



LUONTO JA  
LUONNONVARAT

Johanna Korhonen

# Suomen vesistöjen jääolot





Johanna Korhonen

# Suomen vesistöjen jääolot

HELSINKI 2005

Julkaisu on saatavana myös Internetistä  
[www.ymparisto.fi/julkaisut](http://www.ymparisto.fi/julkaisut)

ISBN 952-11-1954-3 (nid.)  
ISBN 952-11-1955-1 (PDF)  
ISSN 1238-7312

Kannen kuva: Terhi Korhonen  
Sivutaitto: Pirjo Lehtovaara, Kuvankäsittely: Satu Turtiainen

Edita Prima Oy  
Helsinki 2005

# Alkusanat

Tämä työ sai alkunsa kesällä 2000, jolloin yhtenä tehtävänäni oli koota tilastojulkaisu vesistöjen lämpötila- ja jäähavainnoista. Vastaava edellinen yhteenveto oli jo parinkymmenen vuoden takaa. Aineiston pinnallinen läpikäyminen toi esille sen, että siitä kannattaisi tehdä perinpohjaisempi tutkimus kuin pelkkä tilastotaulukko. Myöhemmin päätettiin, että lämpötila- ja jäähavaintoanalyysi tehdään erillään laajempina kokonaisuuksina. Lämpötilahavaintoja koskeva julkaisu valmistui vuonna 2002.

Jäähavaintoaineistoa on olemassa tuhansilta havaintopaikoilta, tosin joiltakin vain muutamien vuosien ajalta, ja useimmilla paikoilla havainnot eivät jatku enää. 1990-luvun alussa Juha Kajander kokosi olemassa olevia jääaineistoja arkistoista sähköiseen muotoon, mutta tämän jälkeen jäätymis- ja jäänlähtöaineistosta ei oltu pahemmin pidetty huolta. Aineiston läpikäyminen, tietojen tarkistaminen ja parhaimpien havaintopaikkojen valitseminen vei aikaa suunniteltua enemmän. Jäätymis- ja jäänlähtöhavaintoaineistossa oli paljon sekavuutta ja epähomogeenisuutta. Ennen aineiston analysointia tiedot käytiin läpi ja selvät virheet korjattiin. Tämä jääanalyysi onkin pitkällisen ja laajan laadunvarmistustyön jälkeen monipuolinen ja kattava Suomen sisävesien jääoloja käsittelevä julkaisu.

Kiitokset kaikille julkaisun valmistumiseen vaikuttaneille henkilöille, etenkin Juha Kajanderille tietojen keruusta sekä Esko Kuusistolle julkaisun tekoon liittyvistä ideoista ja kommentteista. Suuret kiitokset kuuluvat myös kaikille havaitsijoille, jotka ovat tuoneet oman kortensa kekoon vuosikymmenten aikana tekemällä havaintoja. Työ ei olisi myöskään lähtenyt käyntiin ilman rahoittajien tukea, siitä kiitokset Maa- ja vesitekniikan tuki ry:lle, Maa- ja metsätalousministeriölle, Ympäristöministeriölle sekä SYKELLE.

Helsingissä 15.12.2004  
Johanna Korhonen



# Sisällys

<b>Alkusanat</b> .....	<b>3</b>
<b>I Johdanto</b> .....	<b>7</b>
<b>2 Havaintoaineistot</b> .....	<b>8</b>
2.1 Jäätyminen ja jäänlähdon havainnointi .....	8
2.2 Jäänpaksuuden mittaukset.....	8
2.3 Työssä tarkastelluista jäähavaintopaikoista.....	9
2.4 Havaintojen homogeenisuustarkastelut ja edustavuus.....	10
2.4.1 Jäätyminen ja jäänlähtö.....	10
2.4.2 Jäänpaksuus.....	12
2.4.3 Pakkas- ja lämpötilasummien käyttö sarjojen homogeenisuuden arvioinnissa.....	12
2.5 Jäähavaintoverkon tila ja tulevaisuus .....	13
2.5.1 Jäätyminen ja jäänlähtö.....	13
2.5.2 Jäänpaksuus.....	14
2.5.3 Kaukokartoitus jääpeitteen seurannassa .....	15
<b>3 Luonnonvesien jään fysiikkaa</b> .....	<b>17</b>
3.1 Yleistä jäätä.....	17
3.2 Vesistön jääpeitteen muodostuminen.....	18
3.3 Jään paksuuskasvu .....	19
3.4 Jään paksuuden vaihtelu järven eri osissa.....	23
3.5 Jään kantavuus .....	24
3.6 Jäänlähtö .....	25
<b>4 Jääaineiston analyysin tulokset</b> .....	<b>27</b>
4.1 Jäätyminen ja jäänlähdon keskimääräisistä ajankohdista .....	27
4.1.1 Jääpeitekauden pituus.....	29
4.1.2 Jääpeitteen todennäköisyyskäyrät .....	30
4.1.3 Maantieteellisten tekijöiden vaikutus jäänlähtöön ja jäätymiseen.....	31
4.1.4 Jäätyminen ja jäänlähdon väliset korrelaatiot havaintopaikkojen suhteen .....	36
4.2 Jäänpaksuuden vaihteluista eri puolella Suomea .....	39
4.2.1 Maantieteellisten tekijöiden vaikutus jäänpaksuuteen.....	42
4.2.2 Jäätyminen, jäänpaksuuden ja jäänlähdon välisistä suhteista....	44
4.2.3 Jäänpaksuuden havaintopaikkojen väliset korrelaatiot.....	44
4.2.4 Jään maksimipaksuuden toistuvuuksia.....	46
4.2.5 Lumesta ja kohvasta jäällä.....	49
4.2.6 Kohvan ja lumen suhteista järven ulapalla ja lahdessa .....	52
4.3 Järvien jääolojen vertailu Kymijoen vesistöalueen pohjoisosassa .....	54
4.4 Sääolojen vaikutus jääpeitteeseen .....	58
4.4.1 Ilman ja veden lämpötila .....	58
4.4.2 Pakkas- ja lämpötilasummat .....	63
4.4.3 Pohjois-Atlantin oskillaatio eli NAO.....	66
4.5 Aikasarjat ja trendit .....	70
4.5.1 Aikajakson valinnan vaikutus trendiin .....	70
4.5.2 Jäänlähdon, jäätyminen ja jääpeiteajan aikasarjat ja trendit.....	70
4.5.3 Jäänpaksuuden aikasarjat ja trendit .....	82

4.5.4 Kohvajään ja lumen trendejä .....	89
<b>5 Ilmastonmuutoksen vaikutukset jääpeitteeseen .....</b>	<b>92</b>
<b>6 Tulosten pohdintaa .....</b>	<b>94</b>
<b>7 Johtopäätökset ja yhteenveto .....</b>	<b>97</b>
<b>8 Summary in English .....</b>	<b>100</b>
<b>Lähteet .....</b>	<b>103</b>
<b>Liitteet .....</b>	<b>106</b>
<b>Kuvailulehdet.....</b>	<b>143</b>



# Johdanto

Jääoloilla on aina ollut suuri merkitys Suomen ilmastossa. Tämän vuoksi ei ole ihme, että jäähavainnot ovat varhaisimpia hydrologisia havaintoja. Laivaliikenteelle ja siten myös kaupankäynnille jäät ovat esteenä tai ainakin hidasteena, mutta toisaalta kantava jääpeite mahdollistaa kuljetukset jäätä pitkin. Jääpeite tarjoaa myös mahdollisuuden talviseen virkistyskäyttöön kuten kalastukseen, hiihtoon, luistelemiseen, moottorikelkkailuun yms. Jääpeitteen muodostuminen ja katoaminen muuttaa suuresti vesistöjen energiatasetta, ja sillä onkin suuri merkitys vesien kemialle ja eliöstölle.

Pisin yhtenäinen sarja jäänlähdistä on Tornionjoelta, alkaen vuodesta 1693 (Johansson 1932; Kajander 1995). Myös Oulujoelta, Kemijoelta, Kyrönjoelta, Kokemäenjoelta, Aurajoelta ja Porvoonjoelta on havaintoja 1700-luvulta lähtien (Johansson 1932). Aurajoen ja Kyrönjoen havainnot eivät ole yhtenäisiä, vaan niissä on puutteita ja havainnot loppuivat SYKEN osalta Kyrönjoella vuonna 1983 ja Aurajoella 1994. Muiden Johanssonin julkaisemien jokihavaintojen jatkuvuudesta ei ole tietoa 1900-luvun alun jälkeen. Pisimmät yhtenäiset järvien jääpeitteen havaintosarjat ovat 1800-luvun alusta. Kallavedeltä on olemassa jäänlähdtietoja talvelta 1822 alkaen ja jäätymishavaintoja syksystä 1833 alkaen, Näsijärveltä molempia vuodesta 1836 alkaen ja Oulujärveltä talvelta 1854-1855 alkaen. Talvelta 1884-1885 alkaen havaintoja on jo muutamalta kymmeneltä paikalta, tosin havainnot loppuivat valitettavasti monilla paikoilla 1990-luvun puolivälin laman ja havaintoverkkojen supistuksen myötä.

Suomen vesistöjen jääpeitteestä on tehty useita julkaisuja. Heti Hydrografisen toimiston perustamisesta alkaen (myöhemmin Hydrologian toimisto) jääpeiteaikoja ja jäänpaksuuksia on julkaistu Hydrologisissa vuosikirjoissa aina nykypäivään saakka. Ensimmäinen ja melko laaja jääaiheinen tutkimus Suomessa lieenee Simojoen (1940) väitöskirja Suomen järvien jääoloista. Simojoki (1959) julkaisi myöhemmin myös Kallaveden jäähavaintosarjan. Vesihallituksen aikana 1970- ja 1980-luvulla julkaistiin paljon tilastoja sekä tutkimuksia hydrologisista muuttujista ja myös jääolosuhteista (Lemmelä ja Kuusisto 1975; Laasanen 1982; Kuusisto ja Laasanen 1980). Viimeisin laajempi yhteenveto järvien jäänpaksuuksista on kymmenisen vuoden takaa (Kuusisto 1994).

1980-luvulla herättiin myös mahdolliseen ilmaston lämpenemiseen ja alettiin tutkia jääpeitettä ilmastollisena indikaattorina. Suomen pitkät sarjat ovat olleetkin siitä lähtien esimerkkiaineistona monissa tutkimuksissa mm. Palecki ja Barry (1986), Kuusisto (1993), Magnuson ym. (2000) ja Kuusisto ja Elo (2000). Livingstone (1997) jopa esitti, että jäähavaintosarjat ovat parempia menneiden ilmaston tulkkeja kuin itse ilman lämpötilan mittaukset.

1990-luvulla Suomen järvien jääoloja alettiin mallintaa mm. SILMU- ilmastomuutoksen tutkimusohjelman myötä (mm. Huttula ym. 1992). Elo jatkoi Suomessa järvien lämpötila- ja jääolojen mallintamisen kehittämistä vielä SILMU-projektin päätyttyäkin (mm. Elo 1998; Elo ja Vavrus 2000).

# 2

## Havaintoaineistot

### 2.1 Jäätymisen ja jäänlähdön havainnointi

Jäätymisen sekä jäänlähtö on jaettu havainnoiltaan neljään eri vaiheeseen. Jäätymisen osalta ne ovat rantojen jäätymisen, lahtien jäätymisen, näköpiirin jäätymisen ja näköpiirin lopullinen jäätymisen. 1990-luvulla oli käytössä myös näköpiirin ulkopuolisten selkävesien jäätymisen. Jäänlähdössä havainnoidaan rantojen sulaminen, ulompien osien sulaminen, jään liikkuminen ja jään katoaminen näköpiiristä. 1990-luvulla oli vastaavasti käytössä lisäksi jään katoaminen näköpiirin ulkopuolisilta selkävesiltä. Kaikkia vaiheita ei välttämättä esiinny, vaan jäätymisen voi tapahtua sekä rantojen että koko järven osalta samaan aikaan. Pienissä järvissä näköpiirin jäätymisen on usein sama asia kuin lopullinen jäätymisen, ja toisaalta suurissa järvissä ei voida aina tietää pelkällä näköhavainnolla, ovatko kaukaisimmat selät jäätyneet. Joissa vastaavat jäätymisen vaiheet ovat: rannat jäässä, suurin osa uomasta jäässä, koko uoma paitsi koskipaikat jäässä ja koko uoma, myös koskipaikat jäässä. Vastaavasti sulamisvaiheet ovat: koskipaikoissa sulaa, rantojen sulaminen, jäät alkavat liikkua, jäät liikkuvat yleisesti (jäänlähtö), jäänkulkua varsinaisen jäänlähdön jälkeen ja jäänkulku lakannut.

Vesistöjen jäätymis- ja jäänlähtöhavainnointia saadaan vedenkorkeusasemilta, jäänpaksuuden ja pintalämpötilan havaintopaikoilta. Keväällä 1999 jäätymis- ja jäänlähtöhavainnointia tuli rekisteriin 70 paikalta, mutta talvella 1999-2000 havaintopaikkoja oli enää kuutisenkymmentä. Hydrologiseen tietorekisteriin on viety tähän mennessä yhteensä 114 havaintopaikan tietoja. Rekisterissä olevat aikasarjat ovat melko puutteellisia olemassa oleviin nähden, mutta tietoja tullaan jatkossa täydentämään. Jäätymisen ja jäänlähdön eri vaiheita on havaittu systemaattisesti lähinnä 1960-luvun alusta lähtien. Muutamilta asemilta jäätymisen ja jäänlähdön vaiheita on olemassa paljon pidemmältä aikajaksolta, mutta useimmilta ei ole välvaihehavainnointia yhtenäisesti.

Pisin yhtenäinen jäänlähtösarja on siis Tornionjoelta vuodesta 1693 alkaen. Tosin osa Tornionjoen sarjasta on arvioitu muiden tietojen perusteella. Pisimmät yhtenäiset järvien jääpeitteen havaintosarjat alkavat 1800-luvulla. Kallavedeltä on olemassa jäänlähtötietoja talvelta 1822 alkaen ja jäätymishavainnointia syksystä 1833 alkaen, Näsijärveltä on molempia vuodesta 1836 alkaen ja Oulujärveltä talvelta 1854-1855 alkaen. Aivan 1800-luvun lopulta havainnointia on pariltakymmeneltä järveltä ja 1910-luvulta alkaen jo useilta kymmeniltä paikoilta. Jäähavaintopaikkojen määrä supistui huomattavasti 1990-luvun laman myötä.

### 2.2 Jäänpaksuuden mittaukset

Jäänpaksuusmittauksia tehdään jääpeiteaikana kantavalla jäällä kuun 10., 20. ja 30. päivä. Ennen 1980-lukua mittaukset suoritettiin kuun 15. ja 30. päivä. Jäänpaksuudet mitataan yleensä vähintään 50 metrin päässä rannasta. Koska jäänpaksuus vaihtelee järven eri osissa melko paljonkin, havainto kertoo vain mittauskohdan jäänpaksuuden. Mittauspaikkaa valittaessa pyritään edustavuuteen ja vältetään virtauspaikkoja. Mittausvälineenä käytetään senttimetrimittoituksellista jäämittaa

sekä useilla havaintopaikoilla kohvasauvoja. Kohvasauva on syksyllä teräsjään pintaan jäädytetty mittasauva. Jokaisella mittauskerralla kairataan kolme reikää uusiin kohtiin. Jokaisesta reiästä mitataan jään kokonaispaksuus, kohvakerroksen paksuus, vedenkorkeus jään alapinnasta, kohvasauvan lukema sekä lumen paksuus. Tämä mittaus tapa on ollut käytössä vasta 1970-luvulta lähtien, sitä ennen mitattiin vain jään kokonaispaksuus sekä lumenpaksuus jään päällä.

Hydrologisessa tietorekisterissä on noin 140 havaintoaseman jäänpaksuustietoja. Rekisterissä olevat tiedot ovat tosin aikaisintaan vuodesta 1961 lähtien. Kohvahavaintoja on rekisterissä vasta 1970-1980-luvun vaihteesta alkaen. Näin ollen kohvasta ei ole saatavilla pitkiä aikasarjoja. Lunta jäällä on mitattu siitä asti kun jäänpaksuutta alettiin mitata, mutta rekisterissä lumen paksuustietoja on pääosin vasta talvelta 1977-1978 lähtien. Vain muutamilta paikoilta tietoja on tallennetussa muodossa ennen 1970-luvun loppua.

Talvella 1999 Suomen ympäristökeskuksen jäänpaksuushavaintopaikkoja oli yli kuusikymmentä, mutta talvesta 1999-2000 eteenpäin enää noin 50. Parhaimmillaan 1980-luvun alussa havaintopaikkoja oli lähes sata (Laasanen 1982). Pisimmät havaintosarjat alkavat 1910-luvulta. Ensimmäiset säännölliset jäänpaksuusmittaukset aloitettiin Muurasjärvellä talvella 1909-1910. Pitkät ja yhtenäiset aikasarjat löytyvät myös Saimaan Lauritsalasta, 1917 lähtien, sekä Iisvedeltä 1912 lähtien. Myös Hankavedellä, Pielavedellä, Pääjärvellä, Sääksjärvellä ja Näsijärvellä havainnot alkoivat 1910-luvulla. Muurasjärvellä, Hankavedellä, Iisvedellä, Sääksjärvellä ja Näsijärvellä havainnot päättyivät 1999, mutta ne on aloitettu jälleen uudelleen vuonna 2003 kaikilla paikoilla Hankavettä lukuun ottamatta. Osassa sarjoista on jonkin verran puuttuvia vuosia. Myös Kuivajärvellä havainnot alkoivat 1912, mutta niissä on tauko vuosina 1941-1948. Ennen vuotta 1961 Kuivajärveltä on talletettuna ainoastaan maksimipaksuudet (Mustonen 1986). Kuusamojärveltä on olemassa maksimipaksuuksia vuodesta 1942 alkaen (Mustonen 1986), mutta kuukausittaisia arvoja on rekisterissä vasta 1961 alkaen. Havainnot päättyivät vuonna 1998. Inarin Nellimistä vuosittaisia maksimi-arvoja on vuodesta 1950 alkaen, mutta kuukausittaisia 1961 alkaen (Mustonen 1986). Muutamilta muiltakin asemilta on olemassa pitkiä jäänpaksuuden mittausarjoja 1910-luvulta, mutta niitä ei ole viety rekistereihin (Laasanen 1982; Kuusisto 1994).

## 2.3 Työssä tarkastelluista jäähavaintopaikoista

Tässä työssä tarkastellut jäähavaintotiedot ovat peräisin pääosin SYKEN ja sen edeltäjien rekistereistä. Aivan vanhimmat jäätymis- ja jäänlähtötiedot ovat osaksi peräisin erinäisiltä havaitsijoilta, sanomalehtitiedoista tai Satamatoimistoista. Esimerkiksi maailman pisimpiin kuuluva Tornionjoen sarja vuodesta 1693 lähtien on Kajanderin (1995) keräämä, ja perustuu yksittäisten havaitsijoiden tietoihin sekä osaksi historiallisiin sanomalehtitietoihin. Kuopion ja Tampereen satamatoimistojen tietoja on käytetty apuna seuraavaksi pisimpien eli Kallaveden ja Näsijärven havaintosarjojen kokoamisessa. Tie- ja vesirakennushallinnon yhteydessä aloitettiin useilla järvilla vedenkorkeushavainnot 1800-luvun lopulla, ja näiden havaintojen yhteydessä seurattiin myös vesistöjen jäätymistä ja jäänlähtöä. Hydrografisen toimiston aloitettua toimintansa 1908 mittausverkosto laajeni huomattavasti, ja jäähavaintoja saatiin useilta järviltä. Hydrografisen toimiston perustamisen myötä myös jäänpaksuutta alettiin havainnoida maan etelä- ja keskiosassa muutamilla järvilla. SYKEN rekisterissä on tietoja jäänpaksuudesta lähinnä 1960-luvun alusta. Muutamilta havaintopaikoilta tietoja on talletettuna kuitenkin 1910-luvulta lähtien. Hydrografisen toimiston perustamisen jälkeen alettiin julkaista vuosikirjoja, joista löytyy tietoa jäähavaintopaikoista vuosisadan alusta. Kansallisarkistosta löytyykin valtava määrä alkuperäisiä jäähavaintopapereita eri paikoista, mut-

ta ko. aineiston läpikäymiseen kuluisi kohtuuttomasti aikaa. Tässä työssä on päädytty käyttämään lähinnä vain SYKEN rekistereissä jo olevia tai muuten jo tallennettuja tietoja. Joiltakin osin on täydennetty puuttuvia tietoja eri lähteistä. Monilta järviltä ja joilta tietoja olisi varmasti olemassa enemmänkin, mutta tietojen keruu ja tallentaminen vaatisi hyvin paljon aikaa.

Suuri määrä aineistoja käytiin läpi ja verrattiin eri lähteissä oleviin tietoihin. Etenkin jäätymisten osalta päivämäärissä oli eroja lähteestä riippuen. Selityksenä tälle on etenkin suurilla järvillä se, että havaintopaikat ja perusteet (näköpiiri/ koko järvi) voivat poiketa toisistaan eri lähteissä. Jäätyminen ja jäänlähdon havainnointi ei ole niin yksiselitteistä kuin voisi kuvitella. Muutamien päivien eroja voi syntyä jo henkilökohtaisten 'katsontaerojen' perusteella, etenkin jäätyminen suhteen.

Jokipaikoilta on olemassa jonkin verran jäänlähdo- ja jäätymistietoja, mutta niitä ei ole viety rekisteriin juuri lainkaan. Jokijäähavainnot ovat jo jäänlähdon osalta huomattavasti mutkikkaampia kuin järvipaikoilla. Kun jäät ovat lähteneet järvestä, ne eivät yleensä 'palaa'. Jokipaikoilla jäänlähdo määritellään taas yleensä yleiseksi jäiden liikkumiseksi, mutta sen jälkeen voi tulla vielä jäitä yläjuoksulta.

Työssä esitetään tilastotietoja lähes 90 havaintopaikan jäätymisestä ja jäänlähdöstä sekä jäänpaksuuksia yli 30 havaintopaikalta. Suurin osa havaintopaikoista on järviä, jokitietoja on esitetty vain Tornionjoelta. SYKEN rekistereissä on olemassa jäähavainnoita monilta muiltakin paikoilta kuin tässä julkaisussa esitetään. Tässä työssä tarkasteltavat paikat on valittu yhtenäisten ja jatkuvien havaintojen perusteella, tosin myös muutamia pitkiä loppuneita sarjoja on otettu mukaan. Kaikista paikoista esitetään tilastotiedot taulukoissa. Kuvaajissa ja muissa tarkemmissa tarkasteluissa keskitytään vain muutamaankymmenen paikkaan. Liitteessä 1 on esitetty tässä työssä käytetyt havaintopaikat/järvet, niiden ominaispiirteet ja edustavuustarkastelu.

## **2.4 Havaintojen homogeenisuustarkastelut ja edustavuus**

### **2.4.1 Jäätyminen ja jäänlähdo**

Vaikka jäätymis- ja jäänlähdohavainnot ovatkin periaatteessa yksinkertaisia, eikä niissä edes tarvita mitään erityisiä mittalaitteita, on niissäkin epäluotettavuustekijänsä. Hyvin vanhoissa havainnoissa on enemmän epävarmuutta kuin tuoreissa. Vanhoissa havainnoissa ei ole aina varmuutta siitä, tarkoitetaanko jäätymisellä tai jäänlähdöllä näköpiiriä vai kenties koko järveä. Suurilla järvillä ero voi olla huomattava. Jos näköpiirin jäätyminen ei tapahdu äkisti, esimerkiksi yhdessä yössä, mahdollisuus tulkintaeroihin on olemassa. Limnigrafiasemilla ja automaattisilla kaukosiirtoasemilla havaitsijat käyvät vain parin viikon välein, ja jolleivät he asu kovin lähellä, voivat jäätymis- ja jäänlähdotiedot näiltä paikoilta olla epätarkkoja. Toisekseen joinakin vuosina jääpeite voi sulaa ensijäätyminen jälkeen, ja näin voi käydä useaan otteeseenkin. Havaitsijat eivät kuitenkaan kaikissa tapauksissa ole raportoineet kaikkia vaiheita, vaan joltakin paikalta saatu jäätyminen ei välttämättä ole lopullinen jäätyminen, ja toisella paikalla järvi on voinut olla jo kerran jäässä ennen ilmoitettua jäätymistä.

Tässä työssä esitetyt havaintosarjat pohjautuvat pääosin Juha Kajanderin arkistoista keräämiin tietoihin sekä SYKEN tietojärjestelmissä oleviin tietoihin. Havainnot on käyty läpi, ja selvimmät virheet on pyritty sulkemaan pois. Joukossa

voi silti olla virheellisiä tietoja, joita ei olla pystytty selvittämään. Yksityiskohtainen tarkastus on tehty lähinnä vuodesta 1961 eteenpäin, vuosittaisista jäätyminen ja jäänlähdon koontiraporteista. Lisäksi havaintoja on verrattu vuosikirjassa oleviin. Vanhimmat alkuperäiset havainnot ovat Kansallisarkistossa vedenkorkeushavaintojen yhteydessä, mutta näiden systemaattinen tarkastus olisi ollut hyvin työlästä. Yleisimmät virheet ovat lähinnä kuukauden tai päivän kirjoitus- tai kopiointivirhe. Lisäksi havaintojen tarkastuksessa on käytetty apuna Vesistömalleilla laskettuja ilman lämpötiloja kullekin vesistöalueelle (1962 alkaen) ja näistä laskettuja pakkas- ja lämpötilasummia sekä kuukausittaisia ilman keskilämpötiloja eräiltä pisimmiltä sääasemilta Suomesta (Tuomenvirta 2004). Myös läheisiä havaintopaikkoja on käytetty apuna (korrelaatiot). Näillä menetelmillä on pystytty sulkemaan selvimmät virheet pois, mutta etenkin ennen vuotta 1961 olevissa havainnoissa voi olla vielä virheitä. Monilta havaintopaikoilta on olemassa useita havaintoarvoja yhtä vuotta kohden. Useimmissa tapauksissa nämä ovat näköpiirin jäätyminen ja lopullinen jäätyminen. Lopullisen jäätyminen käsite on hieman epävarma; jos välissä mahdollisesti tapahtuneen sulamisen ajankohtaa ei ole ilmoitettu, voi lopullinen jäätyminen tarkoittaa myös ulapan jäätymistä. Lisäksi aivan vanhimmat havainnot ovat peräisin sanomalehdistä ja satamatoimistoista. Näissä tiedoissa ei ole aina selvää, tarkoittavatko ne sitten koko näköpiiriä vai koko järveä. Myös jäänlähdössä on pieniä eroja tulkinnessa. Sanalla 'jäänlähtö' voidaan tarkoittaa, joko sitä hetkeä kun jäät liikkuvat tai kun jäät täysin ovat kadonneet. Nykyisin havainto-ohjeissa määritelmänä on jään katoaminen näköpiiristä, mutta vanhimpien havaintojen kohdalla ei ole varmuutta jäänlähdon määritelmästä.

Tässä työssä esitetyissä jäätyminen ja jäänlähdon aikasarjoissa havainnot koskevat koko näköpiirin lopullista jäätymistä ja jään katoamista näköpiiristä. Lopullisena näköpiirin jäätyminen on käytetty sitä päivämäärää, jonka jälkeen uusia sulamisia ei ole tiedossa. Joissakin tapauksissa sulamista on kuitenkin voinut tapahtua, mutta siitä ei ole tietoa. Jos havaintopaikalta saaduissa tiedoissa näköpiirin jäätyminen ja lopullinen jäätyminen ovat olleet eri päivä, mutta sulamispäivää ei ole ilmoitettu, on ensimmäistä päivämäärää pidetty lopullisena, ja oletettu viimeisen tarkoittavan järven ulompia osia. Jäänlähdon aikasarjoissa on käytetty ensimmäistä jäänlähtöpäivämäärää, jos niitä on ollut yhdelle vuodelle useampia. Myöhemmän on oletettu tarkoittavan näköpiirin ulkopuolisia alueita.

Havaintopaikkojen edustavuudessa ja homogeenisuudessa ongelma on se, että jäähavainnot ovat tulleet vedenkorkeuden 'sivutuotteena'. Näin ollen havaintopaikat sijaitsevat vedenkorkeuden kannalta hyvissä havaintopaikoissa kuten luusuoiden lähellä, lahdissa tai kanavissa. Etenkin monet pisimmät sarjat sijoituvat kanaville, joissa on yhteys kahteen eri järveen. Näin ollen on epävarmuutta siitä, kumpaa järveä on milloinkin havainnoitu. Lisäksi mahdollinen kanavan auki pitäminen saattaa vaikuttaa näköpiirin jääoloihin. Samoin luusuan lähistöllä olevilla havaintopaikoilla virtaukset voivat vaikuttaa jääoloihin. Suurilla järville on vaikea tietää, mitä aluetta kulloinkin on tarkasteltu. Näköpiirin ja ulapan välillä voi olla suuriakin eroja. Pienet järvet ovat jäätyminen ja jäänlähdon suhteen selvempiä, eikä niissä yleensä ole epäselvyyttä tämän asian suhteen. Pisimmät havaintosarjat ovat kuitenkin suurimmaksi osaksi sellaisilta havaintopaikoilta, joilla havaintopaikan edustavuudessa tai homogeenisuudessa on ongelmia. Pienimmiltä järviltä sarjat ovat lähes aina lyhyehköjä.

Vedenkorkeushavainnot on perinteisesti tehty aamulla kahdeksalta. Näin ollen sinä päivänä myöhemmin tapahtunut jäänlähtö tai jäätyminen on luultavasti kirjattu vasta seuraavana aamuna ja seuraavalle päivälle. Toisaalta, jos havaitsija asuu havaintopaikan läheisyydessä, hän voi seurata todellisen ajankohdan ja ilmoittaa sen. Päivämäärissä voi olla siis ainakin yhden päivän epävarmuutta.



### **2.4.2 Jäänpaksuus**

Jäänpaksuushavainnot ovat melko luotettavia, eikä jäätyminen ja jäänlähdon tyyppisiä ongelmia ole. Epävarmuutta sarjan homogeenisuudessa aiheuttaa lähinnä mittausten menetelmän muutokset. Nykyinen jäänpaksuuden mittaustapa on ollut käytössä 1970-1980-luvun vaihteesta lähtien. Mittaukset tehdään kuukauden 10., 20. ja 30. päivä. Jäänpaksuus mitataan kolmesta reiästä ja 'virallisena' arvona käytetään näiden keskiarvoa. Kohvamittaukset alkoivat myös mittauspäivien muutoksen aikoihin. Ennen mittaustavan muutosta jäänpaksuutta mitattiin kuun 15. ja 30. päivä. Ei ole varmuutta, mitattiinko jäänpaksuus useammasta reiästä vaiko vain yhdestä.

Mittauspäivän muutos ja havaintoreikien lukumäärä voivat hieman vaikuttaa vuosittaisiin maksimipaksuuksiin. Yleensä kolmen reiän arvot ovat kuitenkin parin sentin sisällä toisistaan. Toisaalta nykyiselläkään havaintovälillä ei todennäköisesti saada mitattua todellista maksimipaksuutta.

Vanhimpien 1910-luvulta alkavien havaintojen laadusta ei ole varmuutta. Lauritsalassa havaintojen alkuvuosina esiintyy epäilyttävän suuria arvoja. Voi olla, etteivät havainnot alkuvuosilta ole luotettavia. Vedenlämpötilahavaintoja Lauritsalasta voidaan pitää luotettavana vasta 1924 alkaen (Korhonen 2002, s. 7).

### **2.4.3 Pakkas- ja lämpötilasummien käyttö sarjojen homogeenisuuden arvioinnissa**

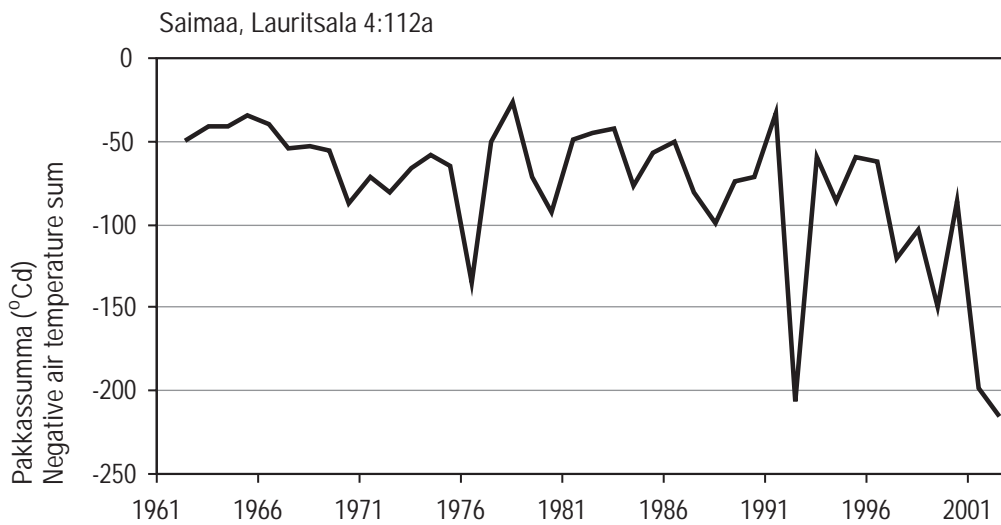
Tässä työssä on käytetty havaintojen virhetarkasteluissa myös ilman lämpötilatietoja. Pakkassummiä sekä lämpötilasummiä laskettaessa on käytetty SYKEN vesistömallijärjestelmällä simuloituja ilman lämpötilan vuorokausikeskiarvoja kullekin vesistön jakovaiheelle, jossa tarkasteltava järvi sijaitsee. Vesistömallin simuloituiden lämpötila-arvot on laskettu hyväksikäyttäen Ilmatieteen laitoksen asemien havaintoja ja lisäksi korkeuden vaikutus on otettu huomioon. Simuloituja arvoja on olemassa vuodesta 1962 alkaen. Lisäksi varhaisempia jäähavaintoja tarkastettaessa on käytetty Ilmatieteen laitoksen pisimpiä ilman lämpötilan kuukausittaisia keskiarvosarjoja Helsingistä, Kuopiosta, Kajaanista ja Oulusta (Tuomenvirta 2004) sekä Haaparannan kuukausikeskiarvosarjaa (Klingbjer ja Moberg 2003).

Jäätymiseen tarvittavan syksyn pakkassumma on laskettu syyskuun 15. päivästä lähtien (Käsivarren Lapille kuitenkin jo syyskuun alusta) summaamalla negatiiviset vuorokausilämpötilat yhteen. Vastaavasti kevään lämpötilasumma on maan etelä- ja keskiosassa laskettu summaamalla positiiviset vuorokausilämpötilat yhteen helmikuun alusta alkaen, ja pohjoisessa maaliskuun 15. päivästä eteenpäin.

Kuukausittaisten lämpötilatietojen ja pakkas- sekä lämpötilasummien avulla on pyritty sulkemaan pois selvimmät virheet. Koska ilman lämpötila on suurin tekijä jääpeitteen muodostumisessa ja katoamisessa, korreloi se hyvin näiden tapahtumien ajankohtien kanssa. Jäätymisessä hajonta on suurempi ja mahdolliset virheet voivat jäädä hajonnan taakse. Jäänlähdössä selvät virheet kuten kopiointi- tai kirjoitusvirhe, jolloin havainto on kuukauden väärässä, on helppo havaita lämpötiloihin ja läheisten asemien havaintoihin vertaamalla.

Sarjan homogeenisuutta vuodesta 1962 eteenpäin on tarkasteltu pakkas- ja lämpötilasummien avulla. Vaikka vuosittaiset summat vaihtelevat toisiinsa nähdessä jonkin verran, ei homogeenisessa sarjassa pitäisi näkyä mitään selvää trendiä tai hyppäystä. Tällaiset muutokset kertoisivat havaintokriteerien tai -paikan muutoksesta. Saimaan Lauritsalassa on havaittavissa pientä siirtymistä kohti suurempia pakkassummiä näköpiiriin jäätyminen suhteen. Tämä voisi selittyä sillä, että kanaavaa on pidetty auki liikennettä varten viime vuosina tavanomaista pitempään

(kuva 1.). Toisaalta 1990-luvulla on ollut monia syksyjä, jolloin pakkasjakson jälkeen on ollut hyvin lauhaa ja näin ollen lopulliseen jäätymiseen tarvittavat pakkassummat ovat kasvaneet melko suuriksi.



Kuva 1. Saimaan Lauritsalan näköpiiriin lopulliseen jäätymiseen tarvittava pakkassumma 1962-2002.

Fig. 1. Negative air temperature sums for the permanent freezing of Lake Saimaa, Lauritsala, during the period 1962-2002.

## 2.5 Jäähavaintoverkon tila ja tulevaisuus

### 2.5.1 Jäätyminen ja jäänlähtö

Jäätymis- ja jäänlähtöhavainnoinnin juuret ovat vedenkorkeushavainnoissa, ja alun perin jääasioita havaittiinkin vain vedenkorkeuden 'sivutuotteena'. 1990-luvun lama näkyi myös hydrologisessa havainnoinnissa, kun havaintoverkkoja supistettiin tuntuvasti. Useita vedenkorkeusasemia lakkautettiin, ja sen myötä myös jäähavainnot loppuivat. Muutamilla asemilla siirryttiin tällöin myös vedenkorkeushavaintojen automatisointiin, jolloin jäähavainnotkin usein loppuivat kun havaintosija irtisanottiin.

Tämänhetkinen jäätymisen ja jäänlähdon havaintoverkko on huomattavasti suppeampi kuin parhaimpina aikoina, jolloin tietoja saatiin useilta sadoilta havaintopaikoilta. Tämän julkaisun teon yhteydessä käytiin jääaineistoja läpi melko paljon, ja samassa yhteydessä muutamilla pisimmillä ja tärkeimmillä lakkautetuista asemista havainnot aloitettiin uudelleen. Joiltakin tärkeimmistä lakkautetuista asemista tiedusteltiin vanhoilta havaintosijoilta, jos he olivat laittaneet jäätymis- ja jäänlähtöpäivämääriä muistiin. Muutamilta asemilta puuttuvia vuosia saatiinkin täydennettyä tällä tavoin, mutta valitettavasti suureen osaan sarjoja jäi joitakin aukkoja.

Vedenkorkeushavaintojen automatisointi saattaa aiheuttaa jatkossa ongelmia jäähavaintojen jatkuvuuteen. Jos asema automatisoidaan tai havaintosija lopettaa eikä seudulta ole mahdollisuutta saada uutta havaintosijaa, voivat havainnot päättyä.

Tosin jäätyminen ja jäänlähdön seuranta ei ole kovin sitovaa, joten havaitsijan löytäminen ei ole niin vaikeaa kuin päivittäisissä havaintolajeissa.

Satelliittikuvien resoluutio on viime aikoina parantunut selvästi. Näin ollen niitä voidaan käyttää apuna suurten ja keskisuurten järvien jääpeitteen seurannassa. Perinteiset havainnot kuvaavat tilannetta rannalta katsottuna, kun taas satelliitin erotuskyky ei riitä ranta-alueiden seuraamiseen. Satelliiteista voidaan kuitenkin hyvin seurata jäätilanteen kehittymistä laajoilla alueella ja tiedotuksen tarpeita palvellen. Vielä on selvittämättä tarkemmin, mikä on yhteneväisyys maastohavaintojen kanssa, ja näin ollen tietojen käyttäminen ilmastolliseen tutkimukseen on selvityksen alla.

Yhtenä vaihtoehtona on käyttää digitaali/webbikameroita jäätyminen ja jäänlähdön seurantaan. Nämä tulisivat lähinnä kyseeseen paikoille, joissa on automaattinen kaukosiirtohavaintoasema. Näissä kuitenkin ongelmana ovat kustannukset, mahdollinen ilkeävalta sekä valon riittämättömyys aivan pohjoisessa myöhäisen jäätyminen vuosina.

Järvien jääpeitteen havaintoja on olemassa Suomesta hyvin pitkältä jaksolta, ja suomalaiset jäätyminen- ja jäänlähtösarjat ovat maailman pisimpien joukossa. Näin ollen on erittäin tärkeää jo ilmastollisen tutkimuksen vuoksi, ettei pisimpiä tärkeitä yhtenäisiä sarjoja tulla lopettamaan. Alueellisessa kattavuudessa satelliittitietoja voidaan käyttää apuna.

Jokijäähavaintojen osalta parantamisen varaa on. Tällä hetkellä ainoa pitkä ja yhtenäinen jäänlähtösarja jokipaikoilta on Tornionjoelta. Muilta jokiasemilta havaintoja tulee satunnaisesti tai ne on lopetettu. Havaintojen uudelleenaloittaminenkaan ei valitettavasti palauta puuttuvien vuosien tietoja. Myös aivan itäisimmässä Suomessa on vähän homogeenisia ja pitkäaikaisia edelleen jatkuvia jäätyminen- ja jäänlähdön havaintopaikkoja.

## 2.5.2 Jäänpaksuus

Nykyinen jääpaksuuden havaintoverkko on huomattavasti harvempi kuin parhaimpina aikoina 1980-luvulla. 1990-luvun lopulla havaintoasemien määrää supistettiin huomattavasti. Tällöin lopetettiin harmillisesti muutamien pisimpien jäänpaksuuspaikkojen havainnot. Tärkeimmillä paikoilla havainnot on kuitenkin käynnistetty uudelleen, mutta väliin jäi valitettavasti puuttuvia vuosia. Tämänhetkinen jäänpaksuuden havaintoverkko on kuitenkin melko kattava, mutta sen nykyisestä laajuudesta on pidettävä vähintään kiinni. Kainuussa pitkäaikaisia jatkuvia havaintopaikkoja ei ole nimeksikään, pisin yhtenäinen havaintosarja on Oulujärveltä 1970 alkaen. Lammasjärvellä havainnot ovat alkaneet 1949 (Laasanen 1982), mutta havainnoissa on paljon puutteita 1950- ja 1960-luvulla ja havainnot lopetettiin 1994. Havainnot on käynnistetty kylläkin uudelleen talvella 2002-2003. Myöskään Itä-Lapissa ei ole jäänpaksuuden havaintopaikkoja, tosin siellä ei järviäkään ole runsaasti. Samoin Itä-Suomessa on melko vähän pitkäaikaisia edelleen jatkuvia jäänpaksuuden havaintopaikkoja.

Valtakunnallisessa seurannassa on hyvin vähän jokipaikkoja, ja niiden määrää voisi lisätä. Tällä hetkellä jokijään mittauksia tehdään lähinnä aluekeskuksissa kevättulvia silmällä pitäen ja talvien virtaamamittausten yhteydessä. Näitä tietoja ei kuitenkaan ole viety rekistereihin.

Ennen havaintoverkon supistamista joillakin järvillä havaintoja tehtiin eri puolilla järveä, alueellisen vaihtelevuuden selvittämiseksi. Nykyisin samalla järvellä tehtäviä havaintoja on ainoastaan Inarilta, Päijänteeltä ja Oulujärveltä.

Jäänpaksuuden mittaamisessa ei ole näkyvissä automaatiota ainakaan lähiaikoina, sillä vielä ei ole olemassa sellaista edullista operatiiviseen käyttöön sopivaa



automaattista jäänmittausmenetelmää, millä pystyttäisiin erottamaan kohva- ja teräsjäakerrokset toisistaan. Vaikka menetelmiä kehitettäisiinkin, perinteinen kairausmenetelmä tulee varmasti pitkään olemaan kustannustehokkain tapa.

### 2.5.3 Kaukokartoitus jääpeitteen seurannassa

Kaukokartoitusmenetelmät voidaan jakaa passiivisiin ja aktiivisiin. Passiivisissa menetelmissä kaukokartoituslaite vastaanottaa kohteen lähettämää sähkömagneettista säteilyä eri aallonpituusalueilla, mutta se ei itse lähetä säteilyä (optisen alueen satelliittikuvat). Aktiivisissa menetelmissä taas havaintolaite mittaa itse lähettämänsä säteilyn heijastumista, absorboitumista ja sirontaa kohteesta (tutkat).

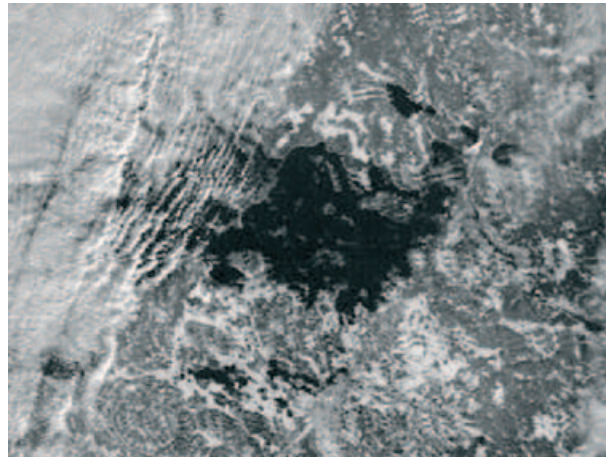
Satelliitit kuvaavat maapalloa avaruudesta käsin eri aallonpituusalueilla. Niiden optisen alueen eli näkyvän valon kuvat perustuvat auringonsäteilyn takaisinheijastumiseen pinnasta. Jäällä, lumella ja vedellä on erilainen heijastavuus eli albedo, ja tätä tietoa käyttäen satelliitteja voidaan siis käyttää hyväksi jääpeitteen seurannassa. Satelliittikuvien resoluutio on nykyään parhaimmillaan 250\*250 neliometriä, joten niillä pystytään seuraamaan nykyisin myös pienehköjä järviä. NASAn nettisivuilta (<http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov/>) voi seurata lähes reaaliajassa TERRA ja AQUA-satelliittien MODIS-instrumenttien kuvia. Päivittäiset kuvat löytyvät sivuilta vuoteen 2001 saakka. Tieteelliseen käyttöön kuvia saa ilmaiseksi 1980-luvulta saakka osoitteesta: <http://daac.gsfc.nasa.gov/data/>. Satelliittikuvia on käytetty hyväksi jääpeitteen seurannassa jo 1970-luvun lopulta alkaen (mm. Solantie 1983; Maslanik ja Barry 1987; Wynne ym. 1996)

Satelliittikuvien rajoituksina ovat luonnollisesti pilvisuus ja auringon korkeuskulma. Syksy ja alkutalvi ovat tyypillisesti Suomessa pilvistä aikaa, jolloin maanpintaa ei näy kuvissa kovinkaan usein. Näin ollen jäätymisen seurannassa satelliittikuvista on apua, mutta operatiivisesti niitä ei voida pilvien ja kaamoksen takia käyttää. Keväällä pilvisuus on yleensä vähemmän kokonaisvaltaista, ja jäänlähdon seurannassa satelliittikuvia voidaankin käyttää paremmin. Ongelmana jääpeitteen seurannassa optisella alueella on jäätymisen alkuvaiheessa kirkas teräsjää, jonka heijastusominaisuudet ovat melko lähellä vettä. Tällöin satelliittikuvassa järven pinta näkyy tummana kuten avovesi, vaikka ohut kirkas ensijää olisikin jo muodostunut (Maslanik ja Barry 1987). Samoin sulamisvaiheessa jäänpinnan tummuttua sen heijastusominaisuudet ovat lähellä vettä, ja usein jään päällä onkin keväällä vettä.

Perinteiset jäätymis- ja jäänlähdehavainnot tehdään rannoilta. Havaintopaikan näköpiiri voi olla muutamien satojen metrin matkalta jäässä, mutta se ei välttämättä näy satelliittikuvissa. Kuvat ovatkin hyvä apuväline koko järven jääpeitteen muodostumisen ja katoamisen seurantaan, koska kuvilla päästään tarkastelemaan myös ulappa-alueita. Satelliittikuvia tulisi verrata perinteisiin jäätymis- ja jäänlähdehavaintoihin ainakin muutamilta vuosilta, jotta voitaisiin arvioida maastohavaintojen ja kuvien yhteensopivuutta. Tämän jälkeen voidaan käyttää jatkossa enemmänkin satelliittikuviin perustuvaa tietoa. Perinteiset havainnot kuvastavat ainoastaan kyseisen havaintopaikan näköpiirin jäätymistä ja jään katoamista, tätä ei voida läheskään aina todeta satelliittikuvista. Kuten aiemmin todettiin, myös perinteisten jäätymis- ja jäänlähdehavaintojen tarkkuudessa voi olla muutamien päivien virhe.

Optisten satelliittikuvien lisäksi on saatavilla SAR-tutkakuvia (SAR = Synthetic Aperture Radar), joilla jäätymistä ja jäänlähdeä voidaan seurata. Tutkakuvien etuna on se, etteivät sää- tai valaistusolot vaikuta niihin. Kuvien resoluutio on selvästi parempi kuin MODIS-satelliittikuvissa, kymmenien metrien luokkaa. Huonona puolena on, että ne ovat melko kalliita, joten operatiiviseen jääpeitteen seu-

rantaan menetelmä on hintava. Tutkakuvien avulla voidaan seurata myös jäänpaksuuskasvua. RADARSAT-tutkakuvia on käytetty mm. Kanadassa järvien jäänpaksuuskasvun seurantaan (Duguay ym. 2002). Myös Merentutkimuslaitos käyttää RADARSAT-kuvia Itämeren jäänpaksuuskarttoja tehdessään (Merentutkimuslaitos 2004). Järvien jääseurannassa kuvia ei ole vielä Suomessa käytetty.



*Kuva 2. Satelliittikuva 24.11.2004 Saimaan jäätymisestä (ylhäällä). Pohjoisella laidalla lahdet ovat jäätyneet, mutta ulapalla on vielä sulaa. Satelliittikuva 27.4.2002 Oulujärven jäätilanteesta (alhaalla). Alassalmessa sekä Kajaanin ja Vaalan edustalla on sulaa tai tummunutta jäätä, mutta muualla vielä jäätä. Lähde: <http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov/>.*

*Fig. 2. A satellite image of the freezing of Lake Saimaa at Nov 24<sup>th</sup> 2004 (above). In the northern part of the lake bays are ice-covered but there are open areas in the large areas in the middle. A satellite image of the ice cover of Lake Oulujärvi at Apr 27<sup>th</sup> 2002 (below). Open water or dark ice in the southern inlet area. Other areas ice-covered. Source: <http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov/>.*

# Luonnonvesien jään fysiikkaa

## 3.1 Yleistä jäästä

Jää on veden kiinteä olomuoto. Luonnonoloissa esiintyvä jää on kiderakenteeltaan heksagonaalista tyyppiä "Jää I". Lisäksi on olemassa kiderakenteeltaan seitsemän erilaista jäätyyppiä sekä amorfista jäätä, mutta näitä pystyy syntymään vain erittäin matalissa lämpötiloissa ja korkeassa paineessa laboratorio-olosuhteissa. Lumi-peitteessä, luonnonvesien jääpeitteessä ja jäätiköissä kaikki jää on tyyppiä "Jää I". Tässä työssä jäästä puhuttaessa tarkoitetaan ykköslajin jäätä.

Nestemäisen veden molekyyliessä kovalenttiset sidokset liittävät vety- ja happiatomit toisiinsa. Vetysidokset happiatomien välillä liittävät vesimolekyyliä yhteen. Näiden sidosenergia on kertaluokkaa pienempi kuin kovalenttisten, joten ne rikkoutuvat helposti. Veden jäätyessä molekyylit ryhmittyvät tetraedrikuvioon. Kuhunkin happiatomiin sitoutuu vetysidosten avulla neljä muuta happiatomia suunnilleen yhtä etäällä tetraedrin kärkipisteistä. Tetraedrin pohja määrittää ns. kantatason. Kantatasot ovat yhdensuuntaiset ja näin kidehila jatkuu läpi kiteen. Vetysidokset muodostavat toistuvan kuusiokulmioisen eli heksagonaalisen rakenteen, jossa kunkin kuusiokulmion kärkipisteet kulkevat edestakaisin kahdessa eri tasossa. Jääkide on yksiakselinen, jonka symmetria-akselina on c-akseli eli optinen akseli, joka on kohtisuorassa kantatasoa vasten. Optisen akselin suunnassa valo läpäisee kiteen muuttumatta. Kiteet ovat isotrooppisia kantatasossa, mutta kantatason ja c-akselin suuntien välillä on anisotrooppisuutta, mikä näkyy jään fysikaalisissa ominaisuuksissa. Lämpö johtuu paremmin c-akselin suunnassa kuin sitä vastaan kohtisuorassa suunnassa. Jään pinnassa olevilta molekyyeilta puuttuu siteitä, ja sen takia pinnassa on ohut nestemäinen pintakalvo. Tämän vuoksi jään pintakitka on alhainen. (Leppäranta 1996, s. 7-8)

Jäätymisessä tulee esille eräitä veden poikkeuksellisia ominaisuuksia. Heksagonaalinen jääkidehila on harva pakkaus, ja siksi jään tiheys on huomattavan paljon (lähes 10 %) pienempi kuin nestemäisen veden. Tämän ansiosta jää kelluu vedessä, ja rajoitetussa tilassa syntyy voimakkaita paineita tilavuuden laajetessa. Vesimolekyylien järjestäytyminen heksagonaaliseen järjestelmään alkaa jo hieman ennen jäätymispistettä ja kompensoi jäähtymiseen yleisesti liittyvää tiheyden kasvua. Makealla vedellä on tiheysmaksimi +4 °C:ssa, ja siksi makean veden jäähtyminen 4 °C:een alapuolella stabiloi veden kerrostuneisuutta.

Puhtaan veden jäätymispiste normaalissa yhden ilmakehän paineessa on 0 °C. Tällöin jäätyminen alkaa kiteytymisytimistä, ja jos tällaisia ei ole, vesi alijäähtyy. Luonnonvesissä alijäähtyminen on korkeintaan noin 1 °C. Veden jäätymispiste voi alentua kahdesta syystä; joko paineen tai liuoksen konsentraation myötä. Paine ja liuoksen väkevyys alentavat siis jäätymispistettä. Paineella ei ole suurtakaan merkitystä luonnonolosuhteissa. Suolaisessa vedessä jäätymispiste on alempi, ja tästä syystä merivesi jäätyy järvivettä alhaisemmassa lämpötilassa.

Jääkiteen happiatomien väliset etäisyydet on mitattu kokeellisesti ja saatu siten määritettyä prisman tilavuus. Tilavuuden ja moolimassan avulla pystytään määrittämään tiheys. Näin on saatu puhtaan jään tiheys, joka on  $917 \text{ kgm}^{-3}$ . Lämpötilan laskiessa tiheys hieman kasvaa. Luonnonoloissa jään tiheys on hieman pienempi jäässä olevien ilmakehien vuoksi.

Vesihöyryn kyllästyspaine jääpinnan yläpuolella on pienempi kuin vesipinnan yllä, kun lämpötila on jäätympisteen alapuolella. Tämän takia vesihöyry sublimoituu jääpintaan herkemmin kuin tiivistyy vesipintaan.

### 3.2 Vesistön jääpeitteen muodostuminen

Jäänmuodostumisen edellytys on veden pintakerroksen alijäähtyminen. Tavallisesti alijäähtyminen tapahtuu tyynenä selkeänä syysyönä, jolloin veden liike on pieni ja lämmönsiirtyminen vedenpinnasta ilmaan niin suuri, että vesi pääsee alijäähtymään. Tyynessä vedenpinnassa alijäähtyminen voi olla jopa yhden asteen, kun taas virtaavassa vedessä alle 0,1 °C. Kiteytymisen käynnistämiseksi tarvitaan kiteytymisytimiä. Luonnonvesissä on aina tällaisiksi ytimiksi sopivia partikkeleita. Myös veteen satava lumi voi käynnistää kiteytymisen. Ensin muodostuu horisontaalisten raemaisten neulasten verkosto ja sitten neulasten väliin jääviin aukkoihin syntyy ohuita, levymäisiä kiteitä. Tyynessä vedessä kiteet kasvavat veden pinnalla vaihteleviin muotoihin ja kokoihin riippuen alijäähtymisen asteesta. Kiteet kasvavat helpoiten c-akselia vastaan kohtisuorassa. C-akseli on yksiakselisen jääkiteen symmetrinen optinen akseli. Tyynessä vedessä c-akselit ovat pystysuuntaisia ja näin ollen kiteet kasvavat horisontaalisuunnassa. Parhaimmillaan kiteet voivat olla metrin levyisiä, mutta vain millimetrin paksuisia. Jos vedenpinta ei ole tyyni jäätymisselkellä, muodostuu pienempiä raemaisia kideneulasia, joiden c-akselit ovat eri suuntiin suuntautuneita. Kun alijäähtyneessä vedessä kasvamaan alkaneet kiteet saavuttavat toisensa, muodostuu yhtenäinen jääkansi, jota kutsutaan ensijääksi. Ensijään jähmettyessä yhtenäiseksi jääpeitteeksi alkupaksuus on tyynissä olosuhteissa senttimetrien luokkaa. Turbulenttisessa tilanteessa ensijään alkupaksuus on noin kymmenen senttimetriä.



Järven jäätyminen. Kuva: E. Kuusisto

Järvien jäätyksiä seurattaessa voidaan huomata seuraavat vaiheet: Ensin jäätyvät rannat, jotka myös jäähtyvät ensimmäisinä. Aluksi lämpimämpi vesi va-  
luu rannoilta tiheämpänä kohti järven syviä osia. Tämä saa aikaan kiertoliikkeen,  
joka työntää kylmää vettä rannoille. Myös tuulen voimakkuus on rannoilla pie-  
nempi kuin järven keskellä. Virtaavissa vesissä rantojen keskiosia aikaisempi jääty-  
minen johtuu lähinnä virtausnopeuden pienenemisestä rannan lähellä. Rantojen  
jälkeen jäätyminen siirtyy lahtiin ja muihin mataliin osiin. Seuraavana vaiheena  
on näköpiirin jäätyminen. Pienillä järvillä näköpiiri kattaa koko järven. Myöhem-  
min jäätyvät suurten järvien syvät ja avoimet selät. Näissä paikoissa kestää kau-  
emmin luovuttaa kesällä kerätty lämpövarasto, ja tuuli voi olla hyvin pitkään koh-  
talaista estäen jääpeitteen muodostumisen, vaikka lämpötilat olisivatkin riittävän  
alhaiset. Virtapaikat jäätyvät monesti vielä ulappoja myöhemmin, ja toisissa virta-  
paikoissa jääkantta ei aina muodostu koko talvena. Aina ensijää ei ole pysyvä. Jos  
heti jäätyminen jälkeen sattuu tulemaan kova tuuli, saattaa ensijääpeite rikkoon-  
tua lautoiksi. Myöhemmin sopivissa olosuhteissa lautat jäätyvät osana uutta jää-  
tä. Jos taas jäätymistä seuraa lämpöjakso, jäät sulavat paikoilleen. Tiettyinä vuosi-  
na jäätyminen ja sulaminen voivat toistua useaan otteeseenkin.

