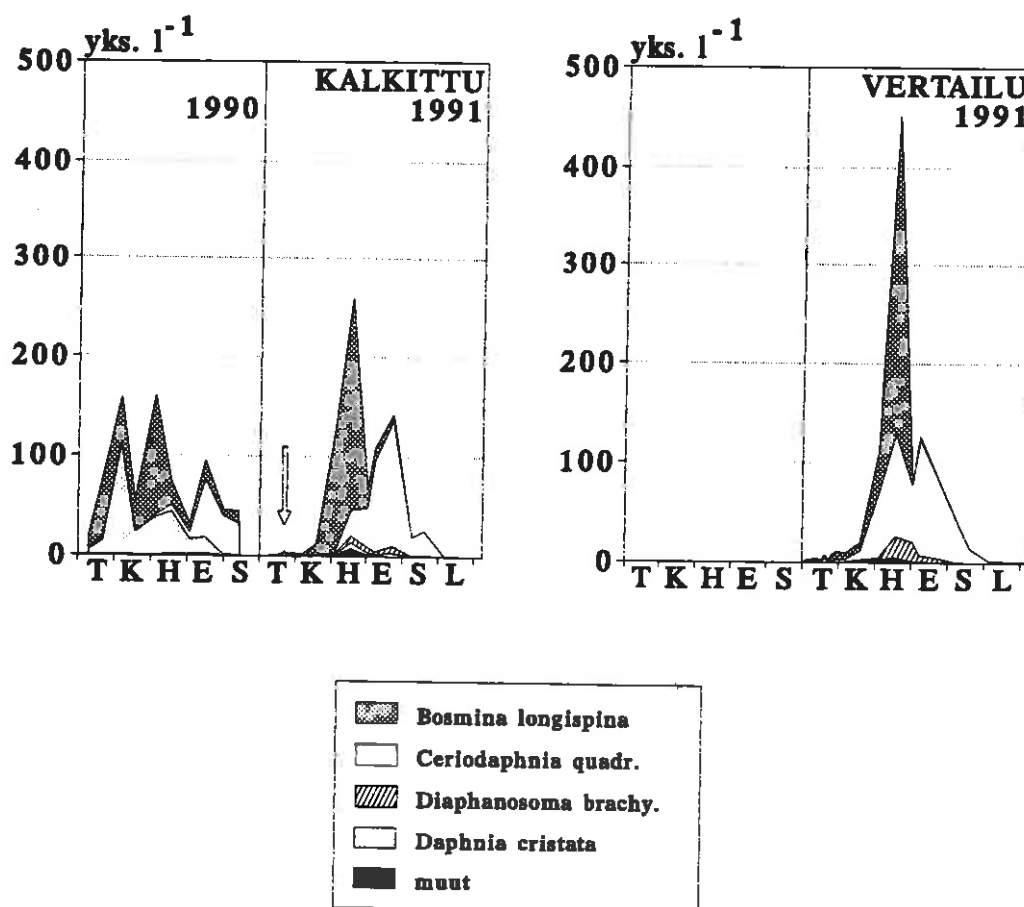
Rataseläinten lukumäärissä ja runsaussuhteissa oli selviä eroja järven puolten välillä. Rataseläinten tiheydet olivat kalkitulla puolella maksimitiheyksiä lukuunottamatta samalla

tasolla kuin vuonna 1990, mutta vertailupuolella tiheydet olivat huomattavasti suurempia (kuva 8). Toukokuun alussa *Kellicottia bostoniensis* dominoi kummallakin puolella järveä. Kalkituksen jälkeen laji esiintyi hyvin harvalukuisena kunnes alkoi runsastua jälleen elokuussa. Vertailupuolella *K.bostoniensis* oli runsas koko kesän. Laji dominoi molempien puolten väli- ja alusvedessä. Pienet rataseläintiheydet kalkitulla puolella heinä-elokuussa 1991 saattoivat johtua runsastuneiden Cyclopoida-hankajalkaisten saalistuksesta. Yleensä rataseläinyhteisön rakenne pysyy suurelta osin samana kalkituksen jälkeen, mutta tiheydet kasvavat (Henrikson ym. 1985).



Kuva 8. Rataseläinten tiheydet ja lajien suhteelliset runsaudet Iso Valkjärven pelagiaalissa (0-1 m) vuosina 1990 ja 1991. Nuoli osoittaa kalkitusajankohdan.

Iso Valkjärvässä vesikirppuyhteisö oli varsin samanlainen vuosina 1990 ja 1991. Alkukesällä valtalajina oli *Bosmina longispina* ja loppukesällä *Ceriodaphnia quadrangula* (kuva 9). Useat *Daphnia*-vesikirppulajit ovat happamuudelle herkkiä ja ne ovat yleensä lisääntyneet kalkituksen jälkeen (Salonen ym. 1990, Muniz 1991). Vuonna 1990 järvässä yleisenä esiintyneen *Daphnia cristatan* lukumäärät olivat hyvin pieniä vuonna 1991 kummallakin puolella järveä.