Eräiden tutkimusten mukaan jäätymiseen tarvittaviksi vuorokauden keski-  
määräisiksi olosuhteiksi on Amerikassa määritetty: ilman keskilämpötila alle  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  
tuulen nopeus alle  $5\text{ ms}^{-1}$ , vesipatsaan lämpötilan keskiarvo alle  $+2$  astetta. (Harle-  
man 1986). Gu ja Stefan (1990) määrittivät erälle minnesotalaiselle järvelle seura-  
vat ehdot jäätymiselle: ilman vuorokauden keskilämpötila alle  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , tuulen nope-  
us alle  $5\text{ ms}^{-1}$  ja vesimassan keskilämpötila alle  $2,6$  astetta. Toisessa tutkimuksessa  
pienille järville jäätymiseen tarvittavaksi vesipatsaan keskilämpötilaksi riitti  $3,3$  as-  
tetta (Fang ja Stefan 1996). Lisäksi jäätyminen tapahtuu yleensä yöllä auringonsä-  
teilyn puuttuessa. Toisinaan jäätymistä seuraavana päivällä ohut jää voi sulaa au-  
ringon säteilylämmityksestä johtuen (Fang ym. 1996). Tämä ei ole kuitenkaan niin  
yleistä Suomen leveysasteilla.

Eräät morfometriset tekijät selittävät melko hyvin jäätyminen ajankohtaa.  
Keskenään samankokoisilla järvillä aikainen jäätyminen liittyy seuraaviin morfo-  
metrisiin piirteisiin: keskisyvyys ja maksimisyvyys, pieni tehoisa pyyhkäisymatka,  
suuri rantaviivakerroin, suuri saarisuus. Kanadassa tehdyn tutkimuksen mukaan  
järven jäätymishetken vesimassan keskilämpötilan ( $T_w$ ) ja pyyhkäisymatkan ( $L_m$ )  
riippuvuus on (Mustonen 1986, s. 57):

$$T_w = 3,1 - 1,8 * L_m, \text{ kun } L_m < 1,3 \text{ km}$$

$$T_w = 1,1 - 0,07 * L_m, \text{ kun } L_m > 1,3 \text{ km}$$

### 3.3 Jään paksuuskasvu

Jää kasvaa, kun ilman lämpötila on jään alapinnan lämpötilaa alhaisempi. Tällöin  
lämpöä kulkeutuu alapinnalta jään läpi ylöspäin. Jään alapinta jäähtyy ja vesi sen  
läheisyydessä jäätyy. Jää kasvaa paksuutta aluksi nopeasti, mutta pienen lämmön-  
johtavuuden takia paksuuskasvu hidastuu myöhemmin. Jäätymisessä vapautu-  
van lämmön on siis johtamalla siirryttävä jään ja lumen läpi ilmakehään. Lumen  
kertyminen jälle hidastaa paksuuskasvua, koska lumi toimii eristeen tavoin. Jää-  
kannen alapinnan lämpötila pysyttelee koko ajan lähellä nollaa, mutta yläosa saat-  
taa jäähtyä kovilla pakkasilla lähelle ilman lämpötilaa, jos lunta ei ole jäällä. Kevyt  
pakkaslumi eristää paremmin kuin tiheä lumi.

Pysyvä ensijää on järvijään ensimmäinen kerros. Tästä jäätyminen jatkuu se-  
kä ylös- että alaspäin. Ensijäästä alaspäin veteen kasvaa alusjää. Ensijään ja alus-  
jään välissä on siirrosvyöhyke. Ensijään alapintaan kasvaa pylväsmäisiä kiteitä, joi-  
den koko suurenee jään paksuuden kasvaessa. Jään termodynaaminen paksuus-



kasvu alaspäin on verrannollinen lämpötilagradienttiin. Ensijää ja alusjää muodostavat yhdessä ns. teräsjään. Alusjäessä on usein eri kiderakenteisia kerroksia. Alusjäähän voi tarttua myös suppoa, vaikkakin Suomen järvissä suppoa on vähän. Alusjäessä voi olla vuorotellen sekä pylväskide- että suppojääkerroksia.

Teoreettinen jään paksuuskasvu voidaan määrittää ns. Stefanin lailla (1891)

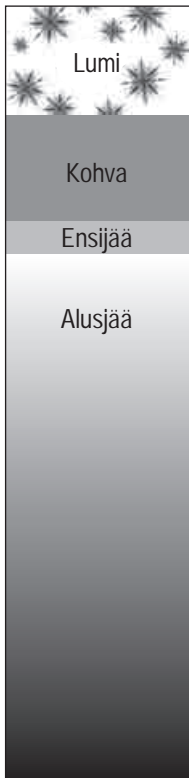
$$h^2 = h_0^2 + \frac{2K_i S^2}{\rho L}$$

missä  $h$  on jäänpaksuus tarkastelujakson lopussa,  $h_0$  jäänpaksuus alussa,  $K_i$  jään lämmönjohtavuus,  $S$  tarkastelujakson pakkassumma,  $\rho$  jään tiheys,  $L$  jään muodostumislämpö. Kaava on yksinkertaistus todellisesta yhtälöstä, koska siitä on jätetty pois jään päällä olevan lumen, jään termisen hitauden, vedestä tuleva lämmön ja auringon säteilyn vaikutus. Nämä oletukset aiheuttavat saatavaan tulokseen harhaa, joten kaavan tulosta voidaan pitää lähinnä ääriarvona, johon jää voi suotuisissa oloissa paksuuntua (Leppäranta 1996, s. 57). On myös huomattava, että Stefanin kaava pätee lähinnä pitkän aikavälin tarkasteluille eikä niinkään uuden jään muodostumisessa lyhyellä aikajaksolla (Lozowski ym. 1991). Jään syntymishetkelle on olemassa erilaisia kokeellisia kaavoja, joiden mukaan jää kasvaa syntyvaiheessa esimerkiksi noin pari millimetriä pakkasastetta kohden vuorokaudessa. Näin ollen jäätä olisi kymmenen asteen pakkasäässä vuorokauden kuluessa noin kaksi senttiä. Kun jää on hieman paksuuntunut, hidastuu kasvu termisen hitauden myötä. Lozowski ym. (1991) ovat esittäneet ohuen jään paksuuskasvulle seuraavan kaavan:

$$h \cong \frac{k}{\rho L} (T_f - T_a) \tau$$

missä  $h$  on jäänpaksuus,  $k$  pinnan lämmönsiirtokerroin (n.  $20 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$ ),  $\rho$  jään tiheys,  $L$  jään muodostumislämpö,  $T_f$  jäätyislämpötila,  $T_a$  ilman lämpötila ja  $\tau$  jääpeitteen kasvuaika. Muita erilaisia jään kasvumalleja ovat esittäneet mm. Leppäranta (1983; 1993) sekä Launiainen ja Cheng (1998).

Jää kasvaa myös ylöspäin, mutta ei termodynaamisesti. Päälyysjää muodostuu ensijään yläpinnalle. Sitä voi muodostua lumisohjosta, sulamisvedestä ja/tai jäälle sataneesta vedestä. Jään pinnalle satava lumi voi painaa jäätä sen nostetta enemmän, jolloin halkeamista työntyy jäälle vettä ja jäänpinta painuu vedenpinnan alle. Tulvineesta vedestä ja lumesta muodostunut sohjo muodostaa jäätyessään kohvajäätä. Eri jäänpaksuuksille voidaan laskea Arkhimedeen lain avulla ne lumen syvyydet, joilla veden ja jään pinnat ovat samalla tasolla. Kohvajää on meidän oloissamme tärkeä, koska kohvajäätä on 10...50 % jään kokonaispaksuudesta. Kohvajääkiteet ovat pieniä ja raemaisia kuten ensijään kiteet, joten pelkän kiderakenteen avulla näitä kerroksia ei voi erottaa. Kohvajääkiteiden c-akselit ovat satunnaisesti suuntautuneita. Kuvassa 3 on esitetty kaaviokuva järvijään eri kerroksista.



Ensijää + Alusjää = Teräsjää

*Kuva 3. Kaaviokuva järvijään kerroksista.*

*Fig. 3. Different layers of lake ice.*

Lumipeitteinen jää kelluu Arkhimedeiden lain mukaisesti eli

$$\rho_s h_s + \rho_i h_i = \rho_w h_w$$

missä  $\rho$  ovat lumen, jään ja veden tiheydet,  $h_s$  ja  $h_i$  lumen ja jään paksuus ja  $h_w$  on vedenpinnan alapuolella olevan lumen ja jään osuus.

Joskus teräsjäätä voi muodostua myös ensijään päälle. Tämä on mahdollista silloin, jos ensijään muodostumisen jälkeen tulee lämmin jakso, jolloin sataa vettä jäälle ja pakkasjakson tultua vesi jäätyy ensijään päälle. Lämmin jakso voi myös toisinaan sulattaa jäällä olevan lumen vedeksi ja sään viilettyä vedeksi sulanut lumi muodostaa kirkasta jäätä eikä kohvaa.

Jääpeitteessä on myös epäpuhtauksia kiteiden välissä. Järvien ja jokijään tärkein epäpuhtauksien lähde on ilma. Teräsjäähän tulee ilmakehän kerroksia, kun vedestä vapautuu siihen liuenneita kaasuja. Kohvajäähän jää ilmakehän lumisohjon jäätyessä. Ilmakehät pienentävät jään tiheyttä ja siten vaikuttavat jään mekaniikkiin ja termodynaamisiin ominaisuuksiin, sillä esim. lämmönjohtumisessa lämpö siirtyy sekä jään että ilmakehien kautta. Kohvajäessä ilmakehien on huomattavasti enemmän kuin teräsjäessä. Ilmakehien suhteellinen tilavuus on teräsjäessä yleensä 1...3 %, kohvajäessä 5...10 %. Ilmakehät pienentävät jään tiheyttä siten, että

$$\rho = (1 - v_a) \rho_i$$

missä  $\rho$  on ilmakehällisen jään tiheys,  $v_a$  on ilmakehien suhteellinen tilavuus ja  $\rho_i$  on puhtaan jään tiheys. (Leppäranta 1996, s. 52)

Kovilla pakkasilla jää kutistuu, jolloin syntyy rakoja ja railoja. Raot ovat pintaa vasten kohtisuoria, usein horisontaalisesti hieman kaarevia ja leikkaavat toisi-

aan erilaisissa kulmissa (Mustonen 1986, s. 57). Kun rakoihin noussut vesi jäätyy, eivät vanhan jään reunat pääse enää sään lämmitessä yhtymään ja sitä seuraa kova paine sivusuuntaan. Kun lämpimämmällä säällä jää laajenee, saattaa se työntyä rannoille tai muodostaa selälle harjanteita. Nämä vallit muodostuvat usein eri vuosina samoille paikoille järven morfometriasta johtuen. Myös kova tuuli saa kitkan vaikutuksesta jään liikkumaan ja voi muodostaa railoja tai harjanteita. Järvillä harjanteiden muodostuminen on paljon vähäisempää kuin merellä, koska järvillä on talvisin harvoin avovesialueita. Jään lineaarinen lämpölaajenemiskerroin on  $5,3 \cdot 10^{-5} \text{K}^{-1}$  (mm. Petrenko ja Withworth 1999). Kertoimen avulla voidaan arvioida, että halkaisijaltaan 1 kilometrin suuruisen järven jääpeite laajenee noin 100...110 cm, kun lämpötila kohoaa  $-20 \text{ }^\circ\text{C}$ :sta  $0 \text{ }^\circ\text{C}$ :een. Vastaavasti pakkasen kiristyminen aiheuttaa railoja ja rakoja, joiden yhteenlaskettu leveys on järven poikki kuljettaessa saman verran.



Jävälli järvellä. Kuva: E. Kuusisto



Railo, leveys n. 0,5 m. Kuva: E. Kuusisto





Jään lämpölaajeneminen. Kuva: E. Kuusisto

### 3.4 Jään paksuuden vaihtelu järven eri osissa

Sekä teräsjään, kohvan että lumen paksuus vaihtelevat järven eri osissa. Itse jään kokonaispaksuudessa erot eivät ole kovin suuria, mutta rannoilla jää on yleensä hieman paksumpaa. Yleensä lumen syvyys on pienin järven keskiosassa (Adams 1981, s. 464; Kuusisto 1984, s. 128). Tämä johtuu siitä, että tuuli pääsee pyyhkimään keskiosaa paremmin, ja kerää lunta näin reunoille. Lumen syvyydellä ja kohvajään paksuudella on melko selvä käänteinen riippuvuus. Tämä on luonnollinen seuraus siitä, että noin kolmasosa kohvajään massasta on peräisin lumesta, loppuosa jäälle nousseesta vedestä (Mustonen 1986, s. 58). Näin ollen kohvajäätä on enemmän rannoilla kuin ulapalla ja teräsjäätä on taas suhteessa enemmän selillä kuin rannoilla (mm. Adams 1981, s. 464). Samaan tulokseen päästiin Bengtssonin (1986) tutkimuksessa Uppsalan läheisillä järvillä Ruotsissa. Hänen mukaansa jään kokonaispaksuus ei vaihtele talviaikaan kovinkaan paljoa pienillä järvillä, ja jo kolmella jäänpaksuusmittauksella saadaan koko järven keskimääräinen paksuus  $\pm 5$  sentin virherajoissa. Lumen, kohvan ja teräsjään suhteet vaihtelivat aiemmin mainitun mukaisesti. Tutkimukset koskivat pinta-alaltaan korkeintaan 5 km<sup>2</sup> suuruisia järviä korkeintaan 60 kilometrin päässä toisistaan. Eri järvien väliset erot olivat hieman suurempia kuin järven sisäiset vaihtelut, mutta yhden järven jäänpaksuuskisien perusteella pystyttiin määrittämään jäänpaksuus muilla järvillä 5...10 sentin tarkkuudella. Keväällä sulamisvaiheessa eroja yksittäisen järven jään kokonaispaksuudessa löytyi talvea enemmän. Varjoisilla paikoilla, eli etelärannoilla puuston suojaamissa paikoissa jää oli paksumpaa kuin niillä paikoilla, missä aurinko oli päässyt sulattamaan jäätä. Erot suojaisten paikkojen ja auringolle altistuneiden välillä olivat noin 10 cm.

On muistettava, että yllä esitetyt tutkimukset tehtiin hyvin pienillä järvillä. Suurilla järvillä paksuudet voivat vaihdella järven eri osissa huomattavasti enemmän myös talviaikaan. Tämä käy ilmi esimerkiksi Kuusiston ja Laasasen (1980) tutkimuksesta. Sen mukaan järviään kokonaispaksuuden erot vaihtelivat talvella 1979 muutamilla Etelä-Suomen pienillä järvillä 5...18 cm eri puolella järveä. Eri-lainen kohvan määrä selitti suurimmat erot eri osien välillä. Samaisessa artikkelis-

sa kerrotaan Michiganissa Silver-järven poikki tehdystä jäänpaksuuden mittauksesta, jossa jään kokonaispaksuus vaihteli jopa välillä 5...53 cm.

### 3.5 Jään kantavuus

Turvallisen jäällä liikkumisen kannalta on tärkeää tietää, kuinka paljon tietyn vahvuinen ja laatuinen jää kantaa. Jään kantavuus kasvaa likimain suhteessa jäänpaksuuden neliöön. Näin ollen 10 cm jää kantaa neljä kertaa niin painavan kuorman kuin 5 cm jää. Nyrkkisääntönä voidaan pitää seuraavaa kaavaa:

$$P < b \cdot h^2$$

missä P on massa kilogrammoina, b kokeellinen kerroin, jonka arvo on eri lähteiden mukaan 5...14 kg cm<sup>-2</sup> (mm. Eklund 1998, s. 2; Leppäranta 1996, s. 62) ja h on jään paksuus senttimetreinä. Mukaan on laskettu vain teräsjään osuus.

TVH on laatinut jääteitä varten jäänkantonormiston. Sen mukaan teräsjään paksuuden ollessa 20 cm on ajoneuvon suurin sallittu paino 2 tonnia. Vastaavasti 50 cm kantaa korkeintaan 12 tonnia. Kohvajäätä ei tässä normistossa lasketa lainkaan mukaan, vaan ns. tehollinen jäänpaksuus on aina vain teräsjään paksuus. Tavallisesti kohvajäätä on kuitenkin noin 10...50 % jään kokonaispaksuudesta (Mustonen 1986, s. 60).

Jääkiderakenteella ja muilla ominaisuuksilla on oleellinen vaikutus kantavuuteen. Tuulella syntynyt jää on tyynellä syntynyttä hauraampaa, johtuen kiteiden c-akselien erilaisesta asettumisesta. Vastaavasti merijää on hauraampaa kuin makean veden jää suolataskujen vuoksi. Kohvajää on hauraampaa kuin teräsjää, suuremman ilmakuplamäärän vuoksi. Huokoisen ja hauraan kohvajään kantavuus on vain noin puolet teräsjään kantokyvystä. Jään lujuus pienenee verrannollisena suureeseen  $(1 - v_a)^{1/2}$ , missä  $v_a$  on ilmakuplien suhteellinen osuus (Leppäranta 1996, s. 52). Kevätjään kantavuus on arvaamaton. Aamulla hyvin kantava monikymmentsenttinen jää ei välttämättä kannata enää iltapäivällä jään puikkoontuessa.

Kuormituksen jakautuessa suuremmalle pinnalle jään kantavuus kasvaa. Se onkin perinteisesti otettu huomioon annettaessa neuvoja heikoilla jäillä liikkuville. Jään murtumiseen johtavan kuormituksen ja kuormittavan pinta-alan riippuvuus ei ole yksikäsitteisesti ilmaistavissa. (Mustonen 1986, s. 60)

Kilpailujen ja muiden jäällä pidettävien suurten yleisötilaisuuksien järjestäjien on otettava huomioon, että jää on katsojajoukon alla tarpeeksi vahva. Jo kaksi katsojaa neliömetrillä edellyttää, että jää on ainakin 50 senttimetrin vahvuista.

Jäessä olevat halkeamat heikentävät myös sen kantavuutta. Suoraan kulkevan halkeaman reunalla jää kantaa noin 40 % ehjän jään kantavuudesta. Jos kaksi halkeamaa leikkaa suorakulmaisesti toisensa, pienenee kantavuus 25 %:iin. (Mustonen 1986, s. 59-60)

Jään murtuminen tapahtuu vaiheissa. Kun kuormitusta lisätään, ylitetään ensin jään kantavuus suoraan kuorman alla, jolloin jäähän muodostuu säteittäisiä rakoja. Nämä raot eivät kuitenkaan johda välittömästi jään murtumiseen, vaan kuormitusta voidaan lisätä vielä huomattavasti. Kriittinen vaihe alkaa rengasmaisen halkeaman syntyessä kuormituskohdan ympärillä. Tämän renkaan halkaisija riippuu mm. jäänpaksuudesta: 40 cm jäässä se on noin 20 m, 5 cm jäässä noin 4 m. (Mustonen 1986, s. 59)

Liikkuvan ajoneuvon tapauksessa on jääpeitteen kantavuutta arvioitaessa otettava huomioon jään alla syntyvä veden aaltoliike. Jos ajoneuvon nopeus on pieni, ei tällä seikalla ole suurta merkitystä. Kun nopeus kasvaa aaltoliikkeen etenemisnopeuden suuruiseksi, lisääntyy jäähän kohdistuva taivuttava voima ja jään kantavuus heikkenee. Tämä vaarallinen nopeus riippuu mm. jään paksuudesta ja

veden syvyydestä. Kun esim. syvyys on 50 cm, on tämä nopeus  $30 \text{ kmh}^{-1}$ . (Mustonen 1986, s. 60) Jään kantavuus on heikoimmillaan, kun ajoneuvon nopeus on aaltoliikkeen etenemisnopeuden suuruinen.

Joskus jäälle muodostuu itsestään uve- eli uhkuavantoja. Näitä avantoja voi muodostua, jos jäälle kertyvän lumen paino ylittää jään kantokyvyn ja vettä alkaa uhkumaan pienistä halkeamista jään päälle ja lumelle. Veden lämpö sulattaa pystysuuntaisia sylinterimäisiä reikiä. Kun nämä reiät kasvavat, yhä enemmän vettä pulppuaa jäälle, kunnes systeemi on tasapainossa. Uveavanto sulattaa lunta muotoon, joka näyttää 6-säteiseltä tähdeltä, ja jonka halkaisija voi olla 1...10 metriä. Itse avannon halkaisija on yleensä vain 3...10 cm. Suurin todennäköisyys uveavantojen muodostumiselle on silloin, kun teräsjää on ohutta, lumisade on voimakasta ja vesi jään alla on melko lämmintä. Erityisen suotuisat olosuhteet uveavantojen syntymiselle ovat pienissä tuulensuojaisissa järvissä, jotka jäätyvät vesimassan jäädessä suhteellisen lämpimäksi. Myös latvajärvissä, joihin ei laske puroja tai jokia, vesi voi olla talvella suhteellisen lämmintä. (Hyvärinen 1988)



Uveavanto. Kuva: E. Kuusisto

### 3.6 Jäänlähtö

Keväällä auringonkorkeuskulman noustessa säteily lämmittää jään päällä olevaa lumipeitettä. Lumen alkaessa sulaa sen albedo laskee ja siten lumeen pääsee tunkeutumaan yhä enemmän säteilyä. Albedolla on siis suuri merkitys sulamiskautena. Puhtaan lumen albedo eli heijastavuus on noin 0,8...0,9 ja märän lumen 0,4...0,6. Kun lumi on sulanut jäältä, on jäänpinnan albedo 0,3...0,4. Vedelle albedo on 0,07 (Leppäranta 1996, s. 18; Henneman ja Stefan 1999). Sulamiskautena jään ja lumen lämpötila on  $0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . Tällöin lisälämpö menee aina sulamiseen, eikä lämmönjohtumista tapahdu. Lumeen ja jäähän tunkeutunut auringon säteily haurastuttaa jäätä sisäisesti. Jään sisäinen sulaminen käynnistyy kunnolla vasta kun lumi on sulanut päältä pois. Jään pinnan albedo on pienempi kuin lumen, joten lumeton jään pinta imee säteilyä huomattavasti enemmän kuin luminen. Auringon säteily vaimenee jäässä eksponentiaalisesti. Säteilyn vaimenemismatka on noin 10...100 cm, eli pieni osa säteilystä menee jään läpi ja lämmittää siellä vettä. Säteily sulattaa

jäätä ensin kiteiden rajapinnoilta ja näin ollen teräsjää sulaa pylväiksi. Kun jää on syöpynyt sisältä noin 20...50 %, se menettää lujuutensa ja hajoaa veteen, ja sulaminen kiihtyy entisestään. Jään tai lumen sulaminen voidaan laskea kaavasta:

$$\frac{dh}{dt} = \frac{\Delta Q}{\rho L}$$

missä  $\Delta Q > 0$  on systeemiin lisätty lämpöenergia ja  $h$  ja  $\rho$  ovat jään tai lumen paksuus ja tiheys. (Leppäranta 1996, s. 34)

Yleensä jäät eivät kuitenkaan sula täysin paikoilleen, vaan liikkuvat virtaus-ten ja tuulten mukana. Jäiden liikkeessa kitka lisää niiden rikkoutumista ja siten myös sulamista. Jäät sulavat yleensä ensin rannoilta, lahdistä ja virtapaikoista. Auringonsäteilyn, ilman lämpötilan ja tuulten lisäksi myös vesisateella on jäiden sulamista kiihdyttävä vaikutus, sillä sadevesi tuo lisälämpöä jäänpinnalle (Ruostee-noja 1986).

Jokien jäänlähdössä virtaaman kasvulla on selvä merkitys (Beltaos 1984), joka järvien jäänlähdössä ei ole niin selvästi nähtävissä. Shulyakovskiin (1966) mukaan tekojärvillä vedenpinnan keväisellä nousulla on kuitenkin selvä vaikutus. Kun talven aikana vedenpinta on laskenut, keväinen nopea vedenkorkeuden nousu kasvattaa järven pinta-alaa ja näin ollen helpottaa jäiden lähtöä irrottamalla ne va-paiksi rannoilta. Tämän jälkeen tuulet pääsevät kuljettamaan jäitä helpommin.



*Jäänlähtö järvellä. Kuva: E. Kuusisto*

## Jääaineiston analyysin tulokset

### 4.1 Jäätymisen ja jäänlähdon keskimääräisistä ajankohdista

Kaikkien työssä tarkasteltujen havaintopaikkojen tilastotietoja löytyy liitteinä olevista taulukoista. Kuvien 4, 5 ja 6 kartat on piirretty käyttäen apuna Kuusiston ja Lemmelän (1975), Laasasen (1982), Kuusiston (1994) julkaisujen karttoja niiltä osin missä nykyinen havaintoverkko on puutteellinen. Kartat koskevat lähinnä keskikokoisia järviä.

Järvien jäätyminen alkaa ensimmäisenä rannoilta ja lahdista. Rantojen ja lahtien jäätymisajankohdissa on hyvin paljon eroja samalla alueella riippuen havaintopaikasta. Luonnollisesti pienet, suojaisat ja matalat rannat ja lahdet jäätyvät ensimmäisinä. Pohjois-Suomessa rannat ja lahdet jäätyvät keskimäärin lokakuun puolivälin ja lopun välisenä aikana, muualla pääosin marraskuun aikana. Joillakin suurten järvien avoimilla havaintopaikoilla rannat ja lahdet jäätyvät keskimäärin vasta joulukuun alussa. Erot rantojen ja lahtien jäätyksen välillä vaihtelevat muutamista päivistä jopa viikkoihin riippuen havaintopaikasta. Aikaisimmillaan rannat ovat jäätyneet Lapissa jo syyskuun puolivälin tienoilla, myöhäisimmillään maan etelä- ja keskiosan isoilla järvillä vasta joulukuun lopulla.

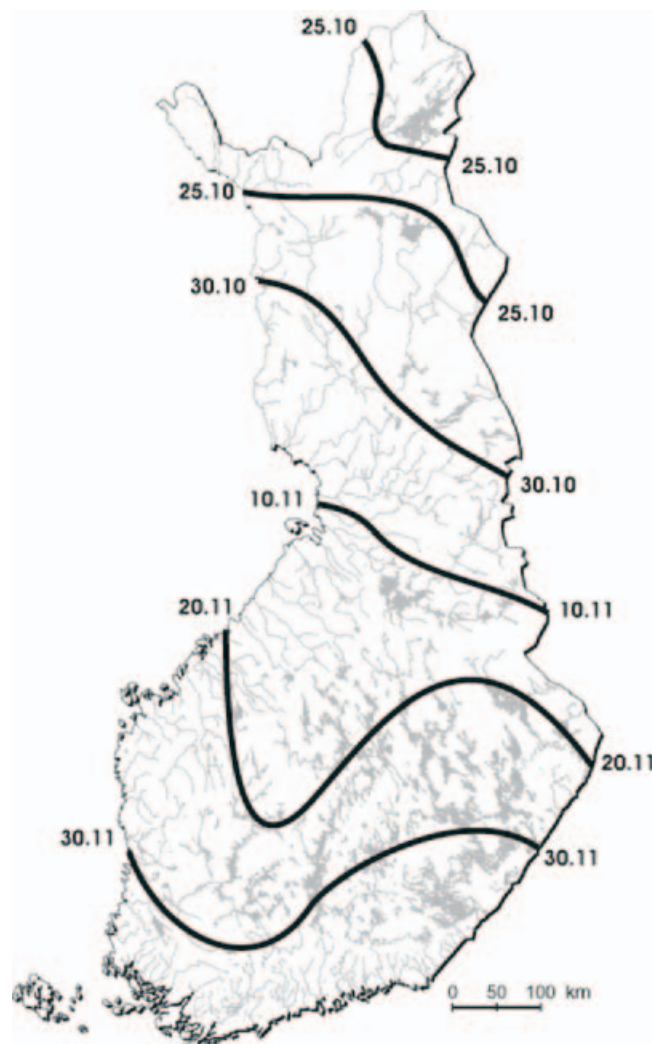
Tyypillisesti ensimmäisenä jäätyvät merenpinnasta korkealla olevat pienet lammet ja järvet Käsivarren Lapissa ja Pohjois-Lapin Maanselällä. Jaksolla 1961-2000 liitteessä 1 esitettyjen havaintopaikkojen perusteella keskimäärin ensimmäisenä jäätyivät Käsivarren pienet järvet lokakuun puolivälin jälkeen, sen jälkeen muut pienet tai keskikokoiset Lapin järvet lokakuun loppuun mennessä. Lapin suurista järvistä Kilpisjärvi jäättyi jaksolla 1961-2000 lopullisesti keskimäärin 7.11. ja koko Inari taas keskimäärin 22.11. Kainuun ja Suomenselän pienimmät järvet jäätyivät jaksolla 1961-2000 keskimäärin marraskuun puoliväliin mennessä, maan keskiosassa suurimpia järviä lukuun ottamatta marraskuun loppuun mennessä. Etelärannikon järvet sekä suurten järvien selät maan sisäosassa jäätyivät vasta joulukuun puolella. Kallaveden selkä jäättyi keskimäärin joulukuun alussa, Näsijärven selkä joulukuun puolivälissä ja Päijänteen Tehinselkä vasta joulun aikaan. Aikaisimmat pysyvät jäätymiset ovat sattuneet Lapissa jo lokakuun alussa, maan eteläosassa taas lokakuun 20. päivän tienoilla. Myöhäisimmät pysyvät jääpeitteet on saatu Lappiin marras-joulukuun vaihteessa, mutta koko Inari on myöhäisimmillään jäänyt pysyvästi vasta joulukuun lopussa. Etelässä myöhäisimmät jäätymiset osuvat tammikuun loppupuolelle. Hyvin aikaisen jäätymisen vuosia jaksolla 1961-2000 ovat olleet koko maassa mm. 1968 ja 1992. Osassa Suomea syksyn 1992 aikaiset jäät kuitenkin sulivat. Jakson ulkopuolelta mainittakoon viime vuosilta syksyn 2002 jäätymisen, joka oli etelässä paikoin ennätysaikainen. Hyvin myöhäisiä jäätymiä on sattunut jaksolla 1961-2000 syksyinä 1974 ja 2000. Näköpiirin lopullisen jäätymisen vaihtelu eri vuosien välillä on melko suurta, etenkin maan eteläosassa. Jäätymisen ajankohdan keskihajonta oli jaksolla 1961-2000 maan etelä- ja keskiosassa pääosin 13...15 d, Lapissa 8...12 d.

Jäänlähtö alkaa keväällä aluksi rantojen sulamisella, sittemmin laajemmalla alueella on sulaa, tämän jälkeen jäät liikkuvat ja lopuksi jäät ovat kadonneet näköpiiristä. Joinakin vuosina jäät saattavat sulaa paikalleen. Jäänlähdössä eri ko-



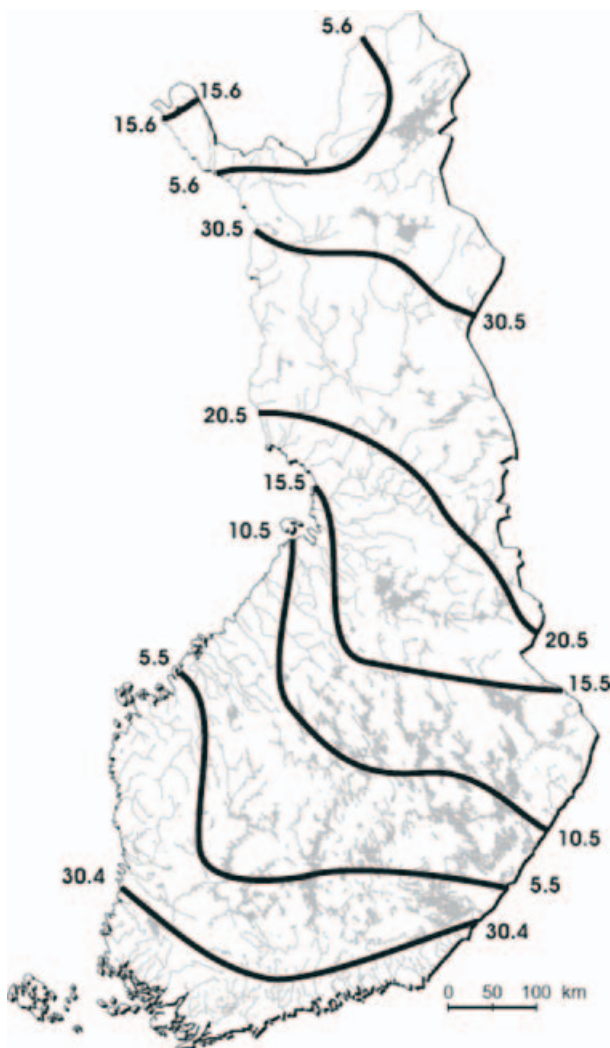
koisten järvien välillä ei ole niin suuria eroja kuin jäätymisessä. Jaksolla 1961-2000 rannat olivat sulat maan eteläosassa keskimäärin huhtikuun puolen välin jälkeen, maan keskiosassa huhti-toukokuun vaihteessa, Kainuussa toukokuun puoleen väliin mennessä, Lapissa toukokuun puolen välin jälkeen, Kilpisjärvellä vasta toukokuun lopussa. Aikaisimmillaan rannat ovat olleet sulat maan eteläosassa maaliskuun vaihteessa, Lapissa huhtikuun loppupuolella, Kilpisjärvellä kuitenkin vasta toukokuun puolivälissä. Myöhäisimmillään rannat ovat sulaneet etelässä vasta toukokuun puolivälissä, Lapissa kesäkuun puolella ja Kilpisjärvellä vasta kesäkuun puolivälissä.

Jäät lähtevät koko näköpiiristä maan eteläosassa keskimäärin huhti-toukokuun vaihteessa, maan keskiosassa toukokuun puoleen väliin mennessä, Kainuussa toukokuun puolen välin jälkeen, Etelä- ja Keski-Lapissa toukokuun loppuun mennessä ja Pohjois-Lapissa kesäkuun alussa (kuva 5, liite 2). Koko Inarista jäät lähtevät kuitenkin keskimäärin vasta kesäkuun 12. päivä ja Kilpisjärvestä kesäkuun 19. päivä. Aikaisimmillaan jäät ovat lähteneet etelässä huhtikuun alussa, Lapissa toukokuun puolenvälin tienoilla, Kilpisjärvellä kuitenkin varhaisimmillaan touko-kesäkuun vaihteessa. Jaksolla 1961-2000 aikaisimmat jäänlähdöt ovat sattuneet suurimmalla osalla havaintopaikoista vuosina 1989 ja 1990. Erittäin myöhäisen jäänlähdön vuosia ovat olleet 1981 ja 1985 sekä Pohjois-Suomessa 1997. Jäänlähdön ajankohdan keskihajonta oli jaksolla 1961-2000 pääosin 6...8 d. Hajonnoissa ei ollut kovin suuria eroja etelän ja pohjoisen välillä kuten jäätymisissä oli.



Kuva 4. Keskimääräinen näköpiirin lopullinen jäätyminen 1961-2000.

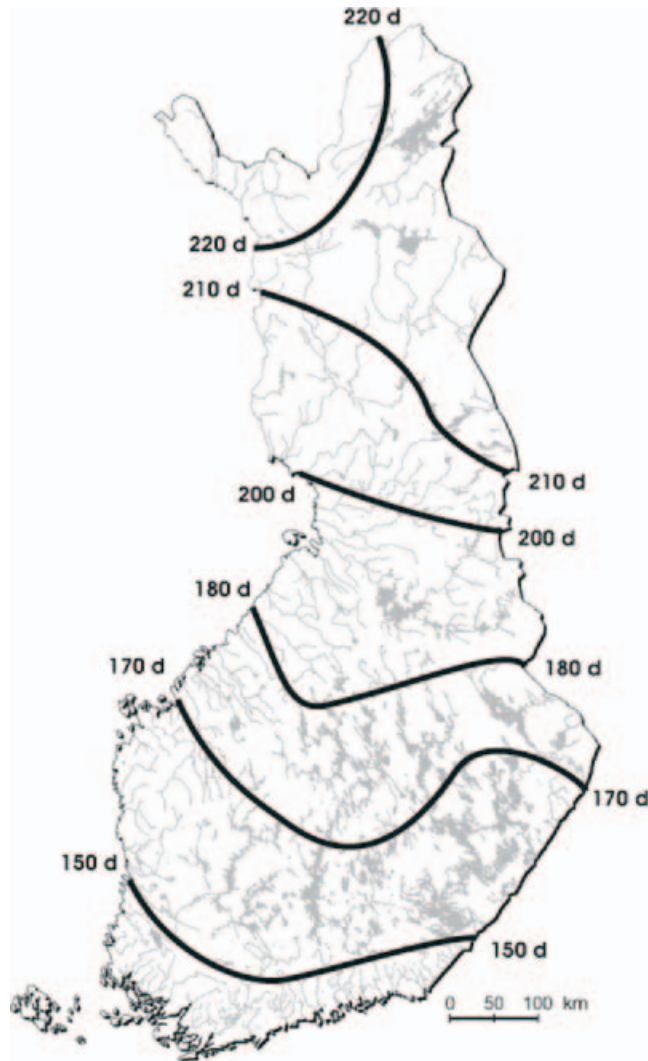
Fig. 4. Average date of freezing in 1961-2000.



Kuva 5. Keskimääräinen jäiden kaatoaminen näköpiiristä 1961-2000.  
 Fig. 5. Average date of break-up in 1961-2000.

#### 4.1.1 Jääpeitekauden pituus

Jaksolla 1961-2000 keskimääräinen pysyvän jääpeitteen kausi kesti etelärannikolla ja etelä- ja keskiosien suurten järvien selillä noin 140 päivää eli reilut neljä ja puoli kuukautta, maan keskiosassa yleisesti 150...180 päivää eli viisi...kuusi kuukautta, Kainuussa 180...200 päivää eli kuutisen kuukautta ja Lapissa 200...220 eli seitsemisen kuukautta (kuva 6, liite 2). Käsivarren pienissä järvissä jääpeitekausi kestää keskimäärin 240 päivää eli kahdeksan kuukautta. Lyhimmillään eteläisimmän Suomen järvet ja suuret selät sisämaassa ovat olleet jään peittämiä noin 80 päivää eli reilut kaksi ja puoli kuukautta ja pisimmillään jopa noin 200 päivää. Lapissa jääpeiteaika on kestänyt pisimmillään useissa järvissä yli kahdeksan kuukautta ja lyhimmillään reilut viisi ja puoli kuukautta, paitsi Inarin selillä ainoastaan hieman yli neljä ja puoli kuukautta. Maan etelä- ja keskiosassa jaksolla 1961-2000 hyvin lyhyen yhtenäisen jääpeitteen talvia ovat olleet mm. 1972-1973, 1974-1975 ja 1982-1983. Pohjoisessa myös talvi 1989-1990 oli harvinaisen lyhyt. Erityisen pitkä jääpeiteaika on ollut jaksolla 1961-2000 talvella 1968-1969 ja lisäksi eteläosassa talvena 1980-1981 ja pohjoisessa 1976-1977. Jääpeiteajan vaihtelu eri vuosien välillä on suurempaa etelässä, johtuen pääosin jäätymisen ajankohdan suuremmasta vaihtelusta.



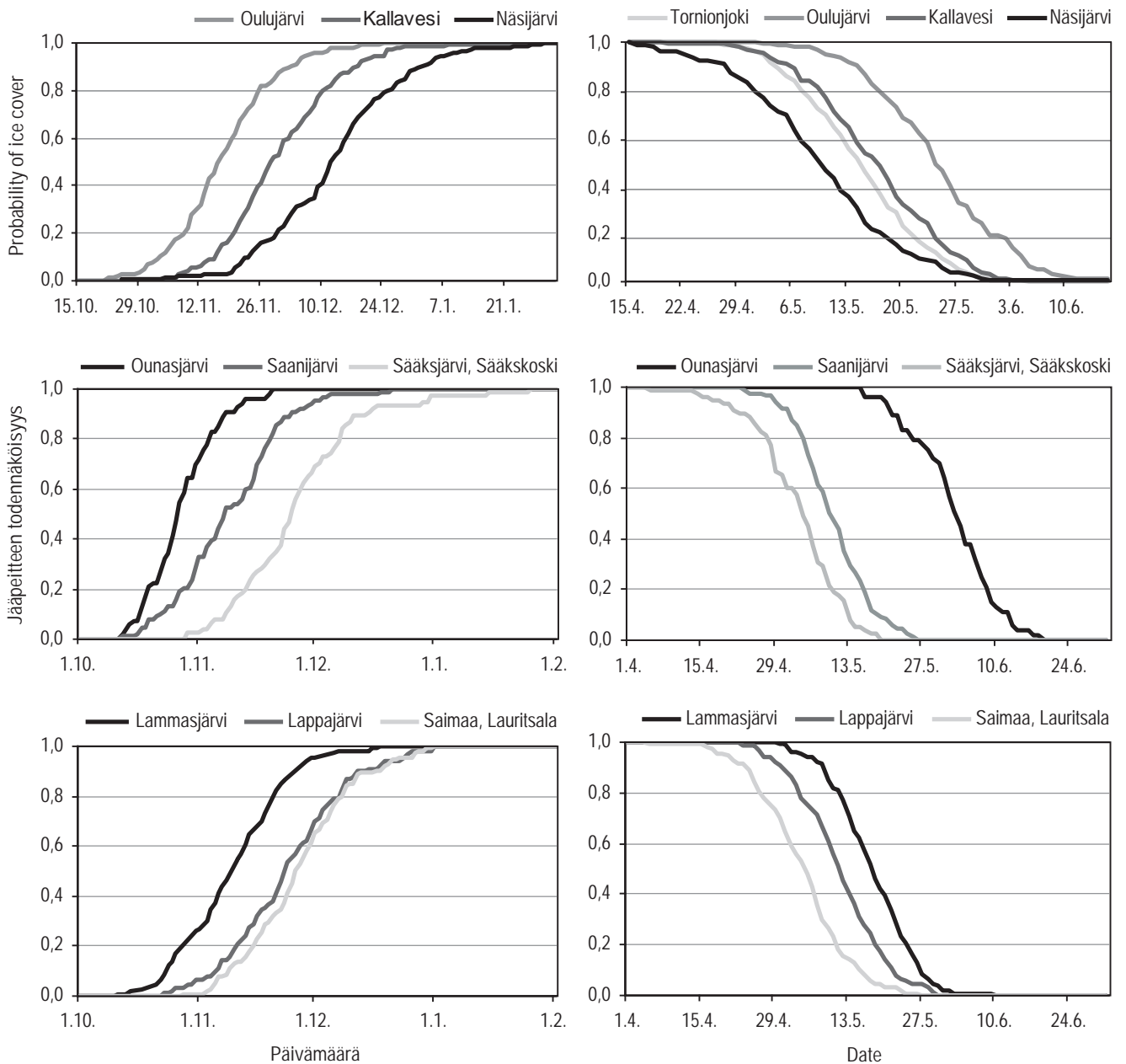
Kuva 6. Keskimääräinen jääpeiteaika jaksolla 1961-2000.  
 Fig. 6. Average duration of ice cover in 1961-2000.

#### 4.1.2 Jääpeitteen todennäköisyyskäyrät

Jääpeitteen muuttujien todennäköisyyskäyrän avulla voidaan arvioida helposti tiettyjen jäätymis- ja jäänlähdeajankohtien toistuvuuksia. Aikaisemmin Kuusisto (1987) on määrittänyt todennäköisyyskäyrät Näsijärvelle, Kallavedelle ja Oulujärvelle. Tässä analyysissä tarkasteltaville havaintopaikoille määritettiin jäätyminen ja jäänlähden ajankohdan todennäköisyysjakaumat. Kuvassa 7 on esitetty käyriä muutamille erityyppisille havaintopaikoilla eri puolilla Suomea. Tulokset on esitetty jääpeitteen esiintymisen todennäköisyytenä, eli 10 % ( $p = 0,1$ ) todennäköisyys vastaa toistuvuutta kerran kymmenessä vuodessa, 2 % ( $p = 0,02$ ) taas kerran 50 vuodessa, jne. Todennäköisyyskäyrästä voi tarkastella myös havaintoihin perustuvia keskimääräisiä, pisimpiä ja lyhimpiä teoreettisia jääpeiteaikoja. Kuvan mukaiset lyhimmät ja pisimmät jääpeiteajat eivät välttämättä ole koskaan esiintyneet, sillä myöhäisimmän jäätyksen syksyä ei ole välttämättä seurannut aikaisin jäänlähde, eikä vastaavasti aikaisinta jäätymistä myöhäisin jäänlähde.

Jäätyksen todennäköisyyskäyrä on selvästi loivempi eli jakautunut pidemmälle ajanjaksolle kuin jäänlähdellä. Samoin etelämpänä jäätyksen ajankohta eri vuosien välillä vaihtelee selvästi enemmän kuin pohjoisessa ja käyrä on siis loivempi. Eri havaintopaikkojen havaintojaksot ovat kullekin pisimmät mahdolliset, joten ne eivät välttämättä kata samoja vuosia eri paikoilta.





Kuva 7. Jääpeitteen todennäköisyyskäyriä eri havaintopaikoilla.  
 Fig. 7. Probability curves of ice cover at different sites.

#### 4.1.3 Maantieteellisten tekijöiden vaikutus jäänlähtoon ja jäätymiseen

Jäänlähdon ja jäätymisen keskimääräiselle ajankohdalle sekä keskimääräiselle jääpeiteajalle laskettiin Pearsonin korrelaatioita erilaisten maantieteellisten taustamuuttujien suhteen. Analyysiin otettiin mukaan kaikki havaintopaikat Tornionjokea lukuun ottamatta. Maantieteelliset tekijät (koordinaatit, korkeus, pinta-ala, keskisyvyys, suurin syvyys ja tilavuus) saatiin ympäristöhallinnon Hertta-tietojärjestelmästä. Jäänlähtoaika korreloi tilastollisesti merkitsevästi ( $p < 0,01$ , 2-puol. t-testi) leveyspiirin, korkeuden ja pituuspiirin kanssa. Järven tilavuuden ja suurimman syvyyden suhteen korrelaatio on heikohko, mutta merkitsevä ( $p < 0,05$ ,

2-puol. t-testi). Järven pinta-alan tai keskisyvyyden suhteen ei ollut nähtävissä tilastollisesti merkitsevää korrelaatiota. Jäänlähdon ajankohdassa on siis selvä leveyspiiriin riippuvuus. Kuvassa 8 on esitetty jäänlähdon ajankohdan korrelaatio erilaisten maantieteellisten tekijöiden kanssa. Liitteen 2 taulukon järvihavaintopaikkojen jäänlähdon ja leveyspiirin (yhtenäiskoordinaatit) välinen korrelaatiokerroin on 0,96. Kuvan mukaan 100 kilometrin siirtyminen pohjoissuunnassa vastaisi noin neljän päivän siirtymää jäänlähdössä myöhemmäksi. Aineistossa ovat mukana kaikki havaintopaikat korkeudesta ja järven koosta riippumatta. Suurin hajonta on nähtävissä Lapissa, mikä selittyy Käsivarren erityisolosuhteilla, sekä Lapin havaintojärvien koon ja korkeuden melko suurilla eroilla. Jäänlähdon ajankohdan ja korkeuden välinen korrelaatio ( $r = 0,77$ ) on selvästi heikompi kuin leveyspiirin suhteen (kuva 8). Erityisen suuri hajonta on 100...150 metrin korkeudella. Näillä sijaitsevia alueita ovat mm. Suomenselkä, Kainuu ja Pohjois-Lappi. Myös pituuspiirissä on havaittavissa merkitsevää korrelaatiota, mutta ei kuitenkaan niin selvää kuin leveyspiirin tai korkeuden suhteen ( $r = 0,28$ ,  $p < 0,01$ ). Koko aineiston mukaan jäänlähtö viivästyy itään päin mentäessä noin 3 päivää 100 kilometriä kohden. Suurinta hajontaa kuvaan aiheuttaa Käsivarren Lappi. Korrelaatio olisi huomattavasti parempi, jos se laskettaisiin erikseen maan etelä- ja keskiosalle ja Lapille. Järvien tilavuuden ja jäänlähdon ajankohdan välinen korrelaatiokerroin on 0,38. Korrelaatio määräytyy kuitenkin lähinnä Inarin selän mukaan, ja hajonta pienillä tilavuuksilla on hyvin suurta. Lisäksi on huomattava, että vain noin puolilta havaintojärvistä on tilavuustiedot saatavilla. Havaintopaikkojen näköpiirit eivät edes yleensä kata koko järveä, joten ala tai tilavuus eivät ole kovin hyviä muuttujia, paitsi suurimpien selkien tapauksessa.

Keskimmääräisen jäänlähdon ajankohdalle tehtiin regressiomalli, käyttäen selittäjinä kaikkia tilastollisesti merkitseviä taustamuuttujia eli leveyspiiriä, pituuspiiriä, korkeutta ja järven tilavuutta.

Regressiomallin selitysasteeksi saatiin 97 % eli  $r^2 = 0,97$ . Pelkällä leveyspiirillä ja korkeudella päästiin 94 %:iin. Neljän taustamuuttujan mallin yhtälö on:

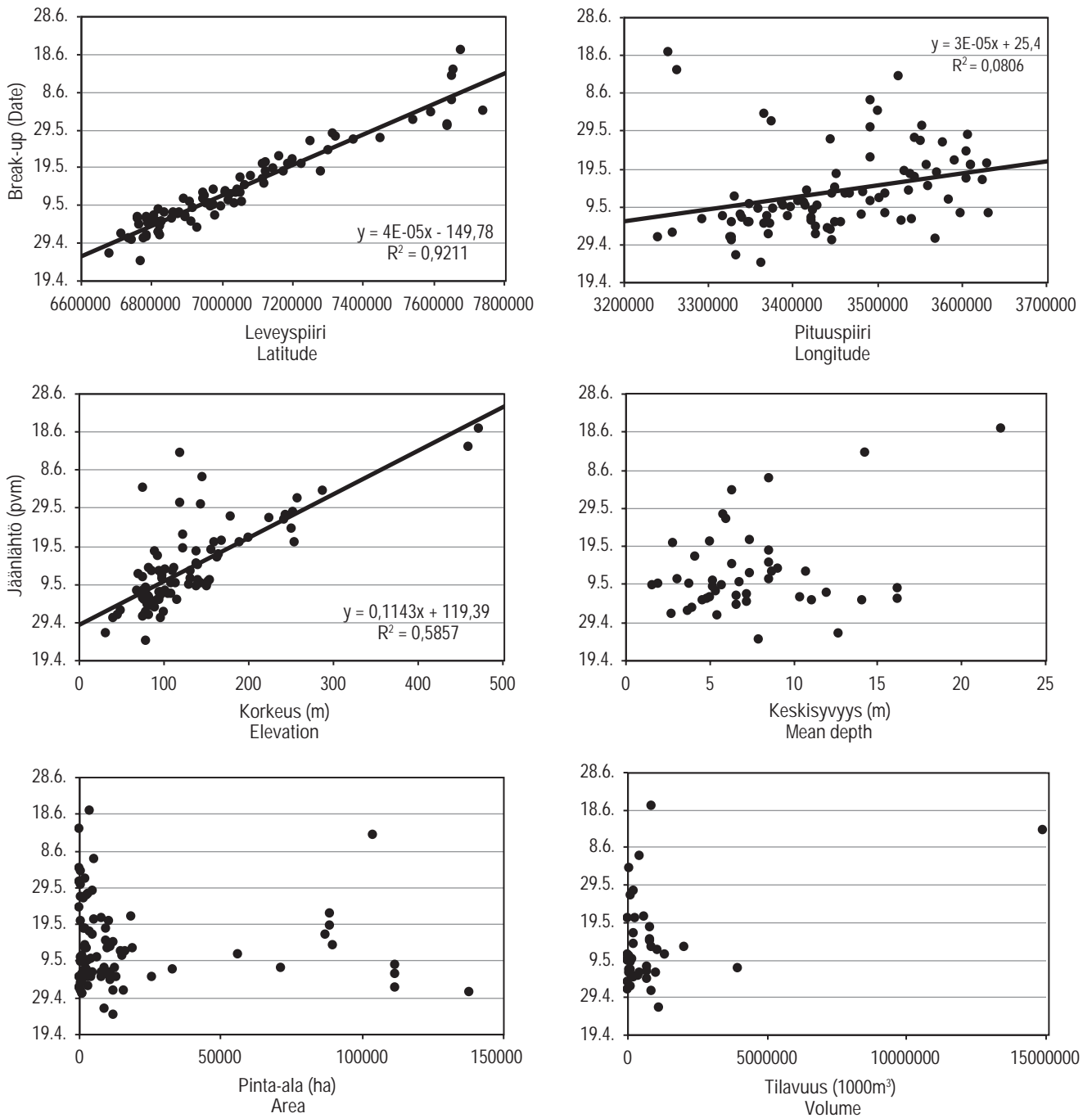
$$b_4 = 3,195 \cdot 10^{-5} \cdot YKP + 0,04 \cdot KORKEUS + 5,585 \cdot 10^{-6} \cdot YKI + 7,221 \cdot 10^{-7} \cdot V - 115,56$$

Ja pelkällä leveyspiirillä ja korkeudella:

$$b_4 = 3,432 \cdot 10^{-5} \cdot YKP + 0,031 \cdot KORKEUS - 111,43$$

missä YKP ja YKI ovat leveys- ja pituuspiiri yhtenäiskoordinaatteina, KORKEUS metreinä N60-tasosta ja V järven tilavuus tuhansina kuutiometreinä. Tällöin keskimääräinen jäänlähtöpäivä  $b_4$  saadaan juliaanisenä päivänä vuoden alusta lukiin. Laskennassa on otettu karkauspäivä mukaan, joten esim. saatu juliaaninen päivä 120 vastaa huhtikuun 29. päivää.

Näköpiirin lopullisen jäätyminen ajankohta korreloi myös voimakkaimmin leveyspiirin kanssa ( $r = -0,81$ ,  $p < 0,01$ ). Kuvan 9 mukaan jäätyminen aikaistuu noin 4 päivää 100 kilometriä kohden pohjoiseen. Leveyspiiriä kohden hajonta on suurinta etelän ja Lapin suurilla järvillä. Korkeus korreloi toiseksi parhaiten ( $r = -0,68$ ,  $p < 0,01$ ). Hajonta on suurinta noin sadassa metrissä, kuten oli jäänlähdon suhteenkin. Jäätyminen aikaistuu noin 12 päivää sataa metriä kohden koko aineiston mukaan. Jäätymisajankohdalle saatiin merkitseviä korrelaatiokertoimia myös pinta-alan ( $r = 0,36$ ,  $p < 0,01$ ), pituuspiirin ( $r = -0,26$ ,  $p < 0,05$ ), järven keskisyvyyden ( $r = 0,37$ ) ja järven maksimisyvyyden suhteen ( $r = 0,31$ ). Tilavuudelle korrelaatio ei ollut tilastollisesti merkitsevä, mutta tilavuus korreloi kuitenkin hyvin pinta-alan ja syvyyden kanssa. Jäätyminen korrelaatiot eri taustamuuttujien suhteen



Kuva 8. Jäänlähdon ajankohdan riippuvuus maantieteellisistä tekijöistä.  
 Fig. 8. Correlations between the break-up and various geographical factors.