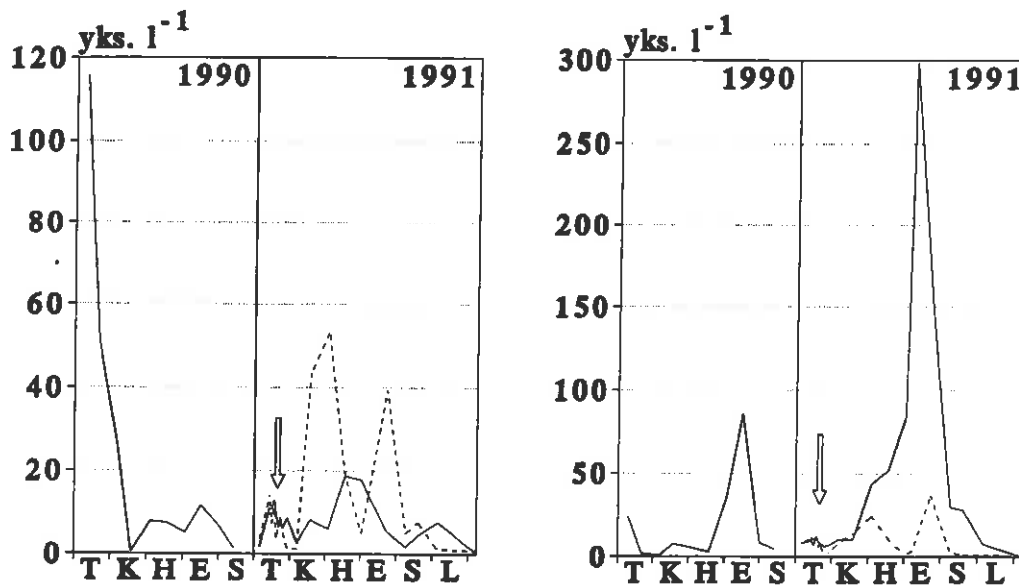


Kuva 9. Vesikirppujen tiheydet ja lajien suhteelliset runsaudet Iso Valkjärven pelagiaalissa (0-1 m) vuosina 1990 ja 1991. Nuoli osoittaa kalkitusajankohdan

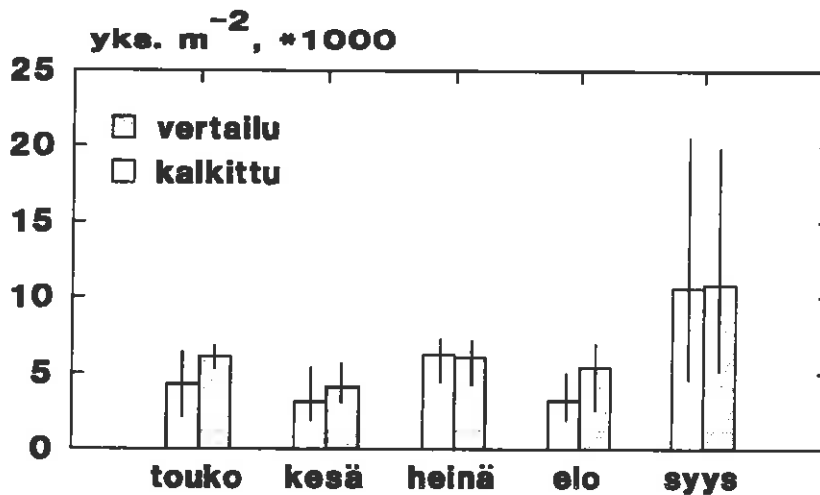
Cyclopoida-hankajalkaisten lukumäärät vaihtelivat huomattavasti kalkitulla puolella. Kesällä 1991 maksimitiheydet olivat jopa nelinkertaisia vertailupuoleen ja vuoteen 1990 verrattuna (kuva 10). *Cyclops scutifer* ja *Mesocyclops leuckarti* olivat ainoat lajit molempina vuosina. Nauplius-toukkien tiheyksissä ei ollut eroja litoraalipisteiden välillä, mutta pelagiaalissa nauplius-tiheydet olivat kalkitulla puolella pienempiä kuin kontrollipuolella ja vuonna 1990.

7. POHJAELÄIMET

Pohjaeläimistön kokonaistiheys oli touko-elokuussa 1991 noin 5000 yks. m⁻². Syyskuussa tiheydet olivat noin kaksinkertaiset. Tiheydet olivat samaa suuruusluokkaa kalkitulla puolella ja vertailupuolella (kuva 11). Myös taksoneittain tarkasteltuna pohjaeläinten tiheydet olivat samankaltaiset jakolinjan molemmin puolin (kuva 12). Surviaissääskien

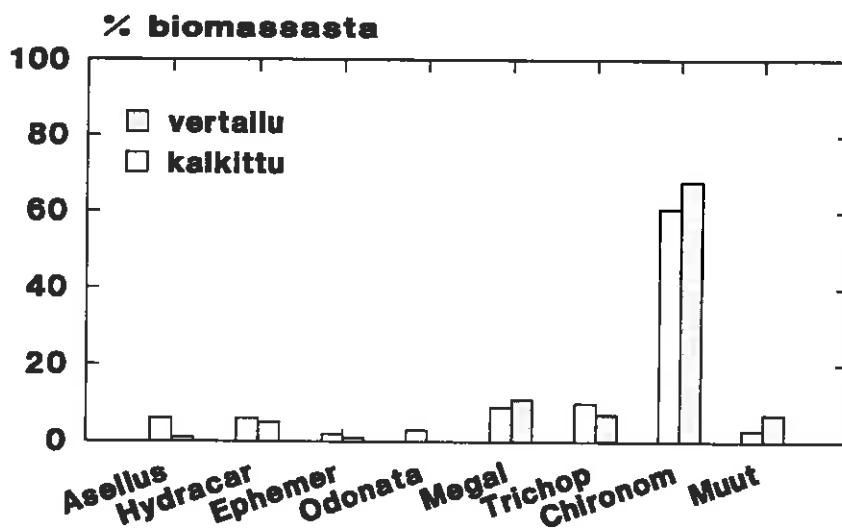


Kuva 10. Cyclopoida-hankajalkaisten (vasen kuva) ja nauplius-toukkien (oikea kuva) tiheydet Iso Valkjärven pelagiaalissa (0-1 m) vuosina 1990 ja 1991. (katkoviiva=kalkittu puoli).

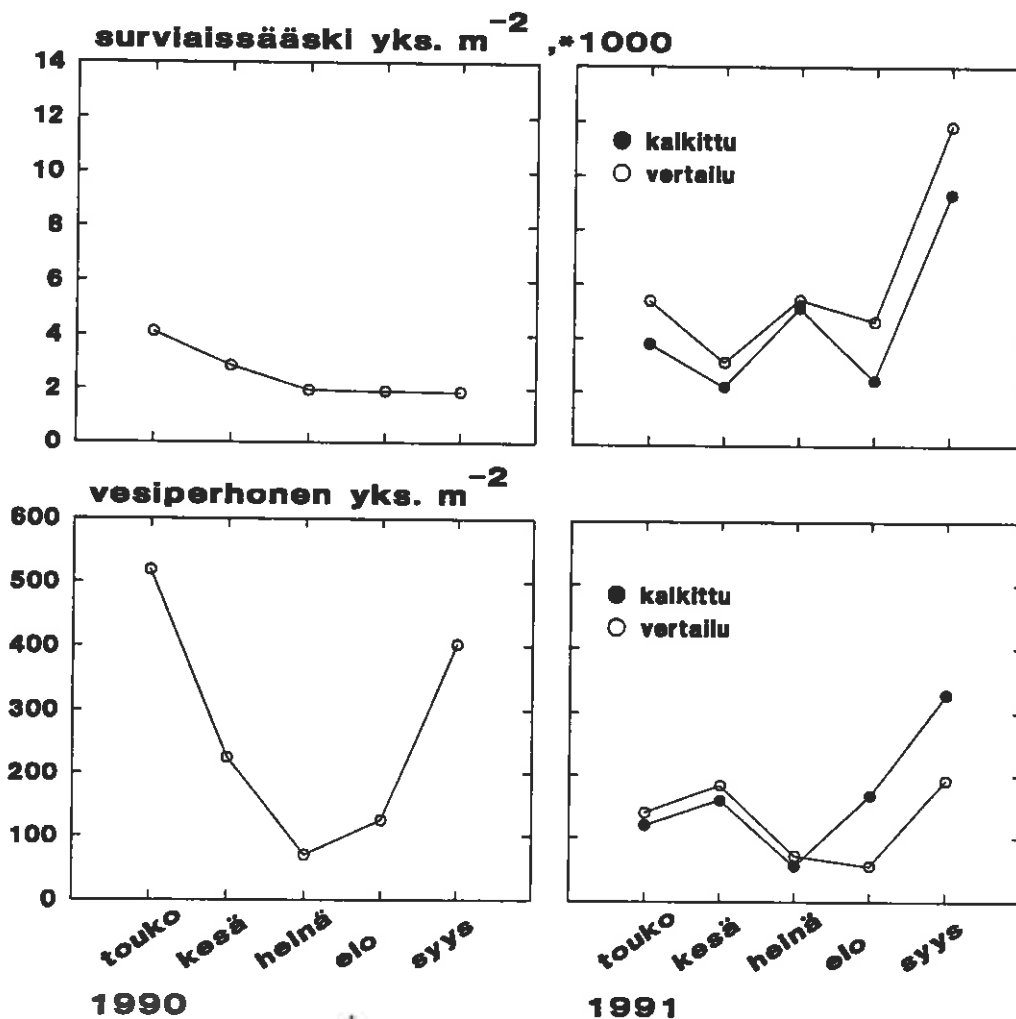


Kuva 11. Pohjaeläimistön kokonaistiheydet (keskiarvo ja vaihteluväli) Iso Valkjärven kalkitulla ja vertailupuolella kesällä 1991.

toukkien osuus pohjaeläinten lukumäärästä oli keskimäärin 80-90 % ja biomassasta 60-70 % (kuvat 12 ja 13). Vesiperhostoukkien ja kaislakorentojen osuudet biomassasta olivat kymmenisen prosenttia. Pohjaeläinyhteisön rakenne Iso Valkjärvässä poikkeaa selvästi pidemmälle happamoituneista järvistä, missä kalapredaation pienentyessä selkärangattomat pedot (mm: sudenkorentojen toukat ja suurmalluiset) runsastuvat suhteellisesti (Eriksson ym. 1980). Kalkitun ja vertailupuolen pohjaeläimistön samankaltaisuus antaa hyvän lähtökohdan kalkituksen vaikutusten seuraamiselle tulevana



Kuva 12. Iso Valkjärven pohjaeläimistön koostumus prosentteina biomassasta (tuorepaino) syyskuussa 1991.