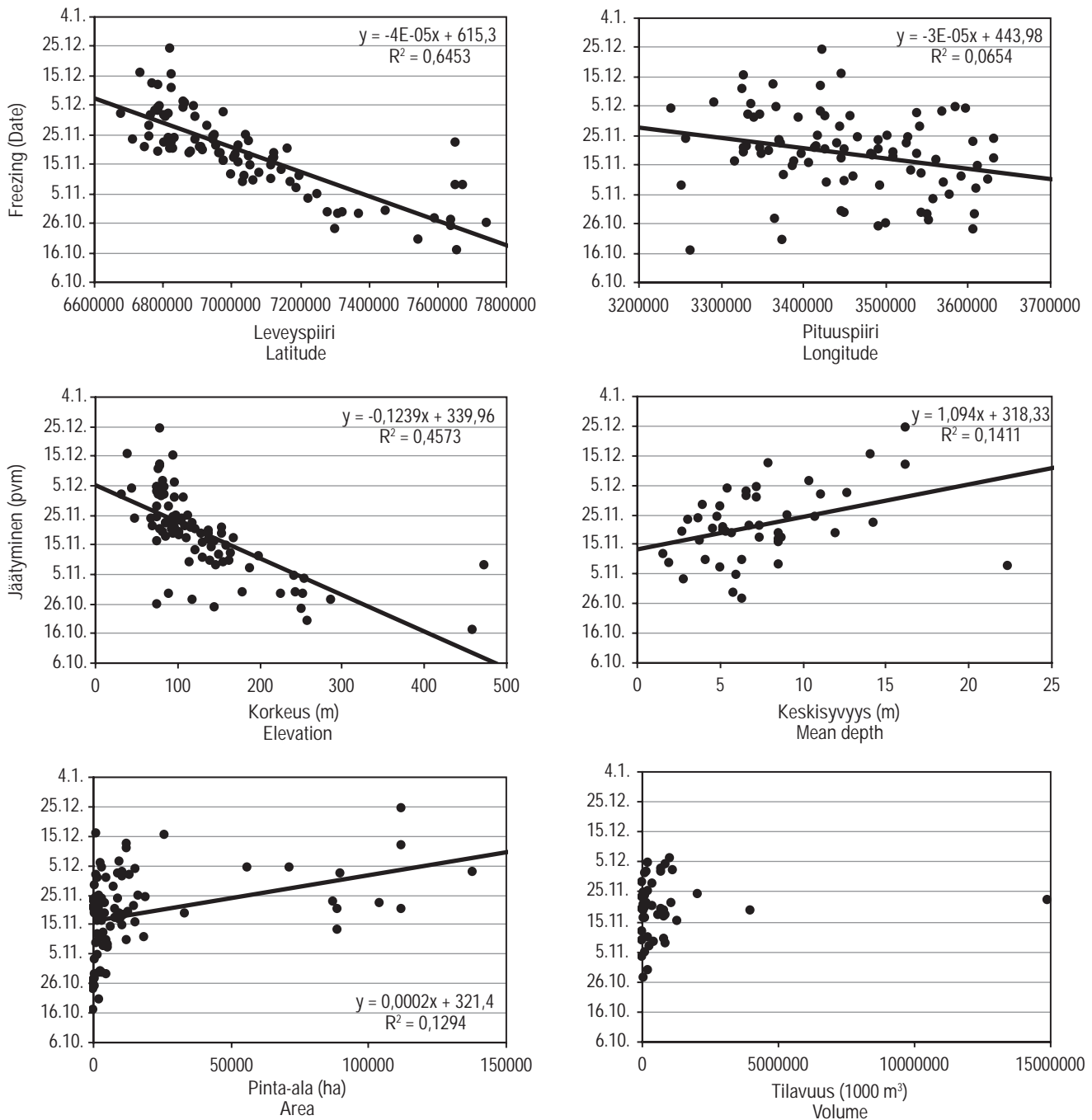
on esitetty kuvassa 9. Näköpiiriin lopullisen jäätymisen ajankohdalle tehtiin regressiomalli, jossa selittäjinä ovat leveyspiiri ja korkeus. Selitysasteeksi saatiin 68 %. Jos malliin lisätään pituuspiiri, järven pinta-ala ja keskisyvyys, selitysaste nousee 84 %:iin. Tosin myös pelkällä leveyspiirillä, korkeudella ja keskisyvyydellä päästään 82 %:iin. Tälle mallille yhtälö on:

$$x7 = -2,43 \cdot 10^{-5} \cdot YKP + 1,588 \cdot KESKISYVYYS + 0,063 \cdot KORKEUS + 492,53$$

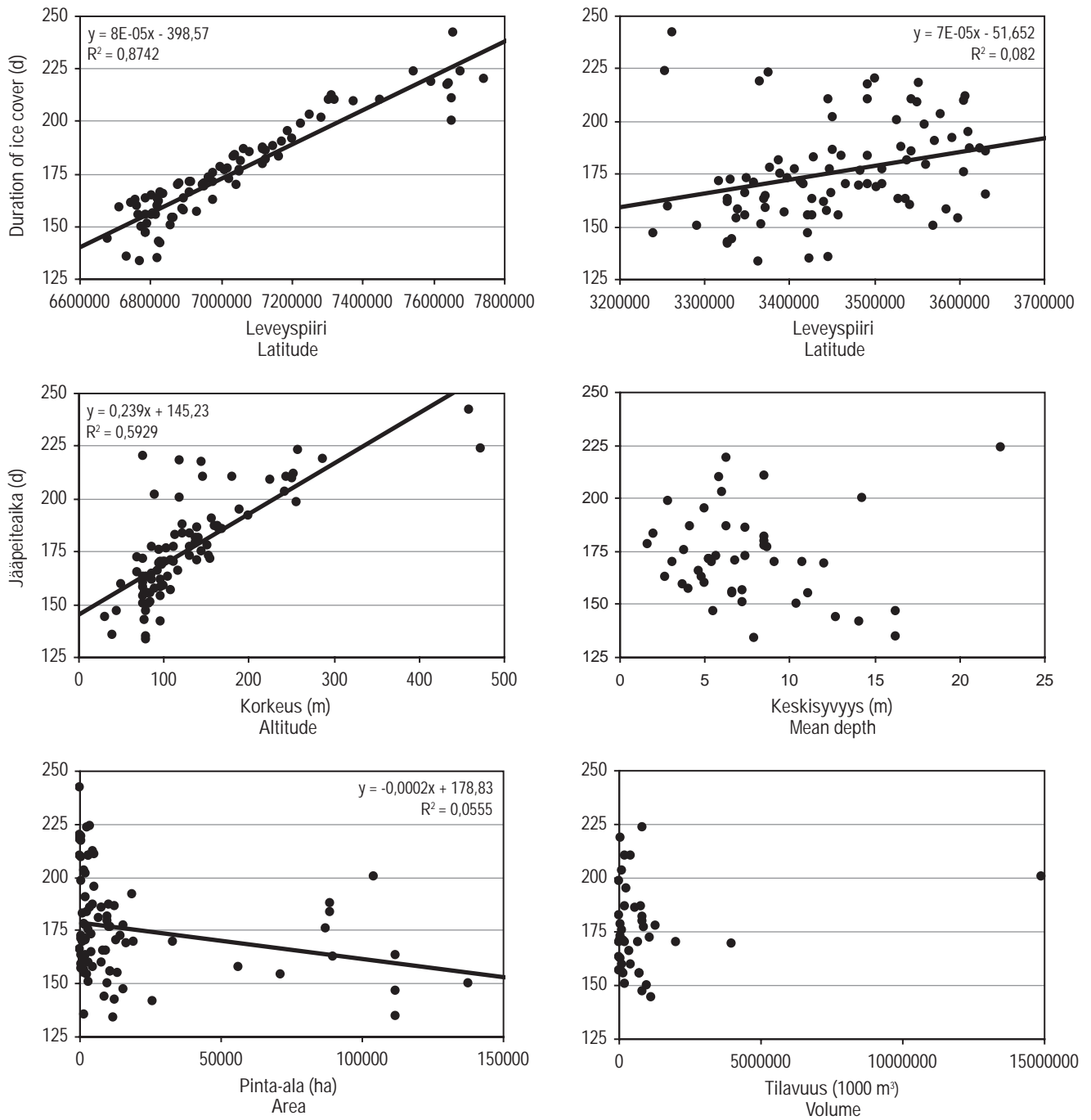
ja pelkällä leveyspiirillä ja korkeudella:

$$x7 = -3,33 \cdot 10^{-5} \cdot \text{YKP} - 0,043 \cdot \text{KORKEUS} + 564,06$$

missä YKP on leveyspiiri yhtenäiskoordinaatteina, järven korkeus merenpinnasta ja tällöin keskimääräinen jäätymispäivä  $x7$  saadaan juliaanisenä päivänä vuoden alusta. Laskennassa on otettu karkauspäivä mukaan, joten esim. näin saatu juliaaninen päivä 330 vastaa marraskuun 25. päivää.



Kuva 9. Jäätymisen ajankohdan riippuvuus maantieteellisistä tekijöistä.  
 Fig. 9. Correlations between the freezing and various geographical factors.



Kuva 10. Jääpeiteajan riippuvuus maantieteellisistä tekijöistä.  
 Fig. 10. Correlations between the duration of ice cover and various geographical factors.

Myös jääpeiteajan riippuvuus leveyspiiristä on selvä. Jääpeiteajalle ja leveyspiirille korrelaatiokerroin on 0,94 ( $p < 0,01$ ). Jääpeiteaika pitenee pohjoiseen päin mentäessä keskimäärin 10 päivää 100 kilometriä kohden. Hajontaa on lähinnä aivan etelässä sekä aivan pohjoisessa (kuva 10), mikä selittyy lähinnä etelän ja Lapin erikokoisten järvien havainnoilla. Jääpeiteaika korreloi merkitsevästi myös korkeuden ( $r = 0,77$ ,  $p < 0,01$ ), pituuspiirin ( $r = 0,29$ ,  $p < 0,01$ ) ja järven pinta-alan suhteen ( $r = -0,24$ ,  $p < 0,05$ ). Korkeuden suhteen hajonta on hyvin suuri sadan metrin tuntumassa, ja myös Käsivarren (+ 450 m) arvot vaikuttavat suuresti korrelaatioon. Myös pituuspiirin korrelaatio on hyvin hajanainen ja Käsivarren arvot vaikuttavat selvästi. Pelkälle leveyspiirille ja korkeudelle laskettu regressiomalli antaa selityssasteeksi 91 %. Kun lisätään pituuspiiri ja pinta-ala, selityssaste nousee 93 %:iin. Pelkällä leveyspiirillä ja korkeudella yhtälö on seuraava:

$$\text{Jääpeiteaika} = 6,701 \cdot 10^{-5} \cdot \text{YKP} + 0,075 \cdot \text{KORKEUS} - 305,25$$

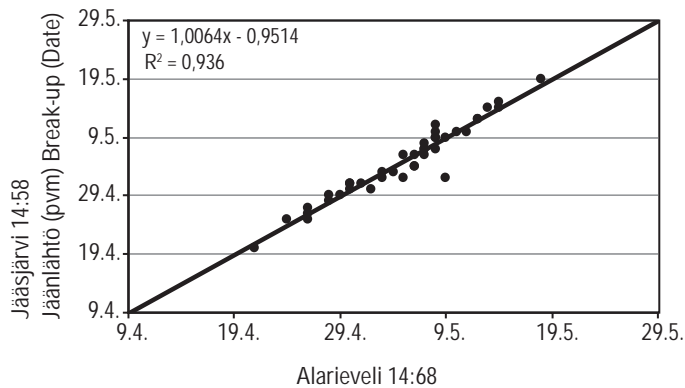
Keskimääräinen jäänlähdon ja jäätymisen ajankohta, jääpeiteaika sekä maksimipaksuus korreloivat vahvasti keskenään. Tässä taustatekijänä ovat tietenkin maantieteelliset syyt. Näin ollen ei ole järkevää käyttää näitä suureita toistensa selittäjinä tietyn alueen keskimääräisiä arvoja arvioitaessa. Yksittäisten vuosien tilannetta arvioitaessa näitä riippuvuuksia voidaan käyttää. Jos järvi siis jäätyy aikaisin, seuraa sitä melko varmasti tavanomaista pidempi jääpeiteaika. Jos taas tietynä vuotena jäät ovat erityisen paksuja, ne eivät todennäköisesti lähde ennätysellisen aikaisin.

#### **4.1.4 Jäätymisen ja jäänlähdon väliset korrelaatiot havaintopaikkojen suhteen**

Kuten edellisessä kappaleessa todettiin, jäätymisen ja jäänlähtö riippuvat vahvimmin leveyspiiristä ja korkeudesta. Näin ollen on odotettua, että läheiset havaintopaikat korreloivat vahvasti toistensa kanssa, vaikka itse havaintopaikkojen ominaispiirteissä on selviä eroja. Jäänlähdon ajankohta korreloi huomattavasti paremmin läheisten havaintopaikkojen kanssa kuin jäätymisaika. Tämä johtuu siitä, että jäänlähtö tapahtuu samoilla alueilla melko yhtäaikaaisesti riippumatta järven koosta tai syvyydestä, kun taas jäätymisessä järven koolla on merkitystä. Jäänlähdölle korrelaatiokertoimet läheisten asemien kanssa ovat pääsääntöisesti yli 0,90 ja parhaimmillaan jopa  $r = 0,98$ . Korrelaatio heikkenee luonnollisesti etäisyyden myötä. Heikoiten kaikkien havaintopaikkojen kanssa korreloivat Käsivarren Lapin Kilpisjärvi ja Peerajärvi. Parhaiten kaikkien havaintopaikkojen kanssa korreloivat luonnollisesti maan keskiosan havaintopaikat. Kuvassa 11 on esitetty Jääsjärven ja Alariivelin jäänlähtöjen välinen korrelaatiokuvaaja ja kuvassa 12 Kilpisjärven ja Muurasjärven korrelaatiokerroin eri paikkojen etäisyyden suhteen.

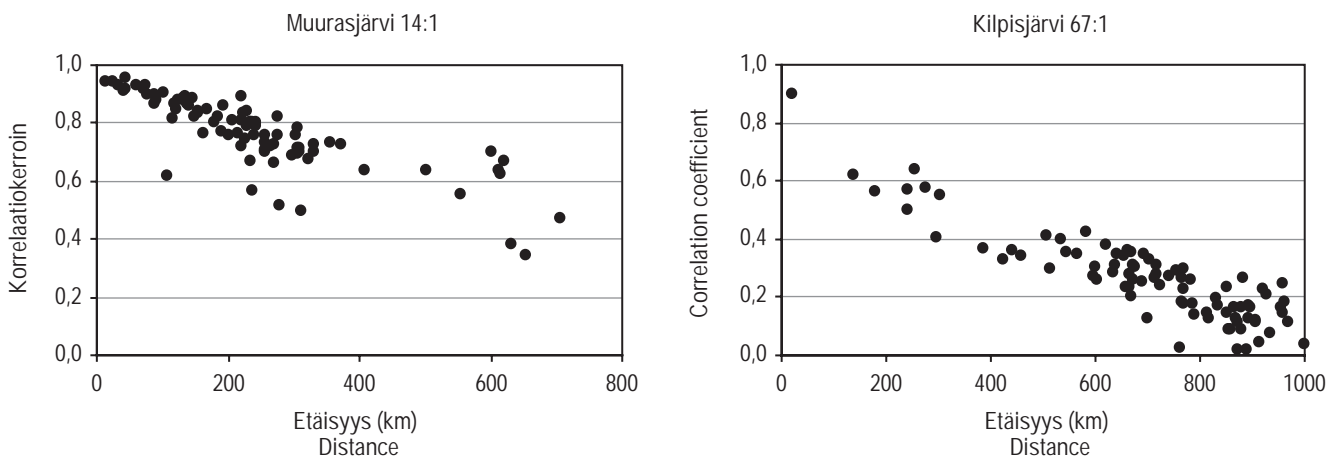
Jäätymisen korrelaatio etäisyyden suhteen on selvästi heikompi kuin jäänlähdon. Näköpiirin lopulliselle jäätymiselle korrelaatio läheisen havaintopaikan kanssa voi olla hyvinkin heikko, ja toisaalta taas satojen kilometrin päässä olevan paikan jäätymisen voi korreloida melko hyvin. Täytyy kuitenkin huomioida, että korkea korrelaatio ei välttämättä tarkoita havaintojen samanaikaisuutta, vaan sitä että havaintojen välillä on lineaarinen riippuvuus. Jäätymisen heikompa korrelaatiota selittävät järvien kokoerot. Eri kokoiset järvet tarvitsevat hyvin erilaisia pakkassummia jäätyäkseen, kun taas jäänlähdössä eri kokoisten järvien tarvitsemien lämpötilasummien erot ovat pieniä. Toisaalta esimerkiksi Kilpisjärven jäätymispäivä korreloi muiden havaintopaikkojen jäätymispäivien kanssa paremmin kuin jäänlähtöjen ajankohta. Tämä johtuu siitä, että Kilpisjärvi on suhteellisen syvä ja jäätyy kuitenkin muuhun Lappiin verrattuna melko myöhään. Kuvassa 13 on esi-

tetty Ähtärinjärven ja Kyyveden näköpiirin lopullisen jäätymisen välinen riippuvuus ja kuvassa 14 Muurasjärven ja Kilpisjärven näköpiirin lopullisen jäätymisen korrelaatio havaintopaikan etäisyyden suhteen.



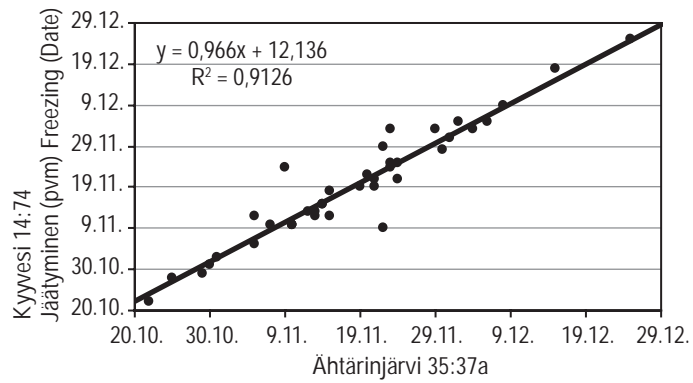
Kuva 11. Jääsjärven ja Alarievelin jäänlähdon välinen riippuvuus 1961-2000. Havaintopaikkojen etäisyys noin 30 kilometriä.

Fig. 11. Correlation between the break-up in Lake Jääsjärvi and Lake Alarieveli in 1961-2000. The distance between the sites is about 30 kilometers.



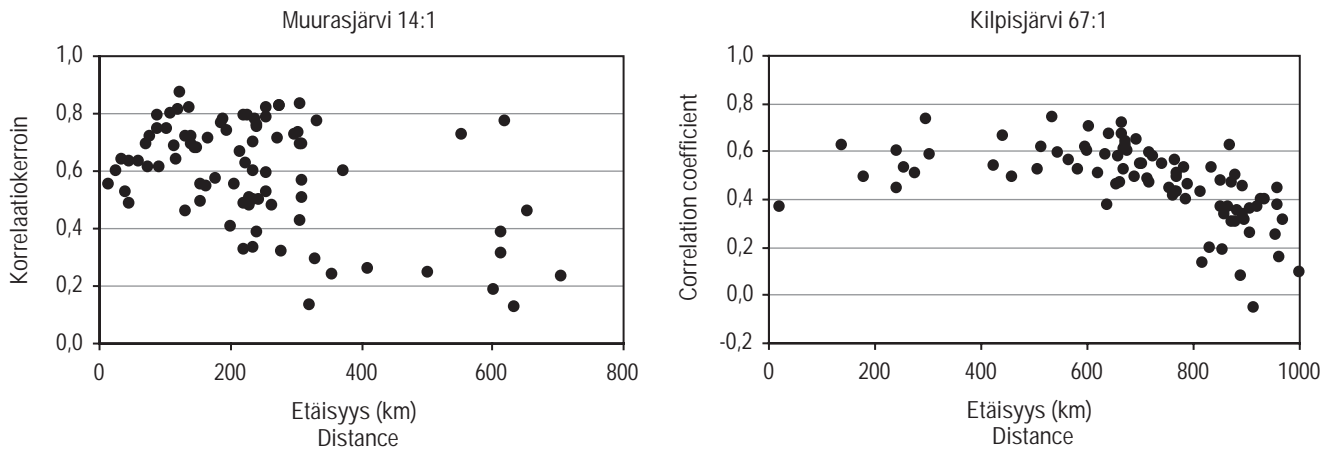
Kuva 12. Muurasjärven ja Kilpisjärven jäänlähdon korrelaatio eri havaintopaikkojen etäisyyden suhteen 1961-2000.

Fig. 12. The correlation coefficient of break-up as a function of distance in Lake Muurasjärvi and Lake Kilpisjärvi in 1961-2000.



Kuva 13. Ähtärinjärven ja Kyyveden näköpiirin lopullisen jäätymisen välinen riippuvuus 1961-2000. Havaintopaikkojen etäisyys 180 kilometriä.

Fig. 13. Correlation between Lake Ähtärinjärvi and Lake Kyyvesi freezing in 1961-2000. The distance between the sites is about 180 kilometers.



Kuva 14. Muurasjärven ja Kilpisjärven näköpiirin lopullisen jäätymisen korrelaatio eri havaintopaikkojen etäisyyden suhteen 1961-2000.

Fig. 14. The correlation coefficient of freezing as a function of distance in Lake Muurasjärvi and Lake Kilpisjärvi in 1961-2000.

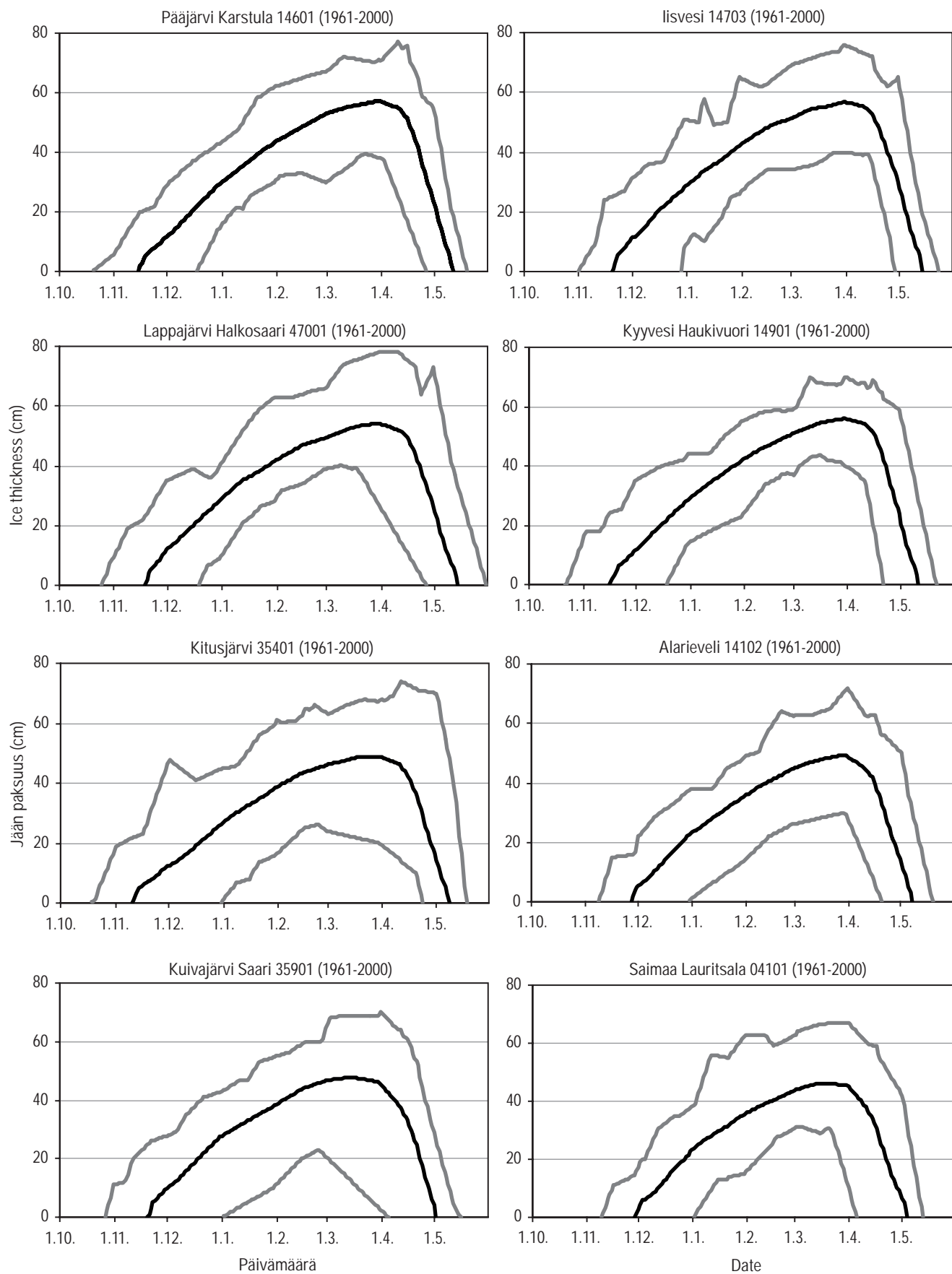


## 4.2 Jäänpaksuuden vaihteluista eri puolella Suomea

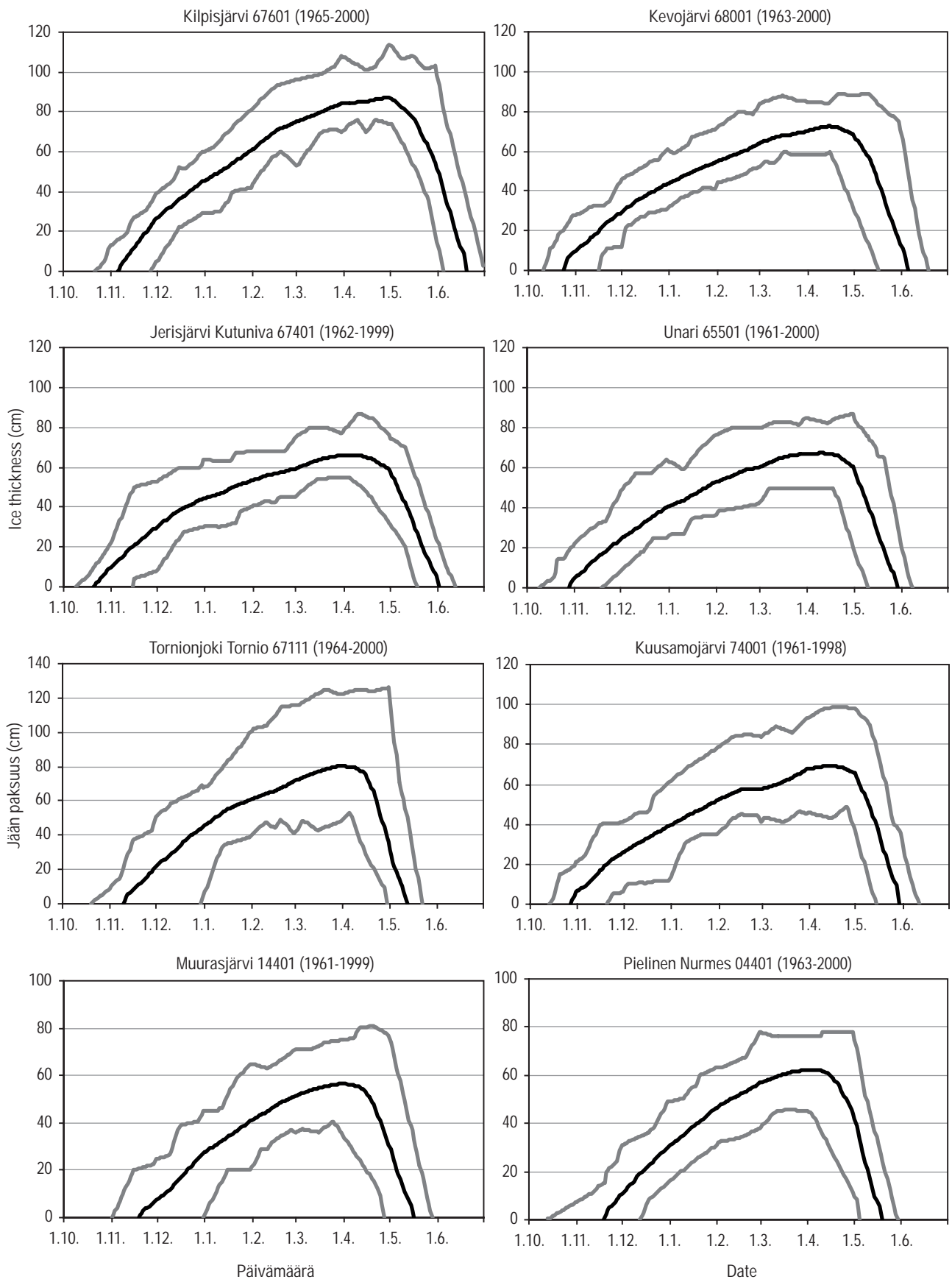
Kuten aiemmin todettiin, jäänpaksuus riippuu sekä talven pakkassummasta että lumisateista. Liitteen 2 taulukossa on esitetty jäänpaksuuden keskiarvot, maksimit ja minimi kunakin ajankohtana sekä keskimääräiset vuosittaiset maksimit ja niiden ajankohdat tietyillä havaintopaikoilla jaksolla 1961-2000. Noin 1980-luvun alkuun saakka havainnot tehtiin 15. ja 30. päivä ja siitä eteenpäin 10., 20. ja 30. päivä. 1960-1970-luvuille 10. ja 20. päivän arvot on interpoloitu. Kuvassa 15 on esitetty jäänpaksuuden käyriä muutamille eri havaintopaikoille ja kuvassa 16 kartta keskimääräisistä maksimeista. Kartan piirtämisessä on käytetty apuna Laasasen (1982) ja Kuusiston (1994) julkaisuja niiltä osin, missä nykyinen havaintoverkko on puutteellinen. Joulukuun lopussa jään keskimääräinen paksuus on maan etelä- ja keskiosassa 20...30 cm ja Lapissa 40...45 cm. Helmikuun lopussa jäänpaksuus on keskimäärin maan etelä- ja keskiosassa 45...55 cm, Lapissa 60...75 cm.

Jäänpaksuuden keskimääräinen talven suurin arvo on maan eteläosassa hie-  
man alle 50 cm, maan keskiosassa 50...60 cm, Oulun läänissä 60...70 cm, Lapissa  
pääosin 70...80 cm, Kilpisjärvellä kuitenkin 90 cm (kuva 16). Maksimin sattumis-  
ajankohta osuu maan eteläosassa maaliskuun puoliväliin, Tornio-Oulujärvi-Sa-  
vonlinna- linjalla maaliskuun vaihteeseen. Lapissa maksimi osuu huhtikuul-  
le, siten että Etelä-Lapissa maksimi sattuu huhtikuun alkupuolelle, mutta Kilpisjär-  
vellä vasta huhtikuun loppupuolella. Maan eteläosassa jäät ovat olleet muutamina  
vuosina paksuimmillaan jo tammikuussa, toisina vuosina maksimi on saavutettu  
vasta huhti-toukokuun vaihteessa. Lapissa jäänpaksuuden maksimi on muutama-  
na vuosina sattunut helmikuun puolivälissä, mutta Kilpisjärvellä aikaisimmillaan  
maaliskuun puolivälissä. Myöhäisimpinä keväänä jäät ovat olleet paksuimmillaan  
Lapissa toukokuun puolivälissä.

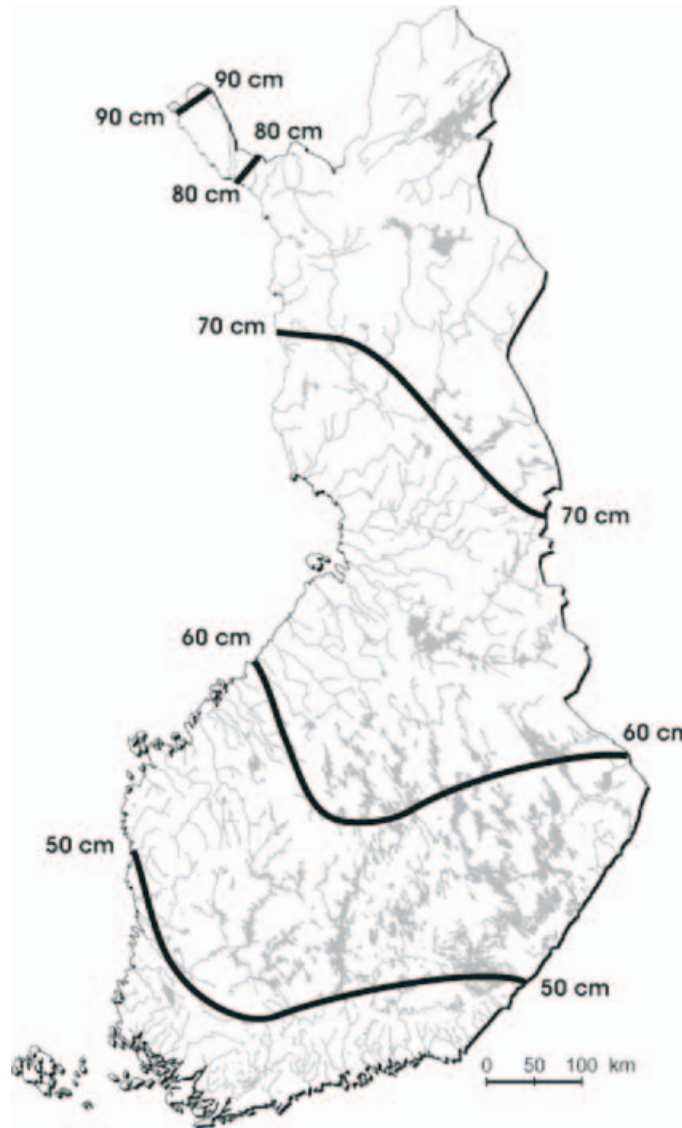
Pienimmät jäänpaksuuden vuotuiset maksimit ovat olleen maan eteläosas-  
sa 20...30 cm, maan keskiosassa 35...45 cm ja Lapissa pääosin 50...65 cm, Kilpisjär-  
vellä kuitenkin yli 70 cm. Erityisen ohuita jaksolla 1961-2000 jäät olivat maan ete-  
lä- ja keskiosassa vuosina 1961, 1975, 1983 ja 1992. Lapissa eri havaintopaikkojen  
välillä on eroja minimien sattumisvuosissa, eikä selviä koko Lapin kattavia talvia  
löydy. Jakson ulkopuolelta talvella 2001 jäät olivat kuitenkin suuressa osassa Lap-  
pia melko ohuita. Suurimmat havaitut jäänpaksuudet ovat Kilpisjärvellä ja Tor-  
nionjoella yli 110 cm, muualla Lapissa 85...100 cm. Maan etelä- ja keskiosassa suu-  
rimmat havaitut jäänpaksuudet ovat 70...80 cm. 1980-luvulla jäät olivat erityisen  
paksuja useina talvina. Talvella 1985 jäät olivat hyvin paksuja koko maassa, mutta  
melko paksuja myös 1984 ja 1987. Talvella 2003 jäät olivat paikoin ennätysellisen  
paksuisia Etelä-Suomessa, vaikka tämä vuosi ei olekaan mukana tässä analyysis-  
sä. Suurin SYKEN virallinen järvellä mitattu jäänpaksuus on Kilpisjärvellä 114 cm  
vuodelta 1966. Samana vuonna on mitattu Ruotsissa suurin paksuus 110 cm Tor-  
niojärvellä (Eklund 1998, s. 9). Jokipaikoilla päästään usein suurempiin paksuuk-  
siin erilaisen jään muodostumisen takia. Tornionjoella on mitattu jopa 126 cm ke-  
vättalvella 1985. Kohvaa tästä oli kuitenkin vain 11 cm, eli teräsjään osuus oli sama  
kuin vuonna 1966 mitattu kokonaispaksuus Kilpisjärvellä. Kilpisjärven ennätys-  
mittauksesta ei ole tietoa kohvan määrästä. Liitteen 3 taulukossa on esitetty kun-  
kin havaintopaikan suurimman paksuuden mittaavuodet, suurin ja pienin mak-  
simipaksuus jaksolla 1961-2000.



Kuva 15. Jäänpaksuuden keskiarvo-, minimi- ja maksimikäyriä eri havaintopaikoilla jaksolla 1961-2000.  
 Fig. 15. Average, minima and maxima of ice thickness in various sites in 1961-2000.



Kuva 15. jatkoa.



Kuva 16. Keskimääräinen suurin jäänpaksuus jaksolla 1961-2000.  
 Fig. 16. Mean maximum ice thickness in 1961-2000.

#### 4.2.1 Maantieteellisten tekijöiden vaikutus jäänpaksuuteen

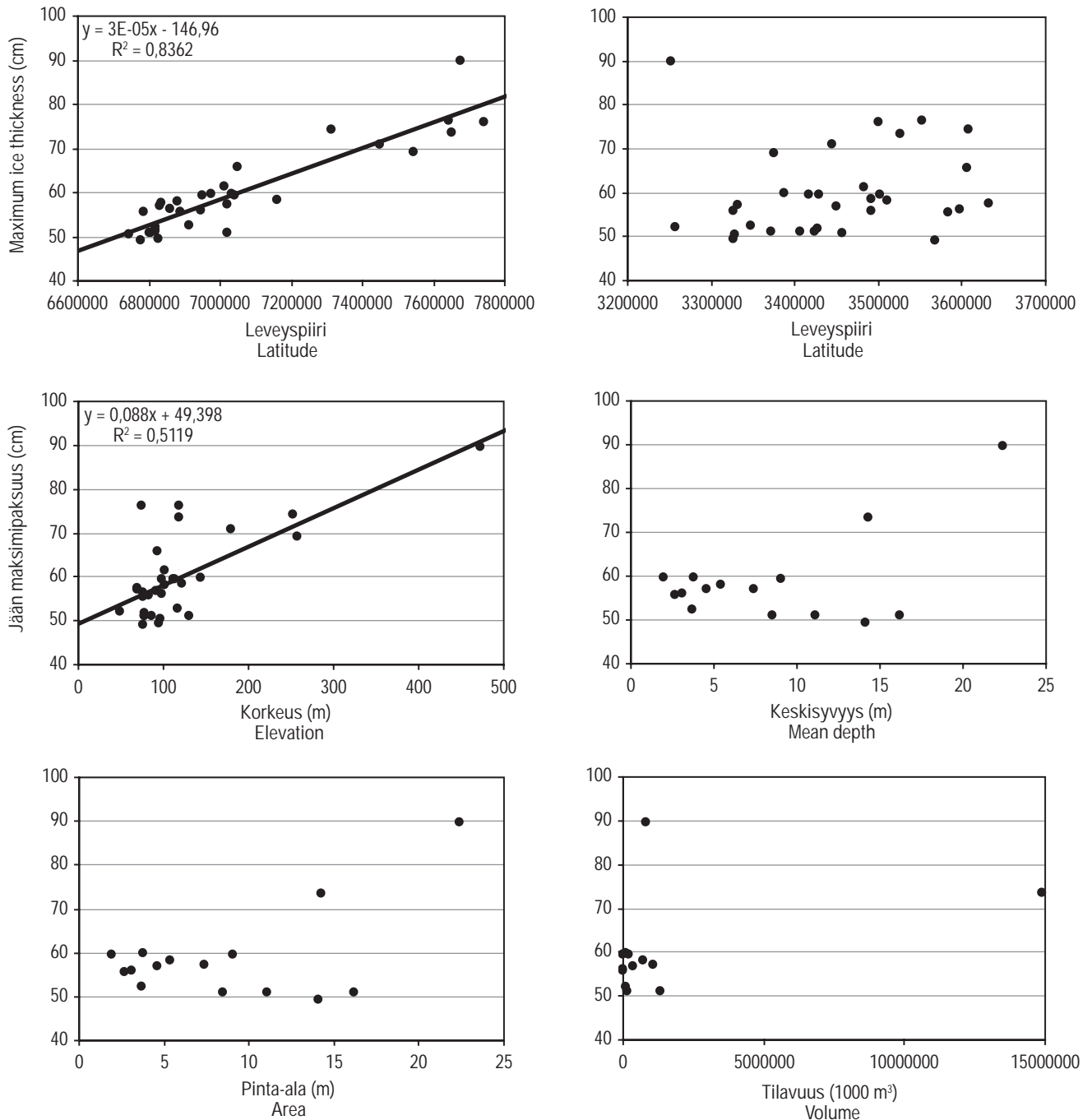
Myös jäänpaksuuden maksimeille laskettiin korrelaatioita eri taustamuuttujien kesken. Tornionjoen jäänpaksuushavaintopaikat jätettiin pois, koska järvi- ja jokijään rakenteessa on eroja. Parhaimmat Pearsonin korrelaatiot saatiin havaintopaikan leveyspiirille ja korkeudelle. Järven pinta-ala, syvyys tai tilavuus eivät korreloineet maksimipaksuuden kanssa merkitsevästi ( $p < 0,05$ ). Jäänpaksuusaineistoa oli selvästi vähemmän kuin jäätymis- ja jäänlähtötietoja, joten melko suurelta osalta korrelaatiokertoimet eivät olleet tilastollisesti merkitseviä.

Jäänpaksuus kasvaa Suomessa selvästi pohjoiseen mentäessä. Jäänpaksuuden keskimääräisen maksimin ja leveyspiirin väliseksi korrelaatiokertoimeksi saatiin 0,91 ( $p < 0,01$ ) eli selitysasteeksi  $r^2 = 0,83$ . Jäänpaksuus kasvaa pohjoiseen noin 3 cm 100 kilometriä kohden. Pituuspiirin suhteen merkitsevää riippuvuutta ei ollut (kuva 17). Havaintopaikan korkeus vaikuttaa myös jäänpaksuuteen (ilman lämpötila on korkeuden funktio), kuten kuva 17 kertoo. Korrelaatio on selvä ( $r = 0,72$ ,  $p < 0,01$ ). Jäänpaksuuden maksimi kasvaa kuvan mukaisesti noin 9 cm 100 metriä

kohden. Kun yhdistetään sekä leveyspiirin että korkeuden vaikutus, saadaan regressioyhtälön selitysasteeksi  $r^2 = 0,88$  ( $p < 0,01$ ). Regressioyhtälö on:

$$JP_{max} = 2,40 \cdot 10^{-5} \cdot YKP + 0,034 \cdot KORKEUS - 113,2$$

missä YKP on havaintopaikan leveyspiiri yhtenäiskoordinaateissa ja KORKEUS on havaintopaikan korkeus metreinä N60-tasosta. Keskimääräinen maksimipaksuus  $JP_{max}$  saadaan näin senttimetreinä.



Kuva 17. Jään keskimääräisen maksimipaksuuden riippuvuus maantieteellisistä tekijöistä.  
 Fig. 17. Correlations between mean maximum ice thickness and various geographical factors.

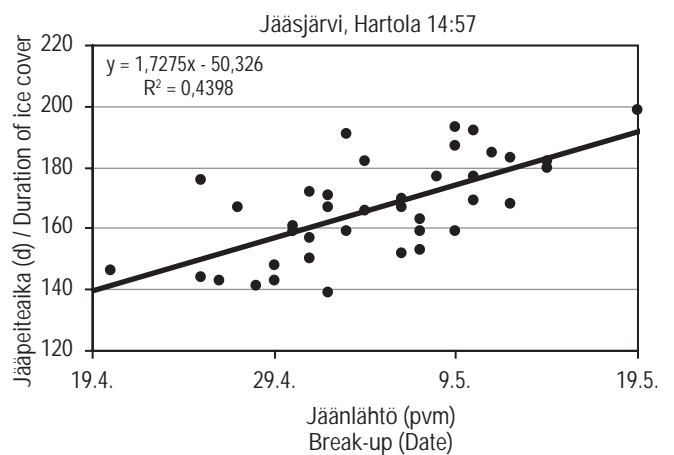
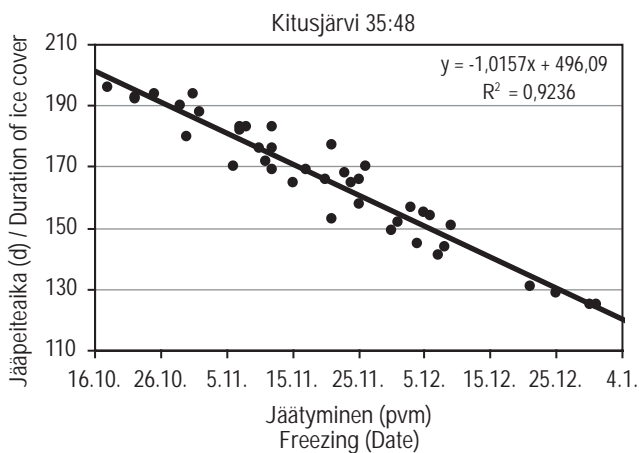
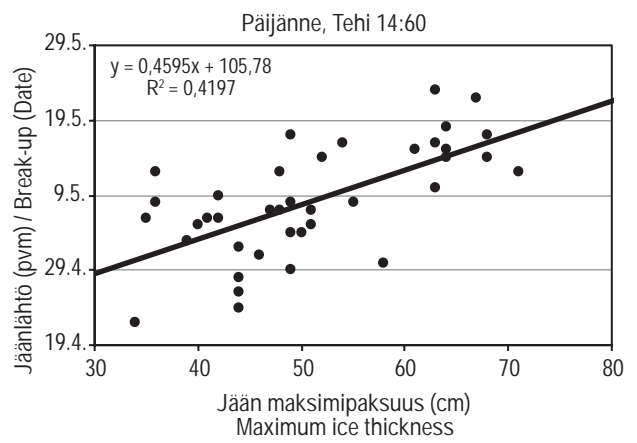
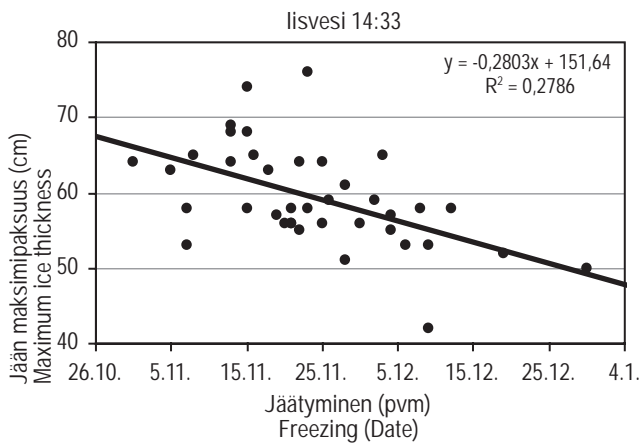
Jäänpaksuuden keskimääräinen maksimi korreloi myös jäänlähdön ja jääty-  
misen ajankohdan sekä jääpeiteajan kanssa. Tämä on melko selvää intuitiivises-  
ti; kun järvi jäätyy myöhään, jäänpaksuus on pienempi kuin aiemmin jäätyneellä  
järvellä. Samoin sellaisella paikalla, jolla jääpeiteaika on pitkä, on todennäköisesti  
myös melko paksu jää. Regressiomallia ei saa parannettua merkittävästi lisäämäl-  
lä näitä tekijöitä malliin. Toisekseen myös nämä tekijät riippuvat maatieellisistä  
taustatekijöistä, joten niitä ei ole järkevää lisätä malliin. Yksittäisille järville näitä  
riippuvuuksia on kuitenkin mielenkiintoista tarkastella.

#### **4.2.2 Jäätymisen, jäänpaksuuden ja jäänlähdön välisistä suhteista**

Jos tarkastellaan yksittäisiä järviä, on jäätymisellä, jäänpaksuudella ja jäänlähdöl-  
lä tiettyjä riippuvuuksia. Jäätymisajankohdalla on vaikutusta talven jäänpaksuuk-  
siin. On melko selvää, että jos järvi jäätyy hyvin aikaisin, ehtii jäänpaksuus kasvaa  
kevättalven mennessä yleensä suuremmaksi kuin sellaisena talvena, jolloin jääty-  
minen tapahtuu hyvin myöhään. Jos järvi jäätyy keskimääräistä aikaisemmin, on  
todennäköistä, että jääpeiteaika tulee olemaan keskimääräistä pidempi, sillä jään-  
lähdön vaihtelu vuodesta toiseen on selvästi pienempi kuin jäätymisellä. Pitkän  
jääpeiteajan talvena jäät ovat tavanomaista paksumpia ja jään sulattamiseen tarvi-  
taan enemmän energiaa, jolloin jäät lähtevät todennäköisesti keskimääräistä myö-  
hemmin. Tästä seuraa käänteisesti se, että aikaisen jäänlähdön vuotena jääpeiteai-  
ka on yleensä keskimääräistä lyhyempi. Jäätymisen, jäänlähdön ja jäänpaksuuden  
välisiä korrelaatioita laskettiin työssä kaikille tarkasteltaville jäänpaksuuden ha-  
vaintopaikoille. Parhaimmat korrelaatiot löydettiin jäätymisen ajankohdan ja jää-  
peiteajan välille ( $r = -0,69 \dots -0,96$ , jaksolla 1961-2000). Eri havaintopaikkojen väli-  
set erot korrelaatiokertoimissa jäätymisen ja jääpeiteajan välillä olivat melko pie-  
niä ja korrelaation selitysaste oli vain muutamalla paikalla alle 62 %. Toiseksi par-  
haiten korreloivat jääpeiteaika ja jäänlähtö ( $r = 0,31 \dots 0,68$ ). Jään maksimipaksuu-  
den ja jäänlähdön ( $r = -0,15 \dots 0,64$ ) sekä jäätymisen ja maksimipaksuuden ( $r = -$   
 $0,58 \dots 0,29$ ) välillä oli riippuvuutta, vaikkakin selvästi edellisiä heikommin. Joilla-  
kin paikoilla korrelaatiota maksimipaksuuden ja jäätymisen tai jäänlähdön välil-  
lä ei ollut lainkaan, ja riippuvuudet vaihtelivat myös negatiivisesta positiiviseen.  
Jäänlähdön ja maksimipaksuuden riippuvuus oli suurimmalla osalla paikoista po-  
siitiivinen, jäätymisen kanssa taas negatiivinen. Toisilla paikoilla maksimipaksuu-  
den ja jäätymisajankohdan suhde oli vahvempi, toisilla taas jäänlähdön ja maksi-  
mipaksuuden. Kuvassa 18 on esitetty jäätymisen, jäänpaksuuden, jäänlähdön ja  
jääpeiteajan välisiä riippuvuuksia muutamilla havaintopaikoilla.

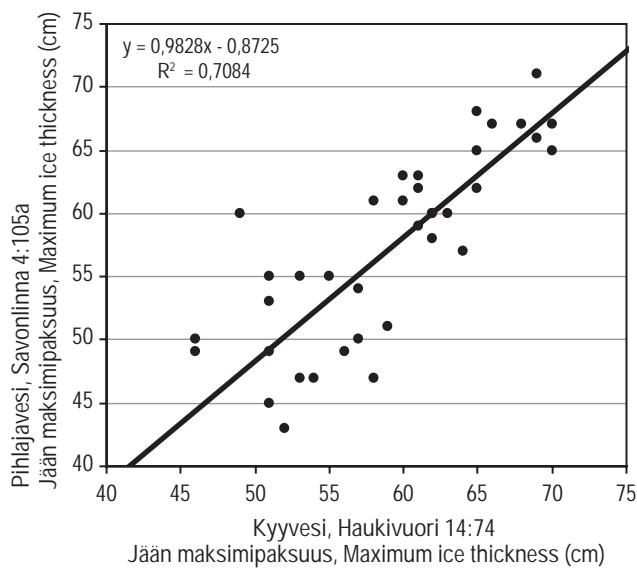
#### **4.2.3 Jäänpaksuuden havaintopaikkojen väliset korrelaatiot**

Työssä tarkastelluille jäänpaksuuden havaintopaikoille laskettiin korrelaatiot tois-  
tensa suhteen jään maksimipaksuudelle sekä maaliskuun 30. päivän jäänpaksuuk-  
sille. Korkeimmat korrelaatiokertoimet olivat yli 0,80. Parhaimmat keskinäiset kor-  
relaatiot saatiin Keski-Suomen lähekkäisille järville. Keski-Suomen havaintopaikat  
korreloivat myös parhaiten koko maan järvien kanssa. Luonnollisesti Lapin järvet  
eivät korreloineet maan etelä- ja keskiosan kanssa kovinkaan hyvin, heikoimmat  
korrelaatiokertoimien keskiarvot saatiin Pohjois-Lapin havaintopaikoille. Ylipää-  
tään parhaimmat korrelaatiot saatiin lähialueiden havaintopaikoille, mutta ei vält-  
tämättä lähimmälle paikalle. Tähän on selityksenä mm. havaintojärvien ja -paik-  
kojen ominaisuuksien ja korkeuksien erot. Kuvassa 19 on esitetty Kyyveden ja Pih-



Kuva 18. Jäätymisen, jään maksimipaksuuden, jäänlähdon ja jääpeiteajan välisiä riippuvuuksia jaksolla 1961-2000 muutamilla havaintopaikoilla.

Fig. 18. Correlations between freezing, maximum ice thickness, break-up and duration of ice cover in various sites in 1961-2000.



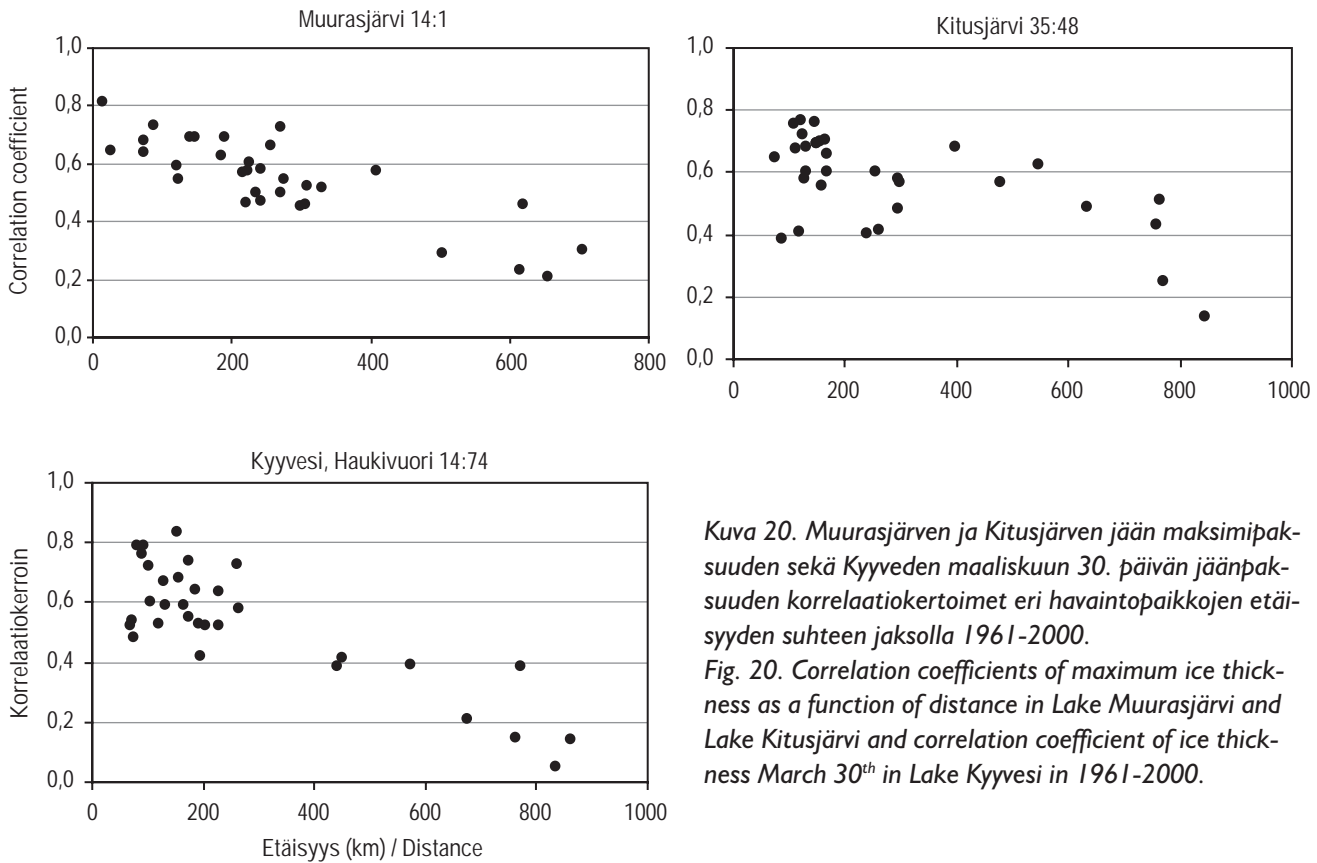
Kuva 19. Pihlajaveden ja Kyyveden jään maksimipaksuuden välinen riippuvuus 1961-2000.

Havaintopaikkojen etäisyys 90 kilometriä.

Fig. 19. Correlation between maximum ice thickness of Lake Pihlajavesi and Lake Kyyvesi in 1961-2000. The distance between the sites is 90 kilometers.



lajaveden vuosittaisten maksimipaksuuksien korrelaatio. Kuvassa 20 on esitetty muutamien järvien maksimipaksuuden ja maaliskuun 30. päivän jäänpaksuuksien korrelaatiokertoimen arvot eri havaintopaikkojen suhteen etäisyyden funktiona. Parhaat korrelaatiot saadaan yleensä parin sadan kilometrin säteellä, mutta lähellä voi olla heikkojakin korrelaatioita johtuen havaintopaikkojen eroavaisuuksista.



Kuva 20. Muurasjärven ja Kitusjärven jään maksimipaksuuden sekä Kyveden maaliskuun 30. päivän jäänpaksuuden korrelaatiokertoimet eri havaintopaikkojen etäisyyden suhteen jaksolla 1961-2000.

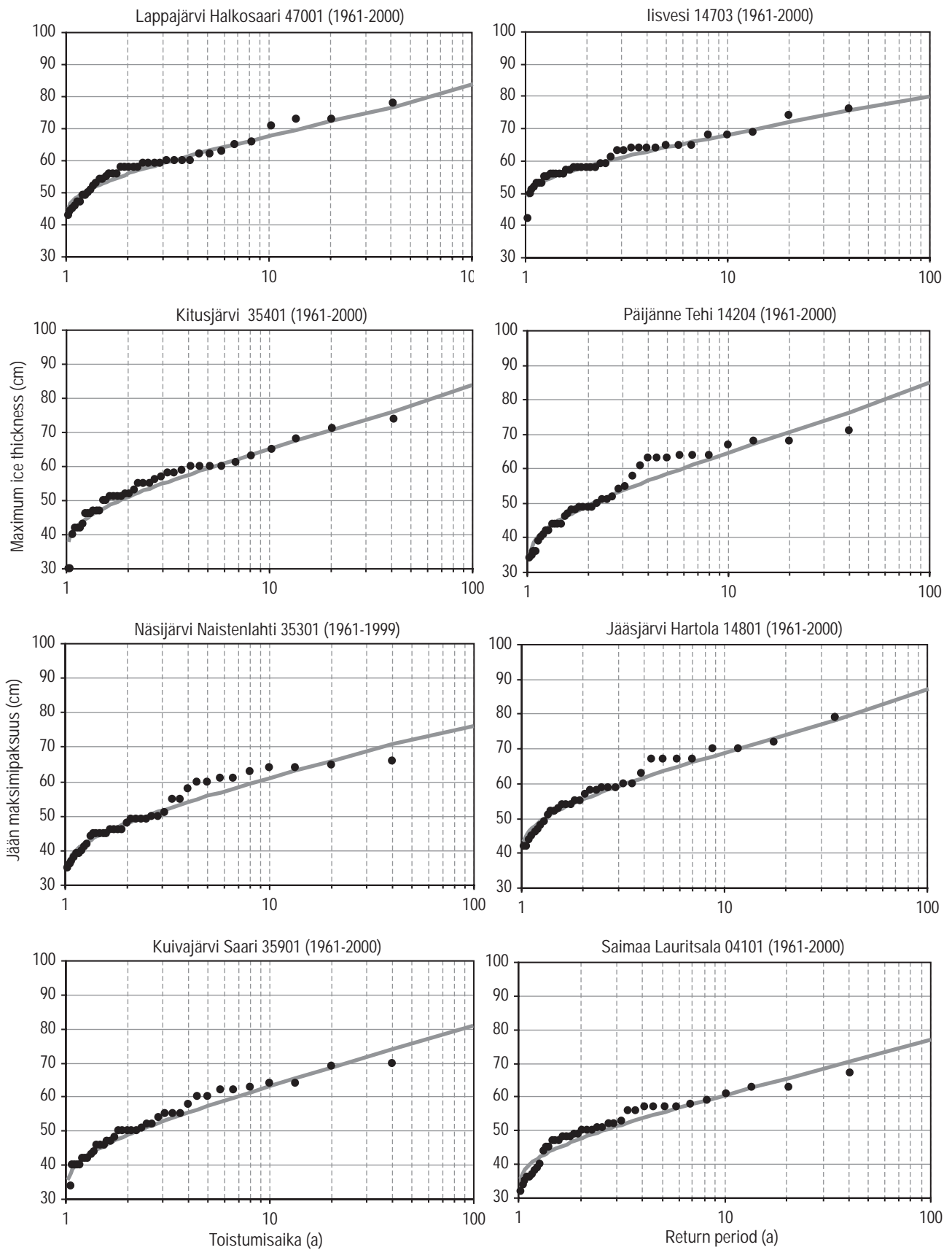
Fig. 20. Correlation coefficients of maximum ice thickness as a function of distance in Lake Muurasjärvi and Lake Kitusjärvi and correlation coefficient of ice thickness March 30<sup>th</sup> in Lake Kyvesi in 1961-2000.

#### 4.2.4 Jään maksimipaksuuden toistuvuuksia

Jäänpaksuuden vuosittaisille maksimeille määritettiin toistuvuudet Gumbelin jakaumaa käyttäen (Mustonen 1986, s. 298-299). Jäänpaksuushavainnot kuvaavat pelkästään kyseistä paikkaa, eikä arvoja voi laajentaa koskemaan koko järveä. Näin ollen toistuvuudetkin kuvaavat vain tiettyä osaa järvestä. Tämän vuoksi maksimiarvojen toistuvuuksissa on jonkin verran eroja havaintopaikkojen välillä, vaikka havaintojärvet olisivat melko lähellä toisiaan. Yksi selittävä tekijä on lumen kerääntyminen eri tavalla eri puolelle järveä ja tästä johtuen kohvan erilainen määrä eri paikoissa. Kuvassa 21 on esitetty jään maksimipaksuuden toistuvuuksia eri havaintopaikoilla. Toistuvuudet on laskettu kaikille paikoille jaksolle 1961-2000, jotta ne olisivat paremmin vertailukelpoisia keskenään. Osalle paikoista olisi ollut olemassa huomattavasti pitempiä jaksoja.