Kuva 13. Surviaissäskien (yläkuva) ja vesiperhosten (alakuva) toukkien tiheydet Iso Valkjärnessä vuosina 1990 ja 1991.

vuosina; mahdollisten vaikutusten odotetaan ilmenevän usean vuoden kuluessa. Ruotsalaisten tutkimusten mukaan litoraalin pohjaeläinyhteisöt runsastuivat 2-3 vuodessa kalkituksen jälkeen. Yhdeksän järven keskiarvojen perusteella pohjaeläinten tiheys oli 2-4 kertaa suurempi kuin ennen kalkitusta (Eriksson ym. 1983).

Rahkasammallautan alla muiden ryhmien suhteellinen osuus oli surviaistoukkiin verrattuna suurempi. Vesiperhostoukkien, vesipunkkien, vesisiiran (*Asellus aquaticus*) ja etenkin päivänkorenontoukkien osuudet olivat ajoittain yli 20 %. Eri ryhmien runsaussuhteet vaihtelivat samaan tapaan jakolinjan molemmilla puolilla.

Haranäytteiden antama kuva pohjasammalkasvuston eläimistöä kalkitulla puolella poikkesi huomattavasti vertailupuolen vastaavasta. Kalkitulla puolella oli runsaasti surviaissääsken ja sulkasääsken toukkia, vesisiiraja ja harvasukamatoja kun taas vertailupuolella oli - etenkin kasvukauden alkupuoliskolla - lähes yksinomaan harvasukamatoja. Ero saattaa selittyä näytepisteiden erilaisella happitilanteella. Jatkossa on pohdittava näytteenottoa paikkojen valintaa ja näytteenottoa tapaa, esimerkiksi aktiivisesti liikkuvia selkärangattomia pyydystävien pyydysten käyttöä.

8. KALATUTKIMUKSET

8.1. Ahvenpopulaation koko

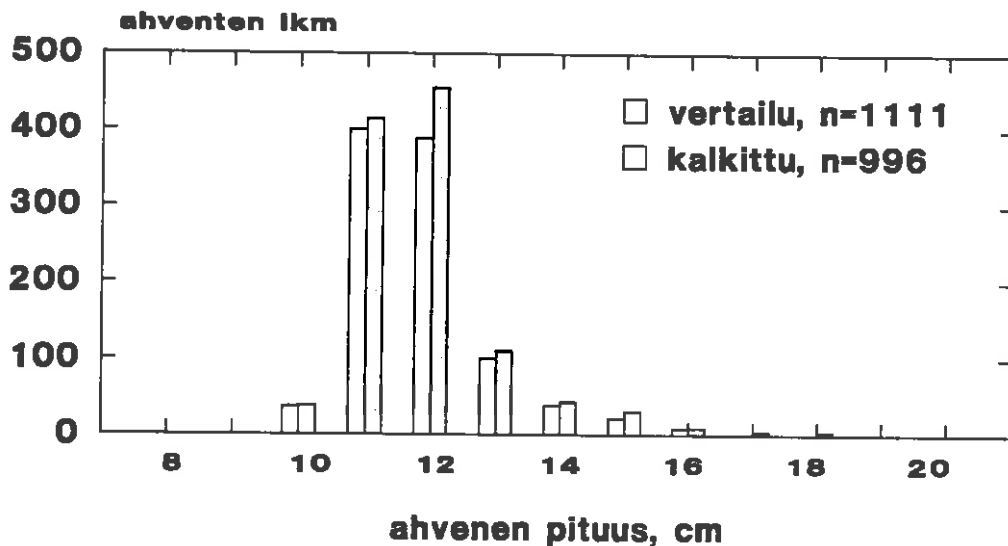
Vuonna 1990 ahvenkannan kooksi arvioitiin 11160 ± 400 vähintään yhdeksän sentin mittaista kalaa, mikä merkitsi $2660 \text{ kalaa ha}^{-1}$ (Rask 1991). Biomassa oli kaikkiaan 180 kg, eli 47 kg ha^{-1} . Kevään 1991 merkintä ja takaisinpyynti osoitti, että ahvenkanta oli jakautunut sekä kannan tiheyden että hehtaarihiomassan suhteen tasaisesti kummallekin puolelle jakolinjaa (taulukko 6).

Taulukko 6. Ahvenmerkinnän tulokset keväällä 1991.

	kalkittu	vertailu
merkittyjä ahvenia	996	1111
populaatioarvio \pm SE	4600 ± 496	3370 ± 324
tiheys (yks. ha^{-1})	2082	2054
biomassa (kg)	78.2	58.2
(kg ha^{-1})	35.4	35.5

Ahvenkannan tiheys on Iso Valkjärvessä suuri, mikä on tyypillistä pienille metsäjärville (vrt. Rask 1989). Voimakkaasti happamoituneista järivistä, joiden pH on jatkuvasti < 5,0, tavattiin keväällä 1986 ahventiheyksiä 0-250 kalaa ha⁻¹, siis korkeintaan kymmenesosa Iso Valkjärven tiheyksistä (Lappalainen ym. 1988). Näissä järvissä ahvenen lisääntyminen on estynyt osittain tai kokonaan veden happamuuden ja korkean alumiinipitoisuuden vuoksi. Myös Iso Valkjärvessä on havaittu hieman normaalia suurempaa ahvenen alkioiden kuolleisuutta (Tuunainen ym. 1991), mutta se ei ole vaikuttanut kannan tiheyteen tai rakenteeseen.

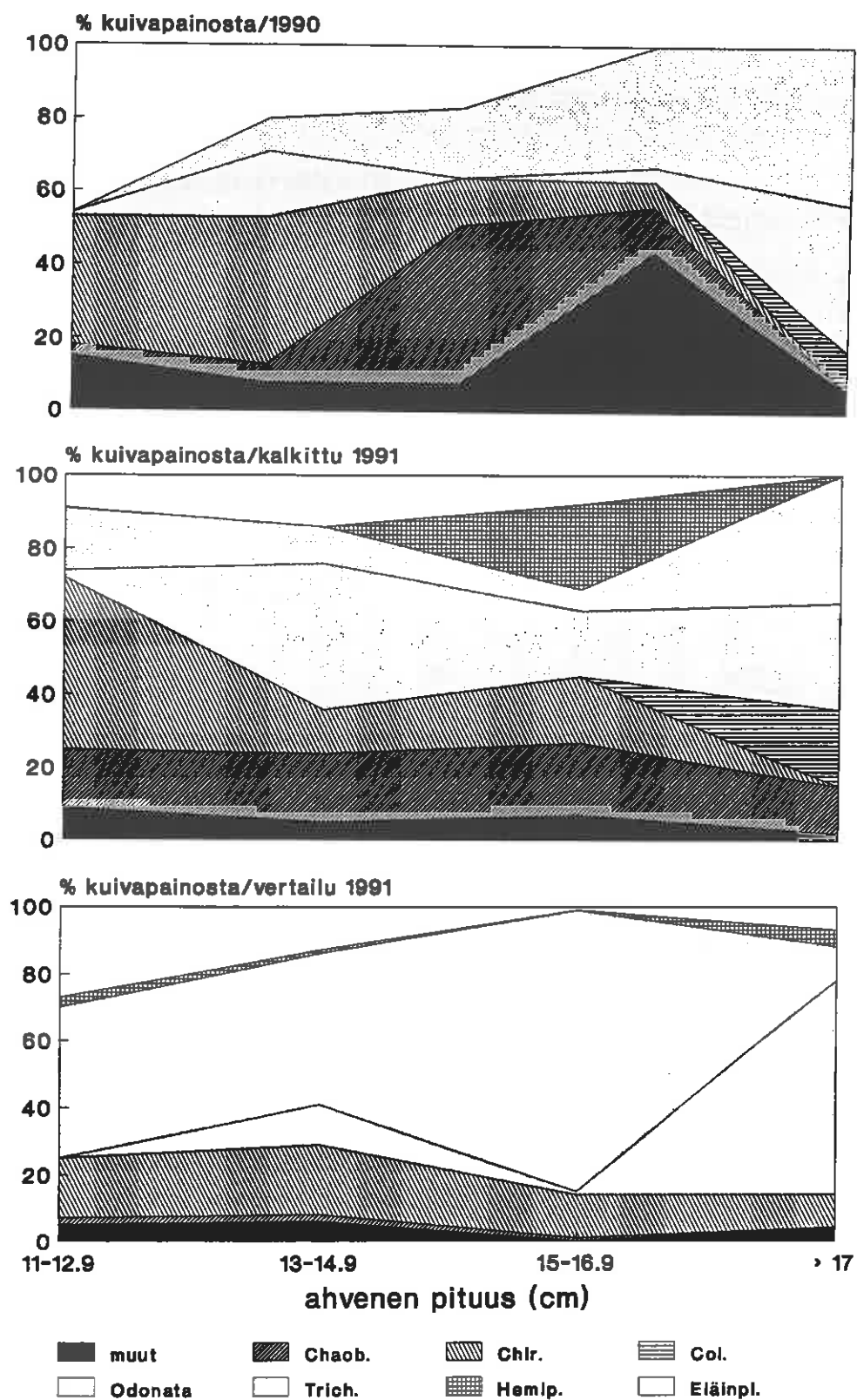
Pituusluokkiin 8,9 ja 9,9 cm kuuluvien kalojen puuttuminen (kuva 14) osoittaa, että uutta vuosiluokkaa ei ollut kasvanut pyyntikokoon kesän 1990 aikana. Vallitsevat pituusluokat olivat 11 ja 12 cm kuten edellisenäkin keväänä (Rask 1991), mistä voidaan päätellä, että kalat kasvavat varsin hitaasti. Hidas kasvu johtuu kannan suuresta tiheydestä, joka perustuu vuonna 1987 syntyneeseen vuosiluokkaan. Vuosien 1990 ja 1991 populaatioarvioiden perusteella kokonaiskuolleisuus vuoden aikana oli ollut n. 29 %, josta näytteenoton osuus on vajaan kolme prosenttiyksikköä.



Kuva 14. Ahventen pituusjakauma Iso Valkjärvessä toukokuussa 1991.