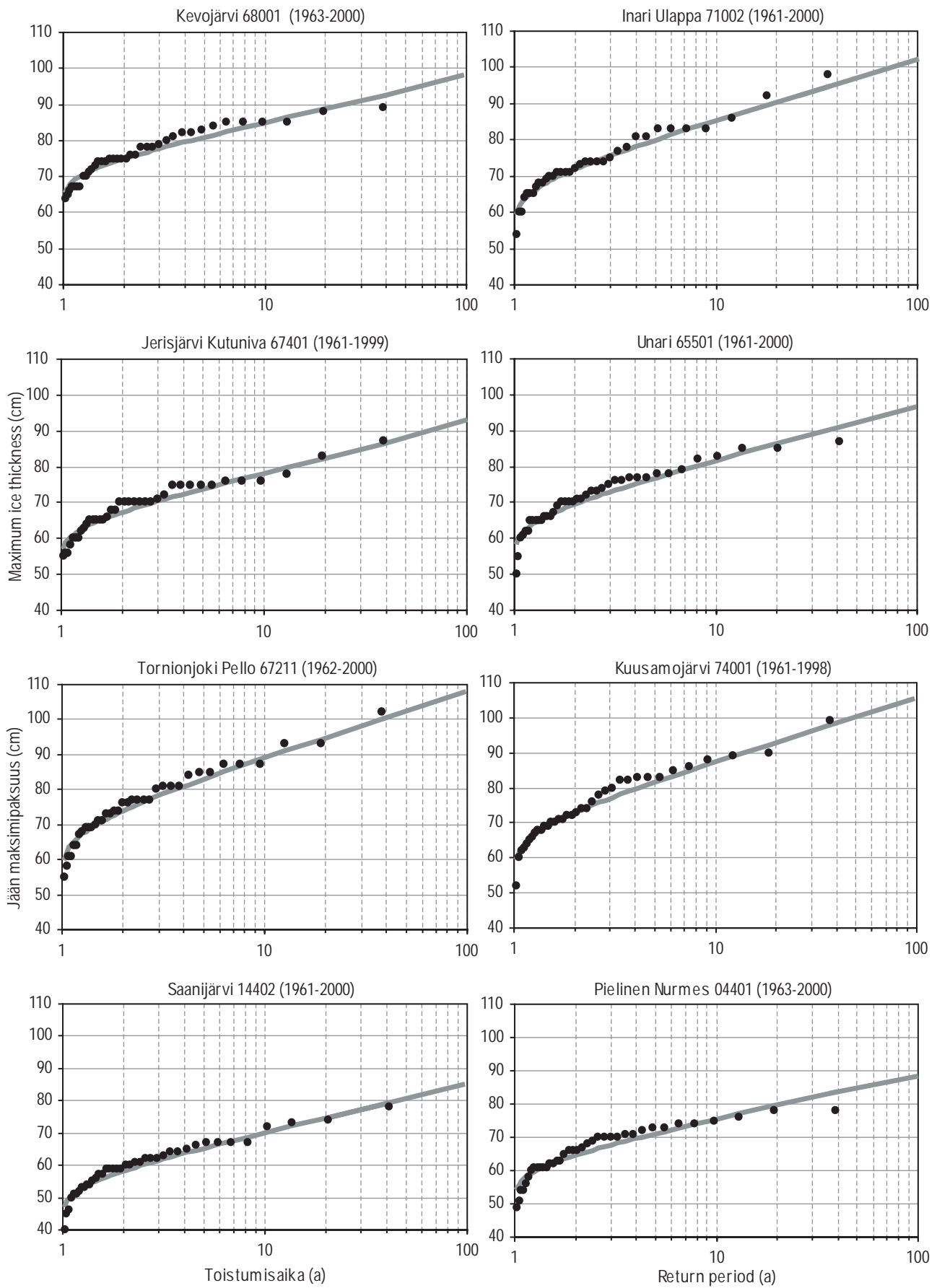
Maan eteläosassa jäänpaksuus on joka vuosi vähintään 30 cm, keskiosassa yleensä vähintään 40 cm ja Lapissa yleensä vähintään 50 cm, Kilpisjärvellä kuitenkin vähintään 75 cm. Kerran kymmenessä vuodessa toistuva jään maksimipaksuus on maan etelä- ja keskiosassa pääosin 60...70 cm, Lapissa 80...100 cm. Harvinaisempiin toistuvuuksiin mentäessä hajonta eri havaintopaikkojen suhteen kasvaa selvästi, ja erot samoilla alueilla olevien havaintopaikkojen välillä ovat suuria. Kerran viidessäkymmenessä vuodessa toistuvat paksuudet vaihtelevat Lapissa noin välillä 90...110 cm. Maan etelä- ja keskiosassa kerran viidessäkymmenessä vuodessa jäät ovat paksuudeltaan 75...85 cm.





Kuva 21. Jään maksimipaksuuden toistuvuuksia eri havaintopaikoilla jaksolla 1961-2000.

Fig. 21. Return periods of maximum ice thickness for various sites in 1961-2000.



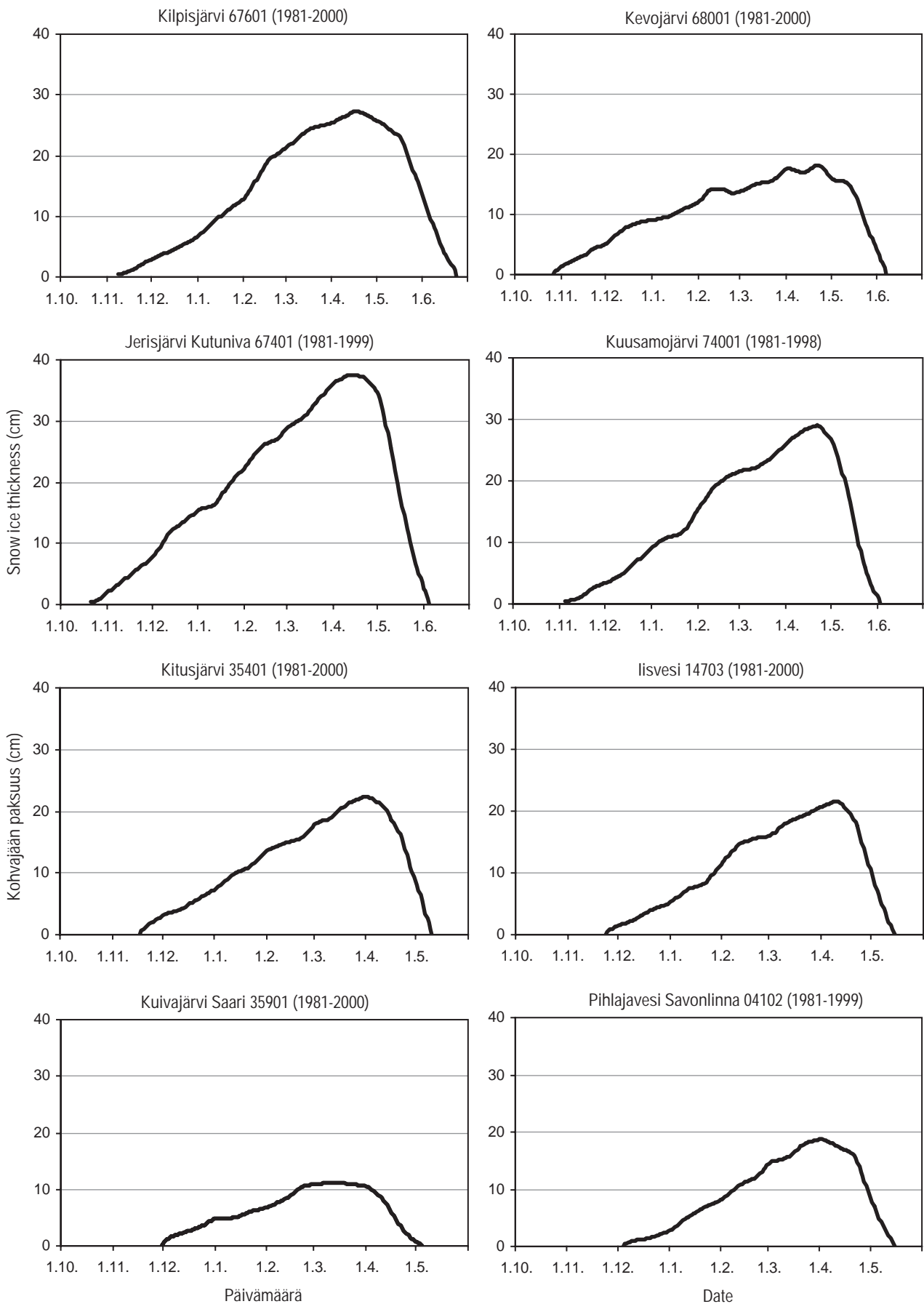
Kuva 21. jatkoa.

#### 4.2.5 Lumesta ja kohvasta jäällä

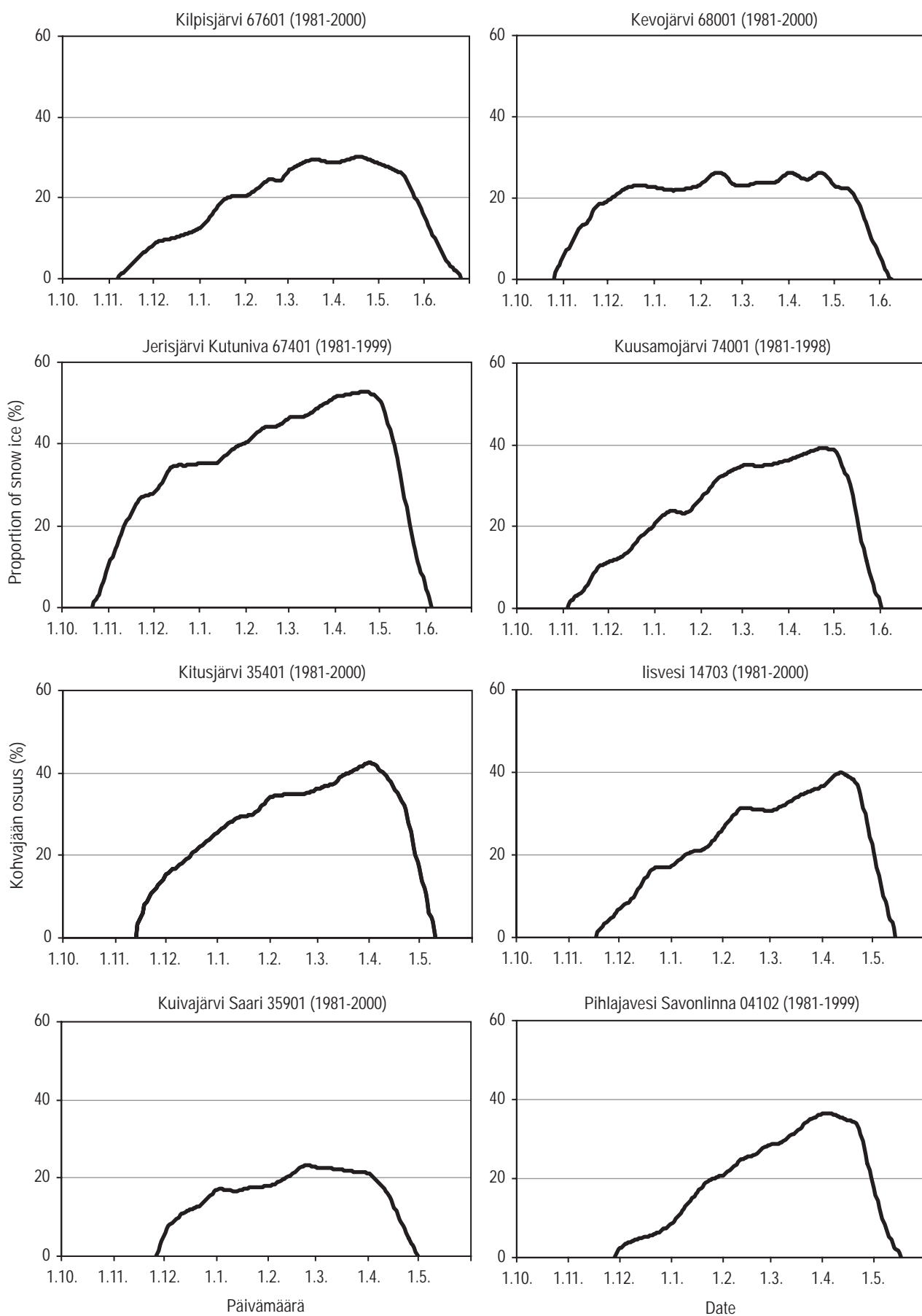
Lumen paksuus jäällä on suuri niillä alueilla, joilla se on suuri maastossakin. Näin ollen lunta on jäällä enemmän Pohjois-Suomessa kuin etelässä. Lunta on kuitenkin yleensä jäällä vähemmän kuin maastossa. Järven rannoille lunta kertyy enemmän kuin selille. Keskimääräinen lumen maksimipaksuus jäällä jaksolla 1981-2000 oli maan etelä- ja keskiosassa 20...30 cm ja pohjoisessa 30...40 cm. Lumen paksuuden maksimi jäällä osuu maan etelä- ja keskiosassa helmi-maaliskuulle, Lapissa maaliskuun lopulle (jaksolla 1981-2000). Lumenpaksuuden maksimi osuu siis noin kuukautta aiemmaksi kuin jäänpaksuuden. Lopputalvesta lumi pakkautuu ja alkaa sulaa. Osa lumesta muuttuu toisinaan talven aikana kohvajääksi. Jään sulaminen pääsee alkamaan kunnolla vasta sitten, kun lumi on sulanut jäältä kokonaan pois.

Koska noin kaksikolmasosaa kohvasta muodostuu lumesta, on kohvaa luonnollisesti enemmän niillä alueilla, joilla lumenpaksuuskin on suuri. Toisaalta kohvan ja lumen määrä jäällä riippuu myös siitä, missä kohden järveä havaintopaikka sijaitsee. Rannoilla lunta ja kohvaa on tyypillisesti ulapoita enemmän. Kuvassa 22 on esitetty kohvan keskimääräisiä paksuuksia talven kuluessa eri havaintopaikoilla. Kohvaa on yleensä eniten Pohjois-Suomessa, koska luntakin on siellä eniten. Tässä työssä tarkastelluista havaintopaikoista korkein keskimääräinen kohvan maksimipaksuus, yli 40 cm, oli Jerisjärvellä. Muita runsaskohvaisia havaintopaikkoja olivat mm. Kuusamojärvi, Kilpisjärvi, Pielinen ja Oulujärvi. Näillä paikoilla kohvaa on joka vuosi keskimäärin kolmekymmentä senttiä. Vähiten kohvaa oli Tehinselällä, maksimissaan keskimäärin 5 cm. Vähäisiä kohvan paksuuksia mitattiin Tehin lisäksi Päijänteellä Sysmässä, Näsijärvellä ja Kuivajärvellä. Näillä paikoilla kohvaa on talven lopulla tyypillisesti korkeintaan 15 cm. Keskimääräiset kohvan maksimipaksuudet ovat maan eteläosassa alle 20 cm, keskiosassa korkeintaan 30 cm ja pohjoisessa 20...40 cm havaintopaikan sijainnista riippuen. Maaliskuussa kohvaa on koko maassa keskimäärin 10...30 cm.

Havaintopaikoille laskettiin myös kohvan prosentuaalinen osuus jään kokonaispaksuudesta. Kevättalvella kohvan osuus on suurimmillaan keskimäärin on 30...60 %. Maaliskuussa kohvaa on tyypillisesti 20...50 % jään kokonaispaksuudesta. Kuvassa 23 on esitetty kohvan prosentuaalisen osuuden keskimääräisiä käyriä muutamille havaintopaikoille.



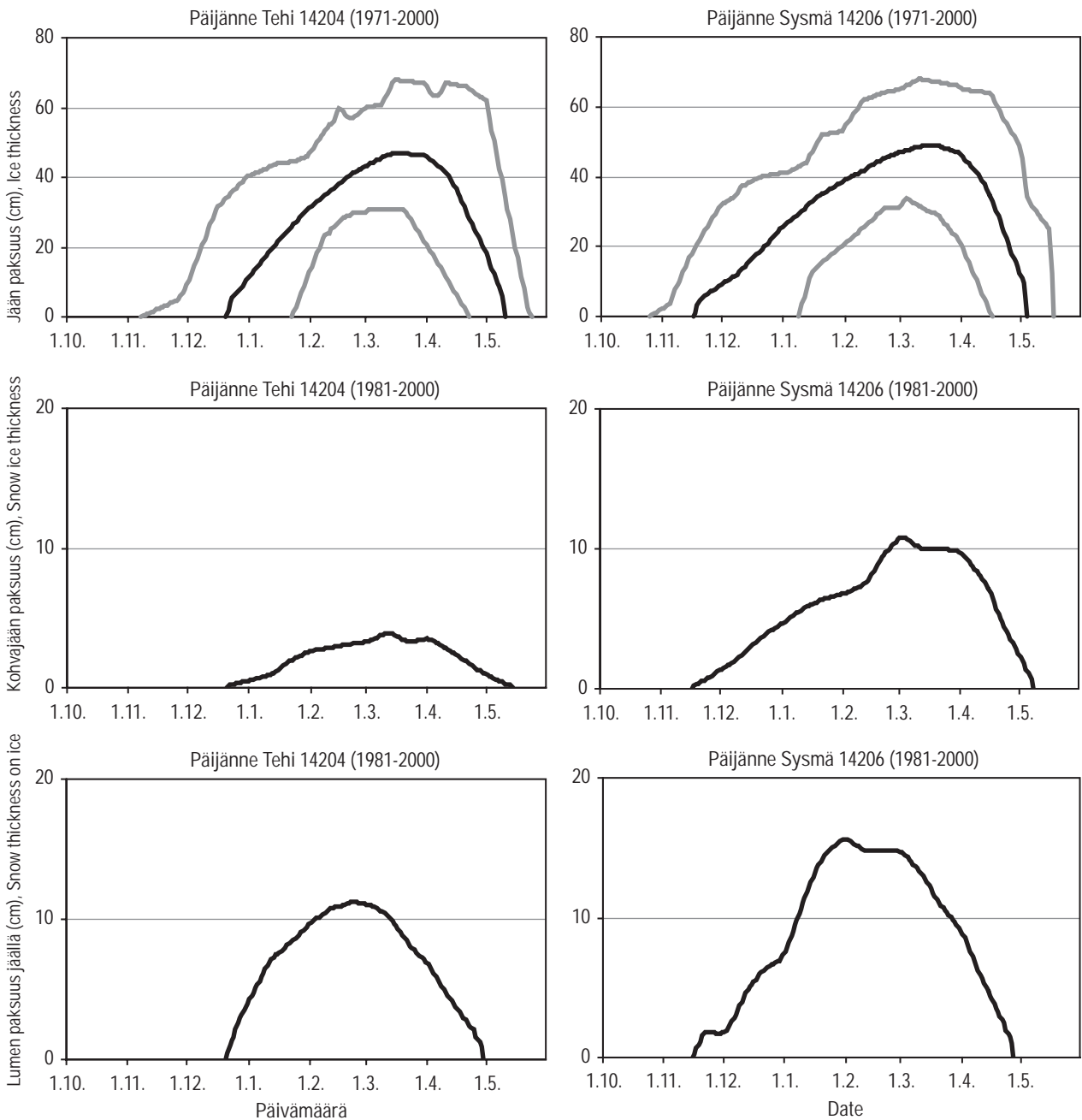
Kuva 22. Kohvan keskimääräinen paksuus eri havaintopaikoilla 1981-2000.  
 Fig. 22. Average thickness of snow ice at various sites in 1981-2000.



Kuva 23. Kohvan keskimääräisen prosentuaalinen osuus jään kokonaispaksuudesta eri havaintopaikoilla 1981-2000.  
 Fig. 23. Average proportion of snow ice of total ice thickness at various sites 1981-2000.

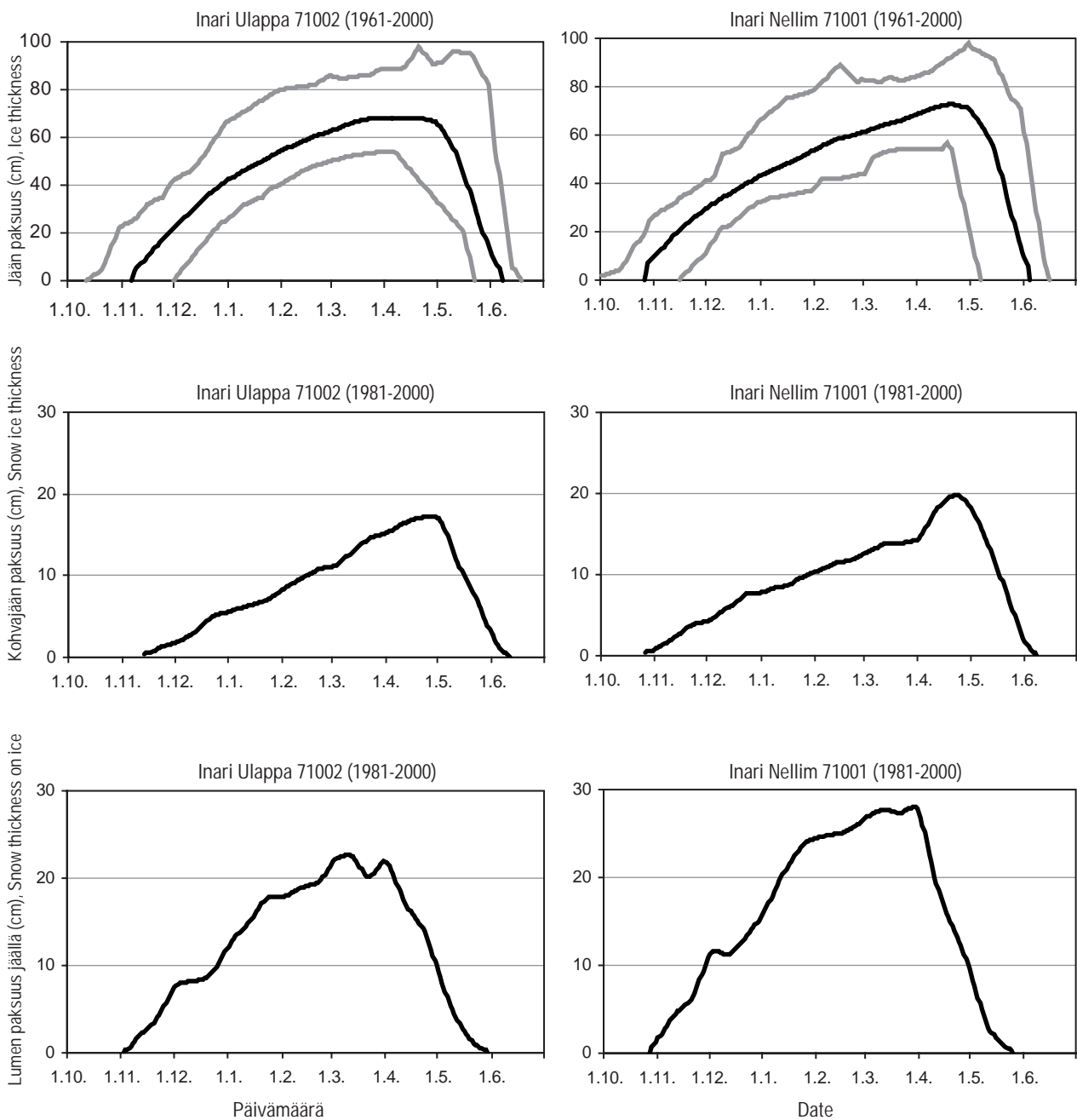
#### 4.2.6 Kohvan ja lumen suhteista järven ulapalla ja lahdessa

Aiemmin todettiin tutkimusten osoittaneen, että kohvaa ja lunta on yleensä enemmän rannoilla. SYKEN jatkuvista jäänpaksuuden havaintojärivistä Päijänteeltä ja Inarilta on pitkäaikaisia mittauksia sekä lahdessa että ulapalla. Päijänteellä havaintopaikat ovat Sysmän lähistöllä matalassa lahdessa ja Tehinselällä ulapalla. Inarissa toinen havaintopaikka on Nellimövuonossa, joka on Inarin olosuhteissa melko matala ja pieni lahti. Toinen paikka on Paksuvuonossa, joka on syvempi alue, muttei kuitenkaan Inarin isoimpia selkiä. Kuvissa 24 ja 25 on esitetty jäänpaksuuden, kohvan paksuuden ja lumen paksuuden keski- ja ääriarvokäyrät näille havaintopaikoille. Jäänpaksuudelle jakso on Inarissa 1961-2000 ja Päijänteellä 1971-2000, koska havainnot Sysmässä alkoivat vasta 1970. Kohvan ja lumen paksuuden



Kuva 24. Päijänteen lahti- (Sysmä) ja ulappahavaintopaikkojen (Tehi) keskimääräiset jään, kohvan ja lumen paksuudet.  
Fig. 24. Average thickness of ice, snow ice and snow in Lake Päijänne at Sysmä (bay) and at Tehi (open water area).

osalta jaksoksi valittiin 1981-2000. Kuvista nähdään, että lahtipaikoilla jään maksimipaksuus on hieman suurempi kuin ulapalla, mutta ero ei ole kovin suuri, vain muutamia senttejä. Alkutilvesta ero on kuitenkin noin 10 cm lahden hyväksi, mikä johtuu tietenkin siitä, että ulapat jäätyvät selvästi myöhemmin. Kohvaa lahtipaikoilla on selvästi ulapoita enemmän. Sysmän havaintopaikalla kohvan keskimääräinen paksuus maaliskuun puolivälissä on kymmenisen senttiä, kun Tehinselällä se on vain neljä senttiä. Inarin Nellimissä kohvaa on maaliskuun lopulla keskimäärin 27 senttiä ja Paksuvuonossa huhtikuun lopulla 17 senttiä. Lumenpaksuus on myös lähempänä rantoja suurempi siten, että Sysmässä lumenpaksuus maaliskuun alussa on keskimäärin 15 cm ja Tehillä 10 cm. Inarin Nellimissä lunta on keskimäärin maaliskuun lopussa 28 cm ja ulapalla 22 cm.



Kuva 25. Inarijärven lahti- (Nellim) ja ulappahavaintopaikkojen keskimääräiset jään, kohvan ja lumen paksuudet.  
 Fig. 25. Average thickness of ice, snow ice and snow in Lake Inari at Nellim (bay) and at the open water area.



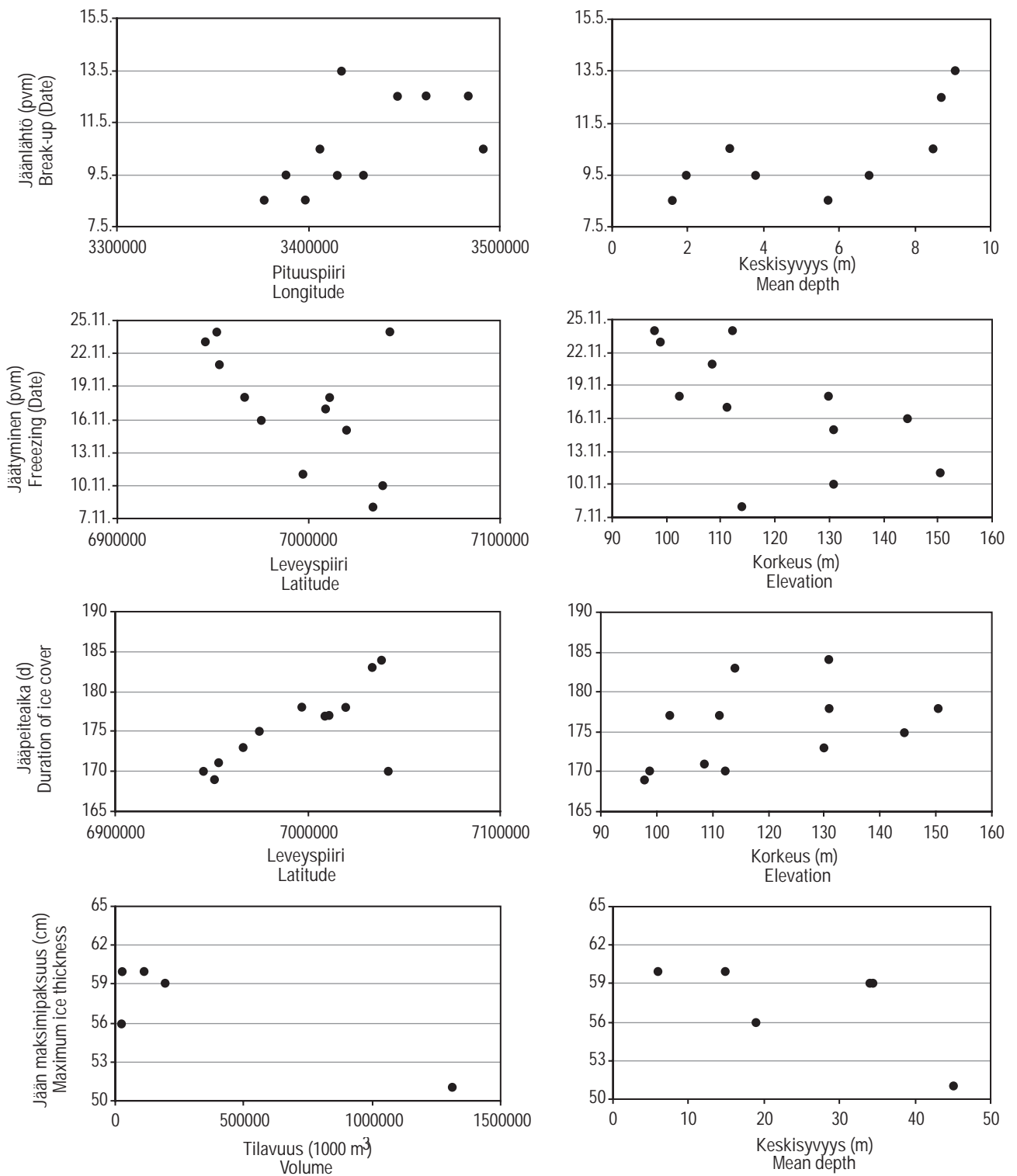
### 4.3 Järvien jääolojen vertailu Kymijoen vesistöalueen pohjoisosassa

Kymijoen vesistöalueen pohjoisosassa on monia pitkäaikaisia havaintojärviä melko lähekkäin, noin sadan kilometrin säteellä toisistaan. Näitä havaintojärviä verrattiin jääolosuhteiltaan toisiinsa. Tarkasteluun otettiin Muurasjärvi, Saanijärvi, Kolimajärvi, Kivijärvi, Kyyjärvi, Pääjärvi, Kalmarinselkä, Summasjärvi, Pielavesi, Iisvesi ja Hankavesi. Järvien alat olivat välillä 7 km<sup>2</sup> (Kalmarinselkä) ja yli 150 km<sup>2</sup> (Iisvesi ja Kivijärvi). Näköpiirit eivät kuitenkaan suurimpien järvien yhteydessä kata järven selkiä. Havaintojärvien korkeudet merenpinnasta vaihtelevat noin 98 metristä (Iisvesi ja Hankavesi) 150 metriin (Kyyjärvi). Keskisyvyyydet vaihtelevat 1,6 metrin (Kyyjärvi) ja 9 metrin (Muurasjärvi) välillä. Järvien suurimmat syvyydet vaihtelivat 6 metristä (Saanijärvi) 66 metriin (Kolimajärvi). Tilavuudeltaan suurin on Kivijärvi, pienimmät Hankavesi, Saanijärvi ja Kyyjärvi. Kolmelta järveltä (Koivujärvi, Pielavesi, Iisvesi) keskisyvyys- tai tilavuustietoja ei ollut tietokannassa.

Kymijoen latvajärviä tarkasteltaessa nähdään, että keskimääräinen jäätyminen ajoittuu marraskuun 8. ja 24. päivän välille (taulukko 1). Ensimmäisenä tyyppillisesti jäätyvät pohjoisimpana ja korkealla olevat melko pienet järvet (Saanijärvi, Koivujärvi ja Kyyjärvi) ja viimeisenä keskisyvyydeltään suuri Muurasjärvi sekä muita järviä alempana sijaitsevat Iisvesi ja Hankavesi. Pisimmät keskimääräiset jääpeiteajat löytyvät ensimmäisinä jäätyviltä järveltä (Koivujärvi ja Saanijärvi) ja lyhimmät viimeisinä jäätyviltä. Keskimääräisissä jäänpaksuuden maksimeissa erot eri järvien välillä ovat melko pieniä. Kivijärvellä maksimi on selvästi pienempi. Tämä johtuu luultavasti havaintopaikan sijainnista salmen läheisyydessä, ja näin ollen paikka ei ole kovin edustava. Muilla paikoilla maksimit ovat 60 sentin molemmilla puolilla. Eniten riippuvuutta on havaittavissa tilavuuden ja syvyyden suhteen (taulukko 2). Hyvin selviä eroja muiden maantieteellisten ominaispiirteiden suhteen ei ole löydettävissä. Jäänlähtö tapahtuu kaikilla järvilla keskimäärin muutamien päivien sisällä. Ensimmäisenä jäät lähtevät kuitenkin etelämpänä ja pienistä järvistä. Myös pientä pituuspiirisuuntaista riippuvuutta on havaittavissa, siten että lännempänä jäät lähtevät aiemmin. Viimeisenä jäät lähtevät tyyppisesti syvistä järvistä alueen pohjoisosassa.

Jäätymiseen tarvittavat keskimääräiset pakkassummat olivat pienimmillä järvillä 20...30 astepäivää, myöhäisimpään jäätyvillä järvillä vastaavat summat olivat 60...70 astepäivää. Jäänlähtöön tarvittava lämpötilasumma vaihteli 110:sta astepäivästä noin 155 astepäivään.

Kuvassa 27 on esitetty Muurasjärven ja Saanijärven jäänlähdon ja jäätyminen aikasarjat. Havaintopaikat sijaitsevat vain 15 kilometrin päässä toisistaan, mutta järvien syvyyksissä ja tilavuuksissa on suuret erot. Muurasjärvi jäätyy yleensä aina myöhemmin kuin Saanijärvi, ja myös jäät lähtevät sieltä myöhemmin. Ero jäiden lähdössä on kuitenkin huomattavasti pienempi kuin jäätymisessä.



Kuva 26. Kymijoen pohjoisosan järvien jääolojen ja maantieteellisten ominaisuuksien välisiä riippuvuuksia.  
 Fig. 26. Correlations between ice conditions and geographical factors in the northern Kymijoki basin.

Taulukko 1. Kymijoen pohjoisosan havaintojärvien ominaispiirteitä ja keskimääräisiä jäätietoja jaksolta 1961-2000.

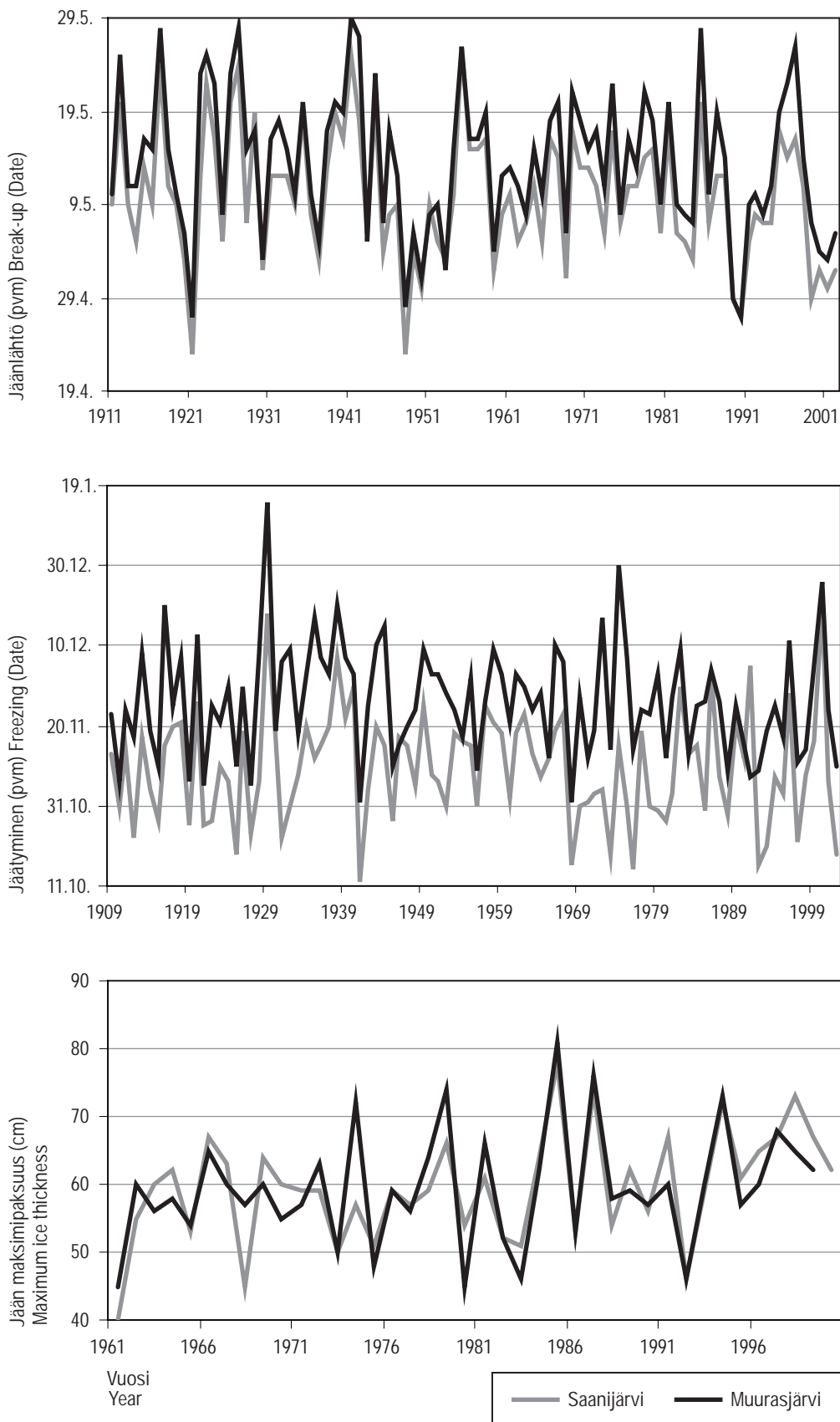
Table 1. Characteristics and average ice conditions of some lakes in the northern Kymijoki basin in 1961-2000.

Järvi ja asteikko Lake and nro	Leveys- piiri Latitude	Pituuspiiri Longitude	Korkeus Elevation (m)	Ala Area (ha)	Keski- syvyys Mean depth (m)	Suurin syvyys Max depth (m)	Tilavuus Volume (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	Jään- lähtö Break-up	Jäätymisen Freezing	Jääpeiteaika Ice cover duration (d)	Jään maksimi- paksuus Max ice thickness (cm)
Muurasjärvi 14:1	7042116	3417180	112,3	2105	9,1	34,0	190884	13.5.	24.11.	170	59
Saanijärvi 14:3	7033872	3428808	114,0	1263	2,0	6,0	24797	9.5.	8.11.	183	60
Kolimajärvi 14:5	7008525	3446697	111,2	10108	8,7	66,0	879359	12.5.	17.11.	177	
Kivijärvi 14:7	7019653	3406111	130,8	15403	8,5	45,0	1311155	10.5.	15.11.	178	51
Kyyjärvi 14:14	6997040	3377045	150,5	1628	1,6	15,5	25817	8.5.	11.11.	178	
Pääjärvi 14:15	6975169	3388346	144,4	2950	3,8	14,9	112312	9.5.	16.11.	175	60
Kalmarinselkä 14:17	6966240	3398145	129,8	705	5,7	22,0	40421	8.5.	18.11.	173	
Summasjärvi 14:19	6953554	3415321	108,5	2189	6,8	41,0	147347	9.5.	21.11.	171	
Koivujärvi 14:25	7038725	3461504	130,8	2607		16,0		12.5.	10.11.	184	
Pielavesi 14:27a	7010775	3483543	102,3	11010				12.5.	18.11.	177	61
Iisvesi 14:33	6951525	3501863	97,9	16447		34,5		11.5.	24.11.	169	59
Hankavesi 14:36	6945896	3491300	98,9	787	3,1	18,8	24582	10.5.	23.11.	170	56

Taulukko 2. Maantieteellisten tekijöiden ja jäänlähdon, jäätymisen, jääpeiteajan ja maksimipaksuuden väliset Pearsonin korrelaatioker-  
toimet Kymijoen pohjoisosan järville jaksolla 1961-2000. Tähdellä(\*) merkityt tilastollisesti merkitseviä (p < 0,05).

Table 2. Pearson correlation coefficients for geographical factors and break-up, freezing, duration of ice cover, and maximum ice thick-  
ness in 1961-2000. The asterisk (\*) means statistically significant (p < 0.05).

	Leveyspiiri Latitude	Pituuspiiri Longitude	Korkeus (m) Elevation	Ala (ha) Area	Keskisyvyys (m) Mean depth	Suurin syvyys (m) Max depth	Tilavuus (1000 m <sup>3</sup> ) Volume
Jäänlähtö Break-up	0,48	0,57	-0,49	0,38	0,70*	0,46	0,40
Jäätymisen Freezing	-0,54	0,38	-0,61*	0,22	0,53	0,42	-0,05
Jääpeiteaika Duration of ice cover	0,68*	-0,17	0,44	-0,08	-0,35	-0,28	0,26
Maksimipaksuus Max thickness	0,02	-0,19	-0,22	-0,34	-0,48	-0,65	-0,88*



**Kuva 27.** Muurasjärven ja Saanijärven jäänlähdon ja jäätymissen ajankohdan sekä jään maksimipaksuuden aikasarjat. Havaintopaikkojen etäisyys on noin 15 kilometriä.  
**Fig. 27.** Time series of break-up, freezing and ice thickness in Lake Muurasjärvi ja Saanijärvi. The distance between the sites is about 15 kilometers.

## 4.4 Sääolojen vaikutus jääpeitteeseen

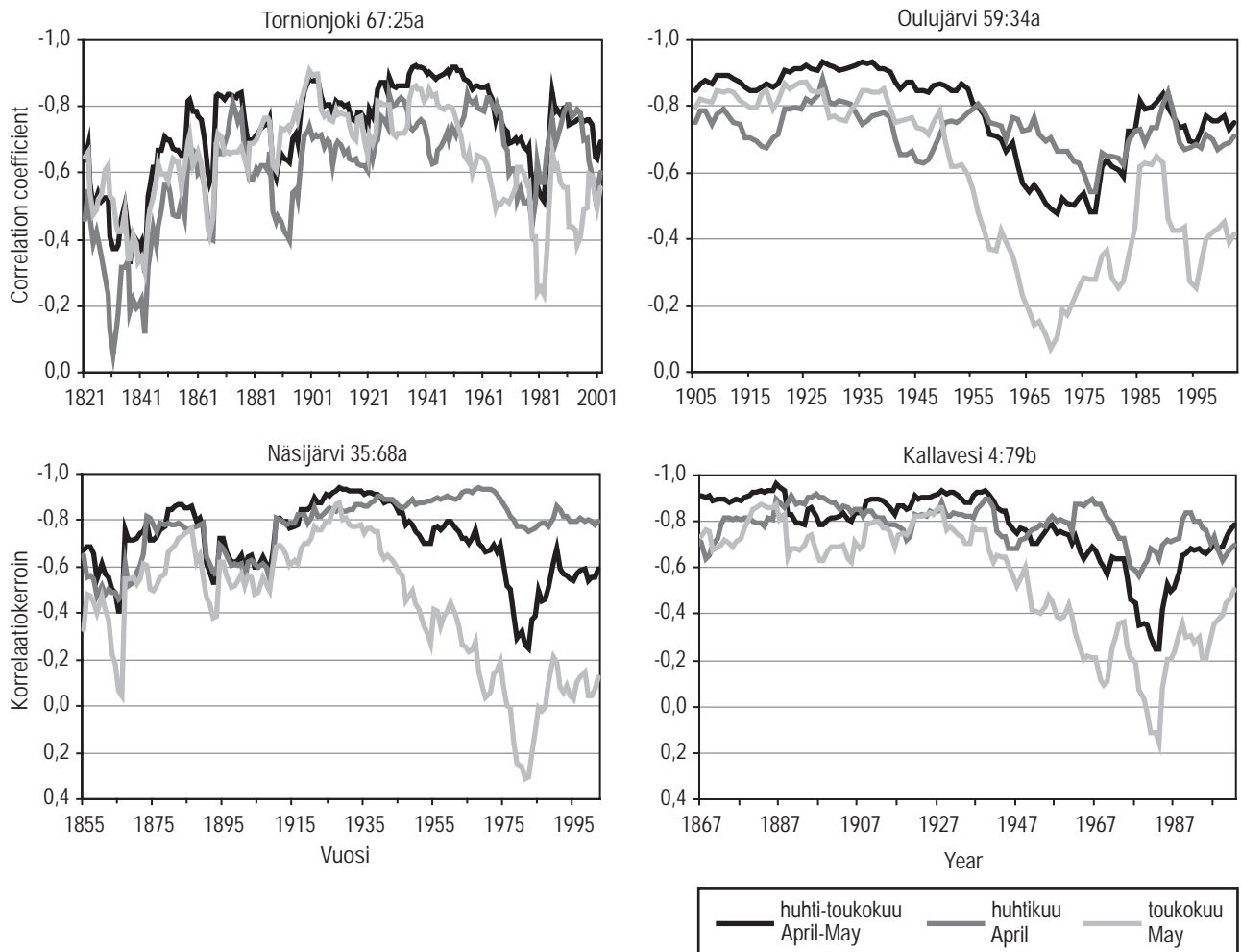
### 4.4.1 Ilman ja veden lämpötila

Kuten jo jääpeitteen muodostumisen, paksuuskasvun ja jäänlähdön fysiikan kapaleessa on todettu, ilman lämpötilalla on suurin merkitys jääoloihin. Tässä työssä laskettiin jäätyamisen, jäänpaksuuden ja jäänlähdön sekä ilman lämpötilan välisiä korrelaatioita. Työssä on käytetty Ilmatieteen laitoksen (Tuomenvirta 2004) pisimpiä ilman lämpötilan havaintosarjoja Helsingistä (1829 alkaen), Kuopiosta ja Kajaanista (1846 alkaen) sekä Haaparannan (1802 alkaen) pitkää havaintosarjaa Torniolle (Klingbjer ja Moberg 2003).

Keväisten ilman lämpötilojen ja jäänlähtöjen ajankohdan välinen korrelaatio on hieman parempi kuin alkutalven lämpötilojen ja jäätymisten ajankohdan välinen. Neljälle pisimmälle sarjalle (Tornionjoki, Oulujärvi, Kallavesi, Näsijärvi) laskettiin 20 vuoden liukuva korrelaatio huhti- ja toukokuun ilman keskilämpötilalle sekä huhti-toukokuun keskiarvolle. Näsijärvellä käytettiin Helsingin, Kallavedelle Kuopion, Oulujärvellä Kajaanin ja Tornionjoelle Haaparannan lämpötiloja. Vuoden 1867 arvo tarkoittaa korrelaatiota jaksolle 1848-1867, 1868 jaksolle 1849-1868 jne. Kallaveden sarjassa noin 1940-luvulle saakka kaikki korrelaatiokäyrät ovat pysyneet korkeissa itseisarvolukemissa eli huhti-toukokuun ilman lämpötilalla on pystytty selittämään suurin osa jäänlähdön vaihtelusta (kuva 28). Huhtikuun keskilämpötila on pysynyt koko ajan melko hyvänä selittäjänä, mutta toukokuun on heikentynyt 1940-luvulta lähtien selvästi. Huhti-toukokuun keskilämpötilan keskimääräinen liukuva korrelaatiokerroin koko jaksolle on  $-0,77$  ja huhtikuun  $-0,79$ . Näsijärvellä huhti- ja toukokuun lämpötilat ovat olleet 1900-luvun alkuun saakka yhtä hyviä jäänlähdön selittäjiä, mutta 1930-luvulta alkaen toukokuun osuus on heikentynyt selvästi. Huhtikuun on pysynyt hyvänä selittäjänä koko 1900-luvun. Huhtikuun keskilämpötilan keskimääräinen liukuva korrelaatiokerroin koko jaksolle on  $-0,77$  ja huhti-toukokuun  $-0,70$ . Oulujärvellä huhti-toukokuun keskilämpötila on paras jäänlähdön selittäjä. Myös huhtikuun keskilämpötilan korrelaatiokerroin on ollut melko korkea koko ajan, mutta toukokuun on selvästi laskenut 1900-luvun puolivälin jälkeen. Huhtikuun keskimääräinen liukuva korrelaatiokerroin koko jaksolle oli  $-0,72$  ja huhti-toukokuun  $-0,78$ . Tornionjoella huhti-toukokuun keskilämpötilalla liukuvalla korrelaatiolla on paras keskiarvo ( $r = -0,73$ ). Korrelaatio on kaikille kolmelle muuttujalle heikoin 1800-luvun alkupuolella. Tuolla jaksolla jäät lähtivätkin hyvin myöhään, vasta touko-kesäkuun vaihteessa. Paras huhti-toukokuun korrelaatio jäänlähdön kanssa on 1900-luvun ensimmäisellä puoliskolla ( $r = -0,9$ ).

Jäätymisessä paras liukuva keskiarvo saatiin Kallavedellä marraskuun keskilämpötilalle. Se on pysynyt koko havaintojakson korkeimpana, marras-joulukuun keskiarvon ollessa toinen. Marraskuun keskimääräinen liukuva korrelaatiokerroin koko jaksolle on  $0,75$ . Näsijärvellä jäätyamisen ajankohdalla marras-joulukuun keskiarvo on paras, sen keskimääräinen korrelaatiokerroin on  $0,70$ . Oulujärvellä marraskuun keskilämpötila on selvästi paras jäätyamisen ajankohdan selittäjä ( $r = 0,70$ ). Joulukuu on selittänyt jäätyisiä parhaiten kaikilla paikoilla jaksolla 1920-1950. Korrelaatiokertoimien vaihteluita on esitetty kuvassa 29.

Kun Tornionjoelle laskettiin regressioyhtälö huhti-toukokuun ilman keskilämpötilan ja jäänlähdön välille jaksolla 1802-2002 saatiin selitysasteeksi 58 % ja jaksolla 1961-2000 40 %. Pidemmällä jaksolla laskettuna yhden asteen nousu huhti-toukokuun ilman keskilämpötilassa aikaistaa jäidenlähtöä 3,6 päivää, lyhyemmällä 40 vuoden jaksolla vastaavasti 3,3 päivää. Oulujärvellä huhti-toukokuun keskilämpötila selitti jäänlähdön ajankohdan vaihtelusta jaksolla 1854-2002 64 % ja jaksolla 1961-2000 52 %. Yhden asteen nousu huhti-toukokuun keskilämpötilassa ai-



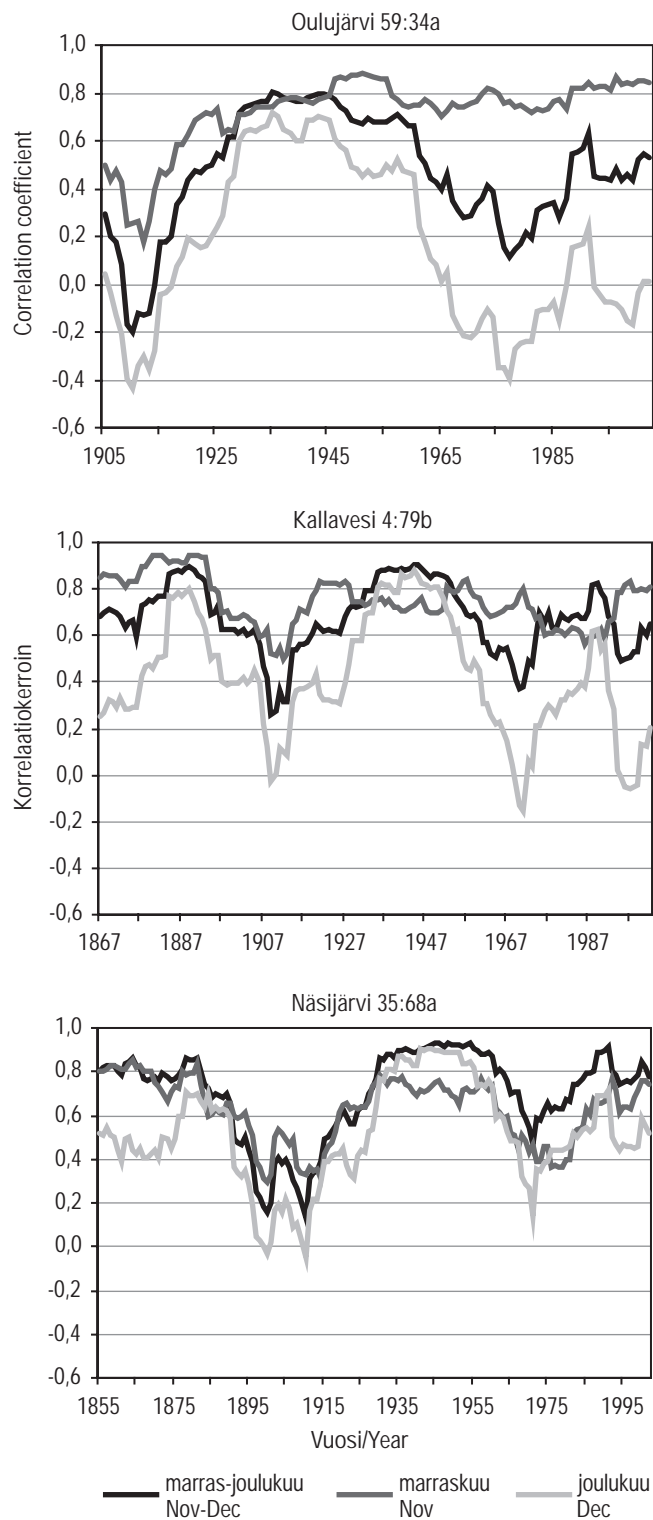
Kuva 28. Huhti- ja toukokuun ilman lämpötilan ja jäänlähden ajankohdan välinen liukuva korrelaatiokerroin (20 vuoden ikkunalla) Näsijärvelle, Kallavedelle, Oulujärvelle ja Tornionjoelle. Huomaa erilaiset skaalat.

Fig. 28. Moving correlation coefficients (20 year window) between April and May air temperature and ice break-up date for Lake Näsijärvi, Lake Kallavesi, Lake Oulujärvi and River Tornionjoki. Note the different scales.

kaistaa jäänlähden pidemmän jakson aineiston mukaan 4,1 päivää ja 3,6 päivää jaksolla 1961-2000. Kallavedellä huhtikuun keskilämpötilan regressiolle saatiin jaksolle 1848-2002 selitysasteeksi 63 % ja jaksolla 1961-2000 41 %. Yhden asteen nousu huhtikuun keskilämpötilassa vastasi pitkällä jaksolla noin 3,8 päivää jäänlähden ja lyhyellä 2,5 päivää. Näsijärvellä huhtikuun keskilämpötilalla ja jäänlähdellä jaksolla 1836-2002 selitysaste oli 59 % ja jaksolla 1961-2000 65 %. Pidemmällä jaksolla yhden asteen nousu huhtikuun keskilämpötilassa aikaistaa jäidenlähden noin 5 päivää, lyhyemmällä jaksolla 4,5 päivää.

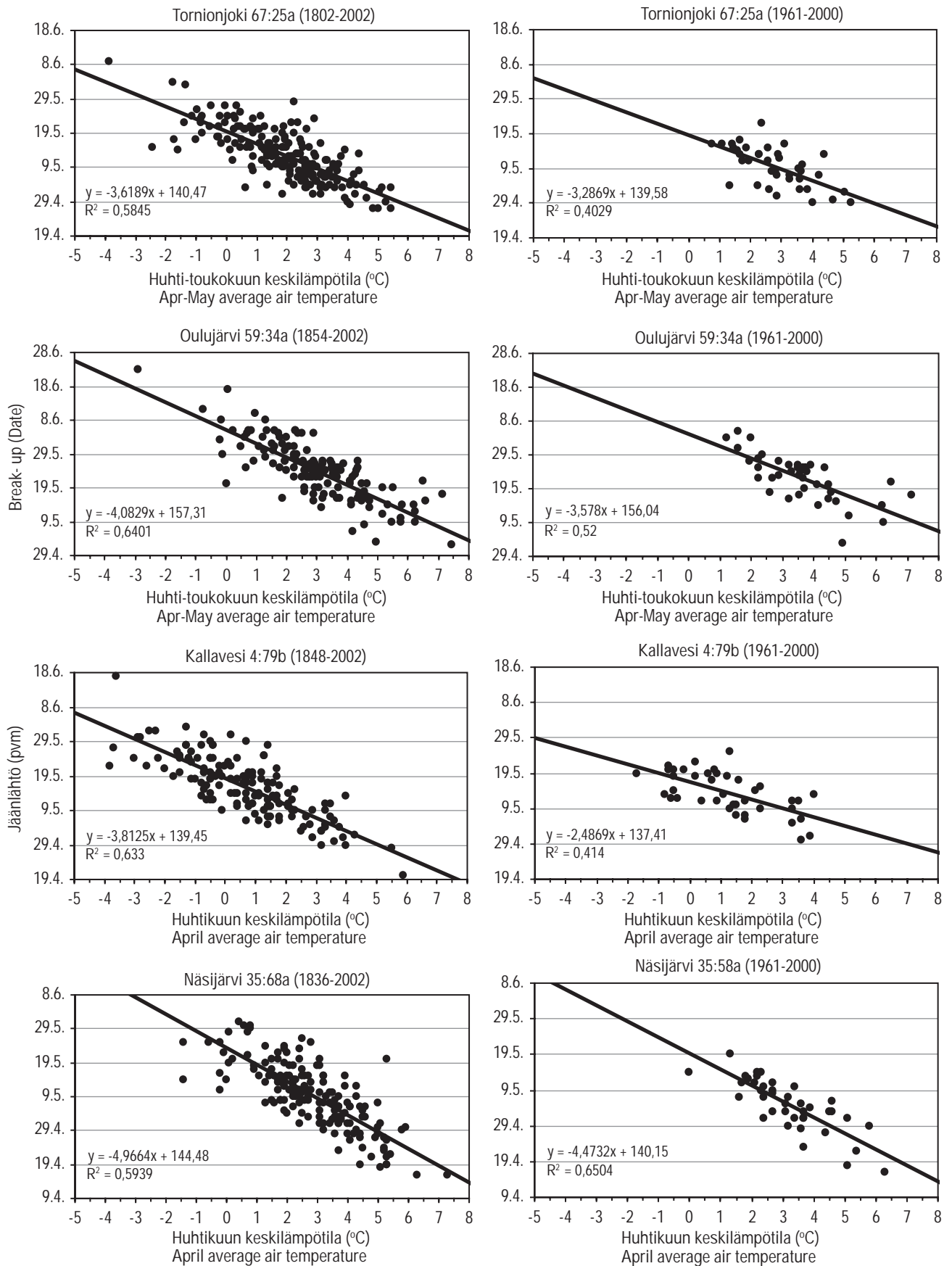
Keväällä ilman lämpötilan lisäksi muita jäänlähden vaikuttavia tekijöitä ovat auringon säteily, tuulet ja edellisen talven jään paksuus.