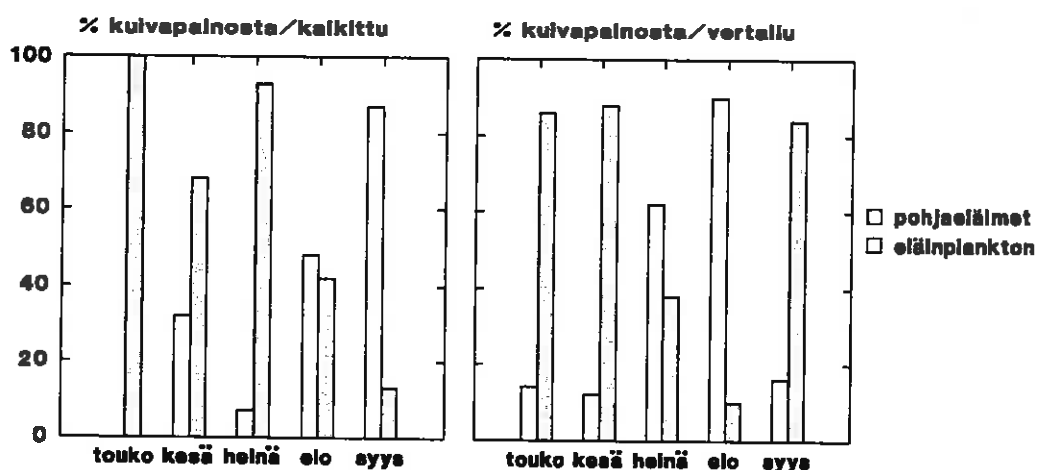
8.2. Ahvenen ravinto

Ahvenen tärkeintä ravintoa vuonna 1991 olivat järven kummallakin puolella eläinplankton, vesiperhosten, sudenkorentojen, surviaissääskien ja sulkasääskien toukat ja/tai kotelot. Vertailupuolella erityisesti pituusluokan 15-16,9 cm ahvenet olivat syöneet runsaasti vesiperhosen toukkia (kuva 15). Vesiperhostoukkien tiheys pohjaeläinnäytteissä oli



Kuva 15. Eri kokoisten ahvertten ravinnon koostumus (prosentteina kuivapainosta) Iso Valkjärven järvessä 1991.

samaa suuruusluokkaa jakolinjan molemmin puolin (kuva 12), joten ero ei johtunut kalkituksen aiheuttamasta erosta kyseisten ravintokohteiden saannissa. Pohjaeläimet olivat muutoinkin ahvenen tärkeintä ravintoa, mutta eläinplanktonin suhteellinen osuus oli merkittävä erityisesti pituusluokan 11-12,9 cm ahvenilla loppukesällä (kuva 16), jolloin äyriäisplankton oli runsaimmillaan. Iso Valkjärven ahventen ravinto on varsin samanlainen kuin muissa Evon järvissä (Meriläinen ja Paasivirta 1979, Rask 1986).



Kuva 16. Pohjaeläinten ja eläinplanktonin osuudet (prosentteina kuivapainosta) pituusluokan 11-12,9 cm ahvenilla Iso Valkjärvässä kasvukaudella 1991.

Eläinplankton- ja pohjaeläinyhteisöjen mahdollisten muutosten vaikutus ahvenen ravintoon ilmennee kahden tai kolmen vuoden kuluttua. Ruotsissa on tehty havaintoja mm. vesisiiran osuuden suurentumisesta hyönteistoukkien kustannuksella sekä eläinplanktonin merkityksen ainakin tilapäisestä vähentymisestä (Eriksson ym. 1983). Vastaavasti ahvenkannan tuleva kehitys vaikuttaa sekä eläinplanktoniin että pohjaeläimistöön.

9. TIIVISTELMÄ

Iso Valkjärven kalkitustutkimus selvittää muutoksia, joita tapahtuu happamoituneen järven ekosysteemin rakenteessa ja toiminnassa kun järvi neutraloidaan. Tavanomaisen koejärvi/tutkimusjärvi-järjestelyn sijasta Iso Valkjärvi jaettiin muovikalvolla kahteen osaan, joista toinen kalkittiin ja toinen jätettiin käsittelemättömäksi vertailupuoleksi. Tutkimus aloitettiin vuonna 1990 ja se tulee jatkumaan vähintään 3-5 vuotta. Tutkimushankkeeseen osallistuu tutkijoita useista eri tutkimuslaitoksista. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen Evon kalastuskoeasema huolehtii projektin kala- ja rapututkimuksista yhdessä laitoksen muiden yksiköiden kanssa. Helsingin yliopiston Lammin biologinen asema vastaa veden fysikaalisten ja kemiallisten tekijöiden sekä planktonyhteisöjen tutkimuksesta. Vesi- ja ympäristöhallituksen tutkijat selvittävät metyylielohopean dynamiikkaa, kalojen elohopeapitoisuuksia sekä alumiinin esiintymistä järvessä. Säteilyturvakeskus määrittää Iso Valkjärven veden ja eliöiden cesiumpitoisuuksia.

Järven fysikaalisten, kemiallisten ja biologisten ominaisuuksien tutkiminen aloitettiin vuonna 1990. Keväällä 1991 järvi jaettiin muoviverholla kahteen puoliskoon. Järven läntinen puolisko neutraloitiin kalsiumkarbonaatilla toukokuun 1991 lopulla. Kalkitus nosti veden pH:n arvosta 5,0-5,5 lähelle neutraalia (pH 6,5-7,0) ja alkaliteetin arvosta $\pm 0,0$ mekv l⁻¹ tasolle 0,2-0,3 mekv l⁻¹. Kalkituksen seurauksena myös kalsiumin, magnesiumin ja liunneen epäorgaanisen hiilen pitoisuudet sekä näkösyvyys lisääntyivät. Muita selviä muutoksia ei havaittu veden fysikaalisissa ja kemiallisissa tekijöissä ensimmäisenä kesänä kalkituksen jälkeen.

Kalkituksen välittömänä seurauksena kasviplanktonin perustuotanto, planktonyhteisön kokonaishengitys ja ripsieläinten tiheydet pienenivät selvästi. Nämä välittömät ja kestoaltaan lyhytaikaiset vaikutukset johtuivat pääasiassa kalkituksen veden kemiassa aiheuttamista muutoksista. Kasviplanktonin biomassa oli kesällä 1991 pienempi kalkitulla puolella järveä kuin vertailupuolella, mikä johtui lähinnä eroista kasviplanktonin lajistossa puoliskojen välillä. Vuoden 1991 tulosten perusteella kalkitun ja vertailupuolen eläinplanktonyhteisöt eivät eronneet merkittävästi toisistaan. Pohjaeläinten ja ahventen tiheydet olivat järven jaon jälkeen samaa suuruusluokkaa järven molemmilla puolilla. Pohjaeläinyhteisöissä ja/tai eläinplanktonissa mahdollisesti myöhemmin tapahtuvat kalkituksen aiheuttamat muutokset voivat heijastua ekosysteemissä sekä alemmille (bakteerit, kasviplankton, alkueläimet) että ylemmille (ahven) ravintoketjun tasoille.

10. SAMMANDRAG

Kalkningsundersökningen i Iso Valkjärvi utreder förändringarna i strukturen och funktionen hos ekosystemen i en försurad sjö då den neutraliseras. Sjön uppdelades med hjälp av en plasthinna i två hälfter, av vilka den ena kalkades och den andra lämnades obehandlad som jämförelse. Undersökningen inleddes år 1990 och kommer att fortgå i åtminstone 3-5 år. I projektet samarbetar forskare från flera olika forskningsinstitut. Vilt- och fiskeriforskningsinstitutets fiskeriforskningsstation i Evois står tillsammans med institutets övriga enheter för fisk- och kräftundersökningarna. Helsingfors universitets biologiska station i Lammi svarar för undersökningarna av vattnets fysikaliska och kemiska faktorer samt för undersökningarna av planktonsamhällena. Forskare vid Vatten- och miljöstyrelsen utreder metylkvicksilvrets dynamik, fiskens kvicksilverhalter och förekomsten av aluminium i sjön. Strålsäkerhetscentralen bestämmer cesiumhalterna i Iso Valkjärvis vatten och organismer.

Undersökningen av sjöns fysikaliska, kemiska och biologiska egenskaper inleddes år 1990. Våren 1991 delades sjön i två hälfter med en plasthinna. Den västra halvan neutraliserades med kalciumkarbonat i slutet av maj 1991. Kalkningen höjde vattnets pH-värde från 5,0 - 5,5 till nära neutralt (pH 6,5 - 7,0) och alkaliteten från värdet $\pm 0,0$ mekv l⁻¹ till nivån 0,2 - 0,3 mekv l⁻¹. Som en följd av kalkningen ökade också halterna av kalcium, magnesium och löst oorganiskt kol samt siktdjupet. I övrigt kunde inga tydliga förändringar iakttagas i vattnets fysikaliska och kemiska egenskaper under den första sommaren efter kalkningen.

En direkt följd av kalkningen var att primärproduktionen av växtplankton, planktonsamhällets totalrespiration och ciliattätheten klart minskade. Dessa omedelbara och snabbt övergående effekter berodde i huvudsak på de förändringar som kalkningen förorsakat i vattnets kemi. Biomassan av växtplankton var under sommaren 1991 mindre i den kalkade delen av sjön än i jämförelsedelen, vilket främst berodde på skillnader i växtplanktonets artsammansättning mellan halvorna. Resultaten från år 1991 visar inga signifikanta skillnader i djurplanktonsamhällena i den kalkade och jämförelsedelen. Tätheten av bottendjur och abborrar var av samma storleksklass i båda hälfterna efter delningen. Eventuella senare förändringar i bottendjurssamhällena och/eller djurplanktonet på grund av kalkningen kan avspegla sig i ekosystemet både på lägre (bakterier, växtplankton, urdjur) och högre (abborre) nivåer av näringskedjan.

11. KIRJALLISUUS

Alasaarela, E., Havu, J., Heikkinen, K. & Weppling, K. 1990. Neutralization of acidified watercourses. Kirjassa: Kauppi, P., Anttila, P. & Kenttämies, K. (toim.), Acidification in Finland. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg. p. 1118-1125.

Arvola, L. 1986. Spring phytoplankton of 54 small lakes in southern Finland. *Hydrobiologia* 137, p.125-134.

Arvola, L. & Kankaala, P. 1989. Winter and spring variability in phyto- and bacterioplankton in lakes with different water colour. *Aqua Fennica* 19(1), p.29-39.

Bukaveckas, P.A. & Driscoll, C.T. 1991. Effects of whole-lake base addition on the optical properties of three clearwater acidic lakes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 48, p.1030-1040.