Marraskuun keskilämpötila selitti Kallavedellä jäätyksen ajankohtaa parhaiten. Jaksolle 1846-2002 selitysaste oli 57 % ja jaksolle 1961-2000 50%. Luonnollisesti marraskuun keskilämpötila ei selitä hyvin niitä vuosia, jolloin jäätyminen on tapahtunut vasta tammikuulla. Pidempi jakso myöhästyttää jäätymistä marraskuun keskilämpötilan yhden asteen nousulla 3,8 päivää, lyhyempi jakso 2,8 päivää. Näsijärvellä marras-joulukuun keskilämpötila selittää parhaiten jäätyksen ajankohtaa. Jaksolle 1836-2002 selitysaste oli 51 % ja jaksolle 1961-2000 59 %. Yhden asteen nousu tässä lämpötilassa myöhästyttää jäätymistä pidemmällä jaksolla 5,1 päivää ja lyhyemmällä jaksolla 6,8 päivää. Oulujärvelle marraskuun keskilämpötila korreloi parhaiten jäätyksen ajankohdan kanssa. Selitysaste jaksolle 1854-



Kuva 29. Marras- ja joulukuun ilman lämpötilan ja jäätyksen ajankohdan välinen liukuva korrelaatiokerroin (20 vuoden ikkunalla) Näsijärvelle, Kallavedelle ja Oulujärvelle.  
 Fig. 29. Moving correlation coefficients (20 year window) between November and December average air temperature and freezing date for Lake Näsijärvi, Lake Kallavesi, Lake Oulujärvi and River Tornionjoki.

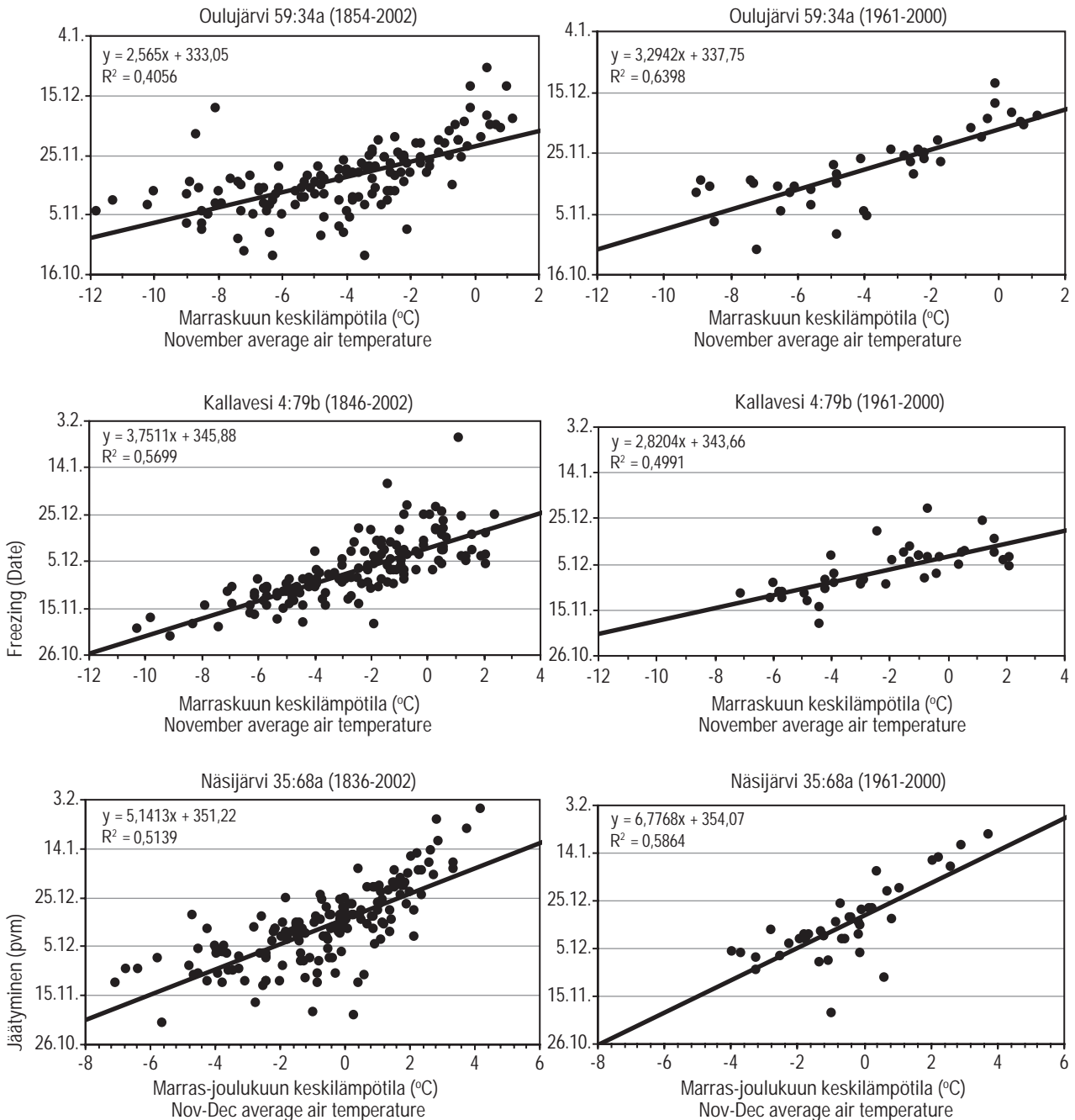




Kuva 30. Jäänlähdon ajankohdan ja huhti- ja toukokuun ilman keskilämpötilan välinen riippuvuus Näsijärvellä, Kallavedellä ja Oulujärvellä ja Tornionjoella.

Fig. 30. Correlation between break-up date and monthly average air temperature for Lake Näsijärvi, Lake Kallavesi and Lake Oulujärvi and River Tornionjoki.

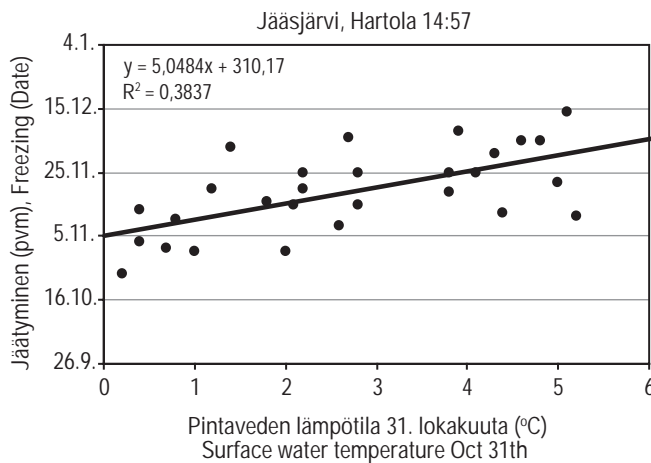
2002 oli 41 % ja jaksolle 1961-2000 64 %. Yhden asteen nousu marraskuun lämpötilassa myöhentää jäätymistä pidemmällä jaksolla 2,6 päivää ja 3,3 päivää jaksolla 1961-2000. Jäätyminen ja alkutalven lämpötilan välinen korrelaatio ei ole yhtä selvä kuin jäänlähdon osalta, vaikka korrelaatiokertoimien arvot eivät poikennetakaan kovin selvästi toisistaan jäänlähdojen ja jäätymisten välillä. Jäätymissä pisteet ovat levittäytyneet hieman viuhkamaisiksi, kun taas jäänlähdöllä ne järjestyvät paremmin suoralle.



Kuva 31. Jäätyminen ajankohdan ja marras- ja joulukuun ilman keskilämpötilan välinen riippuvuus Näsijärvellä, Kallavedellä ja Oulujärvellä.

Fig. 31. Correlation between freezing date and monthly average air temperature for Lake Näsijärvi, Lake Kallavesi and Lake Oulujärvi.

Muutamalle havaintopaikalle tarkasteltiin myös veden lämpötilan vaikutusta jäätymisajankohtaan. Veden lämpötila riippuu hyvin pitkälle ilman lämpötilasta. Tarkasteltaviksi havaintopaikoiksi valittiin ne, jotka olivat mukana vesistöjen lämpötila-analyysissä (Korhonen 2002). Korrelaatiot laskettiin etelässä pääosin lokakuun viimeiselle päivälle niillä paikoilla, joilla oli havaintoja sinne saakka, ja muilla viimeiseen mahdolliseen ajankohtaan. Korrelaatiokertoimet vaihtelivat 0,05 ja 0,62 välillä. Parhaat korrelaatiot saatiin Jääsjärvellä, josta veden lämpötiloja on tosin vasta kesästä 1972 lähtien (kuva 32). Niillä maan etelä- tai keskiosan havaintopaikoilla, joissa veden lämpötilaa ei oltu mitattu yleensä lokakuun loppuun ja jouduttiin käyttämään syyskuun loppua tai lokakuun puoliväliä, korrelaatiot olivat yleensä heikkoja tai olemattomia. Näin ollen edellisen kesän veden lämpötiloilla ei voida ennustaa jäätymisen ajankohtaa, mutta loppusyksyn veden lämpötilalla on merkitystä. Toisaalta syksyn veden lämpötila riippuu oleellisesti ilman lämpötilasta, joka myös on tärkein tekijä jäätymisessä. Näin ollen veden lämpötila ei ole oleellinen muuttuja jäätymisen ajankohtaa ennustettaessa, vaikka veden täytyykin viiletä tarpeeksi ennen jäätymistä (ks. kappale 3.2).



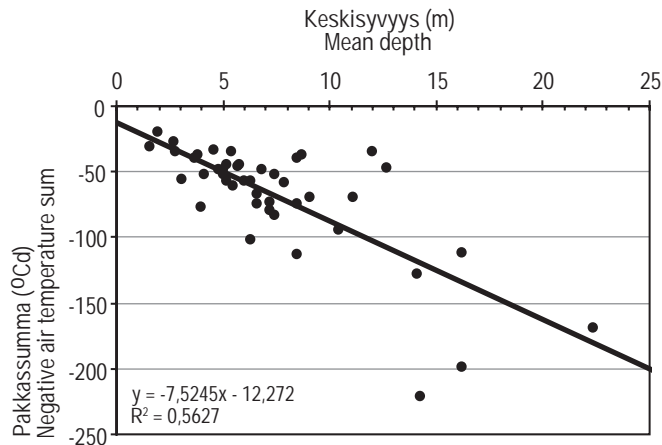
Kuva 32. Jääsjärven (1972-2000) jäätymisen ajankohdan riippuvuus lokakuun lopun pintaveden lämpötilasta.

Fig. 32. Correlation between freezing date and water temperature in the end of October in Lake Jääsjärvi (1972-2000).

#### 4.4.2 Pakkas- ja lämpötilasummat

Pakkassummaa sekä lämpötilasummaa laskettaessa on käytetty SYKEN vesistömallijärjestelmällä simuloituja ilman lämpötilan vuorokausikeskiarvoja kullekin vesistön jakovaiheelle, jossa tarkasteltava järvi sijaitsee. Vesistömallin simuloidut lämpötila-arvot on laskettu hyväksikäyttäen Ilmatieteen laitoksen asemien havaintoja ja lisäksi vesistöalueen korkeus merenpinnasta on otettu huomioon. Simuloituja arvoja on olemassa vuodesta 1962 alkaen. Syksyn jäätymiseen tarvittavat pakkassummat on laskettu syyskuun puolivälistä eteenpäin summaamalla negatiiviset vuorokausikeskiarvot yhteen. Käsivarren Lapille arvot on laskettu syyskuun alusta alkaen. Kevään lämpötilasummat on vastaavasti laskettu summaamalla kevään positiiviset vuorokauden keskilämpötilat maan etelä- ja keskiosassa helmikuun alusta alkaen ja Pohjois-Suomessa maaliskuun puolivälistä lähtien. Seuraavassa esitetyt pakkas- ja lämpötilasummat ovat jaksolta 1962-2000.

Jäätymiseen tarvittava pakkassumma riippuu järven keskisyvyydestä (kuva 33). Matalat pienet järvet, joiden keskisyvyys on korkeintaan pari metriä, tarvitsevat vain 20 astepäivää jäätyäkseen. Järvet, joiden keskisyvyys on noin 5 metriä tarvitsevat jäätyäkseen noin 40...60 astepäivää. Suurten tai syvien järvien (mm. Haukivesi, Pihlajavesi, Kallavesi, Näsijärvi, Vesijärvi, Lentua, Oulujärvi, Ounasjärvi, Muttusjärvi) näköpiirin lopulliseen jäätymiseen tarvitaan 80...120 astepäivää. Päijänteen Tehinselän ja Inarin suurimpien ja syvimpien selkien jäätymiseen tarvitaan jopa 200 astepäivää. Kunkin järven kohdalla pakkassummat vaihtelevat jonkin verran vuodesta toiseen. Pienillä matalilla järvillä vaihtelu on melko vähäistä, mutta suurilla se on merkittävää.

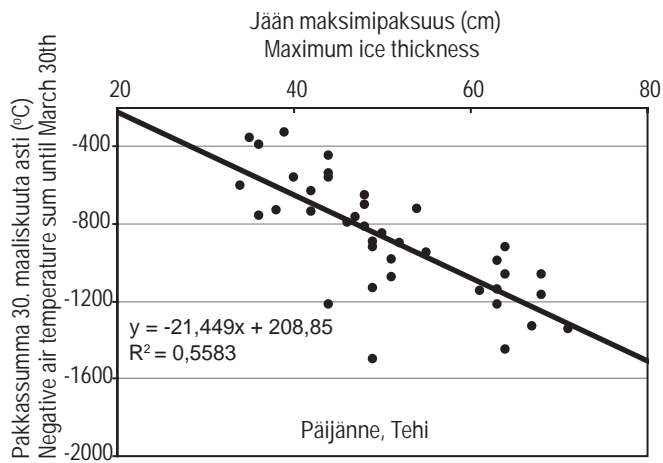


Kuva 33. Keskisyvyyden ja jäätymiseen tarvittavan pakkassumman riippuvuus. Kaikilta havaintojärviltä keskisyvyyttä ei ollut tiedossa.

Fig. 33. Correlation between mean depth of the lake and negative air temperature sum needed for freezing. The mean depth was not known for every lake.

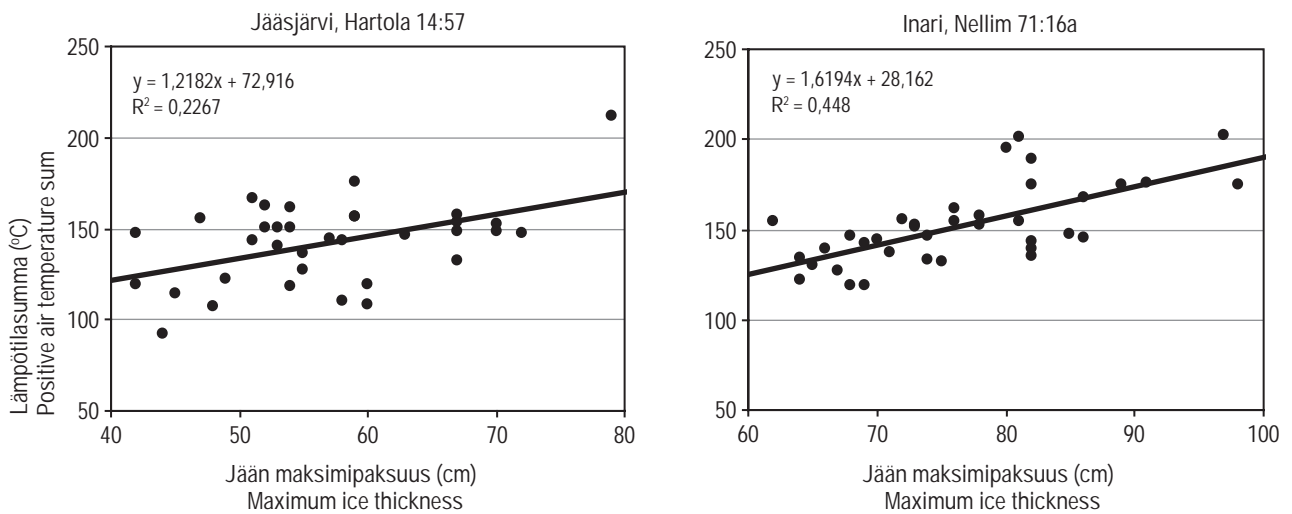
Talven pakkassumman (maaliskuun loppuun saakka) ja talven jään maksimipaksuuden välillä on selvä korrelaatio. Korrelaatiokertoimen arvo oli suurimmalla suurella osalla jäänpaksuuden havaintopaikoista  $-0,2...-0,6$ . Paras korrelaatio pakkassumman ja maksimipaksuuden välillä oli Tehinselälle,  $r = -0,75$ . Heikoiten pakkassumma korreloi Jerisjärvellä ( $r = 0,05$ ). Huonoa korrelaatiota selittää varmasti suuri kohvan osuus (kappale 4.2.5). Myös Inarijärvellä korrelaatiokertoimen arvo jäi itseisarvoltaan pienemmäksi kuin 0,20.

Jäänlähtöön tarvittavalla lämpötilasummalla ei ole kovin selvää riippuvuutta järven morfometriasta. Pientä merkitystä järven koolla ja syvyydellä on, sillä suurimmilta seliltä jäät lähtevät viimeiseksi. Keskimääräinen jäänlähtöön tarvittava lämpötilasumma on 100...160 astepäivää. Kallavedelle tämä oli noin 165, Näsijärvelle 140 ja Oulujärvelle 200 astepäivää. Tornionjoelle jäiden lähtöön tarvittava lämpötilasumma on keskimäärin 100 °Cd. Tehinselälle tarvittava summa on keskimäärin 165 astepäivää, Inarin suurimmilta seliltä jäät lähtevät keskimäärin vasta kun lämpötilasumma on yli 260 astepäivää. Lapin pieniltä järviltä (Peerajärvi, Ounasjärvi, Kevojärvi) jäät lähtevät jo noin 100 astepäivään mennessä. Maan lounaisosassa matalalta Kuivajärveltä jäät lähtevät jo lämpötilasumman ylitettyä noin 60 astepäivää. Kullakin järvellä jäänlähtöön tarvittavat lämpötilasummat vaihtelevat vuosittain melko paljon, mm. johtuen talven jäänpaksuuksista. Lisäksi jäällä olevalla lumella on myös merkitystä, sillä lumen sulettua pinta absorboi selvästi enemmän säteilyä. Myös säteily ja tuuliolot vaikuttavat jäänlähtöön lämpötilasumman lisäksi. Lämpötilasumman ja talven suurimman jäänpaksuuden välinen korrelaatio on suurimmalle osalle heikohko, mutta merkitsevä (kuva 35). Osalle paikoista korrelaatio on merkityksetön.



Kuva 34. Talven pakkassumman (maaliskuun 30. saakka) ja jään maksimipaksuuden riippuvuus Päijänteen Tehinselällä 1963-2002.

Fig. 34. Correlation between maximum ice thickness and negative air temperature sum until March 30th in Lake Päijänne at Tehi in 1963-2002.



Kuva 35. Jäiden lähtöön tarvittavan lämpötilasumman ja edellisen talven suurimman jäänpaksuuden välinen korrelaatio Jääsjärvellä ja Inarin Nellimissä 1962-2002.

Fig. 35. Correlation between maximum ice thickness and the positive air temperature sum until the break-up date in Lake Jääsjärvi and Lake Inari at Nellim in 1962-2002.

### 4.4.3 Pohjois-Atlantin oskillaatio eli NAO

Ilmakehän kiertoliikkeellä tiedetään olevan suuri merkitys paikalliseen ilmastoon. Eteläisen pallonpuoliskon oskillaatiosta johtuvalla El Niño- ilmiöllä on tiedetty jo pitkään olevan vaikutuksia hyvin laajalla alueella maapallolla. El Niño ja La Niña -ilmiöiden ajankohtaa on voitu ennustaa eteläisen oskillaatioindeksin (SO) ja Tyyntenmeren pintaveden lämpötilan avulla. Indeksit perustuu Tahitin ja Australian Darwinin ilmanpaine-eroihin. El Niñolla on havaittu olevan vaikutusta mm. Wisconsinin alueen järvien jäiden lähtöön Yhdysvalloissa (Anderson ym. 1996).

Myös Pohjois-Atlantille on olemassa oma oskillaatioindeksinsä (NAO), joka perustuu Azorien ja Islannin väliseen ilmanpaine-eroon (Hurrell 1995). NAOlla on selviä vaikutuksia Euroopan sähän. Korkean ja positiivisen NAO-indeksin talvena Euroopassa puhaltavat voimakkaat länsituulet, jotka aiheuttavat leutoja ja satteisia talvia. Vastaavasti suuret negatiiviset NAO-indeksit aiheuttavat kylmiä talvia, jolloin länsivirtaukset ovat heikkoja. NAOlla on havaittu vaikutuksia ilman lämpötiloihin (Chen ja Hellström 1999), talvisateisiin Euroopassa (Hurrell ja Van Hool 1997) ja lumisateeseen USAssa (Hartley ja Keables 1998). Livingstone (1999; 2000) on tutkinut NAO:n yhteyttä järvien jäänlähtöön Suomessa, Keski-Euroopassa, Siperiassa ja Baikalilla. Myös Yoo ja D'Odorico (2002) selvittivät jääaineiston yhteyttä NAOon Suomen järville. Jevreva (2002) on tarkastellut NAO:n vaikutusta Itämeren jääpeitteeseen Viron edustalla. Vastaavasti Pohjoiselle Jämeerelle on olemassa oma oskillaatioindeksinsä (AO).

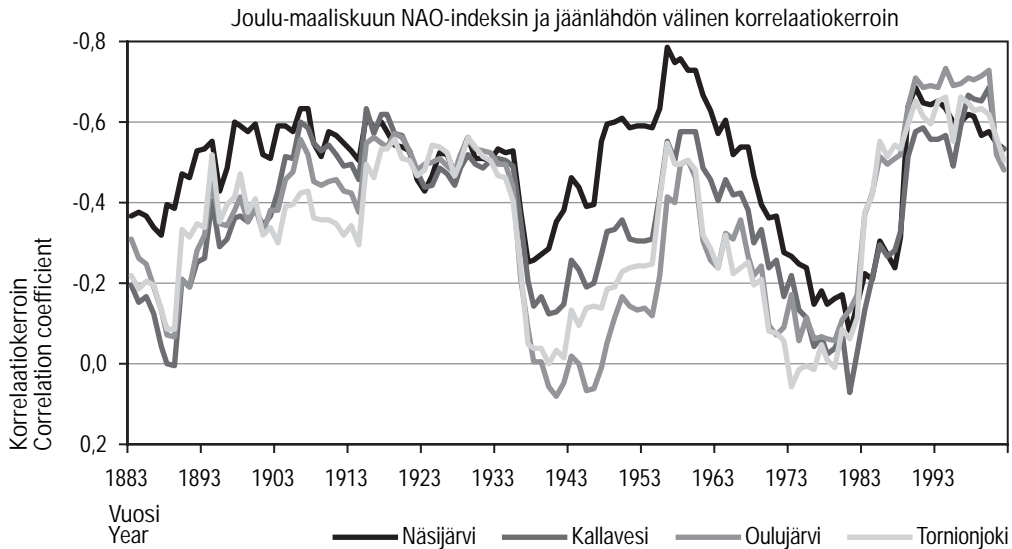
Työssä käytetyt Pohjois-Atlantin oskillaatio- eli NAO-indeksit ovat peräisin Hurrelilta. Arvot ovat talviajalle eli joulukuun-maaliskuulle. Indeksit perustuu Lissabonin ja Islannin väliseen merenpintapaineen eroon. Paine-erot on normalisoitu jakson 1864-1983 keskihajonnalla. Tiedot ovat saatavilla nettisivuilta: <http://www.cgd.ucar.edu/~jhurrell/nao.stat.winter.html#winter>. Arvot poikkeavat hieman Hurrellin (1995) esittämistä, johtuen jatkuvista datan ja perusjakson päivityksistä.

NAO-indeksin ja muiden oskillaatioindeksien lisäksi on olemassa alueellisia ilmakehän kiertoliikeindeksejä, joilla on myös havaittu vaikutusta paikalliseen sähän ja näin myös jääoloihin (Blenckner ja Chen 2003).

NAOlla ja jäänlähdöllä on selvä negatiivinen korrelaatio. Korkean NAO:n aikaan jäät lähtevät yleensä aikaisin (leuto talvi) ja pienen, negatiivisen NAO:n vuotena (kylmä talvi) jäät lähtevät myöhään. Jaksolle 1961-2000 kaikille liitteen 1 havaintopaikoille ja joulukuun-maaliskuun NAOlle lasketut korrelaatiokertoimet vaihtelivat -0,21...-0,60, keskiarvon ollessa -0,42. Näin ollen NAO selittää joillakin havaintopaikoilla jopa 35 % jäänlähdön varianssista, mutta keskimäärin vain 18 %. Jaksolle 1961-2000 korrelaatioiden välillä ei ollut maantieteellistä riippuvuutta, vaan vahvoja korrelaatioita löytyi sekä etelästä että pohjoisesta.

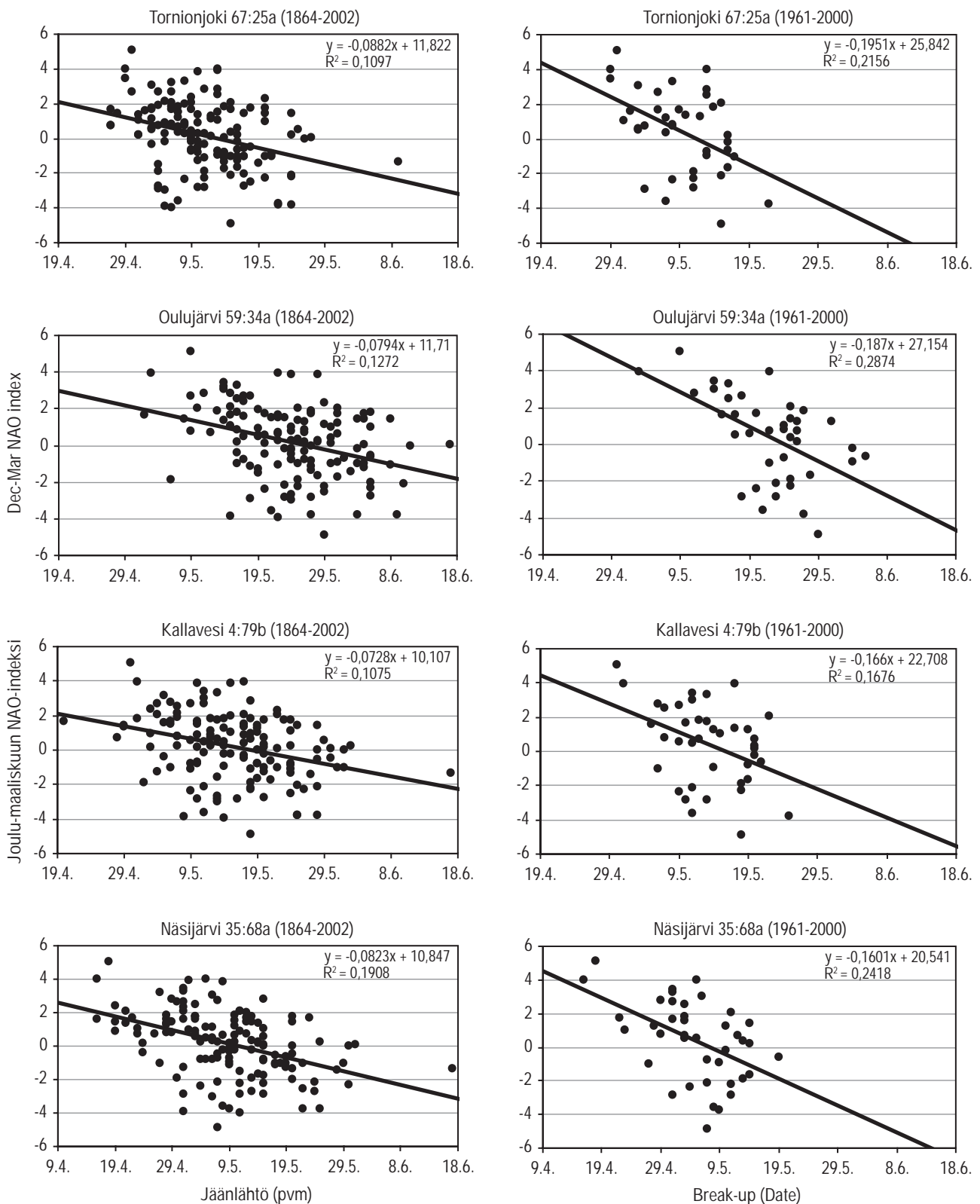
NAO:n ja jäänlähdön välinen korrelaatio vaihtelee hyvin paljon ajanjaksosta riippuen. Aikaisemmin Jevreva (2002) on todennut NAO:n ja jääolojen riippuvuuden vaihtelevan eri jaksoilla. Näsijärvelle, Kallavedelle, Oulujärvelle ja Tornionjoelle laskettiin 20 vuoden liukuva korrelaatio. Ensimmäinen arvo (vuoden 1883 kohdalla) on jakson 1864-1883 välinen korrelaatio, vuoden 1884 arvo on jakson 1865-1884 korrelaatio jne. Kuvassa 36 on esitetty nämä sarjat. Voimakkaimmat korrelaatiot osuvat kaikilla havaintopaikoilla vuosijaksojen 1990-2000 sekä 1915-1935 kohdalle. Näinä vuosikymmeninä korrelaatiokertoimet kaikille havaintopaikoille ovat pääosin itseisarvoltaan suurempia kuin 0,5. Muina aikoina eri paikkojen välillä on melko suurta hajontaa, mutta heikomman korrelaation ajat sattuvat suurin piirtein samoihin aikoihin. Tiettyinä jaksoina, lähinnä vuosina 1940-1960 näkyy hyvin selvä maantieteellinen järjestys korrelaatioiden suhteen siten, että pohjoisessa korrelaatiot ovat heikompiä kuin etelässä. Muina jaksoina erot pohjoisempien ja eteläisempien paikkojen välillä ovat pienet ja välillä päinvastaiset. Jaksolle 1961-2000 suhteet vaihtelevat, ja näin ollen edellisessä jaksossa 1961-2000 korre-

laatioille ei ollut nähtävissä maantieteellistä riippuvuutta, kun tarkasteltiin koko maan havaintopaikkoja (ks. edellinen kappale). NAO:n ja jäänlähdon välinen riippuvuus laskettiin neljälle pisimmälle havaintosarjalle jaksoille 1864-2002 ja 1961-2000. Jälkimmäisellä jaksolla riippuvuus on selvempi, mutta muutos yksikköä kohden pienempi (kuva 36). Pidemmällä jaksolla NAO-indeksin muutos yhdellä yksiköllä vastaa 11...14 päivän muutosta jäänlähdössä, jaksolla 1961-2000 vastaavasti 5...6 päivän muutosta.



Kuva 36. Joulu-maaliskuun NAO-indeksin ja jäänlähdon ajankohdan välinen liukuva korrelaatiokerroin Näsijärvelle, Kallavedelle, Oulujärvelle ja Tornionjoelle (20 vuoden ikkunalla).  
Fig. 36. Moving correlation coefficient (20-year window) between the Dec-Mar NAO index and the break-up date for Lake Näsijärvi, Lake Kallavesi, Lake Oulujärvi and River Tornionjoki.

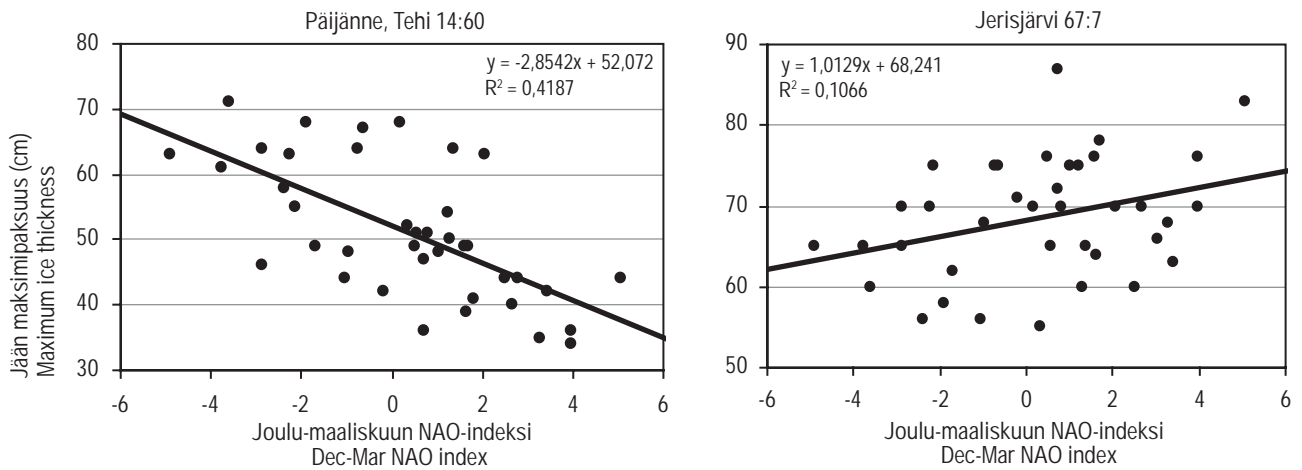




Kuva 37. Joulu-maaliskuun NAO:n ja jäänlähdon ajankohdan välinen korrelaatio Näsijärvellä, Kallavedellä, Oulujärvellä ja Tornionjoella koko havaintojaksolle sekä jaksolle 1961-2000.

Fig. 37. Correlation between the Dec-Mar NAO index and the break-up date for Lake Näsijärvi, Lake Kallavesi, Lake Oulujärvi and River Tornionjoki for the whole observation period and for the period 1961-2000.

Jäänpaksuuden korrelaatio talvisen NAO:n kanssa oli huomattavasti heikompi kuin jäänlähden. Jaksolle 1961-2000 kaikille liitteen 1 havaintopaikoille laskettiin talvi-NAO:n ja jään maksimipaksuuden välinen korrelaatio. Maan eteläosassa korrelaatio oli negatiivinen, mutta pohjoisessa muutamalla paikalla positiivinen. Suurin negatiivinen korrelaatio tarkoittaa suurta jäänpaksuutta kylmänä talvena, suuri positiivinen korrelaatio puolestaan suurta maksimipaksuutta lauhana ja sateisena talvena. Arvot vaihtelivat -0,65...0,33 välillä. Keskimääräinen arvo oli -0,17, ja joillakin paikoilla korrelaatiota ei ollut lainkaan. Suurin negatiivinen korrelaatio saatiin Tehinselälle ja suurin positiivinen Jerisjärvelle. Kohva ja jäällä oleva lumi selittävät varmasti asiaa jonkin verran. Tehinselällä kohvan osuus on yleensä melko pieni, ja Tehi jäätyy myöhään. Näin ollen kovana pakkastalvena teräsjäätä muodostuu paljon, ja lauhana talvena jää ei ehdi kasvaa kovin paksuksi. Muilla etelän paikoilla kohvan määrä sekoittaa NAO:n ja suurimman jäänpaksuuden suhdetta. Jerisjärvellä kohvan määrä kasvaa ilmeisesti huomattavasti lauhoina talvina ja kasvattaa näin kokonaispaksuutta.



Kuva 38. Joulu-maaliskuun NAO-indeksin ja jään maksimipaksuuden korrelaatio Tehinselällä ja Jerisjärvellä.  
 Fig. 38. Correlation between the maximum ice thickness and the Dec-Mar NAO index in Lake Päijänne at Tehi and in Lake Jerisjärvi.

## 4.5 Aikasarjat ja trendit

### 4.5.1 Aikajakson valinnan vaikutus trendiin

Aikasarjoja ja niiden trendejä tarkasteltaessa on syytä muistaa, että trendi riippuu aina valitusta ajanjaksosta. Näin ollen sopivia pätkiä valiten voi saada lähes millaisia trendejä tahansa. Jotta eri paikat olisivat aikasarjojen osalta täysin vertailukelpoisia, täytyy niitä verrattaessa käyttää samaa ajanjaksoa. Kuitenkin eri puolella Suomea olevien havaintosarjojen pituus vaihtelee hyvin paljon. Työssä on otetukin yhteiseksi vertailujaksoksi 1961-2000, joka on saatavilla lähes kaikille tarkasteltaville sarjoille. Joiltakin paikoilta havainnot ovat loppuneet ennen vuotta 2000 ja osalta havaintoja puuttuu välistä.

### 4.5.2 Jäänlähdon, jäätyamisen ja jääpeiteajan aikasarjat ja trendit

Tarkastelussa olevat (liite 1) havaintosarjat analysoitiin mahdollista ilmastonmuutosta ilmentävien tilastollisesti merkitsevien (2-puolinen t-testi,  $p < 0,05$ ) lineaaristen trendien löytämiseksi. Trendin tarkastelujaksoiksi on valittu kullekin havaintosarjalle pisin olemassa oleva jakso vuoteen 2002 asti sekä vertailun vuoksi kaikille on tarkasteltu myös jaksoa 1961-2000. Pisimmille sarjoille on tarkasteltu myös 1900-lukua (1901-2000). Taulukossa 3 on esitetty kaikki jäätyamisen, jäänlähdon ja jääpeiteajan tilastollisesti merkitsevät trendit tarkastelussa olleille havaintopaikoille näillä jaksoilla.

Tässä työssä tarkasteltavista sarjoista 1800-luvun puolella alkaneita havaintosarjoja on noin kaksikymmentä. 1910-luvulta alkavia jatkuvia sarjoja on noin neljäkymmentä ja ne sijaitsevat pääosin maan etelä- ja keskiosassa. Loput parikymmentä sarjaa ovat alkaneet myöhemmin, kuitenkin viimeistään 1960-luvun alussa. Pisimmistä 1800-luvulta alkaneista havaintosarjoista ainoastaan Tornionjoen, Oulujärven, Kallaveden, Näsijärven havaintosarjoissa ei ole puuttuvia vuosia, ja havainnot jatkuvat edelleen. Näin ollen trenditarkasteluissa on keskitytty tarkemmin vain näihin sarjoihin. Tosin Oulujärven havaintopaikka ei ole ollut aivan sama koko havaintoaikaa. Muissa pitkissä sarjoissa puuttuvia havaintovuosia on ainakin muutamia. Näille paikoille laskettiin trendit lisäksi myös niin, että puuttuvat vuodet arvioitiin läheisten asemien avulla. Kummallakin tavoin lasketut trendit on esitetty taulukossa 3. Erot puutteellisten ja täydennettyjen sarjojen trendien välillä eivät olleet pääosin kovin suuria, jos puuttuvia vuosia ei ole paria kymmentä enempää. Merkitsevyys on otettu heikomman trendin mukaan, toisella vaihtoehdolla se on voinut olla jopa parempi.

Taulukko 3. Tilastollisesti merkitsevät ( $p < 0,05$ ) trendit jäänlähdon, jäätyminen ja jääpeiteajan sarjoille. Trendit on määritetty jäänlähdoisä ensimmäisen päivän mukaan, jäätymisessä näköpiiriin pysyvän jäätyminen mukaan ja jääpeiteajassa pysyvän jääpeiteajan mukaan. Tähdellä (\*) merkittyjen sarjojen trendit ovat merkitseviä ainoastaan, jos puuttuvat havainnot on täydennetty läheisten asemien avulla.

Table 3. Statistically significant ( $p < 0.05$ ) trends of break-up, freezing and duration of ice cover. Break-up trends are defined for the first date, freezing trends for the last permanent freezing, and duration of ice cover trends for the permanent ice cover. Trends marked with asterisk (\*) are statistically significant only when gaps are filled with records from neighbouring stations. 'Jäänlähtö' means break-up, 'Jäätyminen' means freezing and 'Jääpeiteaika' means duration of ice cover.

Havaintopaikka Observation site	Muuttuja ja jakso (puuttuvia vuosia) Variable and period (missing years)	+/-	p<	trendi d / 10 a
Simpelejärvi 3:1	Jäänlähtö 1913-2002 (1)	-	0,05	0,75...0,83
Pielinen, Nurmes 4:14a (havainnot eivät välttämättä homogeenisia)	Jäänlähtö 1885-2002 (24)	-	0,01	0,76...0,79
	Jäänlähtö 1901-2000 (14) *	-	0,05	0,54...0,56
	Jääpeiteaika 1886-2002 (28)*	-	0,01	1,51
Kallavesi, Kuopio 4:79b	Jäänlähtö 1822-2002	-	0,001	0,60
	Jäätyminen 1833-2002	+	0,001	0,67...0,70
	Jääpeiteaika 1834-2002	-	0,001	1,49...1,52
Haukivesi, Oravi 4:102	Jäänlähtö 1885-2002 (9)	-	0,001	0,78...0,79
	Jäänlähtö 1901-2000 (8)	-	0,01	0,73...0,76
	Jääpeiteaika 1886-2002 (14)	-	0,01	1,30...1,35
	Jääpeiteaika 1901-2000 (12)	-	0,05	1,29...1,33
Pihlajavesi, Savonlinna 4:105a	Jäänlähtö 1911-2002 *	-	0,05	0,72
Saimaa, Lauritsala 4:112a (havainnot eivät välttämättä homogeenisia)	Jäänlähtö 1885-2002 (1)	-	0,001	0,90...0,93
	Jäänlähtö 1901-2000	-	0,001	1,13
	Jäänlähtö 1961-2000	-	0,05	2,25...2,28
	Jäätyminen 1885-2002 (3)	+	0,001	1,53...1,66
	Jäätyminen 1901-2000 (1)	+	0,01	1,20...1,30
	Jääpeiteaika 1886-2002 (3)	-	0,001	2,48...2,53
Jääpeiteaika 1901-2000 (1)	-	0,001	2,21...2,23	
Saanijärvi 14:3	Jäänlähtö 1911-2002 (7) *	-	0,05	0,53...0,54
Kolima 14:5	Jäänlähtö 1910-2002 (15) *	-	0,05	0,53
Kivijärvi 14:7	Jäänlähtö 1912-2002 (2)	-	0,05	0,66...0,79
Vatianjärvi 14:23 (havainnot eivät välttämättä homogeenisia)	Jäänlähtö 1909-2002 (3)	-	0,05	0,68...0,84
	Jäänlähtö 1961-2000	-	0,05	2,17...2,20
	Jäätyminen 1909-2002 (2)	+	0,05	1,27...1,34
	Jääpeiteaika 1909-2002 (3)	-	0,01	2,22...2,32
Pielavesi, Säviä 14:27a	Jäänlähtö 1887-2002 (7)	-	0,01	0,64...0,66
	Jääpeiteaika 1892-2002 (7)	-	0,01	1,31...1,34
Konnevesi 14:39 (havainnot eivät homogeenisia)	Jäänlähtö 1909-2002 (8)	-	0,05	0,80...0,90
	Jäänlähtö 1961-2000 (4) *	-	0,01	2,11...2,12
	Jäätyminen 1911-2002 (9)	-	0,001	2,55...2,88
	Jääpeiteaika 1913-2002 (15) *	+	0,05	1,73
Vesijärvi, Lahti 14:61	Jäänlähtö 1909-2002 (2)	-	0,05	0,70...0,77
Vesijärvi, Vääksy 14:62	Jäänlähtö 1886-2002 (2)	-	0,01	0,70...0,77
	Jäänlähtö 1901-2000 (1)	-	0,05	0,57...0,60
Päijänne, Vääksy 14:63	Jäänlähtö 1886-2002 (4)	-	0,01	0,78...0,83
	Jääpeiteaika 1886-2002 (4)	-	0,05	1,28...1,34

Taulukko 3. Jatkoa

Havaintopaikka Observation site	Muuttuja ja jakso (puuttuvia vuosia) Variable and period (missing years)	+/-	p<	trendi d / 10 a
Kyyvesi, Haukivuori 14:74	Jäänlähtö 1910-2000	-	0,05	0,61
	Jäänlähtö 1910-2002 *	-	0,05	0,70
Puula, Kangasniemi 14:75	Jäänlähtö 1910-1997 (1)	-	0,05	0,66...0,71
	Jäänlähtö 1910-2002 *	-	0,01	0,86
Pyhäjärvi 16:1a	Jäänlähtö 1954-2002 *	-	0,05	2,03
Lohjanjärvi, Virkkala 23:19	Jäänlähtö 1911-1994 (1)	-	0,05	0,85...0,92
	Jäänlähtö 1911-2002 *	-	0,01	1,00
	Jäänlähtö 1961-1994 (1)	-	0,05	2,84...3,16
	Jäänlähtö 1961-2000 *	-	0,05	2,30...2,31
Pyhäjärvi, Kauttua 34:1 (havainnot eivät välttämättä homogeenisia)	Jäänlähtö 1958-2002 (4)	-	0,05	2,61...2,79
	Jäänlähtö 1961-2000 (2)	-	0,05	2,83...3,05
Längelmävesi, Kaivanto 35:6	Jäänlähtö 1911-2002	-	0,05	0,67
Vanajavesi, Hämeenlinna 35:25 (havainnot eivät homogeenisia)	Jäänlähtö 1884-2002 (5)*	-	0,05	0,57...0,71
	Jäänlähtö 1901-2000 (3) *	-	0,01	1,04...1,15
	Jäätyminen 1884-2002 (8)*	+	0,001	2,19...2,23
	Jäätyminen 1901-2000 (4)*	+	0,01	1,92...2,08
	Jäätyminen 1961-2000 (4)*	+	0,05	6,56...6,67
	Jääpeiteaika 1885-2002 (8)*	-	0,001	2,80...2,97
	Jääpeiteaika 1901-2000 (3)*	-	0,001	2,99...3,05
Jääpeiteaika 1961-2000 (3) *	-	0,05	7,25...8,65	
Ähtärinjärvi, Niemiaho 35:37a (havainnot eivät homogeenisia)	Jäänlähtö 1911-2002 (1)	-	0,05	0,64...0,65
	Jäätyminen 1910-2002	-	0,01	1,87
Kitusjärvi 35:48	Jääpeiteaika 1961-2000	+	0,05	5,70
Visuvesi, Kanava 35:50	Jäänlähtö 1885-2002 (3)	-	0,01	0,59...0,64
	Jäänlähtö 1901-2000 *	-	0,05	0,58
	Jääpeiteaika 1885-2002 (9)	-	0,05	1,11...1,18
Ukonselkä, Kolho 35:55	Jäänlähtö 1897-1998 (7)	-	0,01	0,77...0,79
	Jäänlähtö 1896-2002 *	-	0,001	0,86
	Jäänlähtö 1901-2000 (7)	-	0,01	0,77...0,80
Palovesi, Murole 35:62	Jäänlähtö 1884-2002 (21)	-	0,01	0,54...0,61
	Jääpeiteaika 1884-2002 *	-	0,05	1,23
Näsijärvi, Tampere 35:68a	Jäänlähtö 1836-2002	-	0,001	0,80...0,91
	Jäätyminen 1836-2002	+	0,01	0,59...0,74
	Jääpeiteaika 1837-2002	-	0,001	1,57...1,62
Pyhäjärvi, Tampere 35:71	Jäänlähtö 1891-1995 (19)	-	0,01	0,88...0,90
	Jäänlähtö 1891-2002*	-	0,001	0,91
	Jäänlähtö 1901-2000*	-	0,05	0,73
	Jääpeiteaika 1892-2002*	-	0,01	1,62
Kuivajärvi, Saari 35:91a	Jäänlähtö 1931-2002 (2)	-	0,05	0,92...1,11
	Jäätyminen 1929-2002 (2)	-	0,05	1,83...1,87

Taulukko 3. Jatkoa

Havaintopaikka Observation site	Muuttuja ja jakso (puuttuvia vuosia) Variable and period (missing years)	+/-	p<	trendi d / 10 a
Lappajärvi, Halkosaari 47:3b	Jäänlähtö 1912-2002 (2)	-	0,05	0,60...0,65
	Jäätyminen 1911-2002 (2)	-	0,05	1,49...1,53
Pyhäjärvi, Pyhäsalmi 54:1 (havainnot eivät välttämättä homogeenisia)	Jäänlähtö 1961-2000	-	0,05	1,80...1,82
	Jääpeiteaika 1961-2000	-	0,05	4,85
Kianta, Ämmänsaari 59:2b	Jäänlähtö 1885-2002 (21)	-	0,05	0,64...0,68
	Jäätyminen 1885-2002 (15)	+	0,05	0,70...0,81
	Jäätyminen 1901-2000 (15)	+	0,05	1,05...1,24
	Jääpeiteaika 1886-2002 (23)	-	0,01	1,37...1,43
	Jääpeiteaika 1901-2000 (21)	-	0,05	1,27...1,48
Lentua, Varajoki 59:17a	Jäänlähtö 1885-2002 *	-	0,05	0,55...0,56
	Jäätyminen 1885-2002 (24)	+	0,05	0,79...0,81
	Jääpeiteaika 1886-2002 (27)	-	0,01	1,29...1,38
Lammajärvi, Kuhmo 59:19	Jäänlähtö 1885-1996 (6)	-	0,05	0,48...0,56
	Jäänlähtö 1885-2002 *	-	0,01	0,62
	Jääpeiteaika 1885-2002 *	-	0,01	1,17
Ontojärvi, Paloniemi 59:22a	Jääpeiteaika 1956-2002*	-	0,05	3,49
Nuasjärvi, Vuokatti 59:25	Jäänlähtö 1885-2002 (4)	-	0,001	1,13...1,19
	Jäänlähtö 1901-2000 (3)	-	0,001	1,08...1,11
	Jääpeiteaika 1886-1999 (6)	-	0,05	1,27...1,45
	Jääpeiteaika 1886-2002*	-	0,01	1,61
	Jääpeiteaika 1901-2000 *	-	0,05	1,44
Oulujärvi, Vaala 59:34a	Jäänlähtö 1854-2002 (1)	-	0,001	0,67
	Jäänlähtö 1901-2000	-	0,05	0,53
	Jäätyminen 1854-2002 (1)	+	0,05	0,43
	Jäätyminen 1901-2000	+	0,05	0,80...0,81
	Jääpeiteaika 1855-2002 (1)	-	0,001	1,16
	Jääpeiteaika 1901-2000	-	0,05	1,15
Poussunjärvi 61:1a	Jäänlähtö 1961-1995 (4)	-	0,05	2,46...2,54
	Jäänlähtö 1961-2002 *	-	0,05	2,27...2,28
Livojärvi, Säikkä 61:11	Jäänlähtö 1961-2000	-	0,01	2,67...2,73
	Jäänlähtö 1960-2002*	-	0,01	2,54
	Jääpeiteaika 1961-2000	-	0,05	4,18
	Jääpeiteaika 1960-2002*	-	0,05	3,92
Oijärvi 63:1	Jäänlähtö 1954-2002	-	0,05	1,54
Tornionjoki, Tornio 67:25	Jäänlähtö 1693-2002	-	0,001	0,43

Lähes kaikilla niillä havaintopaikoilta, joilta on olemassa jatkuvia havaintoja vähintään 1800-luvulta saakka, jäänlähtö on aikaistunut tilastollisesti merkitsevästi koko havaintojaksolla (taulukko 3). Joissakin sarjoissa välissä on puuttuvia jaksoja tai havainnot ovat päättyneet. Ainoastaan kahdella havaintopaikalla trendi aikaisempaan jäänlähtöön ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Toinen näistä sarjoista ei ole havaintopaikan suhteen kovin homogeeninen ja sarja on päättynyt jo 1997 (Vanajavesi). Toisessa sarjassa on taas melko paljon puuttuvia vuosia juuri 1800-1900-luvun vaihteessa (Lentua). Kun sekä Vanajaveden että Lentuan havaintoja täy-

dennettiin ja jatkettiin läheisten asemien avulla, jäänlähdön aikaistumisen trendi tuli tällöin kummallakin paikalla tilastollisesti merkitseväksi. Siispä kaikilla 1800-luvulla alkaneilla sarjoilla jäänlähtö on selvästi aikaistunut. 1900-luvulle jäänlähdön trendi on merkitsevä noin kymmenellä sarjalla. 1910-luvulla alkaneista sarjoista noin viidellätoista sarjalla trendi kohti aikaisempaa jäänlähtöä oli tilastollisesti merkitsevä. Jaksolle 1961-2000 trendi oli merkitsevä alle kymmenellä sarjalla. Keski- ja Pohjois-Lapista ei löytynyt yhtään tilastollisesti merkitsevää trendiä.

Suurimmat muutokset jäänlähdön aikaistumisessa tapahtuivat siis 1800-luvun lopussa, pikkujääkauden jälkeen. Tämä on nähtävissä kaikista pisimmistä yhtenäisistä havaintosarjoista (Tornionjoki, Näsijärvi, Kallavesi, Oulujärvi). Noin 1820-luvulta 1860-luvun loppuun saakka jäänlähtö siirtyi myöhemmäksi, mutta 1880-luvulta lähtien on nähtävissä trendiä kohti aikaisempaa jäänlähtöä. Tornionjoen sarjassa jäänlähtö on aikaistunut reilussa kolmessa sadassa vuodessa lähes kaksi viikkoa (4,3 d/100 a), Kallavedellä jäänlähtö on aikaistunut vuodesta 1822 lähtien 11 päivää (6 d/100 a), Näsijärvellä jäät lähtevät yli kaksi viikkoa aiemmin kuin vuonna 1836 (9 d/100 a) ja Oulujärvellä 10 päivää aiemmin kuin vuonna 1854 (6,7 d/100 a). Eri paikkojen jaksot ovat tässä eri pituiset, mutta jos tarkastellaan kaikkia sarjoja vuodesta 1854 eteenpäin, vastaavat luvut ovat Tornionjoelle 6,6 d/100 a, Oulujärvelle 6,7 d/100 a, Kallavedelle 9,2 d/100 a, Näsijärvelle 10,9 d/100 a. Näyttäisi siis, että jäänlähdön aikaistuminen on selvästi voimakkaampaa etelämpänä. Jaksolle 1901-2000 vastaavat luvut ovat Tornionjoelle 2,9 d/100 a ( $p > 0,05$ ), Oulujärvelle 5,3 d/100 a, Kallavedelle 2,6 d/100 a ( $p > 0,05$ ), Näsijärvelle 6,1 d/100 a ( $p > 0,05$ ). Tällä jaksolla Kallaveden trendi on selvästi heikompi, eikä trendit Oulujärveä lukuun ottamatta ole merkitseviä. Muille 1800-luvun havaintopaikoille jäänlähdön aikaistuminen vaihteli noin kolmesta päivästä kahteentoista päivään jaksolla 1901-2000. Trendit olivat pääosin voimakkaampia etelässä kuin pohjoisessa, muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta. Kun tarkastellaan kaikkia pisimpien aikasarjojen trendejä 1900-luvulla, vain noin puolet olivat tilastollisesti merkitseviä.

Aivan pisimmille 1800-luvulta alkaville sarjoille trendit kohti myöhempää jäätymistä ovat tilastollisesti merkitseviä, mutteivät pääosin 1900-luvulle tai myöhemmin alkaneille sarjoille. 1800-luvun lopussa alkavista sarjoista seitsemällä trendi oli tilastollisesti merkitsevä. Syy siihen, etteivät useimmat trendit ole merkitseviä, on ainakin 1930-luvun lämpöanomalia, jolloin järvet jäättyivät harvinaisen myöhään useina vuosina. Toisaalta jäätymisessä vuotuinen vaihtelu on selvästi suurempaa kuin jäänlähdössä, ja mahdolliset trendit peittyvät helposti kohinan alle. Jäätymiset siirtyivät myöhemmäksi 1930-luvulle saakka, ja tästä 1970-luvun alkuun saakka jäätymiset jopa aikaistuivat. 1970-luvulta lähtien pientä myöhentymistä on havaittavissa. Jäätymissä trendeissä on pieniä eroja riippuen siitä, mitä lähteitä käytetään, ja tarkastellaanko ensimmäisiä vai lopullisia jäätyksiä. Tässä työssä tarkastelut koskevat pääosin näköpiirin lopullista jäätymistä. Näsijärvelle trendi kohti myöhempää jäätymistä on 6...7 d/100 a vuodesta 1836 alkaen, Kallavedelle noin 7 d/100 a vuodesta 1833 alkaen ja Oulujärvelle noin 4 d/100 a kohden vuodesta 1854 alkaen. Kallavedelle ja Näsijärvelle trendi vuodesta 1854 alkaen on 7...8 päivää sataa vuotta kohden. Jaksolle 1901-2000 trendi Kallavedelle oli 0...1 d, Näsijärvelle 4...8 d (eri lähteitä) ja Oulujärvelle 8 d. Oulujärven havainnot eivät tosin ole aivan homogeenisia, sillä Vaalan havainnoissa ja Sovellettu hydrologia –kirjan tiedoissa on eroja. Muille pitkille sarjoille 1800-luvulla alkaville sarjoille jakson 1901-2000 trendit vaihtelivat pääosin nollan ja kahdeksan päivän välillä. Muutamia yli kymmenen päivän trendejäkin oli, mutteivät kovin luotettavilta paikoilta. Useimmat 1900-luvun trendit eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Muutamilla 1900-luvun alkupuolella alkaneilla sarjoilla jäätymiset ovat jopa aikaistuneet. Syynä tähän on luultavasti 1930-luvun myöhäiset jäätymiset ja tarkastelujakson viimeisen vuoden (2002) poikkeuksellisen aikainen jäätyminen.

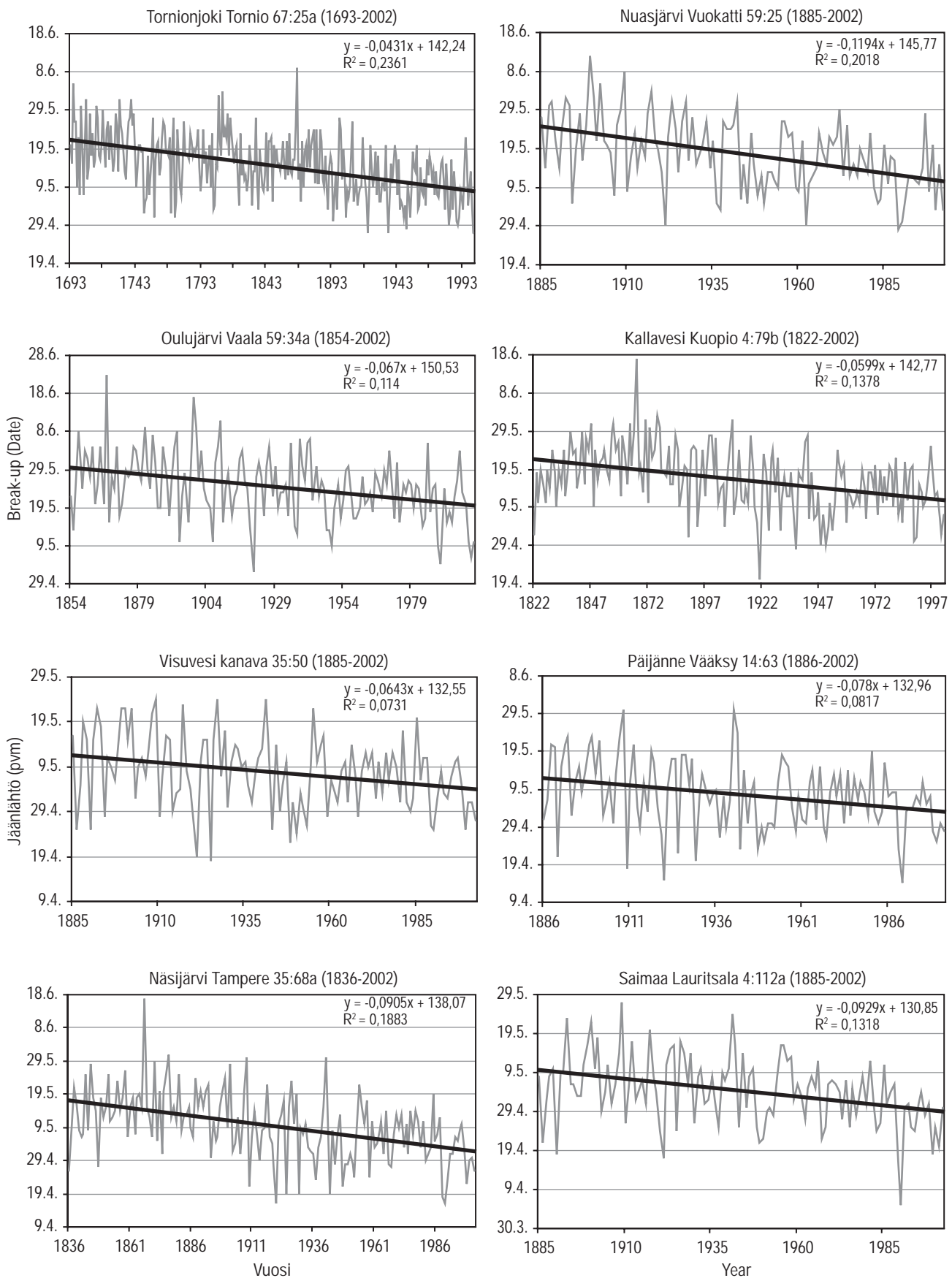


Pysyvän yhtenäisen jääpeitteen kesto-aika on lyhentynyt lähes kaikilla 1800-luvulta alkavilla sarjoilla. Jääpeiteaika on lyhentynyt Näsijärvellä lähes 26 päivää vuodesta 1837 eli lähes 16 d/100 a ja Kallavedellä vuodesta 1834 15 d/100 a ja Oulujärvellä vuodesta 1855 lähes 12 d/100 a. Näsijärvelle trendi vuodesta 1854 oli 18,7 d/100 a ja Kallavedelle 16,6 d/100 a. Vuosina 1901-2000 Näsijärven jääpeiteaika lyheni keskimäärin 8,7 päivää, Kallaveden 0,5 päivää ja Oulujärven 11,5 päivää. Muille 1800-luvulta alkaville sarjoille lyhenemä 1900-luvulla oli yleisesti nolasta kolmeentoista päivään. Muutamilla paikoilla se oli jopa yli 20 päivää, mutta nämä sarjat eivät ole kovin luotettavia. Vain muutamien jakson 1901-2000 jääpeiteajan lyhenemistrendeistä olivat tilastollisesti merkitseviä.

Pisimpiä aikasarjoja tarkasteltaessa nähdään, että äärimmäisten jäänlähtöjen vuodet osuvat pääosin melko kauas nykyhetkestä. Katovuosi 1867 on ollut kaikilla paikoilla erityisen myöhäisen jäänlähdön vuosi. Tornionjoen havaintosarjassa aikaisin jäänlähtö on sattunut 27. huhtikuuta. Tällaisia vuosia on kolme: 1921, 1937 ja 2002. Myöhäisin jäänlähtö on tapahtunut vuonna 1867, jolloin jäät lähtivät Tornionjoesta vasta 9. kesäkuuta. Näsijärvellä jäät ovat lähteneet aikaisimmillaan 16.4.1990 ja myöhäisin jäidenlähtö tapahtui 17.6.1867. Kallavedellä aikaisin jäänlähtöpäivämäärä on 20.4.1921 ja myöhäisin myös vuodelta 1867, jolloin jäät lähtivät 17. kesäkuuta. Oulujärvellä aikaisin jäänlähtö on vuodelta 1921, jolloin jäät lähtivät 2. toukokuuta. Myöhäisimpänä kertana jäät ovat lähteneet 23.6.1867. Hieman lyhyemmällä havaintosarjoilla, joilla havainnot alkavat vasta 1800-luvun lopulla myöhäisimmän jäänlähdön vuosia ovat olleet 1899 (Lammajärvi, Nuasjärvi, Kianta), 1909 (Haukivesi, Pielavesi, Palovesi, Päijänne, Saimaa), 1917 (Lentua), 1941 (Pielinen, Päijänne, Vesijärvi, Visuvesi, Vanajavesi, Ukonselkä). Aikaisen jäänlähdön vuosia ovat olleet 1891 (Vanajavesi), 1910 (Kianta), 1921 (Pielavesi, Palovesi, Lammajärvi, Vesijärvi, Ukonselkä), 1923 (Pielinen), 1925 (Visuvesi) ja 1950 (Lentua). Viime vuosikymmenten aikaisimmat jäänlähdöt sattuivat vuosille 1989-1990, erityisesti kevät 1990 oli paikoin ennätyskellisen aikainen (Saimaa, Nuasjärvi, Päijänne). Näinä vuosina jäät lähtivät Etelä-Suomessa jo huhtikuun alussa, keskiosassa vappuun mennessä.

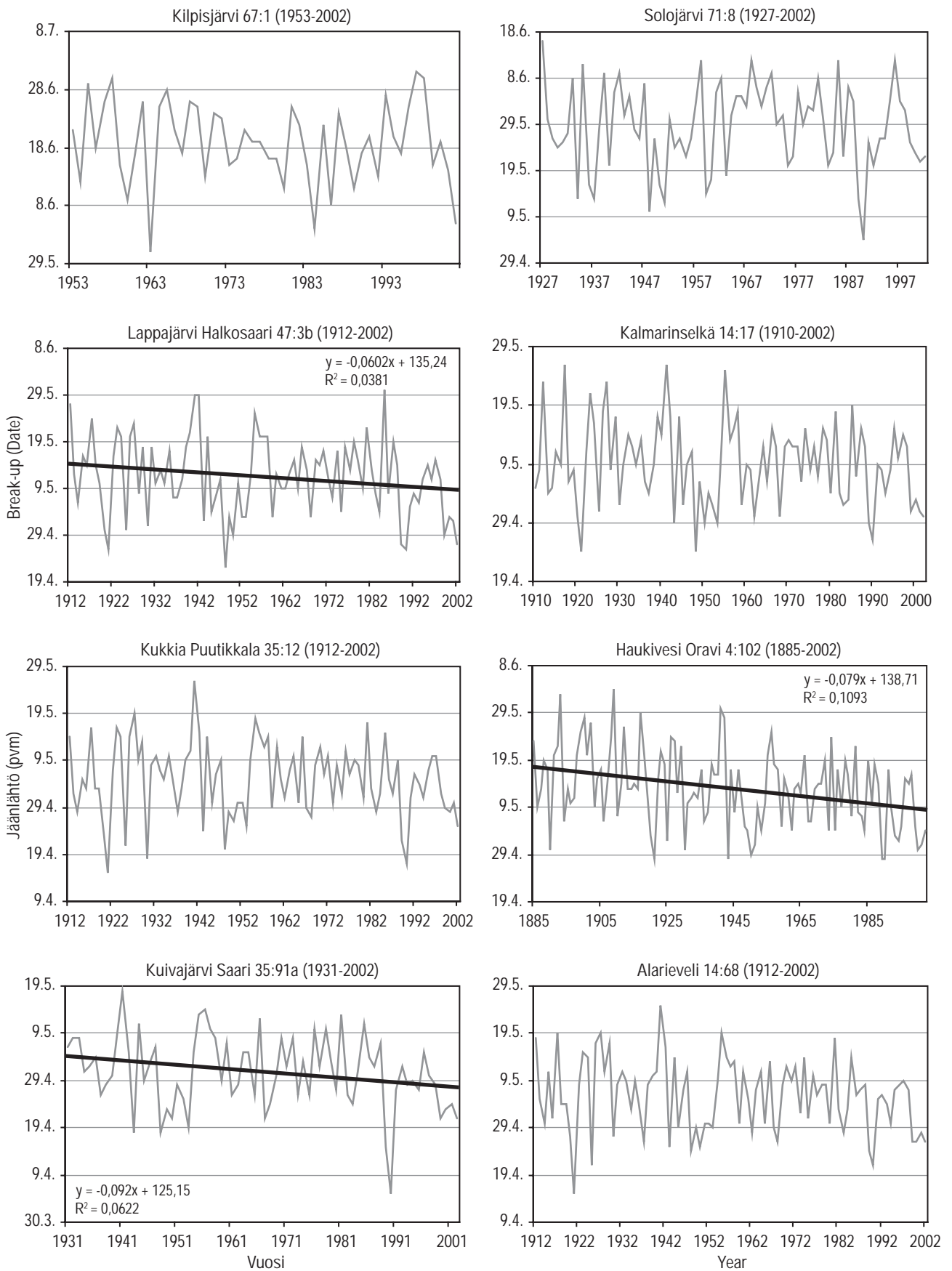
Pisimpien 1800-luvulta alkavien sarjojen aikaisimmat näköpiirin pysyvät jäätymiset ovat tapahtuneet Näsijärvellä 25.10.1891, Kallavedellä 3.11.1864 ja Oulujärvellä 22.10.1894. Muilla hieman lyhyemmällä havaintosarjoilla aikaisimman jääty-misen vuosia ovat olleet mm. 1888 (Vanajavesi), 1890 (Pielinen), 1903 (Lammajärvi, Kiantajärvi), 1912 (Ukonselkä), 1915 (Haukivesi), 1920 (Lentua), 1952 (Visuvesi), 1941 (Vesijärvi, Päijänne, Saimaa, Vanajavesi), 1968 (Palovesi), 1970 (Nuasjärvi) ja 1992 (Pielavesi). Myöhäisimmät lopulliset jäätymiset ovat tapahtuneet useimmilla paikoilla talvella 1929-1930. Useat järvet jäätyivät tuolloin vasta tammikuun loppupuolella. Näsijärvi jäätynyt myöhäisimmillään 30.1.1930, Kallavesi 27.1.1930 ja Oulujärvi 24.12.1929. Myös Päijänteellä, Vesijärvellä, Haukivedellä ja Pielisellä myöhäisin jäätyminen sattuu tammikuun 1930 lopulle. Muilla 1800-luvulta olevilla havaintosarjoilla myöhäisimmät jäätymiset ovat tapahtuneet Visuvedellä ja Palovedellä tammikuussa 1925, Kiantajärvellä ja Lammajärvellä joulukuussa 1938, Saimaalla tammikuussa 1975, Nuasjärvellä helmikuussa 1975 (virtapaikka), Vanajavedellä helmikuussa 1983 (virtapaikka), Lentualla ja Pielavedellä joulukuussa 2000.

Lyhimmät jääpeiteajat pisimmällä sarjoilla ovat olleet useimmiten talvena 1929-1930. Näsijärvellä jääpeiteaika oli tuolloin 79 päivää, Kallavedellä 96 päivää ja Oulujärvellä 146 päivää. Vesijärvellä jäätalven kesto oli samaisena talvena 87 päivää, Ukonselällä 126 päivää, Päijänteellä 81 päivää, Tampereen Pyhäjärvellä 77 päivää, Pielisellä 105 päivää, Lammajärvellä 152 päivää, Myös talvi 1924-1925 oli muutamilla paikoilla jääpeiteajaltaan lyhin. Visuvedellä jäät pysyivät kyseisenä talvena 86 päivää ja Palovedellä 87 päivää. Muutamilla järvellä lyhin jääpeitekausi on ollut talvena 2000-2001. Pielavedellä jäät peittivät järveä kyseisenä talvena 131 päivää ja Oulujärvellä 136 päivää. Kiantajärvellä lyhin jääpeitekausi on ollut 161 päi-

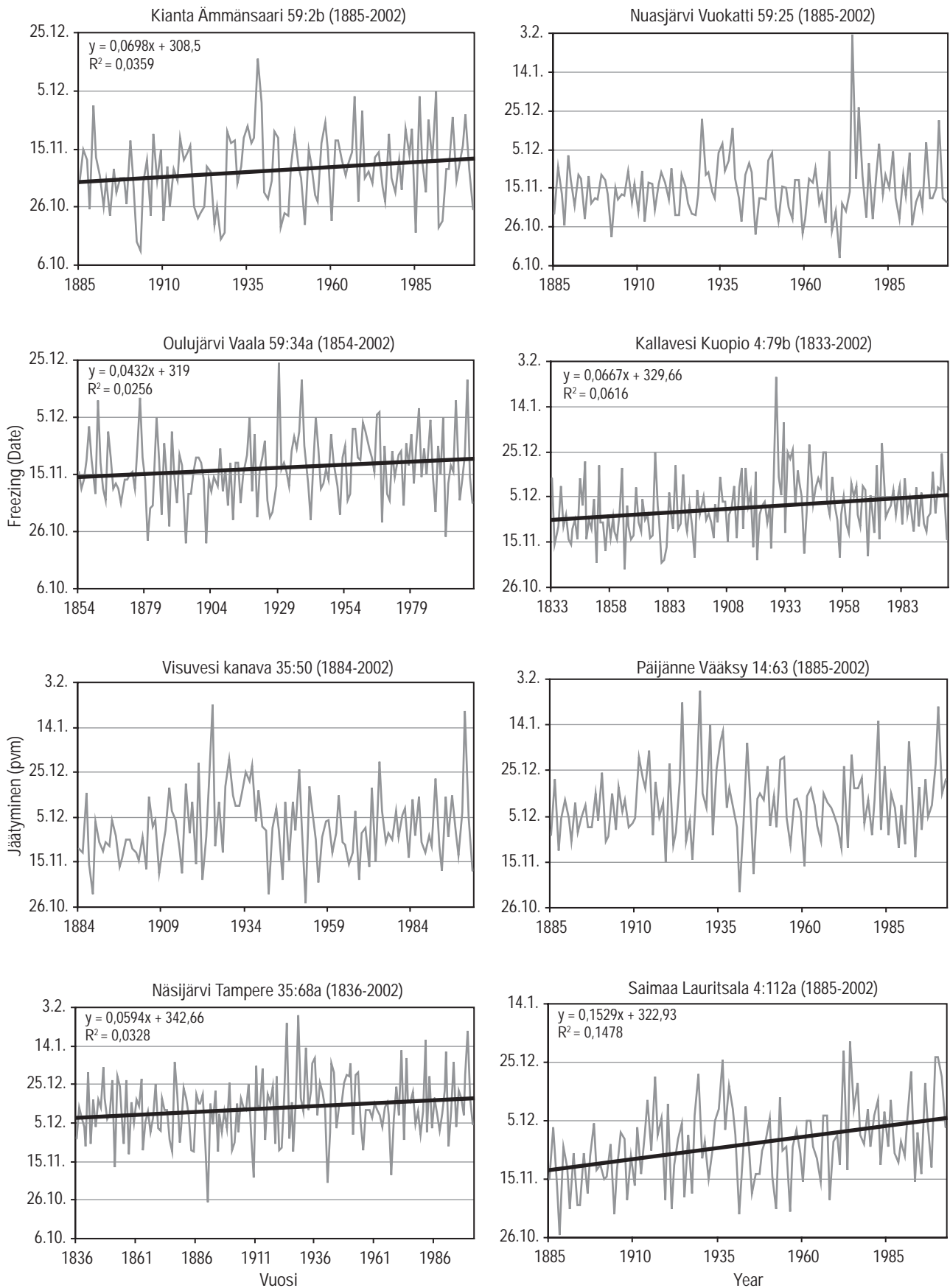


Kuva 39. Jäänlähdon (jäiden katoaminen näköpiiristä) aikasarjoja eri puolilta Suomea. Huomaa eri aika-akselit. Yksittäiset ja muutaman vuoden puuttuvat havainnot on arvioitu läheisten asemien avulla.

Fig. 39. Time series of ice break-up date at various sites. Note the different time scales. One or a few missing years may have been estimated by using neighbouring sites.

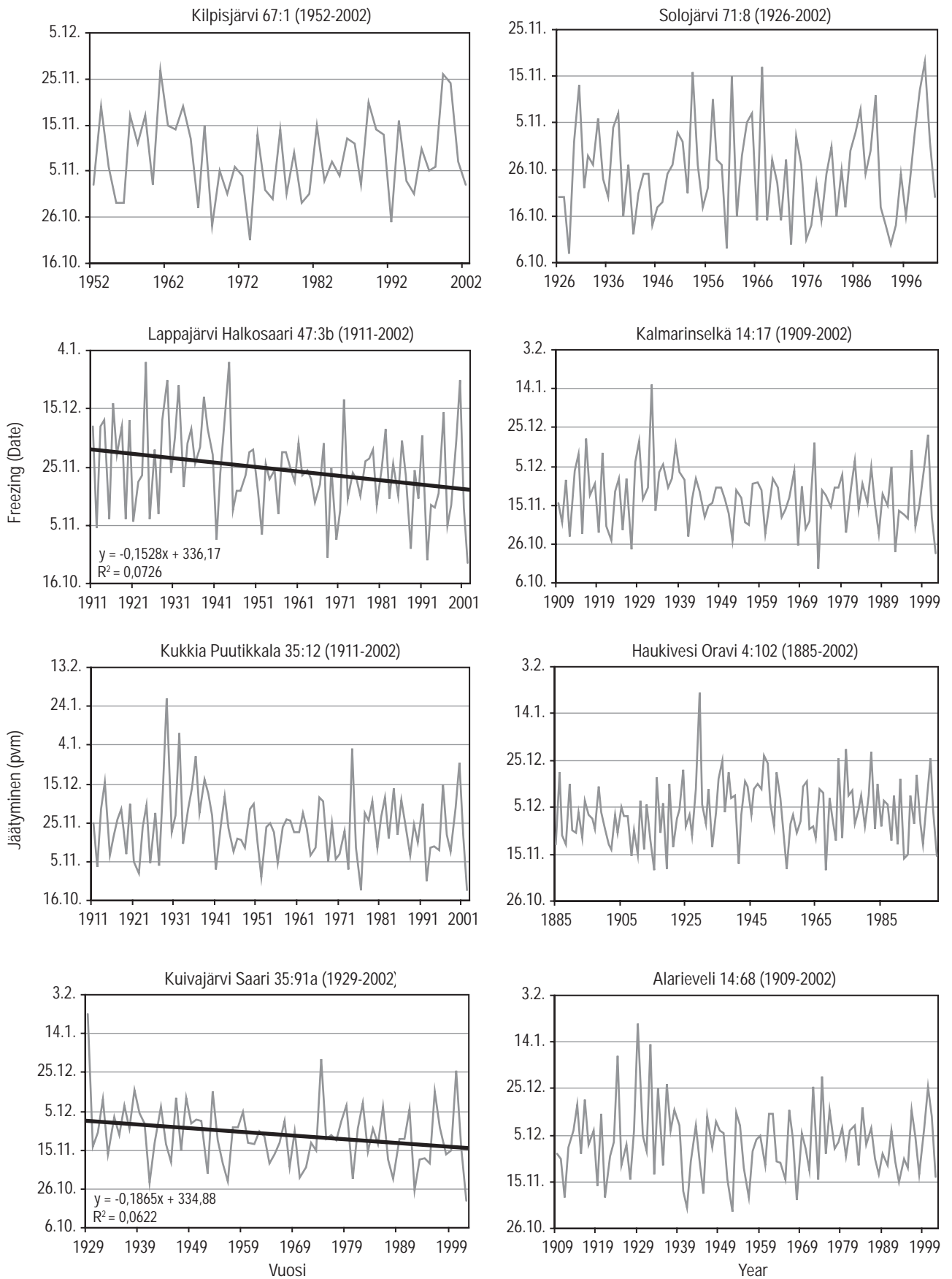


Kuva 39. jatkoa.

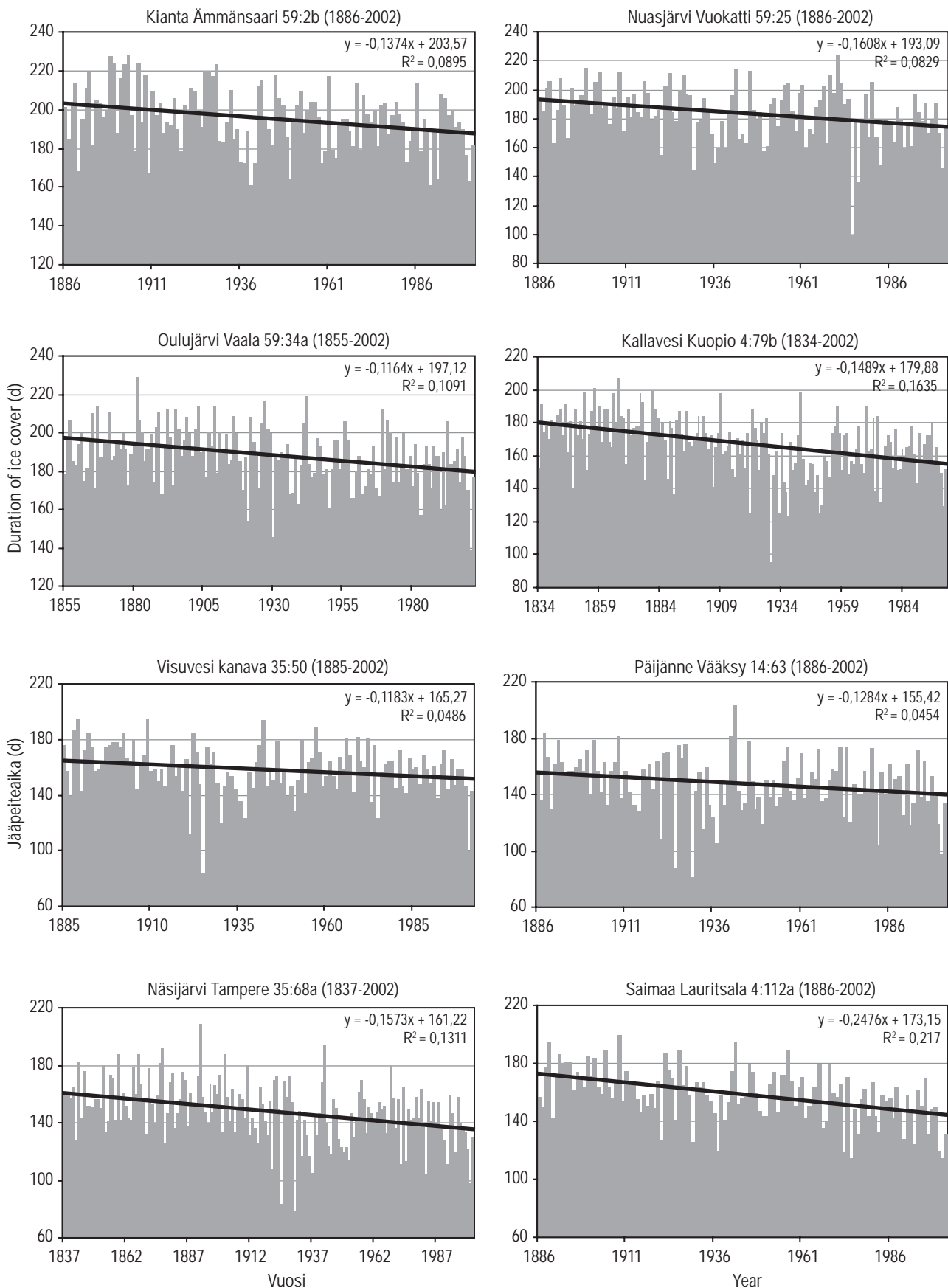


Kuva 40. Näköpiirin lopullisen jäätymisen aikasarjoja eri puolilta Suomea. Huomaa eri aika-akselit. Yksittäiset ja muutamien vuodelta puuttuvat havainnot on arvioitu läheisten asemien avulla.

Fig. 40. Time series of freezing date at various sites. Note different time scales. One or a few missing years may have been estimated by using neighbouring sites.

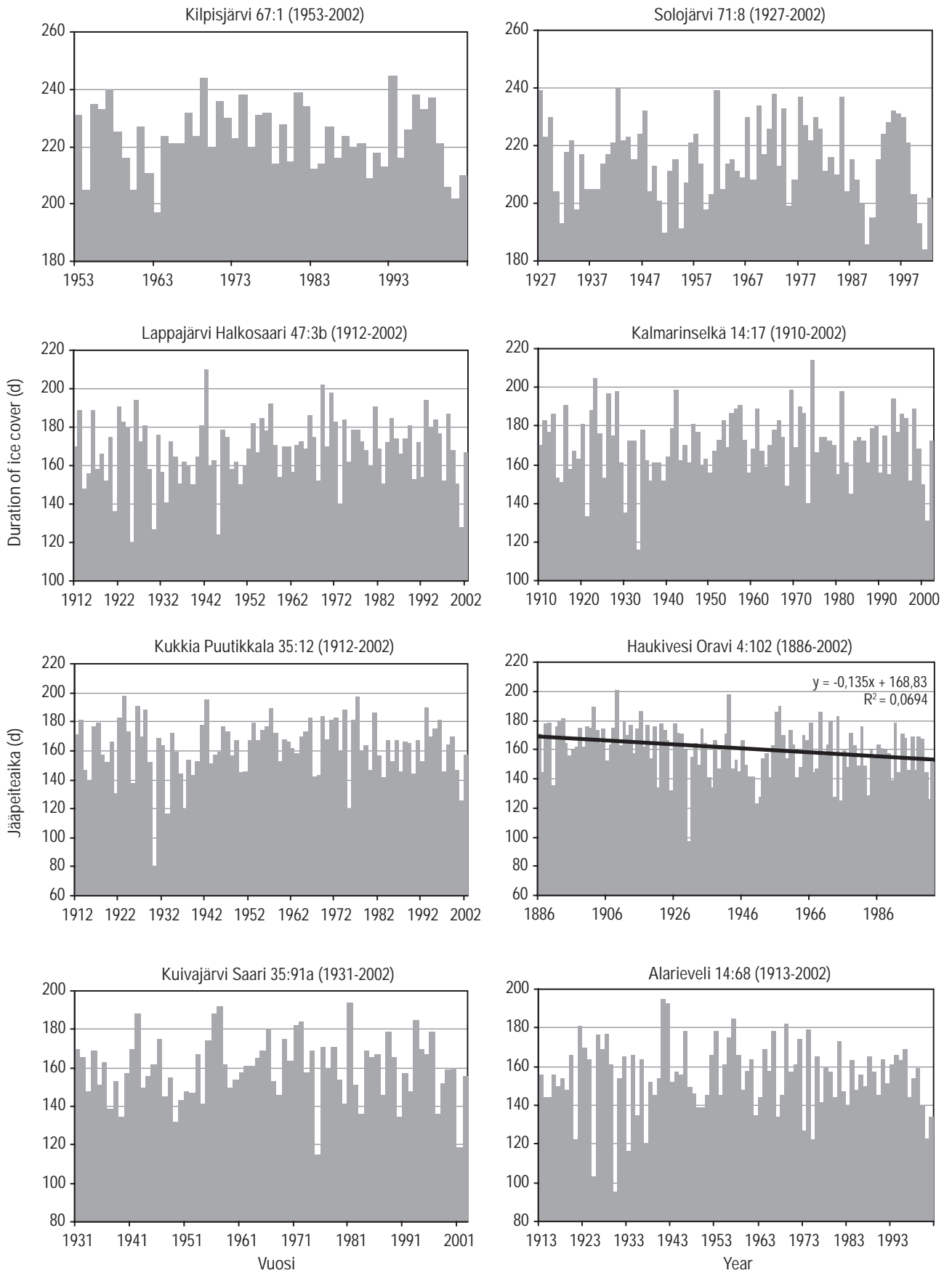


Kuva 40. jatkoa.



Kuva 41. Yhtenäisen jääpeiteajan aikasarjoja eri puolilta Suomea. Huomaa eri aika-akselit. Yksittäiset ja muutaman vuoden puuttuvat havainnot on arvioitu läheisten asemien avulla.

Fig. 41. Time series of the duration of permanent ice cover at different sites. Note the different time scales. One or a few missing years may have been estimated by using neighbouring sites.



Kuva 41. jatkoa.

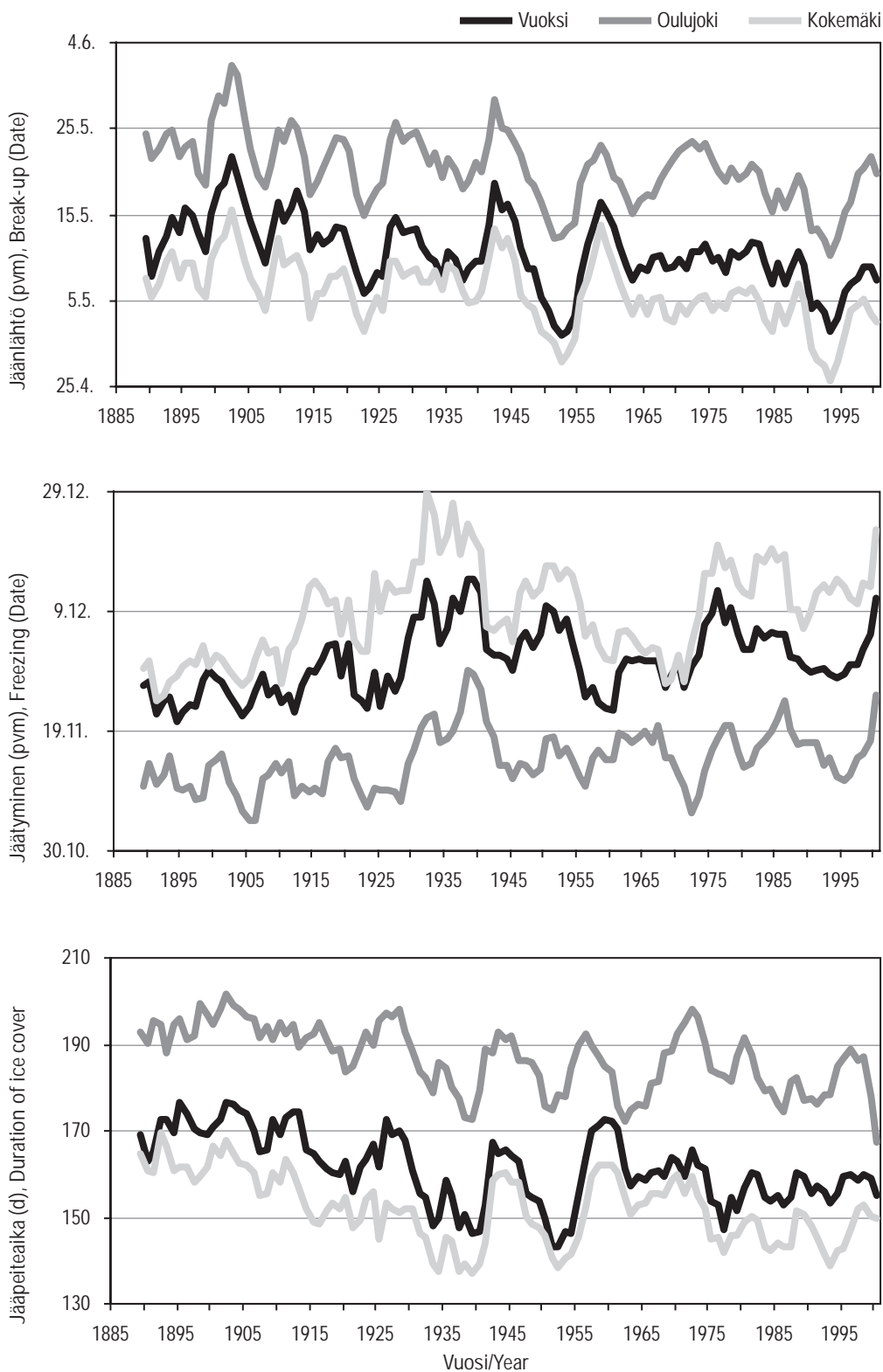


vää talvina 1938-1939 ja 1989-1990 sekä Haukivedellä 1949-1950, kestäen 123 päivää. Pisimmät jääpeiteajat osuvat useimmilla 1800-luvulle. Näsijärvellä pisin jääpeitekausi oli 208 päivää talvena 1891-1892, Kallavedellä 207 päivää nälkävuoden talvena 1866-1867, Oulujärvellä 216 sotatalvena 1941-1942. Myös muutamilla muilla järvilla pisin jääpeitekausi sattui talvelle 1941-1942; Vanajavedellä se kesti 196 päivää, Vesijärvellä 200, Lammasjärvellä 224 ja Pielisellä 212 päivää. Visuvedellä ja Palovedellä pisin jääpeite kesti 195 päivää talvella 1888-1889. Haukivedellä pisin jääpeite kesti talvella 1908-1909 201 päivää ja samana talvena Ukonselällä 204 ja Pielavedellä 211 päivää. Kiantajärvellä jääpeite talvella 1903-1904 kesti 228 päivää, Lentualla 218 talvella 1891-1892, ja Nuasjärvellä 224 päivää talvella 1970-1971.

Kolmelle vesistöalueella laskettiin jäänlähdön, jäätyminen ja jääpeiteajan keskiarvosarjat käyttäen muutamia pisimpiä havaintosarjoja. Nämä sarjat on esitetty 5 vuoden liukuvalla keskiarvolla tasoitettuna (kuva 42). Vuoksen sarjaan on käytetty havaintoja Saimaalta, Haukivedeltä ja Kallavedeltä. Kokemäenjoen sarjaan on käytetty havaintoja Näsijärveltä, Vanajavedeltä, Visuvedeltä, Ukonselältä, Palovedeltä, Tampereen Pyhäjärveltä. Oulujoen sarja sisältää puolestaan Oulujärven, Nuasjärven, Lammasjärven ja Lentuan havaintoja. Yksittäisissä sarjoissa on joitakin puuttuvia vuosia ja osa sarjoista ei jatku enää. Kaikki kolme vesistösarjaa myötäilevät melko hyvin toisiaan ja samanlaisia piirteitä on löydettävissä. Kaikille vesistöaluesarjoille sekä jäänlähdön, jäätyminen että jääpeiteajan trendit ovat tilastollisesti merkitseviä kohti aikaisempaa jäänlähtöä, myöhäisempää jäätymistä ja lyhyempää jääpeiteaikaa koko jaksolle 1885-2002. Kaikilla vesistöillä aikaisimmat jäänlähdön 5 vuoden keskiarvot osuvat 1950-luvun alkuun sekä 1980-1990-luvun vaihteeseen. Myöhäisimmät jäänlähdön jaksot ajoittuvat 1890-1900-luvun vaihteeseen sekä 1940-luvun alkuun. Yleinen suuntaus on koko ajan kohti aikaisempaa jäänlähtöä. Jäätymisissä myöhäisimmän jäätyminen jakso osuu 1920-1930-luvun vaihteeseen. 1930-luvun lämpöanomalia on nähtävissä myös ilman lämpötilan aikasarjoissa (Tuomenvirta 2004). 1930-lukua aikaisimmissa jäätymisissä ei ole selviä huippuja, mutta sarjan alkuvuosina jäätyminen ajoittuivat aikaisemmaksi kuin myöhemmät. Melko aikaisia jäätyksiä tapahtui myös 1960-1970-luvun vaihteessa. Jäätyminen näyttää siirtyneen myöhemmäksi 1880-luvun lopulta 1930-luvulle saakka, ja aikaistuneen siitä 1960-1970-luvun taitteeseen saakka. Tämä on nähtävissä etenkin Vuoksen ja Kokemäen sarjoista. Loppujaksolle on nähtävissä taas hienoista myöhentymistä. Jääpeiteajan osalta pisimmät kestot sijoittuvat selvästi 1800-luvun lopulle. Lyhyitä jääpeiteaikoja on ollut 1930-luvulla, 1950-luvun alussa sekä 1900-2000-luvun vaihteessa. Kokonaisvaltainen suuntaus on kaikissa sarjoissa kohti lyhyempää jääpeiteaikaa. Oulujoen sarjassa jääpeiteajan lyhentyminen on ollut suhteellisesti kaikista voimakkain. Tämä on kuitenkin hieman harhaanjohtavaa, sillä havaintoja puuttuu muutamilta paikoilta viimeisiltä vuosilta (Lammasjärvi, Nuasjärvi) ja toisaalta talvi 2000-2001 oli jääpeiteajaltaan hyvin lyhyt Oulujärvellä.

### **4.5.3 Jäänpaksuuden aikasarjat ja trendit**

Jäänpaksuuden pisimmät aikasarjat alkavat 1910-luvulta. Tällaisia sarjoja on jonkin verran, mutta vain muutamista havainnot on talletettu digitaaliseen muotoon, ja sarjat katkeamattomia. Jos havaintoja sattuukin olemaan koko jaksolta, ei sarja välttämättä ole homogeeninen, vaan havaintopaikka saattaa olla epäedustavassa paikassa. Edelleen jatkuvia ja lähes aukottomia havaintoja 1910-luvulta alkaen on lähinnä Saimaan Lauritsalasta (1917), Sääksjärveltä (1912) ja Iisvedeltä (1912). Näistäkin sarjoista Sääksjärven ja Iisveden havainnointi lopetettiin 1999, mutta on käynnistetty jälleen uudelleen 2003. Lauritsalan havainnot alkuvuosilta ovat kuitenkin epäilyttävän suuria. Voi olla, että nämä tiedot eivät ole luotettavia, sillä ve-



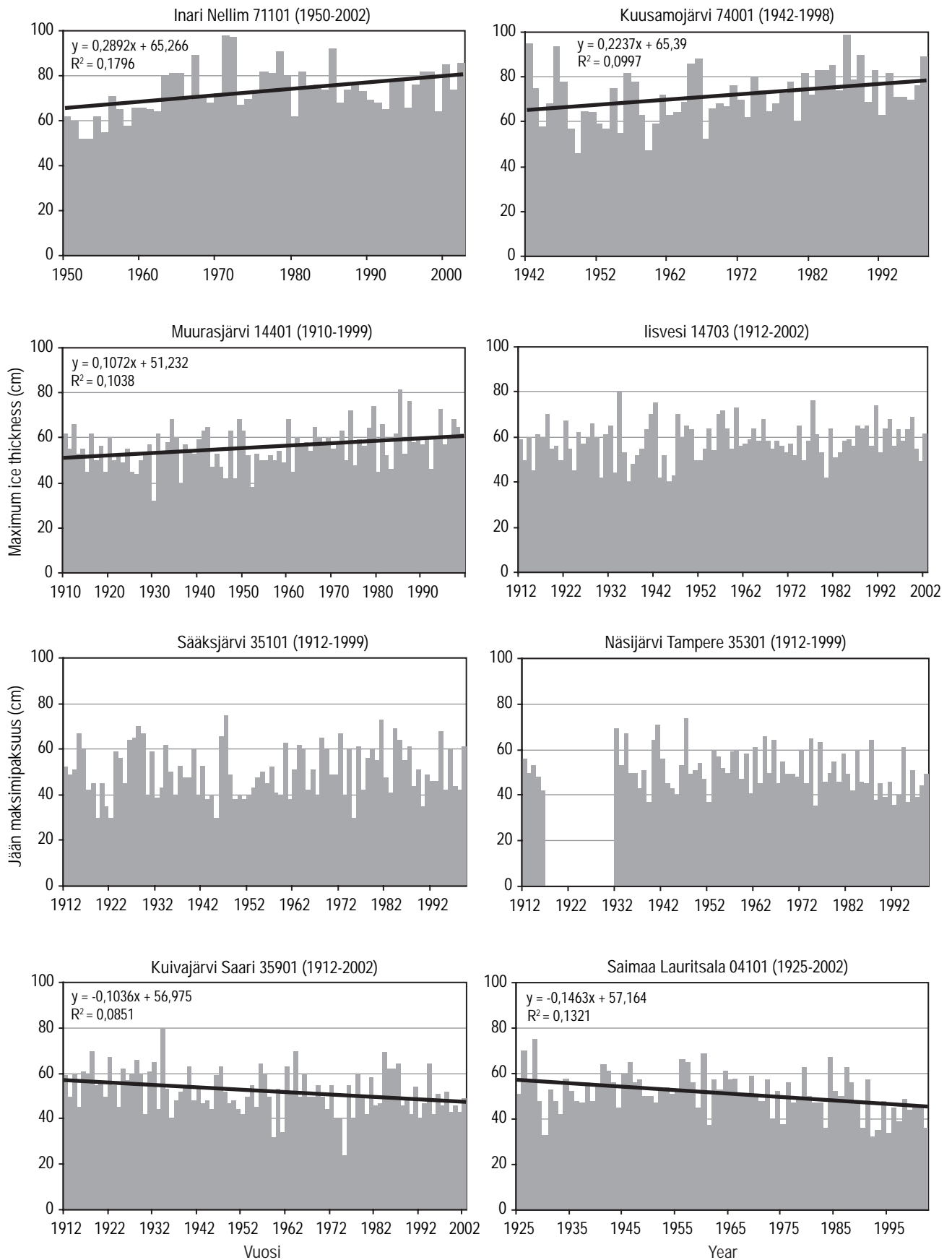
Kuva 42. Vuoksen, Kokemäenjoen ja Oulujoen vesistöalueen pisimpien sarjojen jäänlähdon, jäätyminen ja jääpeiteajan 5 vuoden liukuvia keskiarvoja. Vuoksen sarjassa on mukana Kallavesi, Saimaa ja Haukivesi, Kokemäenjoessa Näsijärvi, Tampereen Pyhäjärvi, Vanajavesi, Visuvesi, Ukonselkä ja Palovesi sekä Oulujoen vesistön sarjassa Oulujärvi, Nuasjärvi, Lentua ja Lammasjärvi.

Fig. 42. Moving averages (5-year window) for the longest time series of break-up date, freezing date and duration of ice cover in the Vuoksi, Kokemäenjoki and Oulujoki river basins. The Vuoksi series consists of values for Lake Kallavesi, Lake Saimaa and Lake Haukivesi. The Kokemäenjoki series consists of those for Lake Näsijärvi, Lake Pyhäjärvi (Tampere), Lake Vanajavesi, Lake Visuvesi, Lake Palovesi and Lake Ukonselkä. The Oulujoki series consists of values for Lake Oulujärvi, Lake Nuasjärvi, Lake Lentua and Lake Lammasjärvi.

denlämpötilahavainnotkin ovat luotettavia vuodesta vasta 1924 lähtien (Korhonen 2002, s. 7). Näin ollen trenditarkasteluissa Saimaalle on käytetty havaintoja vasta talvesta 1924-1925 alkaen. Kuusisto (1994) on tehnyt Saimaan sarjan alkuvuosien arvoihin joitakin korjauksia käsitellessään niitä julkaisussaan. Tässä työssä on päädytty kuitenkin käyttämään alkuperäisiä arvoja. Hankavedeltä on melko aukoton sarja jaksolta 1912-1999, mutta havainnot eivät jatku enää. Näsijärvellä havainnot aloitettiin 1912, mutta havainnoissa oli tauko jaksolla 1916-1931 ja havainnot lopetettiin 1999, mutta ne on aloitettu jälleen. Kuivajärvellä havainnot alkoivat 1912, mutta niissä on tauko vuosina 1941-1948. Ennen vuotta 1961 Kuivajärveltä on tallettuna ainoastaan maksimipaksuudet (Mustonen 1986, s. 503). Muurasjärvellä havainnot aloitettiin 1910, mutta havaintoja puuttuu jaksolta 1940-1944 ja havainnot loppuivat myös 1999. Havainnot on aloitettu jälleen vuonna 2003. Karstulan Pääjärvellä havainnot alkoivat 1914, mutta sarjassa on paljon aukkoja 1920-1940-luvulla. Pielavedellä havainnot alkoivat 1912, mutta puutteita on vuosilta 1930-1955 sekä joitakin vuosia 1970-luvulta. Kuusamojärveltä on olemassa maksimipaksuuksia vuodesta 1942 alkaen (Mustonen 1986, s. 503), mutta kuukausittaisia arvoja rekisterissä vasta 1961 alkaen. Havainnot päättyivät vuonna 1998. Inarin Nellimistä vuosittaisia maksimiarvoja on vuodesta 1950 alkaen (Mustonen 1986, s. 503).

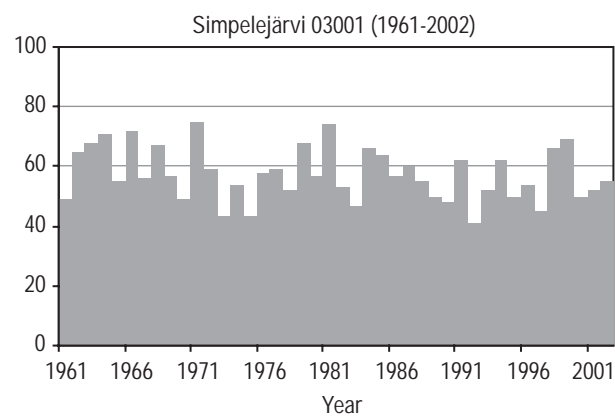
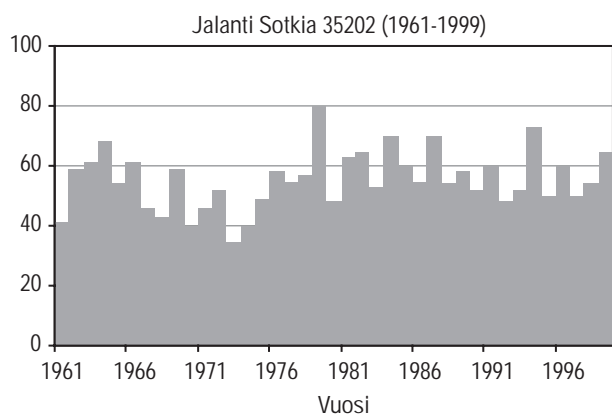
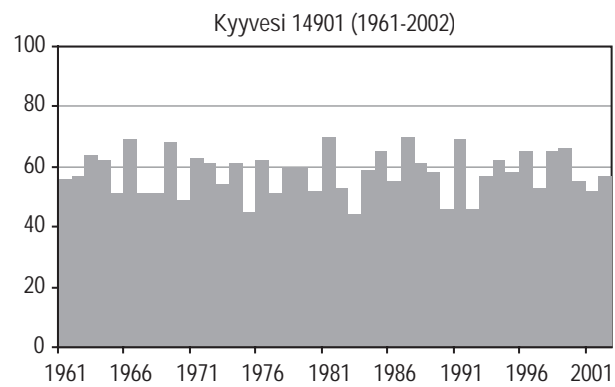
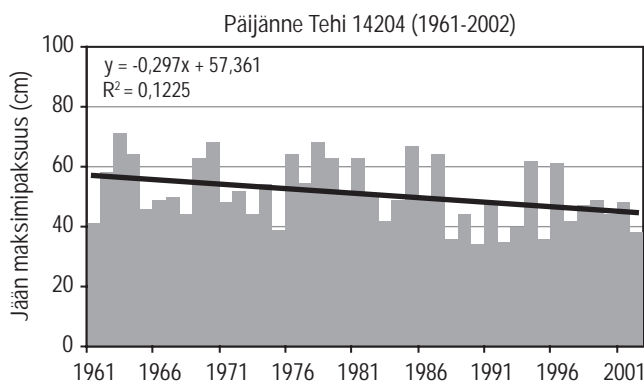
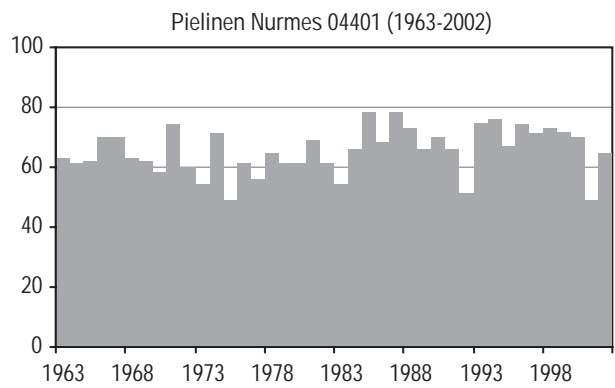
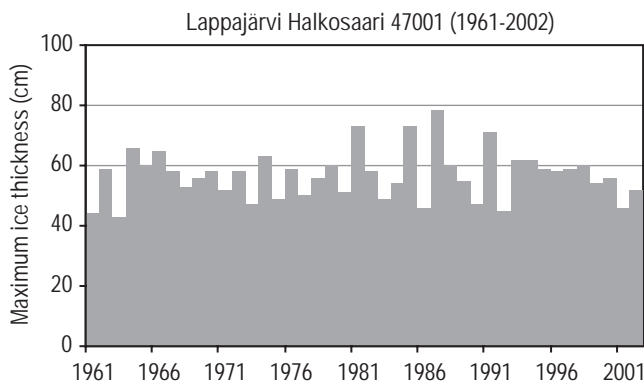
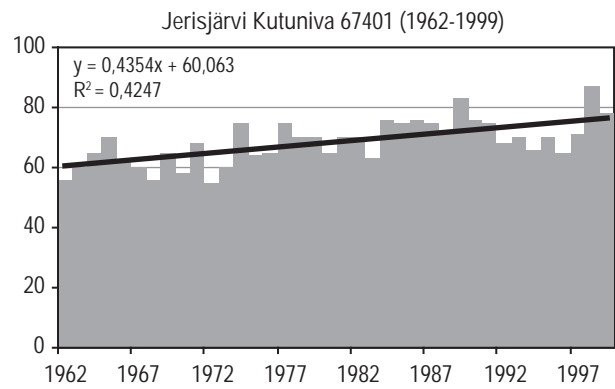
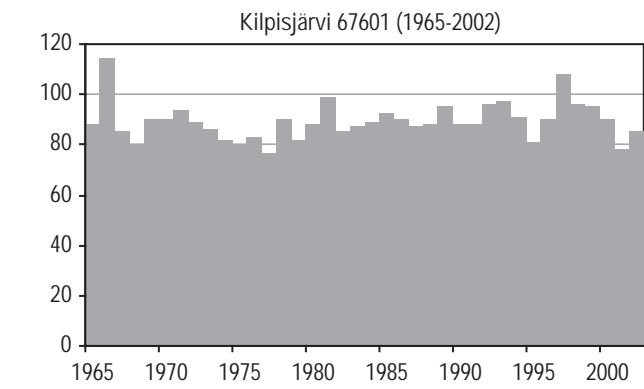
Trendit laskettiin pisimmille mahdollisille jaksoille vuoteen 2002 asti sekä jaksolle 1961-2000. Puuttuvia vuosia täydennettiin läheisten asemien avulla. Hyvin pitkiä puuttuvia jaksoja ei kuitenkaan täydennetty, sillä jäänpaksuudet eivät korreloi yhtä hyvin läheisten asemien kanssa kuin jäänlähdet tai jäätymiset. Kaikki tilastollisesti merkitsevät trendit on esitetty taulukossa 4. Läheisten asemien avulla täydennetyt ja jatkettut trendit on merkitty tähdellä.

Talven suurimman jäänpaksuuden pisimmissä aikasarjoissa ennätyselliset vuodet vaihtelevat melko paljon havaintopaikoittain. Yksi tekijä on varmasti erilainen kohvanmuodostus erilaisilla havaintopaikoilla. Ennätysellisen paksuja jäät ovat olleet Näsijärvellä (74 cm) ja Sääksjärvellä (75 cm) vuonna 1947, Kuivajärvellä (80 cm) ja Iisvedellä (80 cm) 1934. Muiden paikkojen osalta ennätysvuodet ovat eri jokaisella havaintopaikalla. Saimaalla paksuimmillaan jää on ollut vuonna 1918 (86 cm), tosin kuten aiemmin mainittiin, Saimaan havainnot ensimmäisiltä vuosilta ovat epäilyttävän suuria. Keski-Suomen paikoilla ennätysellisiä vuosia ovat olleet 1920 (Pääjärvi, 86 cm), 1926 (Pielavesi, 81 cm) ja 1942 (Hankavesi, 80 cm) ja 1985 (Muurasjärvi, 81 cm). Kuusamojärvellä ennätysellisen paksuja jäät olivat talvella 1987 (99 cm) ja Inarin Nellimissä 1971 (98 cm). Pienimpien maksimipaksuuksien vuosista erottuu 1975, jolloin kolmella pisimmistä havaintopaikoista mitattiin ennätysellisen alhaisia paksuuksia. Silloisena vuotena jäät olivat paksuimmillaankin hyvin ohuita maan lounaisosan paikoilla Sääksjärvellä (30 cm), Näsijärvellä (35 cm) ja Kuivajärvellä (24 cm). Muilla paikoilla pienimmän jäänpaksuuden vuodet vaihtelevat. Saimaalla jäät olivat ohuimpia vuonna 1992 (32 cm), Keski-Suomessa jäät olivat ohuimpia vuonna 1914 Pielavedellä (40 cm), 1930 Muurasjärvellä (32 cm), 1936 Iisvedellä (40 cm), 1944 Hankavedellä (30 cm) ja 1955 Pääjärvellä (30 cm). Kuusamojärvellä jäät jäivät ohuimmiksi vuonna 1949 (46 cm), Inarin Nellimissä 1952 ja 1953 (52 cm). Kuvassa 43 on esitetty jään maksimipaksuuden pisimpiä aikasarjoja.



Kuva 43. Jään maksimipaksuuden aikasarjoja muutamilta havaintopaikoilta. Huomaa erilaiset aika-akselit. Yksittäisten ja muutamien puuttuvat havainnot on arvioitu läheisten asemien avulla.

Fig. 43. Time series of maximum ice thickness at some sites. Note the different time scales. One or a few missing years may have been estimated by using neighbouring sites.



Kuva 43. jatkoa.

Talven suurimpien jäänpaksuuksien aikasarjoissa on nähtävissä sekä kasvua että vähenemistä. Puolella havaintopaikoista trendi on tilastollisesti merkitsevä (taulukko 4, kuva 43). Tilastollisesti merkitsevät (vähintään  $p < 0,05$ ) kasvavat maksimipaksuuden trendit on nähtävissä Pielisellä (1963-2000), Muurasjärvellä (1910-1999, 1910-2002\*), Saanijärvellä (1961-2002 ja -2000), Kivijärvellä (1961-2002 ja -2000), Kukkiolla (1961-1999, -2002\*), Kitusjärvellä (1961-2002 ja -2000), Jerisjärvellä (1962-1999, -2002\*), Inarin Nellimissä (1950-2002), Inarin ulapalla (1961-2002 ja -2000), Kuusamojärvellä (1942-1998, 1942-2002\*, 1961-2000\*). Myös Pielavedellä on merkitsevä nouseva trendi jaksolla 1912-2002, mutta välistä puuttuu pitkä jaksoksi, joten trendi ei ole välttämättä todellinen. Kun nämä aukot täydennettiin muiden havaintoasemien avulla, trendi oli edelleen samansuuntainen. Lisäksi useilla pohjoisen ja keskiosan paikoilla oli heikko kasvava trendi, vaikkei se ollutkaan merkitsevä. 1960-luvulta alkavien merkitsevien trendien suuruus on pääosin 2...3 cm kymmentä vuotta kohden. Pielavedellä ja Muurasjärvellä kasvu oli noin 1 cm

Taulukko 4. Jään maksimipaksuuden sekä maalisi- ja huhtikuun (ainoastaan pohjoisesta) 30. päivän jäänpaksuuksien tilastollisesti merkitsevät trendit ( $p < 0,05$ ). Tähdellä (\*) merkittyjen sarjojen trendit ovat merkitseviä ainoastaan, jos puuttuvat havainnot on täydennetty läheisten asemien avulla.

Table 4. Statistically significant trends ( $p < 0.05$ ) of maximum ice thickness, thickness at 30<sup>th</sup> of March, and thickness at 30<sup>th</sup> of April (only in the north). Trends marked with asterisk (\*) are significant only when gaps are filled with records from neighbouring stations.