Cronberg, G., Lindmark, G. & Björk, S. 1988. Mass development of the flagellate *Gonyostomum semen* (Raphidophyta) in Swedish lakes - an effect of acidification?. *Hydrobiologia* 161, p.217-236.

Driscoll, C.T., Fordham, G.F., Ayling, W.A. & Oliver, L.M. 1989. Short-term changes in the chemistry of trace metals following calcium carbonate treatment of acidic lakes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 46, p.249-257.

Eriksson, F., Hömström, E., Mossberg, P. & Nyberg, P. 1983. Ecological effects of lime treatment of acidified lakes and rivers in Sweden. *Hydrobiologia* 101, p.145-164.

Eriksson, M.O.G., Henriksson, L., Nilsson, B.-I., Nyman, G., Oscarson, H.G., Stenson, A.E. & Larsson, K. 1980. Predatory-prey relations important for the biotic changes in acidified lakes. *Ambio* 9, p.248-249.

Hakala, I. 1971. A new model of the Kajak bottom sampler, and other improvements in the zoobenthos sampling technique. *Ann. Zool. Fennici* 8, p.422-426.

Heikkinen, K. & Alasaarela, E. 1988. Happamoituneiden vesistöjen neutralointi - kirjallisuuskatsaus. *Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja* 18. 93 s.

Henrikson, L., Nyman, H.G., Oscarson, H.G. & Stenson, J.A.E. 1985. Changes in the zooplankton community after lime treatment of an acidified lake. *Verh. Int. Verein. Limnol.* 22, p.3008-3013.

Hongve, D., Löfstad, Ö. & Björndalen, K. 1988. *Gonyostomum semen* - a new nuisance to bathers in Norwegian lakes. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 23, p.430-434.

Kauppi, P., Anttila, P. & Kenttämies, K. (toim.) 1990. Acidification in Finland. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg. 1237 pp.

Lappalainen, A., Rask, M. & Vuorinen, P.J. 1988. Acidification affects the perch, *Perca fluviatilis*, populations in small lakes of southern Finland. *Env. Biol. Fishes* 21(3), p.231-239.

Meriläinen, J. & Paasivirta, L. 1979. Food of perch (*Perca fluviatilis* L.) in two forest lakes in Evo southern Finland. *Jyväskylän yliopiston biologian laitoksen tiedonantoja* 19, p.87-94.

Muniz, I.P. 1991. Freshwater acidification: its effects on species and communities of freshwater microbes, plants and animals. *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh* 97B, p.227-254.

- Niinioja, R., Ahtiainen, M. & Holopainen, A.-L. 1990. Liming of the acidified lake Valkealampi in eastern Finland: Effects on water chemistry and phytoplankton. Kirjassa: Kauppi, P., Anttila, P. & Kenttämies, K. (toim.), Acidification in Finland. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg. p.1127-1143.
- Raitaniemi, J. & Rask, M. 1990. Preliminary observations on the effects of liming to the fish populations of small acidic lakes in southern Finland. *Aqua Fennica* 20, p.115-123.
- Rask, M. 1986. The diet and diel feeding activity of perch, *Perca fluviatilis* L., in a small lake in southern Finland. *Ann. Zool. Fennici* 23, p.49-56.
- Rask, M. 1989. Perch, *Perca fluviatilis* L., in small lakes: relations between population characteristics and lake acidity. *Int. Revue ges. Hydrobiol.* 74, p.169-178.
- Rask, M. 1991. Iso Valkjärvi research - an introduction to a multidisciplinary lake liming study. *Finnish Fish Res* 12, p.25-34.
- Salonen, K., Järvinen, M., Kuoppamäki, K. & Arvola, L. 1990. Effects of liming on the chemistry and biology of a small acid humic lake. Kirjassa: Kauppi, P., Anttila, P. & Kenttämies, K. (toim.), Acidification in Finland. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg. p.1146-1167.
- Schindler, D.W., Schmidt, R.V. & Reid, R.A. 1972. Acidification and bubbling as an alternative to filtration in determining phytoplankton production by the ¹⁴C method. *J. Fish. Res. Bd. Canada* 29, p.1627-1631.
- Shapiro, J. 1964. Effect of yellow organic acids on iron and other metals in water. *J. Am. Water Works Assoc.* 56, p.1062-1082.
- Stokes, P.M. 1986. Ecological effects of acidification on primary producers in aquatic systems. *Water, Air, and Soil. Poll.* 30, p.421-438.
- Tuunainen, P., Vuorinen, P.J., Rask, M., Järvenpää, T., Vuorinen, M., Niemelä, E., Lappalainen, A., Peuranen, S. & Raitaniemi, J. 1991. Happaman laskeuman vaikutukset kaloihin ja rapuihin, loppuraportti. *Suomen kalatalous* 57. 44 s.
- Weppling, K., Järvinen, M. & Rask, M. 1992. The Lake Iso Valkjärvi Project: ecological studies of liming on an artificially divided acidified lake in southern Finland. *Mitteilungsblatt des Hydrographischen Dienstes in Österreich* 67, p. 62-75.
- Willén, E., Pejler, Y. & Tirén, M. 1985. Räkningförfarande av växtplankton vid laboratoriet för miljökontroll, Uppsala - laboratoriehandedning. 54 pp.
- Wright, R.F. 1985. Chemistry of lake Hovvatn, Norway, following liming and reacidification. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 42, p.1103-1113.