Havaintopaikka Observation site	Muuttuja ja jakso (puuttuvia vuosia) Variable and period (missing years)	+/-	p <	trendi cm / 10 a
Saimaa, Lauritsala 04101 (ei välttämättä homogeeninen)	Maksimipaksuus 1925-2002	-	0,05	1,5
	Maksimipaksuus 1961-2000	-	0,05	2,8
	30.3. paksuus 1925-2002	-	0,001	1,9
	30.3. paksuus 1961-2000	-	0,01	3,9
Pielinen, Nurmes 04401	Maksimipaksuus 1963-2000	+	0,01	2,8
Muurasjärvi 14401	Maksimipaksuus 1910-1999 (6)	+	0,01	1,1
	Maksimipaksuus 1910-2002 *	+	0,01	1,0
	30.3. paksuus 1910-1999 (6)	+	0,01	1,1
	30.3. paksuus 1910-2002 *	+	0,01	1,0
Saanijärvi 14402	Maksimipaksuus 1961-2002	+	0,05	2,2
	Maksimipaksuus 1961-2000	+	0,05	2,7
	30.3. paksuus 1961-2002	+	0,05	2,0
	30.3. paksuus 1961-2000	+	0,05	2,5
Kivijärvi, Saarenkylä 14403 (ei välttämättä homogeeninen)	Maksimipaksuus 1961-2002 (2)	+	0,01	3,7...3,8
	Maksimipaksuus 1961-2000 (2)	+	0,001	4,8...4,9
	30.3. paksuus 1961-2002 (2)	+	0,05	2,8...2,9
	30.3. paksuus 1961-2000 (2)	+	0,01	3,7...3,8
Pielavesi, Säviä 14702	Maksimipaksuus 1912-2002 (30)	+	0,01	0,8...0,9
	30.3. paksuus 1912-2002 (30)	+	0,05	0,7...0,8
Päijänne, Tehi 14204	Maksimipaksuus 1961-2002 (1)	-	0,01	3,0...3,3
	Maksimipaksuus 1961-2000 (1)	-	0,05	2,8...3,2
	30.3. paksuus 1961-2002 (1)	-	0,05	3,0
Kukkia 35702	Maksimipaksuus 1961-1999	+	0,05	3,1
	Maksimipaksuus 1961-2002 *	+	0,05	2,3
	30.3. paksuus 1961-1999	+	0,05	3,6
	30.3. paksuus 1961-2002 *	+	0,05	2,6

Havaintopaikka Observation site	Muuttuja ja jakso (puuttuvia vuosia) Variable and period (missing years)	+/-	p <	trendi cm / 10 a
Kitusjärvi 35401	Maksimipaksuus 1961-2002	+	0,01	2,9
	Maksimipaksuus 1961-2000	+	0,01	3,5
	30.3. paksuus 1961-2002	+	0,01	3,8
	30.3. paksuus 1961-2000	+	0,01	4,4
Näsjärvi, Tampere 35301	Maksimipaksuus 1961-2000 (1)	-	0,05	2,5...2,7
	Maksimipaksuus 1912-2002 *	-	0,05	0,9
	30.3. paksuus 1961-2000 (1)	-	0,05	3,9...4,2
	30.3. paksuus 1912-1999 (16)	-	0,05	1,4
	30.3. paksuus 1912-2002 *	-	0,05	1,4
Kuivajärvi, Saari 35901	Maksimipaksuus 1912-2002 (9)	-	0,01	1,0...1,1
Sääksjärvi, Sääkskoski 35101	30.3 paksuus 1912-1999 (3)	+	0,05	1,1...1,2
Jerisjärvi, Kutuniva 67401	Maksimipaksuus 1962-2000(1)	+	0,001	4,0...4,4
	Maksimipaksuus 1962-2002*	+	0,001	3,2
	30.3. paksuus 1962-2000(1)	+	0,001	3,5...3,7
	30.3. paksuus 1962-2002*	+	0,001	3,0
Inari, Nellim 71001	Maksimipaksuus 1950-2002	+	0,01	2,9
Inari, Ulappa 71002	Maksimipaksuus 1961-2002 (5)	+	0,05	2,3...2,4
	Maksimipaksuus 1961-2000 (5)	+	0,05	2,8
	30.4. paksuus 1961-2002 (5)	+	0,01	5,6
	30.4. paksuus 1961-2000 (5)	+	0,01	6,6
Kuusamojärvi 74001	Maksimipaksuus 1942-1998 (3)	+	0,05	2,2...2,3
	Maksimipaksuus 1942-2002*	+	0,05	1,9
	Maksimipaksuus 1961-2000*	+	0,05	2,8
	30.3. paksuus 1961-2000 (4)	+	0,05	3,4...3,5

kymmenessä vuodessa, mutta näillä paikoilla havaintosarjat olivat muita paikkoja pidempiä. Kivijärvellä kasvu on selvästi suurempaa, mutta sarjassa on epäilyttävän pieniä arvoja alkuvuosina. Jerisjärvelle kasvu on myös suurempi kuin muilla paikoilla. Tällä paikalla kohvan osuus on hyvin suuri, ja kohvan kasvu voisi olla syynä muita paikkoja suurempaan jään maksimipaksuuden kasvuun. Maaliskuun 30. päivän paksuuksissa oli kasvavaa trendiä Muurasjärvellä (1910-1999), Saani-järvellä (1961-2002 ja -2000), Kivijärvellä (1961-2002, ja -2000), Pielavedellä (1912-2002), Kukkiolla (1961-1999, -2002\*), Kitusjärvellä (1961-2002 ja -2000), Sääksjärvel-  
lä (1912-1999), Jerisjärvellä (1962-1999, -2002\*), Inarin ulapalla (1961-2002 ja -2000, 30.4. ) sekä Kuusamojärvellä (1961-1998, -2000\*). 1960-luvulta alkavilla trendeillä nousu oli 2...4 cm kymmentä vuotta kohden, paitsi Inarilla huhtikuun 30. päivän trendi yli 6 cm 10 kymmentä vuotta kohden. Pisimmillä 1910-luvulla alkavilla sarjoilla trendi oli kymmenen sentin luokkaa sataa vuotta kohden. 1980-luvun ennätyskellisen paksujäiset vuodet selittävät kasvavaa trendiä monilla paikoilla. 1980-luvulla oli myös paljon kohvaa.

Tilastollisesti merkitsevä ( $p < 0,05$ ) laskeva trendi maksimipaksuuksissa on nähtävissä Saimaan Lauritsalassa (1925-2002 ja 1961-2000), Päijänteen Tehinseläl-  
lä (1961-2002 ja -2000), Näsjärvellä (1912-1999, 1912-2002\*, 1961-1999) sekä Kuiva-järvellä (1912-2002). Nämä havaintopaikat sijaitsevat maan etelä- ja kaakkoisosas-  
sa, aivan Pori-Imatra -linjalla. Tämän linjan tuntumasta ja etelämpää löytyy muu-  
tampia tässä tarkastelussa olevia havaintopaikkoja, joilla ei ole maksimipaksuusis-



sa tilastollisesti merkitsevää trendiä suuntaan eikä toiseen (Jalanti, Sääksjärvi, Ala-Rieveli, Sysmä) ja lisäksi yksi järvi, jolla on tilastollisesti merkitsevä kasvava trendi (Kukkia). Saimaan havainnot ovat alkuvuosilta epäluotettavia. Edellä mainittujen merkitsevien laskevien trendien suuruusluokka on 1960-luvulta alkaville noin 3 senttiä kymmentä vuotta kohden, 1910-luvulta alkaville 1...1,5 senttiä. Maaliskuun 30. päivän jäänpaksuuksille on nähtävissä laskeva trendi Lauritsalassa (1925-2002 ja 1961-2000), Tehille (1961-2002) ja Näsijärvelle (1961-1999). 1960-luvulta alkaville trendeille muutos on 3...4 cm kymmentä vuotta kohden.

Näyttää siis siltä, että Keski- ja Pohjois-Suomessa jään maksimipaksuudet olivat kasvaneet, etelässä paikoin ohentuneet tai pysyneet ennallaan. Tämä aluejako on hyvin samanlainen kuin Hyvärisen (1997; 2003) lumen vesiarvon maksimille esittämä. Syykin löytyy luultavasti lumesta ja etenkin siitä muodostuneesta kohvasta. Lämpötilan noustessa talviaikana jäällä oleva lumi voi sulaa ja jäätyä uudelleen kohvaksi. Näin ollen etelässäkin maksimipaksuudet voivat olla leutoinakin talvina melko suuria niillä paikoilla, jossa kohvaa yleensä on paljon. Toiseksi, jos talviaikainen sadanta kasvaa ja jäälle kertyy enemmän lunta, painaa se jäätä Arkhimedeen lain mukaisesti, jolloin vettä tulvii jäälle. Pakkaskaudella lumelle tulvinut vesi jäätyy ja muodostaa kohvaa.

Jään maksimipaksuus ei ole siis välttämättä kovinkaan hyvä ilmastonmuutoksen indikaattori, sillä jäänpaksuus riippuu sekä lämpötilasta että lumen syvyydestä. Leutoina talvina voi syntyä paksujakin jäitä, jos kohvaa muodostuu paljon. Systemaattisia kohvan mittauksia on vasta 1980-luvun alusta, joten kohvan pitkäaikaismuutoksia ei voida arvioida luotettavasti.

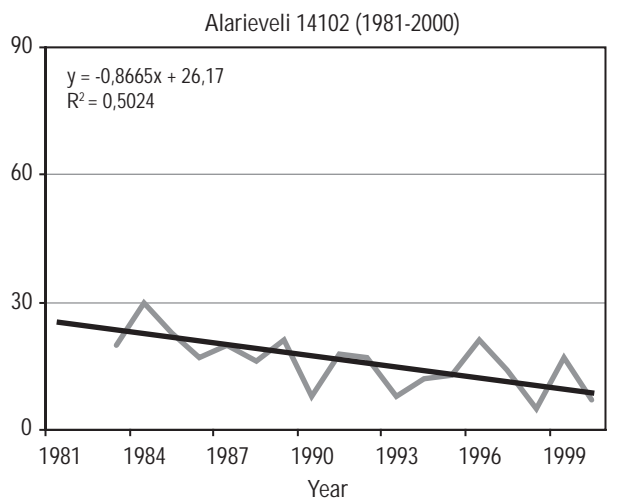
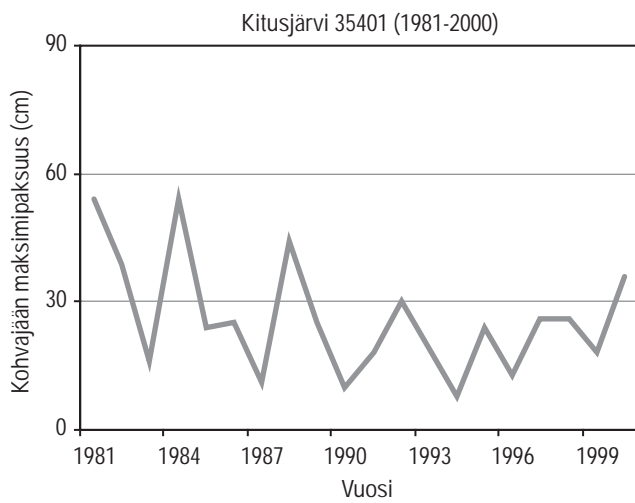
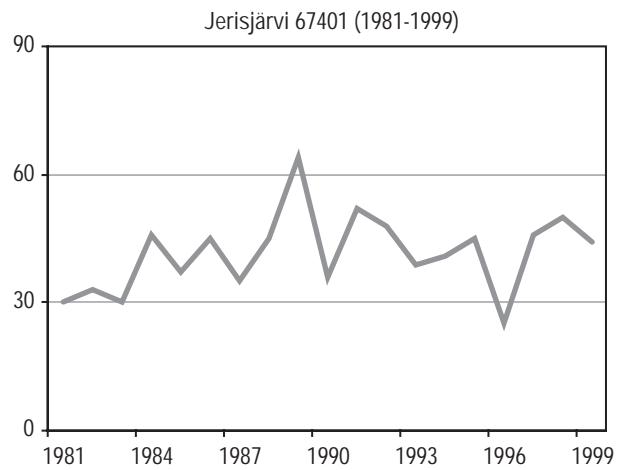
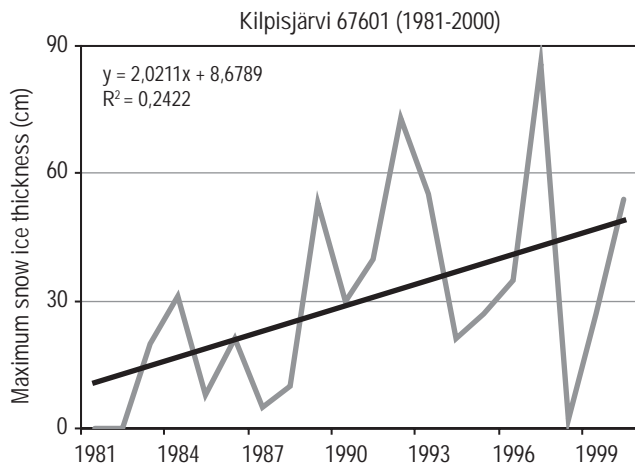
#### **4.5.4 Kohvajään ja lumen trendejä**

Kuten edellä todettiin, systemaattisia sekä jatkuvia kohvan ja jäällä olevan lumen syvyyden mittauksia on tehty vasta 1970-luvun lopulta. Joiltakin havaintopaikoilta näitä mittauksia, lähinnä lumen syvyyttä, on tehty jo aiemmin, mutta sitä ei ole tallennettu tietokantoihin.

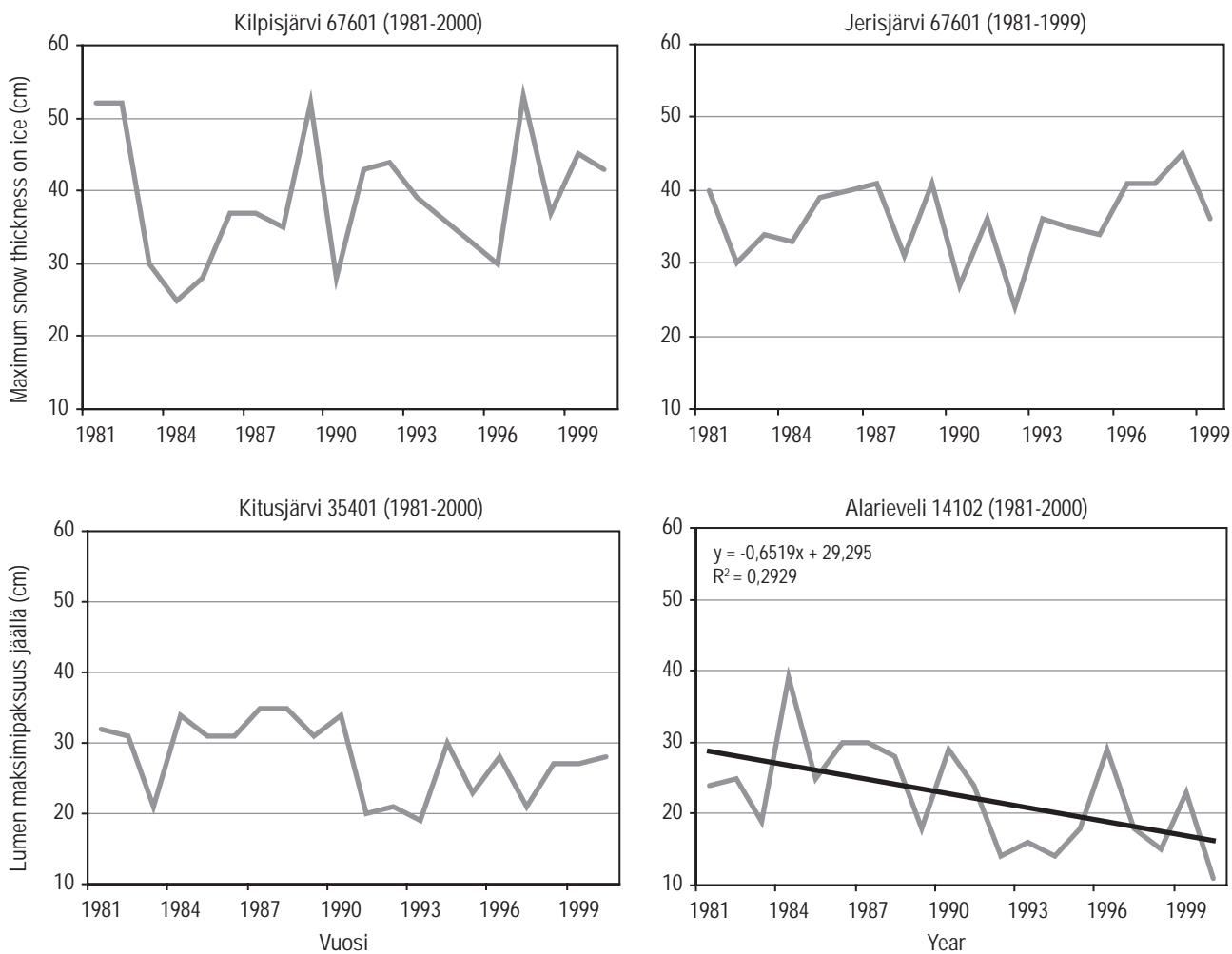
Kohvan maksimipaksuuden ja prosenttiosuuden maksimit ovat maan etelä- ja keskiosassa pääosin pienentyneet 1980-luvulta vuoteen 2000. Pohjoisessa on nähtävissä kohvan kasvua samaiselle jaksolle, vaikka vain muutama oli tilastollisesti merkitsevä. Tilastollisesti merkitseviä kohvan maksimimäärän vähenemistrendejä (1981-2000) löytyi noin kymmenellä paikalla maan keskiosassa. Pohjoisessa kohvan maksimimäärän kasvamistrendit jaksolla 1981-2000 olivat tilastollisesti merkitseviä vain Kilpisjärvelle (kuva 44).

Jäällä olevan lumen maksimipaksuus on pienentynyt maan etelä- ja keskiosassa 1980-luvulta eteenpäin. Tilastollisesti merkitseviä trendeistä oli vain pari. Pohjoisessa ei ole pääosin tapahtunut merkitseviä muutoksia, vaikka kasvua olikin jossakin paikoissa nähtävissä (kuva 45).

1980-luvulla oli useita hyvin lumisia vuosia sekä 'kunnon' pakkastalvia, joten jäänpaksuudet olivat hyvin suuria. Koska lunta oli monina vuosina reippaasti, myös kohvaa oli paljon. Tämä selittää jonkin verran yllä todettuja trendejä.



Kuva 44. Kohvajään maksimipaksuuden trendejä eri havaintopaikoilla.  
Fig. 44. Trends of snow ice maximum thickness at various sites.



Kuva 45. Jäällä olevan lumen maksimipaksuuden trendejä eri havaintopaikoilla.  
 Fig. 45. Trends of maximum thickness of snow on ice at various sites.

# 5

## Ilmastonmuutoksen vaikutukset jääpeitteeseen

Ilmastonmuutoksen syynä on kasvihuoneilmiön voimistuminen. Kasvihuoneilmiöllä tarkoitetaan hiilidioksidin ja muiden kasvihuonekaasujen alilmakehää lämmittävää vaikutusta. Kun näiden kaasujen määrä ilmakehässä lisääntyy koko ajan, lähinnä fossiilisten polttoaineiden käytöstä johtuen, kasvihuoneilmiö voimistuu ilmakehän absorboidessa ja lähettäessä enemmän lämpösäteilyä. Tästä syystä ilman lämpötila nousee. Lämpötilan nousun lisäksi kasvihuoneilmiön voimistuminen tulee muuttamaan sademääriä ja muiden sääilmiöiden esiintymistä.

Suomen ilmasto on lämmennyt 1900-luvulla 0,7 astetta (Jylhä ym. 2004). Eriyisesti keväät ovat lämmenneet selvästi (Tuomenvirta 2004). Ilmastonmuutoksen myötä lämpenemisen odotetaan kiihtyvään entisestään. Eri skenaarioiden mukaan Suomen keskilämpötila nousisi 80 vuodessa 2...7 astetta (Jylhä ym. 2004). Ilmaston lämpeneminen vaikuttaisi luonnollisesti jääpeitteeseen, sillä se on herkkä lämpötilan muutoksille. Keväiden lämpeneminen on nyt jo nähtävissä jäänlähdön aikaistumisena. Myös jääpeiteaika tulisi lyhenemään. SILMUn keskiskenaarion mukaan (Kuusisto ym. 1996, s. 156-157) jäätyminen myöhentyisi sadassa vuodessa muutamia viikkoja ja sulaminen aikaistuisi 1...2 kuukautta. Muutosten suuruus riippuu ennen kaikkea järven vesitilavuudesta ja leveysasteesta. Lapissa muutokset olisivat hyvin pieniä verrattuna eteläiseen Suomeen. Etelässä jääpeiteaika lyhenisi noin 3 kuukautta (Frisk ym. 1994). Erään SILMU-ennusteen (Virta ym. 1996) mukaan vuonna 2050 etelässä olisi odotettavissa jopa jääpeitteettömiä talvia tai sellaisia talvia, jolloin jääpeite olisi hyvin katkonainen. Jääpeite saattaisi jäädä muodostumatta kokonaan jopa kerran viidessä vuodessa. Jäänlähtö voisi aikaistua jopa 18 päivää.

Jäätyminen ajankohta vaihtelee huomattavasti enemmän kuin jäänlähdöllä. Toisaalta alkutalvella lämpötilan ei odoteta muuttuvan niin selvästi kuin keväällä. SILMU-ennusteiden mukaan jäätyminen voisi tapahtua 13...16 päivää myöhemmin. Kappaleessa 4.4. lasketuista keväisistä ilman lämpötilan ja jäänlähdön korrelaatioista voidaan päätellä, että yhden asteen lämpötilan nousu aikaistaisi suurten järvien jäänlähtöä etelässä (Näsijärvi) keskimäärin 4...5 päivää ja pohjoisempina (Kallavesi, Oulujärvi, Tornionjoki) 2...4 päivää. Näin ollen 2...7 asteen lämpeneminen keväällä merkitsisi etelässä 8...35 päivän aikaistumista jäänlähdössä ja pohjoisempina 4...28 päivää. Yhden asteen alkutalvinen lämpeneminen myöhästäisi jäätymistä kappaleen 4.4. korrelaatioiden mukaan etelässä 5...7 päivää, pohjoisempina (Kallavesi ja Oulujärvi) 3...4 päivää. Alkutalvinen 2...7 asteen lämpötilan nousu myöhästäisi jäätymistä nykyisestäään etelässä 10...49 päivää ja pohjoisempina 6...28 päivää.

Ilman lämpötilan korrelaatio selittää edellä mainituilla paikoilla jäänlähdön ja jäätyminen vaihtelusta vain 40...60 %. Muita vaikuttavia tekijöitä ovat jäänlähdössä edellistalven jäänpaksuus, tuulisuus ja auringon säteily (pilvisuus). Jäätymisessä tuulella on suuri merkitys. Jos ilmastonmuutos muuttaisi myös näiden muuttujien tyypillistä käyttäytymistä, olisi siltäkin vaikutusta myös jäänmuodostukseen tai katoamiseen. Lisäksi nämä korrelaatiot on laskettu suurille järville, ja pienemmillä vaikutukset voivat olla erilaisia. Luultavasti pienemmät järvet jäätyisivät tulevaisuudessa ilmastossa suuria helpommin, sillä niiden jäätymiseen riittävät pienemmätkin pakkassummat. Jäiden lähdössä erot pienten ja suurten järvien välillä olisivat vähäisemmät.

Erään tutkimuksen mukaan (Vavrus ym. 1996) ilman lämpötilan nousun ja jäänlähdön aikaistumisen tai jäätyminen myöhästymisen suhde ei ole vakio (päivää per astetta), vaan se muuttuisi sen mukaan kuinka paljon ilmasto lämpenisi. Tiettyyn rajaan asti aikaistuminen tai myöhästymisen olisi melko vakio, mutta jos ilmasto lämpenisi useita asteita, jäänlähtö aikaistuisi tai jäätyminen myöhentyisi selvästi enemmän.

Pohjois-Amerikassa tehdyn mallilaskelman mukaan hiilidioksidimäärän kaksinkertaistuminen myöhästyttäisi jäätymistä Minnesotan järvillä noin 20 päivää, pienentäisi talven suurinta jäänpaksuutta ja lumen paksuutta 50 % ja lyhentäisi jääpeiteaika 60 päivällä. (Stefan ja Fang 1997) Toisen simuloinnin mukaan jäätyminen myöhästyisi hiilidioksidimäärän kaksinkertaistuessa USAssa jopa 40 päivää, jäänlähtö aikaistuisi 67 päivää ja jääaika lyhenisi 89 päivää. Jään maksimipaksuus pienenesi jopa 44 cm. Tämä simulointi koski 27 järviyppiä Yhdysvalloissa. Ilmastonmuutoksen etuja olisivat vähentyneet kalakuolemat talvisin matalissa järvissä, mutta virkistyskäytölle muutoksesta olisi haittaa. (Fang ja Stefan 1998).

Jäänpaksuuteen ilmaston lämpenemisen vaikutukset eivät ole niin selviä kuin jäänlähtöön. Jäänpaksuus riippuu sekä ilman lämpötilasta että lumen paksuudesta eli sateista. Suomessa sateisuuden odotetaan lisääntyvän ja pohjoisessa lumipeitteen jopa kasvavan. Etelässä ja lounaassa lumipeite todennäköisesti vähenee, ja näin ollen kohonneen lämpötilan myötä myös jäänpaksuudet alenisivat. Havaintosarjoista oli myös nähtävissä, että jään maksimipaksuudet olivat ohentuneet merkittävästi etenkin niillä havaintopaikoilla, joissa kohvaa yleensä on vähän, ja kasvaneet runsaskohvaisilla paikoilla. Pohjoisessa jäänpaksuudet voisivat mahdollisesti nousta, jos lumipeite paksunisi ja muodostaisi näin enemmän kohvaa. Toisaalta taas paksu lumipeite hidastaa teräsjään kasvua eristävän ominaisuutensa vuoksi. Luultavasti kuitenkin kohvan suhteellinen osuus jäästä kasvaisi lämpimämmässä ilmastossa.

# 6

## Tulosten pohdintaa

Työssä lasketut jäätymisen, jäänlähdon ja jäänpaksuuden keskiarvot jaksolle 1961-2000 eivät poikenneet suuresti Laasasen (1982) jaksolle 1961-1980 esittämistä. Toisaalta syy löytyy siitä, että lasketussa 40 vuoden jaksossa on puolet samoja tietoja kuin Laasasella. Jäänlähdoissä erot Laasasen ja 40 vuoden jakson välillä olivat pääosin pari päivää siten, että jaksolla 1961-2000 jäät lähtivät yleensä aiemmin. Jäätymisissä erot olivat muutamia päiviä kumpaankin suuntaan. Jäänpaksuuden maksimeissa jakson 1961-2000 arvot poikkesivat Laasasen esittämistä enimmillään  $\pm 5$  cm, mutta pääosin vain pari senttiä. Maksimin ajankohdassa erot olivat myös korkeintaan viitisen päivää suuntaan tai toiseen. On muistettava, että 1980-luvulta eteenpäin paksuutta mitattiin 10 päivän välein, ja sitä ennen 15 päivän. Tämä vaikuttaa hieman maksimeihin ja niiden ajankohtiin. Jos verrataan liitteen 2 taulukossa olevia jäätymisen ja jäänlähdon keskiarvoja kunkin havaintopaikan pisimmälle jaksolle sekä jaksolle 1961-2000, eivät erot niidenkään välillä ole suuria, korkeintaan muutamia päiviä.

Jäätymisen ajankohdan keskihajonta oli selvästi suurempi kuin jäänlähdöllä, ja etelässä hajonta suurempaa kuin pohjoisessa. Jäänlähdoissä vaihtelu etelän ja pohjoisen välillä ei ollut läheskään näin suurta. Williams (1971) on esittänyt, että jäänlähdon keskihajonta merenrannikoiden läheisyydessä olisi suurempi kuin sisämaassa.

Tietyn järven keskimääräisiä jääoloja voidaan arvioida maantieteellisen sijainnin perusteella. Leveyspiirillä ja havaintopaikan korkeudella on selvä merkitys jäätymiseen, jäänlähtöön ja jäänpaksuuteen. Leveyspiiri vaikuttaa auringonsäteilyn määrään ja tätä kautta ilman lämpötiloihin. Korkeudella on myös vaikutusta lämpötilaan, sillä lämpötila laskee korkeuden myötä. Jäätymisessä järven syvyys vaikuttaa paljon jäätymiseen tarvittavaan pakkassummaan.

Pisimmille sarjoille kuukauden keskilämpötilat selittivät 40...60 % jäänlähdon tai jäätymisen vaihtelusta. Myös Ruotsin havaintosarjoille oli laskettu korrelaatioita, ja tulokset olivat hyvin samansuuntaisia (Eklund 1999, s. 14). Ilman lämpötilan kuukausikeskiarvo ei kuitenkaan aina kuvaa kyseisen kuukauden lämpötiloita tarpeeksi hyvin. Jos kuukauden toinen puolisko on erityisen kylmä ja toinen lämmin, voi keskiarvo olla hyvin tavanomainen. Tällöin kuitenkin jäätymisen tai jäänlähtö voi ajoittua hyvin aikaiseen tai myöhäiseen. Lisäksi tuulilolot vaikuttavat sekä jäänlähtöön että jäätymiseen. Jäänlähdon ajankohtaan on merkitystä myös edellisen talven jäänpaksuudella ja keväällä auringonsäteilyllä.

Aikaisemmin Jevreva (2002) on todennut NAO:n ja jääolojen välisen korrelaation vaihtelevan melko paljon jaksosta riippuen. Tässä työssä sekä ilman lämpötilan kuukausiarvoille että talven NAO-indeksille laskettiin jäänlähdon ja jäätymisen suhteen ajassa liukuvat korrelaatiot. Näistä havaittiin, että korrelaation arvo vaihtelee jaksottain hyvinkin paljon. Tähän voi olla selityksenä sadeolot ja tuulisuus. Tai sitten on vain sattunut useita vuosia, jolloin kuukauden keskiarvot tai talven NAO-indeksi eivät kuvaakaan todellista keskimääräistä tilannetta. Ilman lämpötilan liukuvista korrelaatioista nähdään myös, että toukokuun lämpötilan merkitys jäänlähdon selittäjänä on heikentynyt Näsijärvellä, Kallavedellä ja Oulujärvellä. Tämä viittaa siihen, että kevät ovat aikaistuneet, kun huhtikuun lämpötilat ovat parempia selittäjiä.

Sekä pakkas- että lämpötilasummissa tietyn järven tarvitsemat lämpömäärät vaihtelevat melko paljon vuodesta toiseen. Yhtenä tekijänä on keväällä edellisen talven jäänpaksuus; hyvin suurien paksuuksien sulattamiseen tarvitaan enemmän lämpöä kuin ohuen. Myös jäällä olevalla lumipeitteellä on merkitystä, sillä pinnan albedo on hyvin erilainen lumella ja jäällä. Tällä on suuri vaikutus sulamiskaute-  
na. Toisekseen hyvin käynnistynyt sulaminen voi keskeytyä pakkasjaksoon ja lopullinen lämpötilasumma kasvaa suureksi. Silloin kun kevään tulo jää hyvin myöhäiseksi, jäänlähtöön tarvittavat lämpötilasummat kasvavat suuriksi, sillä loppukeväästä saavutetaan usein jo kovin suuria vuorokauden keskilämpötiloja. Jäätymisessä vaihtelu eri vuosien välillä on pienillä järvillä melko vähäistä, mutta suurilla huomattavasti isompaa. Vaihtelun aiheuttajana ovat pakkasjaksojen väliset lämpöjaksot, jotka voivat keskeyttää jäätymisen ja 'nollata' tilanteen. Jos pakkas- ja lämpöjaksot vuorottelevat useasti, voi jäätymiseen tarvittava pakkassumma kasvaa hyvinkin suureksi. Toisaalta jos heti syksyn alkuun tulee erittäin kova pakkaskausi, voi jäätymisen tapahtua suhteellisen pienillä pakkassummilla. Jevreva ja Lepäranta (2002) ovat havainneet Tallinnan edustan jäätymisestä, että kylmällä ja tyyneellä säätyypillä jäätymisen voi tapahtua heti kun ilman lämpötila alittaa nollan, mutta leudolla säätyypillä ja kovalla tuulella jäätymisen voi viivästyä jopa yli 100 päivää nollan alituksen jälkeen.

Tässä työssä lasketut pakkas- ja lämpötilasummat poikkeavat hieman aiemmin esitetyistä (Kuusisto 1981; Solantie 1983; Ruosteenoja 1986). Erot johtuvat varmaankin siitä, että tarkastelujaksot ovat erilaiset ja tässä työssä käytetyt Vesistömallilla simuloidut lämpötilat poikkeavat hieman Ilmatieteen laitoksen arvoista. Toisekseen eri tarkastelujaksoina jäänpaksuus talvella on ollut hieman erilainen, ja tämä vaikuttaa sulamiseen tarvittavaan lämpömäärään. 1990-luvulla oli myös useita syksyjä, jolloin jäätymistä seurasi sulaminen ja uudelleen jäätymisen. Koska tässä työssä pakkassummat laskettiin lopulliselle jäätymiselle, ovat ne hieman suurempia kuin ensimmäiseen jäätymiseen tarvittavat.

Kohvan ja lumen paksuuden vaihtelut Inarin ja Päijänteen ulapoilla ja lahdissa sopivat hyvin yhteen aiempien tutkimusten kanssa (Kuusisto ja Laasanen 1980; Adams 1981; Kuusisto 1984; Bengtsson 1986). Kohvaa ja lunta esiintyi Päijänteen ja Inarin selillä vähemmän rantoja lähempänä olevilla havaintopaikoilla.

Havaintopaikoista eniten kohvaa ja lunta jäällä oli yleensä Jerisjärvellä Luoteis-Lapissa. Jerisjärven alue ei kuitenkaan ole yleisesti lumisimpia alueita jäänpaksuuden havaintopaikoista, vaan esimerkiksi Kilpisjärvellä lunta on maastossa tilastollisesti yleensä selvästi enemmän. Jerisjärvellä havaintopaikka on luultavasti sellaisessa paikassa, että lunta kerääntyy sinne selvästi enemmän kuin muualle järvelle, ja näin ollen kohvaakin muodostuu paljon. Jerisjärven havaintopaikka sijaitsee järven pohjoispäässä, joten tuulet puhaltavat lunta sinne selältä. Länsi- ja Luoteis-Lapissa voidaan talvella saavuttaa melko korkeitakin lämpötiloja föhn-tuulen puhaltaessa. Tämä voisi vaikuttaa runsaaseen kohvan muodostukseen. Toisaalta kuitenkin Tornionjoella ei ole havaittu yhtä suuria kohvamääriä, vaikka föhn vaikuttaa siellä vieläkin enemmän kuin Jerisjärvellä. On kuitenkin huomattava, että jokipaikoilla jäänmuodostuminen on hieman erilaista, joten jokihavaintoja ei pitäisi vertailla järvihavaintojen kanssa.

Tuomenvirran (2004) mukaan Suomen keskilämpötila on noussut vuodesta 1847 yhdellä asteella, keväällä jopa kaksi astetta. Klingbjör ja Mobergin (2003) mukaan ilman lämpötila on noussut jaksolla 1802-2002 Haaparannassa 2...3 astetta. Suurinta nousu on ollut talvisin ja keväisin. Nämä tulokset ovat nähtävissä myös tässä työssä tarkastelluista jäähavaintosarjoista. Jäänlähdölle aikaistumistrendi oli paljon voimakkaampi kuin jäätymisen tai jääpeiteajan suhteen. Toisaalta jäänlähdön vaihtelevuus on melkein puolta pienempi kuin jäätymisen, joten jäänlähdön muutokset ovat helpommin tilastollisesti todistettavissa. Ruotsista pisin jäähavaintosarja on Mälarenilta 1712 alkaen (Eklund 1999, s.15). Tässä sarjassa on havaittavissa siirros aikaisempaan jäänlähtöön 1900-luvun alkupuolella. Amerikan havain-



tosarjoissa suurin muutos aikaisempaan jäänlähtöön on havaittavissa vuonna 1888 (Assel ja Robertson 1995). Suomen järvien osalta muutos näyttäisi tapahtuneen myös 1800-luvun lopulla. Simojoki (1940) määritteli Kallaveden sarjalle käännepisteeksi vuoden 1886. Pisimmillä sarjoilla Suomessa jäänlähtö on aikaistunut 1800-luvun lopusta pääosin 6...9 päivää sataa vuotta kohden. Jäätyminen on myöhentynyt 1800-luvulla alkavilla sarjoilla pääosin 0...8 päivää, myös suurempia trendejä oli, mutta ei kovin luotettavilta paikoilta. Samantapaisiin tuloksiin päädyttiin Magnusonin ym. (2000) tutkimuksessa, jossa aineistot analysoitiin vuoteen 1995 saakka. Suomen sarjoilla jäänlähtö oli aikaistunut 7...9 päivää sataa vuotta kohden ja jäätyminen myöhästynyt 1...6 päivää. USAn ja Kanadan havaintosarjoissa trendien suuruudessa oli vaihtelua enemmän. Jäänlähtö oli aikaistunut 1700-1800-luvulta 0...13 päivää sataa vuotta kohden ja jäätyminen myöhästynyt 4...37 päivää.

Jäänpaksuuden trendit sopivat hyvin yhteen Hyvärisen (1997; 2003) lumen vesiarvoista havaittujen muutosten kanssa. Siellä missä lumen vesiarvo on kasvanut, myös jäänpaksuudet ovat kasvaneet ja päinvastoin. Tämä sopisi myös siihen käsitykseen, että jään paksuuden kasvaminen on pääasiassa kohvan määrän kasvua. Tähän päättelyyn löytyy lisää tukea siitä, että jäänpaksuuden maksimit ovat kasvaneet tilastollisesti merkitsevästi monilla niillä havaintopaikoilla, joissa kohvan keskimääräinen maksimipaksuus on hyvin suuri ja jään maksimipaksuudet ovat taas vastaavasti pienentyneet niillä havaintopaikoilla, joissa kohvaa ei yleensä ole paljon. Samaan suuntaan viittaavat myös kohvan trendit, vaikkakin havaintoja on vain parikymmentä vuotta. Vaikka jäänpaksuuden havaintosarjoissa on tapahtunut mittauspäivien muutoksia, ovat trendit samanpituisille havaintojaksoille samaa suuruusluokkaa. Mittauspäivän muutoksella voi kuitenkin olla pieni merkitys jään maksimipaksuuden trendeissä.

## Johtopäätökset ja yhteenveto

Vesistöjen jääolot ovat pisimpään Suomessa havaittuja hydrologisia suureita. Pisin yhtenäinen ja jatkuva jäänlähdon havaintosarja on Tornionjoelta 1600-luvun lopusta. Pisimmät ja jatkuvat jäätymis- ja jäänlähdosarjat ovat Näsijärveltä, Kallavedeltä ja Oulujärveltä 1800-luvulta alkaen. Muutamilta muillakin järvillä jääpeitehavainnot alkoivat 1800-luvun lopulta. Yhtenäisiä jäänpaksuuden havaintoja on olemassa muutamilta järviltä 1910-luvulta lähtien. Tässä työssä jäähavaintoja analysoitiin yli 80 jäätymis- ja jäänlähdöpaikalta ja yli 30 jäänpaksuuden paikalta. Tilastotietoja on esitetty kaikilta havaintopaikoilta liitteinä olevissa taulukoissa.

Näköpiirin lopullinen jäätyminen ajoittuu Lapissa keskimäärin paikoin jo lokakuun loppuun, aivan eteläisimmällä rannikolla järvet jäätyvät tyypillisesti vasta joulukuun alussa. Jäätymisessä järven koko aiheuttaa suurta vaihtelua. Syvyydellä on kuitenkin suurempi merkitys kuin pinta-alalla. Syvät ja suuret järvet samalla alueella jäätyvät keskimäärin jopa kuukautta pieniä ja matalia myöhemmin. Maan eteläosan syvimät suurten järvien selät jäätyvät keskimäärin vasta joulukuun lopulla, Lapissa Inarin suurimmat ulapat jäätyvät lopullisesti keskimäärin vasta marraskuun lopulla. Jäätymisen vuotuinen vaihtelu on maan eteläosassa selvästi suurempaa kuin Lapissa. Jäätymisen ajankohdan vuosittainen vaihtelu on koko maassa suurempaa kuin jäänlähdon.

Jäänpaksuuden keskimääräinen maksimi on maan eteläosassa alle 50 cm, maan keskiosassa 50...60 cm, Oulun läänissä 60...70 cm, Lapissa pääosin 70...80 cm, Kilpisjärvellä kuitenkin 90 cm. Maksimin sattumisajankohta osuu maan eteläosassa maaliskuun puoliväliin, Tornio-Oulujärvi-Savonlinna- linjalla maksimi osuu maaliskuun huhtikuun vaihteeseen. Lapissa maksimi osuu huhtikuulle siten, että Etelä-Lapissa maksimi sattuu huhtikuun alkupuolelle, mutta Kilpisjärvellä vasta huhtikuun lopulle.

Jään maksimipaksuuden toistuvuudet vaihtelevat jonkin verran havaintopaikan ominaispiirteistä johtuen. Yleisesti ottaen maan eteläosassa jäänpaksuus on joka vuosi vähintään 30 cm, keskiosassa yleensä vähintään 40 cm ja Lapissa vähintään 50 cm, Kilpisjärvellä kuitenkin vähintään 75 cm. Kerran kymmenessä vuodessa toistuva jään maksimipaksuus on maan etelä- ja keskiosassa pääosin 60...70 cm, Lapissa 80...100 cm. Kerran viidessäkymmenessä vuodessa toistuvat paksuudet vaihtelevat Lapissa noin välillä 90...110 cm. Maan etelä- ja keskiosassa kerran viidessäkymmenessä vuodessa jäät ovat paksuudeltaan 75...85 cm.

Kohva on lumesta muodostunutta huokoisempaa jäätä. Kohvaa muodostuu, kun lumi painaa jäätä ja vettä tulvii jäälle jäätyen uudelleen. Myös vesisade voi muodostaa kohvaa. Kohvaa on tyypillisesti enemmän siellä päin Suomea, missä luntakin on enemmän. Näin ollen kohvaa on eniten tyypillisesti Pohjois-Suomen havaintopaikoilla ja vähiten Etelä-Suomessa. Kohvan määrä vaihtelee kuitenkin myös järven sisällä siten, että rannoilla kohvaa on yleensä enemmän kuin ulapoilla. Myös jään kokonaispaksuus on rannoilla yleensä hieman suurempi. Samoin lunta on yleensä enemmän rannoilla kuin ulapoilla.

Keskimääräinen pysyvän jääpeitteen kausi kestää etelässä ja suurten järvien selillä noin 140 päivää, maan keskiosassa yleisesti 150...180 d, Kainuussa 180...200 d ja Lapissa 200...220 d eli seitsemisen kuukautta.

Jäänlähdo ajoittuu keskimäärin eteläisimmässä Suomessa vapun tienoille, keskiosassa jäät ovat lähteneet kuun puoliväliin mennessä, Kainuussa toukokuun

puolen välin jälkeen, Etelä- ja Keski-Lapissa toukokuun loppuun mennessä ja Pohjois-Lapissa kesäkuun alussa. Kilpisjärveltä jäät lähtevät kuitenkin keskimäärin vasta kesäkuun puolenvälin jälkeen. Jäänlähdössä ei ole havaittavissa suurta eroa samalla alueella sijaitsevien eri kokoisten järvien välillä. Jäänlähdön ajankohdan vuotuinen vaihtelu yksittäisellä järvellä on lähes puolet pienempää kuin jäätyminen ajankohdan. Jäänlähdön ajankohdan keskihajonnassa ei ole suuria eroja etelän ja pohjoisen välillä, kuten oli jäätymisissä.

Maantieteelliset tekijät vaikuttavat suuresti jääoloihin. Suurin merkitys on leveyspiirillä, joka vaikuttaa auringonsäteilyn määrään, ja tätä kautta ilman lämpötiloihin ja jääoloihin. Myös havaintopaikan korkeudella on merkitystä, koska ilman lämpötila riippuu korkeudesta. Näin ollen sekä keskimääräistä jäätymistä että jäänlähdtöajankohtaa pystytään arvioimaan melko hyvin pelkän havaintopaikan leveyspiirin ja korkeuden avulla. Jäätymisessä järven syvyydellä on myös vaikutusta, mutta jäänlähdössä ei niinkään. Jäätyminen ja jäänlähdön ajankohtaa pystytään selittämään melko hyvin ilman lämpötilan avulla.

Pohjois-Atlantin oskillaatiolla eli NAOlla on vaikutusta Suomen sääoloihin ja tätä kautta myös jääpeitteeseen. NAO-indeksi määritetään Islannin ja Azorien ilmanpaine-eron perusteella. Suuren positiivisen NAO-indeksin talvena vallitsee voimakkaat läntiset ilmavirtaukset, jotka tuovat lauhaa ilmaa ja sateita Eurooppaan. Niinpä tyypillisesti voimakkaan positiivisen NAO-indeksin talvena jäät ovat ohuempia ja sulavat pois aikaisemmin kuin negatiivisen NAO-indeksin. NAO:n vaikutus on yleensä hieman voimakkaampi eteläisessä Suomessa kuin pohjoisessa. NAO:n ja jääolojen välinen korrelaatio vaihtelee melko paljon eri ajanjaksoina.

Jäätyminen ajankohdalla pystytään ennustamaan tulevan talven jääpeiteaika. Aikaisen jäätyminen vuosina jääpeiteaika tulee kestämään melko varmasti keskimääräistä pitempään ja jäätkin ehtivät silloin kasvaa yleensä paksuiksi. Koska paksun jään sulattamiseen tarvitaan enemmän lämpöenergiaa kuin ohuen, jäänlähdtö ajoittuu paksun jään talvina tavallisesti keskimääräistä myöhemmäksi.

Jäänlähdön ajankohta korreloi hyvin selvästi läheisten havaintopaikkojen kesken, mikä johtuu tietenkin maantieteellisistä seikoista. Myös jään maksimipaksuuksissa on nähtävissä korrelaatiota läheisten havaintopaikkojen välillä, vaikka melko suuriakin eroja voi esiintyä johtuen mittauspaikan sijainnista järvellä. Jäätymisissä korrelaatio läheisten asemien kanssa ei välttämättä ole hyvä, jos järvet ovat hyvin eri kokoisia. Etenkin järven syvyydellä on suuri merkitys jäätyminen ajankohtaan.

Jäätymiseen tarvittavat pakkassummat vaihtelevat järven koosta riippuen. Suurin merkitys on syvyydellä. Hyvin matalilla järvillä jäätymiseen tarvittava pakkassumma on vain 20 astepäivää, kun taas kaikkien syvimpien selkien jäädyttämiseen tarvitaan 200 astepäivää. Jäänlähdtöön tarvittava lämpötilasumma ei riipu järven morfometriasta yhtä selvästi kuin jäätymiseen tarvittava pakkassumma. Jäänlähdtöön tarvittava keskimääräinen lämpötilasumma on keskisuurilla järvillä 100...160 astepäivää.

Jäänlähdtö on aikaistunut, jäätyminen myöhentynyt ja jääpeiteaika lyhentynyt vuosikymmenten aikana useilla havaintopaikoilla. Trendit olivat tilastollisesti merkitseviä lähinnä niillä paikoilla, joilta havaintoja oli vähintään 1800-luvun lopusta. Myöhemmin alkaneissa havaintosarjoissa trendit eivät olleet pääosin merkitseviä, paitsi jäänlähdtöissä merkitseviä trendejä löytyi myös lyhyemmille jaksoille. Pisimmillä sarjoilla jäänlähdtö on aikaistunut 1800-luvun lopusta pääosin 6...9 päivää sataa vuotta kohden. Jäätyminen on myöhentynyt 1800-luvun lopusta pääosin 0...8 päivää sataa vuotta kohden. Myös jääpeiteajat ovat lyhentyneet tilastollisesti merkitsevästi aivan pisimmissä havaintosarjoissa. Aivan kaikkien pisimpien sarjojen jäätymis- ja jääpeiteikatrendit eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Jäänlähdtöissä trendit ovat voimakkaampia, sillä jäänlähdtöön vuotuinen vaihtelu on selvästi pienempää kuin jäätyminen. Jäätyminen ajankohdan suuri vaihtelu peittää helposti

trendin allensa. Pohjois-Lapissa ei löytynyt yhtään tilastollisesti merkitsevää trendiä, mutta sieltä ei olekaan olemassa kovin pitkiä sarjoja.

Jään maksimipaksuuden aikasarjoissa oli havaittavissa sekä kasvavia että pieneneviä trendejä. Noin puolella havaintopaikoissa muutos oli tilastollisesti merkitsevä. Maksimipaksuudet olivat kasvaneet pääosin keski-, itä- ja pohjoisosassa maata ja pienentyneet maan eteläosassa. 1960-luvulla alkavilla sarjoilla merkitsevä trendi oli pääosin 2...3 senttiä kymmentä vuotta kohden, 1910-luvulla alkavilla sarjoilla 1...2 senttiä kymmentä vuotta kohden. Kohvasta ja lumesta havaintosarjat ovat melko lyhyitä, noin parikymmentä vuotta, joten hyvin pitkäaikaisia trendejä ei voida selvittää. 1980-luvulla lunta oli paljon, joten kohvaakin oli runsaasti. Näin ollen kohvan määrä on pääosin laskenut 1980-luvulta vuoteen 2000 maan etelä- ja keskiosassa. Pohjoisessa kohvan määrä on paikoin noussut samaisella jaksolla.

Ilmaston lämpeneminen tulee vaikuttamaan Suomen jääoloihin. Jäänlähtö tulee aikaistumaan, jäätyminen myöhästymään ja tätä kautta jääpeitekausi lyhenee. Vaikutukset jääoloihin tulevat olemaan selvästi suurempia maan eteläosassa kuin Lapissa. Jäänpaksuuksien maksimeihin lämpenemisen vaikutukset eivät ole aivan yksinkertaisia, sillä jäänpaksuus riippuu sekä talven lämpöoloista että lumisateista. Lisääntyneet lumisateet voisivat lisätä kohvan määrää ja tätä kautta vaikka kasvattaa jäänpaksuuksia. Todennäköisesti etelässä jäät tulevat ohenemaan, mutta pohjoisessa ne voivat vaikka kasvaa, jos lumimäärät kasvavat.

# 8

## Summary in English

### *Ice conditions in lakes and rivers in Finland*

Ice conditions in lakes and rivers have been observed in Finland for a long time. The longest continuous ice break-up series from River Tornionjoki dates back to the late 17<sup>th</sup> century. The longest freezing and break-up series of lakes are from Lake Kallavesi, Lake Näsijärvi and Lake Oulujärvi. In these lakes observations begun by the middle of the 19<sup>th</sup> century. There are also some other lakes from which there are records since late 19<sup>th</sup> century. Continuous ice thickness observations begun in the 1910s at some lake sites in central and southern Finland. Most of the ice thickness measurements begun in the 1960s. In this study, the freezing and break-up records of more than 80 sites and thickness records of about 30 sites were analysed. Statistics of all observation sites are presented in the appendix tables. All the figures and tables have also captions in English.

The freezing of lakes occurs in Lapland at some sites on the average already in late October. In the southern coastal areas, the freezing of lakes typically takes place in the beginning of December. There are considerable variations in the freezing date due to the size of the lake. The depth of the lake is a more important factor than the area. Deep and large lakes in a certain area can freeze as late as one month later than shallow and small ones.

The deepest parts of the largest lakes in southern Finland freeze on the average as late as in the end of December. In Lapland, the largest open areas of Lake Inari freeze on the average in the end of November. The variation of the freezing date is larger in the southern part of the country than in the north. The variation of the freezing date is much larger than that of the break-up.

The mean maximum ice thickness in southern Finland is below 50 cm, in central Finland 50...60 cm, in Northern Ostrobothnia and Kainuu 60...70 cm and in Lapland mainly 70...80 cm. However, in Lake Kilpisjärvi the mean maximum thickness is no less than 90 cm. The date of maximum thickness occurs in the middle of March in the south and in April in Lapland - in southern Lapland in the beginning of April but in Lake Kilpisjärvi as late as in end of the month.

Return periods of the maximum ice thickness vary depending on the characteristics of the observation site. The ice thickness exceeds usually every year 30 cm in the south, 40 cm in central Finland and 50 cm in Lapland. In southern and central Finland the maximum ice thickness is 60...70 cm and in Lapland 80...100 cm once in ten years. In Lapland the ice thicknesses of 90...110 cm are exceeded once in fifty years. In southern and central Finland 75...85 cm are reached once in fifty years.

Snow ice is porous ice formed of snow. Snow ice is formed when the snow cover depresses the ice so that water floods on the ice and freezes again. Also rain can form snow ice. The thickness of snow ice is typically higher in those lakes around which there is much snow on the land as well. Thus, the snow ice thickness is in general largest in northern Finland and smallest in southern Finland. The thickness of snow ice varies in a lake. The shore and bay areas have more snow ice than the open areas. Also the total ice thickness is a little bit higher near the shores than in the open areas.

The mean duration of ice cover is in the south and in the large lakes about 140 days, in central Finland mainly 150...180 days, in Northern Ostrobothnia and Kainuu 180...200 days and in Lapland 200...220 days.

The break-up of ice occurs in southern Finland in the end of April, in central Finland by the middle of May, in Northern Ostrobothnia and Kainuu after middle of May, in southern and middle Lapland by the end of May and in northern Lapland in the beginning of June. In Lake Kilpisjärvi ice breaks up as late as after mid-June. Ice breaks up simultaneously within a region almost regardless of the size of the lake. The variation of break-up date is about half of the variation of freezing date. There are no major differences between the south and the north concerning the variation of break-up date.

Geographical factors have a considerable effect on the ice conditions. The latitude has the largest importance as it defines the amount of incoming solar radiation which affects the air temperatures and also the ice conditions. Also the elevation of the lake is of importance as the air temperature is a function of elevation. Thus the average date of freezing or break-up can be estimated rather well by using only the latitude and elevation information of the observation site. The depth of the lake affects the freezing date but not the break-up date. The dates of both freezing and break-up can be estimated rather well by using air temperatures.

The North Atlantic Oscillation (NAO) affects the weather in Finland and thereby also the ice conditions. The NAO index is based on the air pressure difference between Iceland and the Azores. Winters of strongly positive NAO index are related to strong westerly winds which bring warm air and rainfall to Europe. Thus, if the NAO of a winter is strongly positive, the ice is usually thinner and the break-up occurs earlier than on the average. The effect of the NAO is in general slightly stronger in southern Finland than in northern Finland. The correlations between the NAO and the ice conditions vary quite a lot depending on the time period chosen.

The duration of the ice cover can be estimated fairly well by the freezing date. When the freezing occurs early, the ice cover period is very likely to be longer than the average value and the ice thicker than the mean thickness. The thicker ice cover needs more heat to melt down than a thinner ice cover. Thus in the years of thick ice cover the break-up will occur later than in average years.

The break-up date of a site correlates strongly with those of neighbouring observation sites. This fact can be explained by geographical factors. Also the maximum ice thickness correlates with neighbouring sites, although there can be rather large differences between sites. The freezing dates do not always correlate well with neighbouring sites if the lakes are of totally different sizes. The depth of a lake has the largest effect on its freezing date.

The negative air temperature sums needed for a lake to freeze vary depending on the size of the lake. The most significant factor is the depth of the lake. For very shallow lakes, sums of 20 degree days are sufficient, whereas the deepest parts need more than 200 degree days. The positive air temperature sum needed for the break-up of ice is less clearly dependent on the lake morphometry than the sum for the freezing. The average temperature sum for the break-up of middle-sized lakes is 100...160 degree days.

The break-up date has become earlier and the freezing date later at many observation sites during the last few decades. The trends are statistically significant mainly in those sites which have records at least since the late 19<sup>th</sup> century. Trends of series that started later were in most cases not statistically significant. In the longest series that started in the late 19<sup>th</sup> century, the ice break-up has moved 6...9 days earlier in hundred years. The freezing has been delayed since the late 19<sup>th</sup> century, in most cases by 0...8 days per century. Also the duration of ice cover



has significantly shortened at sites with the longest records. Not all of the longest freezing and duration of ice cover trends are statistically significant. The trends of break up are stronger, because the variation of break-up date is smaller than that of the freezing date. The large variation of freezing dates hides the trends of freezing. There were no statistically significant trends found in northern Lapland but the time series from this part of the country are still relatively short.

Both decreasing and increasing trends can be found in the maximum ice thickness time series. At about half of the sites the trends are statistically significant. The maximum thicknesses have mostly increased in eastern and northern Finland and decreased in southern Finland. The series with records since the 1960s had a significant trend of 2...3 cm per ten years, for longer series the trend was mainly 1...2 cm per ten years. The time series of snow ice and snow thickness are rather short, about twenty years, thus no long-term analysis can be done. In the 1980s there was much snow and snow ice in southern and central Finland. Thus the snow ice thickness has in most cases decreased from the 1980s to the year 2000 in southern and central Finland. In northern Finland, the snow ice thickness has increased in some places during the twenty year period.

Climate change will affect the ice conditions in Finland. Ice break-up will occur earlier, freezing will occur later and the ice cover period will be shorter. The effects on the ice conditions will be stronger in the south than in the north. The effects of climate change on the maximum ice thickness will not be so simple. Ice thickness depends on both temperature conditions and snowfall. Increased snowfall could increase snow ice and this way also increase total ice thickness. Probably the maximum ice thickness will decrease in the south but in the north it might increase with increased snowfall.



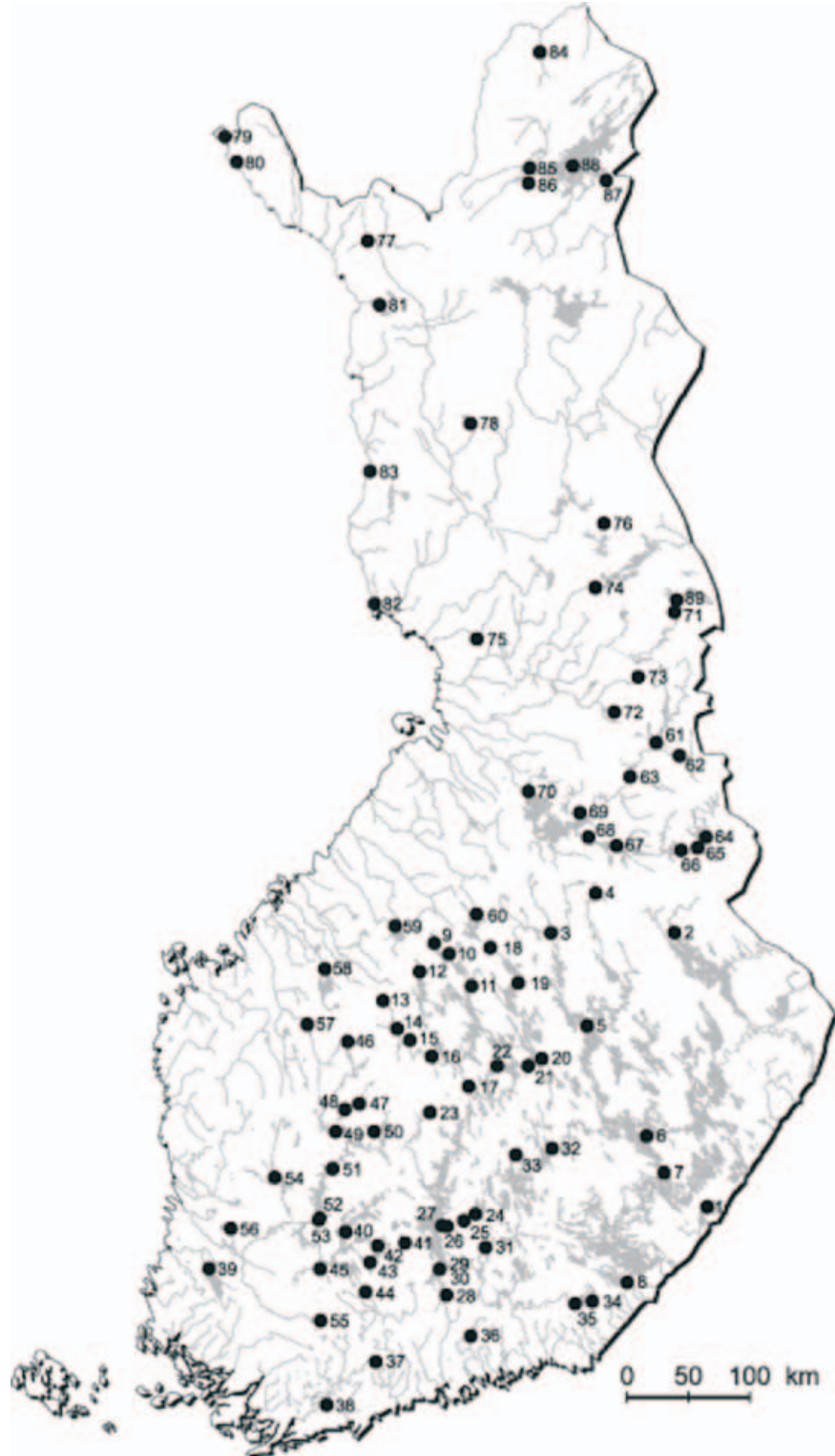
# Lähteet

- Adams, W. P. 1981. Snow and ice on lakes. Julk.: Gray, D. M. & Male, D. H (eds.). Handbook of snow and Ice: Principles, Processes, Management and Use. Pergamon, Toronto. P. 437-474. ISBN 0-08-025375-1.
- Anderson, W. L., Robertson D. M. & Magnuson, J. J. 1996. Evidence of recent warming and El Niño- related variations in ice break-up of Wisconsin lakes. *Limnology and Oceanography* 41 (5):815-821.
- Assel, R. A. & Robertson, D.M. 1995. Changes in winter air temperatures near Lake Michigan, 1851-1993, as determined from regional lake-ice records. *Limnology and Oceanography* 40(1):165-176.
- Beltaos, S. 1984. Study of river ice breakup using hydrometric station records. Proceedings of 3<sup>rd</sup> Workshop on Hydraulics of River Ice, Fredericton, N.B., Canada. P. 41-59.
- Bengtsson, L. 1986. Spatial variability of lake ice covers. *Geografiska Annaler: Series A*, 68(1-2):113-121.
- Blenckner, T. & Chen, D. 2003. Comparison of the impact of regional and North Atlantic atmospheric circulation on an aquatic ecosystem. *Climate Research* 23(2):131-136.
- Chen, D. & Hellström, C. 1999. The influence of the North Atlantic Oscillation on the regional temperature variability in Sweden: spatial and temporal variations. *Tellus: Series A*, 51(4):505-516.
- Duguay, C. R., Pultz, T. J., Lafleur, P. M. & Dray, D. 2002. RADARSAT backscatter characteristics of ice growing on shallow sub-Arctic lakes, Churchill, Manitoba, Canada. *Hydrological Processes* 16 (8):1631-1644.
- Eklund, A. 1998. Istjocklek på sjöar: en statistisk bearbetning av SMHIs mätningar. Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut, Nörrköping. SMHI Hydrologi Nr 76. 28 s. ISSN 0282-7722.
- Eklund, A. 1999. Isläggning och is lossning på sjöar. Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut, Nörrköping. SMHI Hydrologi Nr 81. 24 s. ISSN 0283-7722.
- Elo, A.-R. 1998. A sensitivity analysis of a temperature model of a lake examining components of the heat balance. *Geophysica* 30(1-2):79-92.
- Elo, A.-R. & Vavrus, S. 2000. Ice modelling calculations, comparison of models PROBE and LIMNOS. *Verhandlungen International Vereinigung für Limnologie* 27(5):2816-2819.
- Fang, X., Ellis, C. R. & Stefan, H. G. 1996. Simulation and observation of ice formation (freeze-over) in a lake. *Cold Regions Science and Technology* 24 (2):129-145.
- Fang, X. & Stefan, H. G. 1996. Long-term water temperature and ice cover simulations/measurements. *Cold Regions Science and Technology* 24(3):289-304.
- Fang, X. & Stefan, H. G. 1998. Potential climate warming effects on ice covers of small lakes in the contiguous U.S. *Cold Regions Science and Technology* 27(2):119-140.
- Frisk, T., Bilaletdin, Ä., Huttula, T., Saura, M., Peltonen, A. & Kallio, K. 1994. Modeling the effects of climate change on lakes. Julk.: Kanninen, M. & Heikinheimo, P. (eds.). The Finnish research programme on climate change: Second progress report. Painatuskeskus, Helsinki. P. 122-127. ISBN 951-37-1413-6.
- Gu, R. & Stefan R. G. 1990. Year-round temperature simulation of cold climate lakes. *Cold Regions Science and Technology* 18(2):147-160.
- Harleman, D. R. F. 1986. Hydrothermal modeling of reservoirs in cold regions: status and research needs. Julk.: Kane, D. L. (ed.). Proceedings of Cold Regions Hydrology Symposium, American Water resources Association. P. 39-49.
- Hartley, S. & Keables, M. J. 1998. Synoptic associations of winter climate and snowfall variability in New England, USA. *International Journal of Climatology* 18(3):281-298.
- Henneman, H. E. & Stefan, H. G. 1999. Albedo models for snow and ice on a freshwater lake. *Cold Regions Science and Technology* 29(1):31-48.
- Hurrell, J. W. 1995. Decadal trends in the North Atlantic Oscillation: regional temperatures and precipitation. *Science* 269(5224):676-679.
- Hurrell, J. W. & Van Loon, H. 1997. Decadal variations in climate associated with the North Atlantic oscillation. *Climatic Change* 36(3-4):301-326.
- Huttula, T., Peltonen, A., Bilaletdin, Ä. & Saura, M. 1992. The effect of climatic change on lake ice and water temperature. *Aqua Fennica* 22(2):120-142.

- Hyvärinen, V. 1988. A case study of whirl ice-holes. Julk.: Laasanen, O. & Forsius, J. (eds.). Proceedings of the Nordic Expert Meeting on River Ice. Espoo, Finland 2-4 November 1987. The Coordinating Committee for Hydrology in Norden (KOHYNO). NHP Report No 21. P. 191-193. ISBN 951-715-210-8.
- Hyvärinen, V. 1997. Suomi on muuttunut sateisemmaksi ja suuri osa lumisemmaksi. *Vesitalous* 38(2):17-22.
- Hyvärinen, V. 2003. Trends and Characteristics of Hydrological Time Series in Finland. *Nordic Hydrology* 34 (1/2):71-90.
- Jevreva, S. 2002. Association Between Ice Conditions an the Baltic Sea along the Estonian Coast and the North Atlantic Oscillation. *Nordic Hydrology* 33(4):319-330.
- Jevreva, S. & Leppäranta, M. 2002. Ice conditions along the Estonian coast in a statistical view. *Nordic Hydrology* 33(2/3):241-262.
- Johansson, O. V. 1932. Isförhållandena vid Uleåborg och Torne älv. Bidrag till kännedom af Finlands natur och folk. Utgufna af Finska Vetenskap-Societen H. 84: Nro 3. Helsinki. 44 s.
- Jylhä, K., Tuomenvirta, H. & Ruosteenoja, K. 2004. Climate change projections for Finland during the 21st century. *Boreal Environmental Research* 9(2):127-152.
- Kajander, J. 1995. Cryophenological records from Tornio. *Vesi- ja ympäristöhallitus*, Helsinki. *Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja* 552. 189 s. ISBN 951-47-8257-7.
- Klingbjör, P. & Moberg, A. 2003. A composite monthly temperature record from Tornedalen in Northern Sweden, 1802-2002. *International Journal of Climatology* 23(12):1465-1494.
- Korhonen, J. 2002. Suomen vesistöjen lämpötilat 1900-luvulla. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Suomen ympäristö 566. 116 s. ISBN 952-11-1194-1.
- Kuusisto, E. & Laasanen, O. 1980. Jäänpaksuuden ja lämpötilan vaihteluista järvissä talvella. *Vesitalous* 21(3): 25-28.
- Kuusisto, E. 1981. Suomen vesistöjen lämpötilat kaudella 1961-1975. *Vesihallitus*, Helsinki. *Vesitutkimuslaitoksen julkaisuja* 44. 40 s. ISBN 951-46-6068-4.
- Kuusisto, E. 1984. Snow accumulation and snowmelt in Finland. *Vesihallitus*, Helsinki. *Vesitutkimuslaitoksen julkaisuja* 55. 149 s. ISBN 951-46-7494-4.
- Kuusisto, E. 1987. An analysis of the longest ice observation series made on Finnish lakes. *Aqua Fennica* 17 (2):123-132.
- Kuusisto, E. 1993. Lake ice observations in Finland in the 19th and 20th century: any message for the 21st? Julk.: Barry, R. G., Goodison, B. E. & LeDrew E. F. (eds.). *Snow watch '92: detection strategies for snow and ice*. World Data Center A for Glaciology, Boulder. Report GD-25. P. 57-65.
- Kuusisto, E. 1994. The thickness and volume of lake ice in Finland in 1961-90. Julk.: *Publications of the Water and Environment Research Institute* 17. National Board of Waters and the Environment, Helsinki. P. 27-36. ISBN 951-47-9749-3.
- Kuusisto, E., Kauppi, L & Heikinheimo, P. (toim.). 1996. *Ilmastonmuutos ja Suomi*. Yliopistopaino, Helsinki. 265 s. ISBN 951-570-296-8.
- Kuusisto, E. & Elo, A.-R. 2000. Lake ice variables as climate indicators in northern Europe. *Verhandlungen International vereinigung für Limnologie* 27(5):2761-2764.
- Laasanen, O. 1982. Vesistöjen jäätymis-, jäänlähtö-, jäänpaksuus- ja pintaveden lämpötilatlastoja. *Vesihallitus*, Helsinki. *Vesitutkimuslaitoksen julkaisuja* 47. 67 s. ISBN 951-46-6720-7.
- Launiainen, J. & Cheng, B. 1998. Modeling of ice thermodynamics in natural water bodies. *Cold regions Science and Technology* 27(3):153-178.
- Lemmelä, R. & Kuusisto, E. 1975. Ice conditions in Finland. *Aqua Fennica* 5(1): 41-54.
- Leppäranta, M. 1983. A growth model for black ice, snow ice and snow ice thickness in Subarctic basins. *Nordic Hydrology* 14(2):59-70.
- Leppäranta, M. 1993. A review of analytical models of sea-ice growth. *Atmosphere Ocean* 31(1):123-138.
- Leppäranta, M. 1996. Lumen ja jään geofysiikka. Helsingin yliopisto, Geofysiikan laitos. *Opetusmoniste*. 126 s.
- Livingstone, D. M. 1997. Break-up dates of alpine lakes as proxy data for local and regional mean surface air temperatures. *Climatic Change* 37(2):407-439.
- Livingstone, D. M. 1999. Ice break-up on southern Lake Baikal and its relationship to local and regional air temperatures in Siberia and to the North Atlantic Oscillation. *Limnology and Oceanography* 44(6):1486-1497.

- Livingstone, D. M. 2000. Large-scale climatic forcing detected in historical observations of lake ice break-up. *Verhandlungen International vereinigung für Limnologie* 27(5):2775–2783.
- Lozowski, E. P., Jones, S. J. & Hill, B. 1991. Laboratory measurements of growth in thin ice and flooded ice. *Cold Regions Science and Technology* 20(1):25-37.
- Magnuson, J. J., Robertson, D. M., Benson, B. J., Wynne, R. H., Livingstone, D. M., Arai, T., Assel, R. A., Barry, R. G., Card, V., Kuusisto, E., Granin, N., Prowse, T. D., Stewart, K. M. & Vuglinski, V. S. 2000. Historical trends in lake and river ice cover in the Northern Hemisphere. *Science* 289(5485):1743-1746.
- Maslanik, J. A. & Barry, R. G. 1987. Lake ice formation and break-up as an indicator of climate change: potential for monitoring using remote sensing techniques. *Julk.: Solomon, S. I., Beran, M. & Hoggs, W. (eds.). The influence of climate change and climatic variability on the hydrologic regime and water resources. IAHS Publication No.168. P. 153-161.*
- Merentutkimuslaitos. 2004. Jääpalvelu seuraa jäättilannetta satelliittikuvien avulla. <http://www.fimr.fi/fi/tutkimus/menetelmat/kaukokartoitus.html> [WWW, viitattu 10.12.2004.]
- Mustonen, S. (toim.). 1986. Sovellettu hydrologia. Vesiyhdistys r.y., Helsinki. 503 s. ISBN 951-95555-1-X.
- Palecki, M. A. & Barry, R. G. 1986. Freeze-up and break-up of lakes as an index of temperature changes during the transition seasons: a case study in Finland. *Journal of Climate and Applied Meteorology* 25(7):893-902.
- Petrenko, V. F. & Whitworth, R. W. 1999. *Physics of ice*. Oxford University Press, Oxford. 373 p. ISBN 0-19-851895-1.
- Ruostenoja, K. 1986. The date of break-up of lake as a climatic index. *Geophysica* 22(1-2):89-99.
- Shulyakovskii, L. G. (ed.). 1966. *Manual of forecasting ice-formation for rivers and inland lakes*. Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem. 245 p.
- Simojoki, H. 1940. Über Die Eisverhältnisse Der Binnenseen Finnlands. *Suomalaisen Tiedeakatemian toimituksia, Sarja A, Nid. LII, Nro 6*. Helsinki. 194 s.
- Simojoki, H. 1959. Kallaveden pitkä jäähavaintosarja. *Terra* 71(3):156-161.
- Solantie, R. 1983. Järvien jäätymisajankohdan riippuvuus niiden keskisyvyydestä, pinta-alasta ja pakkassummasta. *Vesitalous* 24(1):25-28.
- Stefan, H. G. & Fang, X. 1997. Simulated climate change effects on ice and snow covers on lakes in a temperate region. *Cold Regions Science and Technology* 25(2):137-152.
- Stefan, J. 1891. Über die Theorie der Eisbildung, insbesondere über Eisbildung im Polarmeere. *Annalen der Physik* 42(2):269–286.
- Tuomenvirta, H. 2004. Reliable estimation of climatic variations in Finland. *Finnish Meteorological Institute, Helsinki. Finnish Meteorological Institute Contributions No. 43. 80 p. + 78 p. appendix. ISBN 951-697-589-5.*
- Vavrus, S. J., Wynne, R. H. & Foley, J. A. 1996. Measuring the sensitivity of Southern Wisconsin Lake ice to climate variations and lake depth using a numerical model. *Limnology and Oceanography* 41(5):822-831.
- Virta, J., Elo, A.-R. & Pulkkinen, K. 1996. Effects of climate change on the temperature conditions of a lake. *Julk.: Roos, J. P. (ed.) The Finnish research programme on climate change: Final report. Edita, Helsinki. Publications of the Academy of Finland 4/96. P. 185-189. ISBN 951-37-1961-8.*
- Williams, G. P. 1971. Predicting the date of lake ice break-up. *Water Resources Research* 7(2):323-333.
- Wynne, R. H., Magnuson, J. J., Clayton, M. K., Lillesand, T. M. & Rodman, D. C. 1996. Determinants of temporal coherence in the satellite-derived 1987-1994 ice breakup dates of lakes on the Laurentian Shield. *Limnology and Oceanography* 41(5):832-838.
- Yoo, J. & D'Odorico, P. 2002. Trends and fluctuations in the dates of ice break-up of lakes in Northern Europe: the effect of the North Atlantic Oscillation. *Journal of Hydrology* 268(1):100-112.

Liite 1. Kartta ja taulukko tässä työssä käsitellyistä havaintopaikoista, -ajoista ja niiden erityispiirteistä.  
 Appendix 1. A map and table of observation sites, periods and characteristics. Only in Finnish.



### 1. Simpelejärvi 3:1, jäänpaksuusasema 03011

Havaintopaikka sijaitsee Särkisalmella, Parikkalan kunnassa Etelä-Karjalassa. Järven kokonaispinta-ala on 91 km<sup>2</sup>. Havaintopaikka (vedenkorkeusasteikko) sijaitsee salmessa. Jäätymis- ja jäänlähtötiedoissa on havaittu sekä läheisen pienemmän Lemmikonselän ja kaukaisemman isomman Kirkkoselän jäätymisiä ja jäänlähtöjä. Kaikista päivämääristä ei ole varmuutta kumpaan aluetta tarkoitetaan. Jäätymis- ja jäänlähtöhavainnot on olemassa vuodesta 1913 lähtien. Havaintovuosista ei puutu kuin jäänlähtö vuodelta 1924. Jäänpaksuushavainnot on rekisterissä vasta talvesta 1960-1961 alkaen, vaikka havainnot alkoivat 1913 (Laasanen 1982; Kuusisto 1994). Jäähavainnot jatkuvat edelleen.

### 2. Pielinen, Nurmes 4:14a, jäänpaksuusasema 04401

Havaintopaikka sijaitsee Nurmeksessa Pohjois-Karjalassa. Pielisen kokonaisala on noin 870 km<sup>2</sup>. Jäänpaksuuden havaintopaikka on Pielisen pohjoispäässä sijaitsevassa lahdessa, Nurmeksen satamassa Jäätymis- ja jäänlähtötiedoissa on epäluotettavuutta, sillä tietoja on Pielisen lisäksi pieneltä Nurmesjärveltä Nurmeksen toiselta puolen. Pielisen ja Nurmesjärven jäätymisissä ja jäänlähdöissä on jonkin verran eroa, ja kaikilta vuosilta ei ole varmuutta mitä aluetta havainnot koskevat. Asteikon näköpiiri käsittää lähinnä Nurmeksen sataman alueen pohjoislahden. Jäätymis- ja jäänlähtöhavainnot on olemassa vuodesta 1885 lähtien, havainnot puuttuu kuitenkin noin pariltakymmeneltä vuodelta noin välillä 1890-1910. Jäänpaksuushavainnot on talvesta 1962-1963 lähtien, vaikka havainnot on olemassa vuodesta 1945 alkaen (Laasanen 1982). Jäähavainnot jatkuvat edelleen.

### 3. Porovesi, Iisalmi 4:61

Havaintopaikka sijaitsee Iisalmen keskustassa Pohjois-Savossa. Poroveden kokonaisala on noin 22 km<sup>2</sup>. Havaintopaikalta on olemassa jäätymis- ja jäänlähtöhavainnot vuodelta 1880-1890-luvulta muutamilta vuosilta sekä vuodelta 1917 ja sen jälkeen 1927 alkaen, havainnoissa on kuitenkin aukko välillä 1944-1960. Havaintopaikan näköpiiri kattaa Iisalmen edustalla olevan Poroveden. Jäätymis- ja jäänlähtöhavainnot jatkuvat edelleen.

### 4. Laakajärvi 4:67

Havaintopaikka sijaitsee Pohjois-Savon ja Kainuun rajalla Sonkajärven ja Sotkamon kunnassa. Laakajärvi on pinta-alaltaan 35 km<sup>2</sup> ja järvi on säännöstelty. Jäätymis- ja jäänlähtöhavainnot on olemassa vuodesta 1961 talveen 1996-1997 asti. Vaikka järvi on säännöstelty, kuvaavat jäätymis- ja jäänlähtöpäivät aluetta melko hyvin pienten järvien osalta. Näköpiiri kattaa järven keskiosan.

### 5. Kallavesi, Kuopio 4:79b

Kallavesi sijaitsee Pohjois-Savossa, Kuopion kaupungin ympärillä. Kallaveden (Iso-Kalla) kokonaispinta-ala on noin 898 km<sup>2</sup>. Jäätymisen ja jäänlähdön havaintopaikka (vedenkorkeusasteikko) sijaitsee Kuopissa Itkonniemellä. Havaintopaikan näköpiiri kattaa Kuopion matkustajasataman edustalla olevan Kallaveden. Aikaisemmin havaintopaikka sijaitsi Kuopion pohjoisreunalla Päivärannassa Kallan siltojen läheisyydessä (vuoteen 1962 saakka). Vanhimmat jäätymis- ja jäänlähtöhavainnot ovat kuitenkin peräisin Satamatoimiston kirjanpidoista. Vanhimmista päivämääristä ei ole varmuutta koskeeko kyseinen jäätymisen tai jäänlähtö sataman näköpiiriä vai Ollinselkää. Satamatoimistossa jäänlähtöjä on havaittu vuodesta 1822 alkaen, jäätymisiä taas syksystä 1833 alkaen. Satamatoimiston ja 'SYKEN' havain-



noissa on hieman eroja, pääosin erot ovat kuitenkin vian muutamia päiviä. Havaintosarjassa ei ole aukkoja. Vaikka Kallavettä säännöstellään, ei sen vaikutukset näy jäätymis- ja jäänlätöhavainnoissa Kuopiossa, vaan jäähavaintojen osalta järveä voidaan pitää luonnontilaisena. Kallaveden jäähavainnot jatkuvat edelleen.

#### **6. Haukivesi, Oravi 4:102, jäänpaksuusasema 04202**

Havaintopaikka sijaitsee Oravin kanavan kupeessa Savonlinnan alueella. Haukiveden pinta-ala on 560 km<sup>2</sup> ja se kuuluu Suur-Saimaaseen. Havaintopaikan näköpiiri kattaa Oravin kanava läheisen Haukiveden. Kanava saattaa vaikuttaa hieman alueen jääoloihin. Jäätymis- ja jäänlätöhavaintoja on vuodesta 1885 alkaen, joitakin vuosia puuttuu etenkin 1920-luvulta. Havainnot jatkuvat edelleen. Jäänpaksuushavaintoja on rekisterissä vuodesta 1961 alkaen, vaikka havaintoja on olemassa vuodesta 1950 alkaen (Laasanen 1982). Havainnot puuttuvat vuosilta 1978-1994, mutta jatkuvat edelleen.

#### **7. Pihlajavesi, Savonlinna 4:105a, jäänpaksuusasema 04102**

Havaintopaikka sijaitsee Savonlinnassa Pihlajaniemellä. Pihlajavesi kuuluu myös Suur-Saimaaseen, sen pinta-ala on 713 km<sup>2</sup>. Havaintopaikka kattaa Pihlajaveden Savonlinnan eteläpuolella. Jäätymistä ja jäänlätöhavaintoja on havainnointi talvesta 1911-1912 alkaen. Havainnoissa on aukko vuosina 1943-1946. Havainnonteko loppui vuonna 1999 vedenkorkeusmittausten automatisoitua ja jäänpaksuusmittausten loputtua. Jäätymis- ja jäänlätöhavainnot pyritään käynnistämään uudelleen. Jäänpaksuuden havaintoja on rekisterissä jaksolta 1961-1999. Laasanen (1982) mukaan jäänpaksuushavainnot alkoivat 1951.

#### **8. Saimaa, Lauritsala 4:112a, jäänpaksuusasema 04101**

Havaintopaikka sijaitsee Lauritsalassa, Saimaan kanava kupeessa. Saimaa on pinta-alaltaan Suomen suurin järvi, 1377 km<sup>2</sup> (Suur-Saimaa 4377 km<sup>2</sup>). Jäätymis- ja jäänlätötietoja on olemassa vuodesta 1885 alkaen, puuttuvia vuosia on pari. Saimaan jäähavainnoissa on myös osittain epäselvää, koskevatko havainnot itse kanavaa vai Lauritsalan aseman näköpiiriä vai jopa koko Saimaata. Jäänpaksuushavainnot alkoivat vuonna 1917. Jäänpaksuushavainnot ovat kuitenkin epäilyttävän suuria havaintojakson alkuvuosilta. Kanavan vaikutus on voinut vaikuttaa jonkin verran jäämittauksiin, etenkin jos väylää on pidetty auki luonnollista tilaa kauemmin. Jäähavainnot jatkuvat edelleen Lauritsalassa.

#### **9. Muurasjärvi 14:1, jäänpaksuusasema 14401**

Muurasjärvi sijaitsee Kymijoen vesistön latvoilla, Pihtiputaalla. Muurasjärven pinta-ala on 21 km<sup>2</sup> ja keskisyvyys 9 metriä. Havaintopaikka sijaitsee järven eteläpäässä, ja havaintopaikan näköpiiri kattaa järven eteläpäätä. Järveltä on jäätymis- ja jäänlätöhavaintoja talvesta 1909-1910 alkaen, jatkuen edelleen. Jäänpaksuushavainnot alkoivat vuonna 1910, muutamia vuosia puuttuu 1940-luvun alusta. Jäänpaksuushavainnot loppuivat Muurasjärvellä vuonna 1999, mutta ne on aloitettu jälleen uudelleen vuonna 2003.

#### **10. Saanjärvi 14:3, jäänpaksuusasema 14402**

Saanjärvi sijaitsee Muurasjärven läheisyydessä Pihtiputaalla. Järvi on pinta-alaltaan 13 km<sup>2</sup> ja hyvin matala, keskisyvyys alle 2 metriä. Havaintopaikka sijaitsee Saaninkylässä järven lounaislaidalla. Havaintopaikan näköpiiri kattaa lähes koko järven, ja koska kyseessä on matala ja pieni järvi, jäätyminen ja jäänlätöhavainnot tapahtuvat

nee lähes saman aikaisesti kaikkialla. Saanijärveltä jäätymis- ja jäänlätöhavaintoja on olemassa syksystä 1909 lähtien, havaintoja puuttuu 1930-luvulta muutamilta vuosilta. Jäänpaksuushavaintoja on rekisterissä vuodesta 1961 lähtien, vaikka havaintoja on vuodesta 1940 alkaen (Laasanen 1982). Jäähavainnot jatkuvat edelleen.

### 11. Kolima 14:5

Kolima sijaitsee Keski-Suomessa Viitasaarella. Järvi on pinta-alaltaan 101 km<sup>2</sup> ja keskisyvydeltään hieman alle 9 metriä. Havaintopaikka (vedenkorkeusasteikko) on järven eteläpäässä luusuassa. Havaintopaikan sijainti ei ole ihanteellinen jääpeitteen havainnointiin luusuan virtausten vuoksi, sen näköpiiri kattaa lähinnä vain Koskilahden. Jäätymis- ja jäänlätöhavaintoja on olemassa talvesta 1909-1910 alkaen. Havaintoja puuttuu vuosilta 1923-1936, sekä jäätymisen osalta 1946-1947 ja muutamilta vuosilta 1970-luvun alusta. Havainnot jatkuvat edelleen.

### 12. Kivijärvi, Saarenkylä 14:7, jäänpaksuusasema 14403

Kivijärvi sijaitsee Keski-Suomessa, sen pinta-ala on 154 km<sup>2</sup> ja keskisyvyys 8,5 metriä. Havaintopaikka on Saarenkylän läheisyydessä. Havaintopaikka (vedenkorkeusasteikko) sijaitsee salmessa, joka erottaa Kotkaselän ja Rutaselän. Jäätymis- ja jäänlätöhavainnot koskevat yleensä Kotkaselkää eli järven pohjoisinta osaa. Salmen virtausten vuoksi havaintopaikka ei ole hyvin edustava jäähavaintoihin, virtaukset tosin eivät tällä latvajärvellä ole kovin suuria talvella. Yhtenäisiä jäätymis- ja jäänlätöhavaintoja on vuodesta 1912 asti. Jäänpaksuusmittauksia on vuodesta 1961 alkaen, puuttuvia vuosia 1972 ja 1982. Salmen läheisyyden vuoksi jäänpaksuudet ovat ehkä ohuempia kuin alueella yleensä. Jäähavainnot jatkuvat edelleen.

### 13. Kyyjärvi 14:14

Kyyjärvi sijaitsee Suomenselällä Kymijoen valuma-alueen latvoilla. Järven pinta-ala on 16 km<sup>2</sup> ja keskisyvyys n. 1,5 metriä. Havaintopaikka (vedenkorkeusasteikko) sijaitsee järven länsirannalla Nopolanjoen suulla. Havaintopaikan edustalla on Lintuselkä, joka on järven syvin kohta. Laskujoki voi vaikuttaa hieman jääoloihin asteikon läheisyydessä. Jäätymis- ja jäänlätöhavaintoja on talvesta 1909-1910 alkaen, havainnot puuttuvat vuosilta 1933-1960. Havainnot loppuivat vuonna 1998, mutta on aloitettu uudelleen.

### 14. Pääjärvi, Karstula 14:15, jäänpaksuusasema 14601

Pääjärvi sijaitsee Karstulassa Suomenselällä. Järven pinta-ala on 30 km<sup>2</sup> ja keskisyvyys 3,8 metriä. Havaintopaikka sijaitsee järven eteläosassa, Etu-Vetkan ja Taka-Vetkan välillä. Näköpiiri kattaa Pääjärven Karstulan keskustan eteläpuolella. Jäätymis- ja jäänlätöhavaintoja on vuodesta 1911-1912 alkaen. Jäänpaksuushavainnot alkoivat vuonna 1914, havainnoissa on puutteita jonkin verran 1920-1940-luvuilla. Jäähavainnot jatkuvat edelleen.

### 15. Kalmarinselkä 14:17

Kalmarinselkä sijaitsee Saarijärvellä Keski-Suomessa, noin 12 km Pääjärven havaintopaikalta kaakkoon. Järvi on pinta-alaltaan vain 7 km<sup>2</sup> ja keskisyvyys 5,7 metriä. Havaintopaikka (vedenkorkeusasteikko) sijaitsee Mäntyniemessä ja näköpiiri kattaa järven keskiosan. Jäätymis- ja jäänlätöhavaintoja on talvesta 1909-1910 ja havainnot jatkuvat edelleen.



**16. Summasjärvi (Summanen) 14:19**

Summanen sijaitsee Saarijärven kaupungin eteläpuolella. Järvi on pinta-alaltaan 22 km<sup>2</sup> ja keskisyvyys 6,8 metriä. Havaintopaikka sijaitsee järven pohjoispäässä, ja sen näköpiiri kattaa lähinnä järven pohjoisimman lahden. Järveltä on olemassa jatkuvia jäätymis- ja jäänlätöhavaintoja 1910-1911 lähtien. Havainnot jatkuvat edelleen.

**17. Vatianjärvi 14:23**

Vatianjärvi sijaitsee Laukaalla Keski-Suomessa. Järven pinta-ala on 6 km<sup>2</sup> ja keskisyvyys 4 metriä. Havaintopaikka sijaitsee järven eteläpäässä ja näköpiiri kattaa vain järven eteläpään. Vedenkorkeusasteikko siirtyi vuonna 2003 lähelle Kuusaankoskea, jossa virtaukset voivat vaikuttaa näköpiirin jääoloihin. Jäätymis- ja jäänlätötietoja on olemassa talvesta 1908-1909 lähtien, muutamia yksittäisiä vuosia puuttuu. Havainnot jatkuivat vuoteen 2003.

**18. Koivujärvi 14:25**

Koivujärvi sijaitsee Pielaveden ja Kiuruveden alueella aivan Kymijoen vesistöalueen latvoilla. Järven pinta-ala on 26 km<sup>2</sup>. Havaintopaikan näköpiiri koskee lähinnä vain Koivujärven lounaisosan Pieniveden aluetta. Jäätymis- ja jäänlätöhavaintoja on jaksolta 1910-1995. Jäähavainnot päättyivät vedenkorkeusaseman automatisoiduttua.

**19. Pielavesi, Säviä 14:27 (a), jäänpaksuusasema 14702**

Havaintopaikka sijaitsee Pielaveden Säviällä, järven eteläpäässä. Pielaveden pinta-ala on 110 km<sup>2</sup>. Jatkuvia jäätymis- ja jäänlätöhavaintoja on olemassa vuodesta 1891 alkaen, muutamia yksittäisiä vuosia puuttuu. Havaintopaikan näköpiiri käsittää lähinnä järven eteläosan, Murtoselän. Asteikko 14:27 oli käytössä vuoteen 1941 saakka. Uuden asteikon paikka ei kuitenkaan muuttunut merkittävästi vanhasta. Jäänpaksuusmittaukset alkoivat 1912, mutta havainnot puuttuvat pääosin vuosilta 1930-1960, sekä 1970-luvun alusta. Kanavan virtaukset voivat vaikuttaa näköpiirin jääoloihin. Jäähavainnot jatkuvat edelleen.

**20. Iisvesi 14:33, jäänpaksuusasema 14703**

Iisvesi sijaitsee Pohjois-Savossa Suonenjoella. Järven pinta-ala on 165 km<sup>2</sup>. Havaintopaikka sijaitsee järven eteläpäässä, jonne Suonenjoki laskee. Havaintopaikan näköpiiri kattaa vain Iisveden eteläpäisen lahden. Jatkuvia jäätymis-, jäänlätö- ja jäänpaksuushavaintoja on vuodesta 1912. Havainnot jatkuvat edelleen.

**21. Hankavesi, Rautalampi 14:36, jäänpaksuusasema 14701**

Hankavesi sijaitsee Rautalammella Pohjois-Savossa. Järven pinta-ala on 18 km<sup>2</sup> ja keskisyvyys 7 metriä. Näköpiiri käsittää keskustan tuntumassa olevan pitkän ja hyvin kapean Pitkälahden, jossa syvyyttä on enimmillään kuitenkin yli 20 metriä. Jäätymis- ja jäänlätöhavaintoja on olemassa talvesta 1909-1910 ja jäänpaksuutta on mitattu jaksolla 1912-1999. Jäätymis- ja jäänlätöhavainnot jatkuvat edelleen.

**22. Konnevesi 14:39**

Konneveden havaintopaikka sijaitsee järven länsireunalla, Konneveden keskustan tuntumassa, Siikakosken lähellä. Järven pinta-ala on 189 km<sup>2</sup> ja keskisyvyys

10,7 metriä. Koski voi vaikuttaa näköpiirin jäähavaintoihin, eikä paikka kuvaa koko järven jäätyms- ja jäänlähdeoloja. Kumpakaan jäätymistä ja jäänlähdeä on havainnointi vuodesta 1913. Havainnoissa on puutteita satunnaisilta vuosilta, mutta ne jatkuvat edelleen.

### **23. Ala-Kintaus 14:49**

Ala-Kintaus sijaitsee Petäjavedellä. Järven pinta-ala on 7 km<sup>2</sup> ja keskisyvyys 5 metriä. Havaintopaikka sijaitsee järven lounaisosassa, melko lähellä järven luusuaa. Virtaukset voivat vaikuttaa havaintopaikan näköpiirin jääoloihin. Ala-Kintaukselta on jäätyms- ja jään lähdehavaintoja talvesta 1909-1910 lähtien ja havainnot jatkuvat edelleen.

### **24. Jääsjärvi, Hartola 14:57, jäänpaksuusasema 14801**

Jääsjärvi sijaitsee Hartolassa Itä-Hämeessä. Järvi on pinta-alaltaan 81 km<sup>2</sup> ja keskisyvyys on 4,6 metriä. Havaintopaikka on järven länsireunalla lähellä luusuaa, ja se näköpiiri kattaa lähinnä Kotisalonselän ja Riihisalonselän. Virtaukset voivat vaikuttaa näköpiirin jääoloihin. Havaintopaikalta on jäätyms- ja jään lähdehavaintoja talvesta 1909-1910 lähtien ja jäänpaksuus havaintoja on rekisterissä 1961 alkaen. Laasasen (1982) mukaan jäänpaksuus havainnot alkoivat vuonna 1949. Jäänpaksuus havaintoja puuttuu vuosilta 1973-1978. Jäähavainnot jatkuvat edelleen.

### **25. Joutsjärvi 14:58**

Joutsjärvi sijaitsee Sysmässä. Järven ala on 10 km<sup>2</sup>. Havaintopaikka sijaitsee järven itäosassa Salonsaarella. Havaintoja on sekä Erikkalansalmesta että Harvalanselästä. Kaikissa tapauksissa ei ole selvyttä mitä aluetta havainnot koskevat. Havaintoja on jaksolta 1909-1994, ne loppuivat vedenkorkeushavaintojen loputtua.

### **26. Päijänne, Tehi 14:60, jäänpaksuusasema 14204**

Päijänne on Suomen toiseksi suurin järvi, sen pinta-ala on 1118 km<sup>2</sup> ja keskisyvyys 16,2 metriä. Tehinselkä sijaitsee Päijänteen keskiosassa, Kuhmoisten ja Sysmän välillä. Tehinselän jäätymsiä ja jäänlähdeä on tiedossa talvesta 1955-1956 alkaen, lisäksi myös jaksolta 1913-1919. Jäänpaksuutta Tehinselältä jäänpaksuuksia on rekisterissä vuodesta 1961 alkaen, mutta havainnot alkoivat jo 1954 (Laasanen 1982). Vuosi 1994 puuttuu. Jäähavainnot jatkuvat edelleen.

### **27. Päijänne, Sysmä 14:60, jäänpaksuusasema 14206**

Havaintopaikka sijaitsee Sysmän ja Päijätsalon välisessä Luotikkaan lahdessa olevassa saarella. Havaintopaikan ympäristö on matalikko, jossa suurin syvyys on kuusi metriä. Jäätyms-, jäänlähde- ja jäänpaksuus havaintoja on olemassa talvesta 1970-1971 lähtien, vuosi 1994 puuttuu. Havainnot jatkuvat edelleen.

### **28. Vesijärvi, Lahti 14:61**

Vesijärven havaintopaikka sijaitsee Lahden venesatamassa. Järven pinta-ala on 108 km<sup>2</sup>, ja keskisyvyys 6,6 metriä. Näköpiiri kattaa Vesijärven eteläpään Lahden edustalla. Jäätyms- ja jäänlähdehavaintoja on talvesta 1908-1909 alkaen, muutamia vuosia puuttuu 1990-luvun lopulta. Havainnot jatkuvat edelleen.

**29. Vesijärvi, Vääksey 14:62 ja****30. Päijänne, Vääksey 14:63**

Vääksyn havaintopaikka sijaitsee Asikkalassa Vääksyn kanavalla. Näköpiiri käsittää vain kanavan, mutta havainnot koskevat järven näköpiiriä kanavan suulta, eli Vesijärven pohjoispäätä ja Päijänteen eteläpäätä. On kuitenkin mahdollista, että havainnoissa on sekaisin sekä kanavan että järven jäätymisiä tai sulamisia. Jatkuvia havaintoja on olemassa talvesta 1885-1886 lähtien, muutamia vuosia puuttuu 1890-luvun alusta. Havainnot loppuivat vedenkorkeushavaintojen loputtua vuonna 1999, mutta kanavalla oli pidetty kirjaa niistä. Havainnot jatkuvat edelleen.

**31. Ala-Rieveli 14:68, jäänpaksuusasema 14102**

Ala-Rieveli sijaitsee Heinolassa. Järvi on pitkulainen ja sen pinta-ala on 13 km<sup>2</sup> ja keskiyvyys 11 metriä. Havaintopaikka on järven pohjoispäässä länsirannalla ja näköpiiri käsittää järven pohjoispään. Jäätymis- ja jäänlätöhavaintoja on tehty talvesta 1912-1913 lähtien. Jäänpaksuuksia on rekisterissä 1961 lähtien, mutta havainnot alkoivat 1949 (Laasanen 1982). Jäähavainnot jatkuvat edelleen.

**32. Kyyvesi, Haukivuori 14:74, jäänpaksuusasema 14901**

Kyyvesi sijaitsee Haukivuorella. Järven ala on 128 km<sup>2</sup> ja keskiyvyys 5,4 metriä. Havaintopaikan näköpiiri kattaa Haukivuoren edustan. Jäätymis- ja jäänlätöhavaintoja on talvesta 1909-1910 lähtien. Jäänpaksuuksia on rekisterissä vuodesta 1961 lähtien, mutta havainnot alkoivat jo 1949 (Laasanen 1982). Jäänpaksuushavainnot tehdään Kanisaaren edustalla. Havainnot jatkuvat edelleen.

**33. Puula, Kangasniemi 14:75**

Puulan havaintopaikka sijaitsee Kangasniemen keskustassa järven pohjoispäässä. Järven pinta-ala on 331 km<sup>2</sup> ja keskiyvyys on 12 metriä. Näköpiiri kattaa lähinnä kaupungin edustalla olevan lahden, jossa suurin syvyys on 7 metriä. Jäätymis- ja jäänlätöhavaintoja on jaksolta 1910-1996. Havainnot loppuivat vedenkorkeushavaintojen loputtua.

**34. Ylä-Kivijärvi, Jurvala 14:88**

Ylä-Kivijärven havaintopaikka sijaitsee Luumäen Jurvalassa. Järven pinta-ala on 76 km<sup>2</sup> ja keskiyvyys on 5 metriä. Havaintopaikan näköpiiri käsittää Jurvalan edustan. Jäätymis- jäänlätöhavaintoja on talvesta 1909-1910 alkaen ja havainnot jatkuvat edelleen.

**35. Ala-Kivijärvi, Ylä-Munni 14:89**

Ala-Kivijärvi sijaitsee Luumäellä Ylä-Kivijärven länsipuolella. Pinta-ala 9 km<sup>2</sup> ja keskiyvyys vajaan 5 metriä. Havaintopaikka on järven eteläpuolella lähellä Sammallahtea. Jäätymis- jäänlätöhavaintoja on talvesta 1909-1910 alkaen, tietoja puuttuu muutamilta yksittäisiltä vuosilta. Havainnot jatkuvat edelleen.

**36. Pyhäjärvi 16:1a**

Pyhäjärven havaintopaikka sijaitsee Lapinjärven puolella, järven eteläpäässä. Järven pinta-ala on 13 km<sup>2</sup>. Havaintopaikan näköpiiri kattaa järven lounaispään. Jää-

tymis- jäänlätöhavaintoja on jaksolta 1954-1993. Havainnot loppuivat vedenkorkeushavaintojen automatisoiduttua.

### 37. Sääksjärvi 23:3a

Sääksjärven havaintopaikka sijaitsee Nurmijärvellä Geofysiikan observatorion kuppeessa. Järven pinta-ala on 2,6 km<sup>2</sup>. Koska järvi on niin pieni, näköpiiri kattaa lähes koko järven. Jäätymis- jäänlätöhavaintoja on talvesta 1959-1960 alkaen ja havainnot päättyivät vedenkorkeushavaintojen loputtua 1998. Observatoriolla oli havaittu kuitenkin jäänlätöjä sen jälkeenkin ja nyt havainnot on käynnistetty uudelleen.

### 38. Lohjanjärvi, Virkkala 23:9

Lohjanjärven havaintopaikka sijaitsee Lohjan Virkkalassa. Järven pinta-ala on 88 km<sup>2</sup> ja keskisyvyys on 12,7 metriä. Havaintopaikan näköpiiri käsittää Virkkalan edustalla olevan lahden. Jäätymis- ja jäänlätöhavaintoja on jaksolta 1911-1994.

### 39. Pyhäjärvi, Kauttua 34:1

Säkylän Pyhäjärven havaintopaikka sijaitsee järven pohjoispäässä, lähellä järven luusuaa. Järven pinta-ala on 155 km<sup>2</sup> ja keskisyvyys on 5,5 metriä. Havaintopaikan näköpiiri kattaa vain järven pohjoisimman lahden luusuan suulla. Yhtenäisiä jäätymis- jäänlätöhavaintoja on talvesta 1957-1958 alkaen ja havainnot jatkuvat edelleen. Havaintoja puuttuu muutamilta yksittäisiltä vuosilta.

### 40. Längelmävesi, Kaivanto 35:6

Längelmäveden havaintopaikka sijaitsee Kaivannossa. Järven pinta-ala on 133 km<sup>2</sup>. Havaintopaikka sijaitsee Kaivannon kanavan läheisyydessä, Längelmäveden eteläpäässä. Havaintopaikan näköpiiri kattaa järven eteläisimmän lahden kanavan edustalla. Jäätymis- ja jäänlätöhavaintoja on talvesta alkaen 1911-1912 ja havainnot jatkuvat edelleen.

### 41. Vesijako 35:10

Vesijako sijaitsee Padasjoella. Järven pinta-ala on 16 km<sup>2</sup> ja keskisyvyys on 7 metriä. Havaintopaikka sijaitsee järven eteläpäässä ja sen näköpiiri kattaa eteläisen lahden. Jäätymis- jäänlätöhavaintoja on talvesta 1910-1911 alkaen ja havainnot päättyivät 1999 vedenkorkeushavaintojen automatisoiduttua.

### 42. Kukkia, Puutikkala 35:12, jäänpaksuusasema 35702

Kukkia sijaitsee Luopioisissa Hämeessä. Järven pinta-ala on 43 km<sup>2</sup>. Havaintopaikka sijaitsee järven länsireunalla ja sen näköpiiri yltää noin Iso-Vekunan saareen saakka. Jäätymis- jäänlätöhavaintoja on talvesta 1911-1912 alkaen ja havainnot jatkuvat edelleen. Jäänpaksuushavaintoja on olemassa rekisterissä vuosilta 1961-1999, mutta havainnot alkoivat jo 1949 (Laasanen 1982).

### 43. Iso-Roinevesi, W-ranta 35:13

Iso-Roinevesi sijaitsee Hauholla. Järven pinta-ala on 31 km<sup>2</sup> ja keskisyvyys on reilut 7 metriä. Havaintopaikka sijaitsee Iso-Roineen ja Hauhonselän välisessä salmessa, ja näin ollen paikka ei ole kovin edustava jääpeitteen havainnointiin mahdollisten virtausten takia. Jäätymis- jäänlätöhavaintoja on talvesta 1910-1911 al-

kaen ja havainnot päättyivät 1999 vedenkorkeushavaintojen automatisoituessa. Havainnoissa on puutteita satunnaisilta vuosilta.

#### **44. Vanajavesi, Hämeenlinna 35:25**

Vanajavesi sijaitsee Hämeenlinnan ja Valkeakosken välillä. Järven kokonaispinta-ala on 120 km<sup>2</sup> ja keskisyvyys on 7,9 metriä. Havaintopaikka (vedenkorkeusasteikko) sijaitsee kuitenkin Hämeenlinnan keskustassa. Havaintopaikan näköpiiri käsittää Hämeenlinnan edustalla olevan Vanajaveden salmiosuuden. Havaintosarjassa on epävarmuutta siltä osin, koskevatko havainnot kunakin vuonna Hämeenlinnan edustan virtapaikkaa vai kaukaisempaa Vanajanselkää. Jäätymis- jäänlätöhavainnot on talvesta 1884-1885 alkaen ja havainnot päättyivät talvena 1996-1997 vedenkorkeushavaintojen automatisoiduttua.

#### **45. Jalanti, Sotkia 35:31, jäänpaksuusasema 35202**

Jalanti sijaitsee Kylmäkoskella Toijalan Kupeessa. Järven pinta-ala on 6 km<sup>2</sup> ja keskisyvyys on 2,7 metriä. Havaintopaikka sijaitsee järven kaakkoispäässä Sotkiasa. Paikan näköpiiri kattaa lähinnä kaakkoisimman lahden. Jäätymis- jäänlätöhavainnot on talvesta 1910-1911 alkaen ja havainnot päättyivät vedenkorkeushavaintojen automatisoiduttua 1999. Jäänpaksuushavainnot on jaksolta 1961-1999.

#### **46. Ähtärinjärvi, Niemiaho 35:37a**

Ähtärinjärvi sijaitsee Ähtärissä. Järven pinta-ala on 42 km<sup>2</sup>. Havaintopaikka sijaitsee Niemiahon kylässä järven pohjoisosassa. Paikan näköpiiri kattaa järven pohjoisosan. Havaintopaikka sijaitsi toisaalla ennen vuotta 1933, ilmeisesti järven eteläpuolella länsirannalla. Näiden havaintopaikkojen näköpiirit eivät ole samat. Jäätymis- jäänlätöhavainnot on talvesta 1910-1911 alkaen ja havainnot jatkuvat edelleen.

#### **47. Pihlajavesi 35:47**

Pihlajavesi sijaitsee Multialla. Järven pinta-ala on 20 km<sup>2</sup> ja keskisyvyys on reilut 5 metriä. Havaintopaikka sijaitsee järven kaakkoispäässä Matovuoren kupeessa. Näköpiiri käsittää Pihlajaveden kaakkoislahden. Jäätymis- jäänlätöhavainnot on talvesta 1910-1911 alkaen ja havainnot päättyivät vuonna 2000 vedenkorkeushavaintojen automatisoiduttua ja vedenkorkeushavaintopaikan siirryttyä Vaajalahteen.

#### **48. Kitusjärvi 35:48, jäänpaksuusasema 35401**

Kitusjärvi sijaitsee Virroilla. Järven pinta-ala on 0,5 km<sup>2</sup>. Havaintopaikka sijaitsee Vehmasjärven ja Kitusjärven välisessä lahdessa. Jatkuvia jäätymis- jäänlätöhavainnot on talvesta 1913-1914 alkaen ja havainnot jatkuvat edelleen. Jäänpaksuushavainnot on rekisterissä vuodesta 1961 alkaen.

#### **49. Visuvesi, Kanava 35:50**

Visuvesi sijaitsee Ruovedellä. Vaskiveden-Visuveden pinta-ala on 46 km<sup>2</sup>. Havaintopaikka sijaitsee Visuveden Kaivoskannan kanavalla Tarjanneveden ja Visuveden välissä. Jatkuvia jäätymis- jäänlätöhavainnot on talvesta 1884-1885 alkaen ja havainnot jatkuvat edelleen. Havainnot puuttuu muutamilta vuosilta etenkin 1900-1910-luvuilta. Kaikista havainnoista ei ole varmuutta koskevatko ne Visuvedtä vai Tarjannetta.

**50. Ukonselkä, Kolho 35:55**

Keurusselkä sijaitsee Vilppulassa. Järven pinta-ala Kolhon läheiseltä alueelta on 20 km<sup>2</sup>. Havaintopaikka sijaitsee Kolhon salmessa, Ukonselän ja Kaijanselän välissä. Jäätymisissä ja jäänlähdoissä on havainnoitu sekä Ukonselkää että Kaijanselkää, eikä aina ole tietoa kumpaa ko tarkoitetaan. Jäätymis- jäänlähdohavaintoja on talvesta alkaen 1896-1897 ja havainnot loppuivat vuonna 1998 vedenkorkeushavaintojen lakattua. 1890- ja 1900-luvulta on havaintoja puuttuu paljon.

**51. Palovesi, Murole 35:62**

Palovesi sijaitsee Ruovedellä. Palovesi-Jäminginselän pinta-ala on 43 km<sup>2</sup>. Havaintopaikka sijaitsee Muroleen kanavalla, Paloveden ja Vankaveden välissä. Näköpiiri kattaa Hokkaperän lahden. Jäätymis- jäänlähdohavaintoja on talvesta 1884-1885 alkaen ja havainnot jatkuvat edelleen. Havaintoja puuttuu kuitenkin melko monilta vuosilta.

**52. Näsijärvi, Tampere 35:68a, jäänpaksuusasema 35301**

Näsijärven havaintopaikka sijaitsee Naistenlahdella järven eteläpäässä. Järven pinta-ala on 257 km<sup>2</sup> ja keskisyyvyys 14,1 on metriä. Järvi on säännöstelty havaintopaikan läheisyydestä. Havaintopaikan näköpiiri kattaa Näsijärven eteläpään. Jäätymis- jäänlähdohavaintoja on vuodesta 1836 alkaen. Varhaisimmat havainnot ovat peräisin Tampereen Satamatoimiston kirjanpidoista. Satamatoimiston ja SYKEN havainnoissa on pieniä eroja, ilmeisesti johtuen siitä onko havainnoitu näköpiiriä vai Näsiselkää. Jäähavainnot loppuivat 1999, mutta ne on aloitettu uudelleen. Välistä puuttuvat tiedot on saatu Satamatoimiston havainnoista. Jäänpaksuushavainnot alkoivat 1912 ja jatkuvat edelleen. Havainnoissa on katkos välillä 1917-1932 ja 2000-2003. Havaintopaikka on Naistenlahdessa, venesatamassa.

**53. Pyhäjärvi, Tampere 35:71**

Pyhäjärven havaintopaikka sijaitsee Tampereen Pyynikillä. Järven pinta-ala on 122 km<sup>2</sup>. Havaintopaikan näköpiiri kattaa Tampereen läheisen alueen. Yhtenäisiä jäätymis- jäänlähdohavaintoja on vuodesta 1891 alkaen ja havainnot päättyivät vuonna 1995 vedenkorkeushavaintojen päätyttyä. Havaintoja puuttuu jonkin verran jaksoilta 1890-1900 ja 1920-1930-luvulta.

**54. Kyrösjärvi, Kyröskoski 35:82**

Kyrösjärvi sijaitsee Ikaalisissa. Järven pinta-ala on 96 km<sup>2</sup> ja keskisyyvyys on 10,4 metriä. Havaintopaikka sijaitsee Ikaalisten keskustan Vanhan Kauppalan lähetyvillä. Näköpiiri kattaa Toivolansaaren ja Kiviniemen välisen lahtimaisen alueen. Jäätymis- jäänlähdohavaintoja on talvesta 1919-1920 alkaen ja havainnot päättyivät 1995 vedenkorkeushavaintopaikan lopetettua.

**55. Kuivajärvi, Saari 35:91a, jäänpaksuusasema 35901**

Kuivajärvi sijaitsee Tammelassa. Järven pinta-ala on 0,4 km<sup>2</sup>. Havaintopaikka on lähellä salmea, jossa järvi laskee Tammelan Pyhäjärveen. Jäätymis- ja jäänlähdohavaintoja on vuodesta 1930 alkaen ja havainnot jatkuvat edelleen. Jäänpaksuushavaintoja on rekisterissä vuodesta 1961 alkaen, mutta havaintoja talvesta 1912 alkaen (Mustonen 1986, s. 503). Laasasen (1982) mukaan havainnot olisivat alkaneet vasta 1949.



**56. Säöksjärvi, Säökskoski 35:98, jäänpaksuusasema 35101**

Säöksjärven havaintopaikka sijaitsee järven lounaispäässä. Järven pinta-ala on 33 km<sup>2</sup> ja keskisyvyys on 3,7 metriä. Havaintopaikan näköpiiri käsittää järven lounaisosan. Jäätymis- ja jäänlätöhavaintoja on vuodesta 1910 alkaen ja havainnot jatkuvat edelleen. Havainnoissa oli katkos jaksoilla 1911-1925 ja 1999-2003. Jäänpaksuushavaintoja on vuodesta 1912 lähtien, muutamia vuosia puuttuu.

**57. Kuortaneenjärvi, Kuortane 44:1**

Kuortaneenjärven havaintopaikka sijaitsee järven pohjoispäässä Lepistönselän ja Seuruksen välisessä kapeikossa, tiesillan kupeessa. Järven pinta-ala on 15 km<sup>2</sup> ja keskisyvyys on 3,2 metriä. Jäätymis- jäänlätöhavaintoja on talvesta 1931-1932 alkaen ja havainnot päättyivät vuonna 1999, mutta ne on aloitettu jälleen.

**58. Lappajärvi, Halkosaari 47:3b, jäänpaksuusasema 47001**

Lappajärven havaintopaikka sijaitsee järven pohjoispäässä luusuan lähellä, Halkosaaren edustalla. Järven pinta-ala on 145 km<sup>2</sup> ja keskisyvyys on 7,4 metriä. Havaintopaikan näköpiiri kattaa vain järven pohjoispään kapeikot. Jäätymis- jäänlätöhavaintoja on talvesta 1911-1912 alkaen ja havainnot jatkuvat edelleen. Jäänpaksuushavaintoja on vuodesta 1961 alkaen, mutta havainnot ovat alkaneet jo 1949 (Laasanen 1982).

**59. Lestijärvi, Kiiskilänlahti 51:2**

Lestijärvi sijaitsee Keski-Pohjanmaalla. Järven pinta-ala on 65 km<sup>2</sup>. Havaintopaikka sijaitsee järven pohjoispäässä Kiiskilänlahdessa lähellä luusuaa. Vedenkorkeusasteikko on joenpuolella. Jäätymis- jäänlätöhavaintoja on talvesta 1920-1921 alkaen ja havainnot jatkuvat edelleen.

**60. Pyhäjärvi, Pyhäsalmi 54:1**

Pyhäjärvi sijaitsee Pyhäjoen latvoilla lähellä Suomenselän vedenjakajaa. Järven pinta-ala on 122 km<sup>2</sup> ja keskisyvyys on 6,3 metriä. Havaintopaikka sijaitsee Pyhäsalmen keskustan tuntumassa olevan sillan lähistöllä. Havaintopaikan pohjoispuolella on pienempi Junttiselkä, ja itse iso osa Pyhäjärveä jää etelään. Jäätymis- jäänlätöhavaintoja on talvesta 1920-1921 alkaen ja havainnot jatkuvat edelleen. Havainnoissa on sekaisin sekä Junttiselän ja eteläisen ison selän jäätymisiä. Aina ei ole varmuutta kumpaa tarkoitetaan.

**61. Kianta, Ämmänsaari 59:2b**

Kiantajärvi sijaitsee Ämmänsaarella. Järven pinta-ala on 185 km<sup>2</sup> ja keskisyvyys Ämmänsaaren edustan osalla on 8 metriä. Nykyinen havaintopaikka sijaitsee järven eteläpäässä Ämmänsaaren keskustan tuntumassa vuodesta 1961 alkaen, sitä ennen asteikko sijaitsi vastapuolella Suomussalmella Hulkonniemen sillan kupeessa. Nykyinen näköpiiri käsittää Ämmänsaaren edustan, Niskaselän. Havaintopaikkojen välillä on 3 kilometriä. Jäätymis- jäänlätöhavaintoja on talvesta 1885-1886 alkaen ja havainnot loppuivat 2001 havainnoinnin siirryttyä Fortumille. Havainnot pyritään käynnistämään jälleen. Havaintoja puuttuu jonkin verran, erityisen paljon 1910-luvulta.



**62. Vuokkijärvi, Sankki 59:4**

Vuokkijärvi sijaitsee Suomussalmen kunnassa. Järven pinta-ala on 52 km<sup>2</sup> ja keskisyvyys on 5 metriä. Havaintopaikka sijaitsee järven keskiosissa pohjoisrannalla. Näköpiiri kattaa Pärämönselän. Jäätymis- jäänlätöhavaintoja on talvesta 1940-1941 alkaen ja havainnot loppuivat 2001 havainnoinnin siirryttyä Fortumille. Havainnot pyritään käynnistämään jälleen. Havaintoja puuttuu muutamilta satunnaisilta vuosilta.

**63. Hyrynjärvi, Hyrynsalmi 59:6a**

Hyrynjärvi sijaitsee Hyrynsalmella. Järven pinta-ala on 18 km<sup>2</sup>. Havaintopaikka sijaitsee Hertan mukaan Emäjoessa. Jäätymis- jäänlätöhavaintoja on talvesta 1913-1914 alkaen ja havainnot loppuivat 1996 havainnoinnin siirryttyä Fortumille. Havainnoissa on paljon puutteita ennen 1950-lukua. On myös epävarmaa ovatko havainnot järven vai joen jäätymiä. Joka tapauksessa näköpiiri on virtausten vaikutuksen alaisena.

**64. Lentua, Varajoki 59:17a**

Lentua sijaitsee Kuhmossa. Järven pinta-ala on 78 km<sup>2</sup> ja keskisyvyys on 7,4 metriä. Havaintopaikka sijaitsee Lentuan lounaisosassa Varajoen kylässä. Näköpiiri kattaa kapean ja matalan Varalahden. Jäätymis- jäänlätöhavaintoja on talvesta 1885-1886 alkaen ja havainnot jatkuvat edelleen. Havaintoja puuttuu talvilta 1897-1911, 1923-1930 sekä muutamilta yksittäisiltä vuosilta.

**65. Lammasjärvi, Kuhmo 59:19**

Lammasjärven havaintopaikka sijaitsee Kuhmon keskustassa. Järven pinta-ala on 47 km<sup>2</sup> ja keskisyvyys on 4,1 metriä. Näköpiiri kattaa lähinnä Kontiolansalmen alueen. Jäätymis- jäänlätöhavaintoja on talvesta 1885-1886 alkaen ja havainnot päättyivät 1996 havainnoinnin siirryttyä Fortumille. Jäänpaksuusaseman aloitettua uudelleen 2003 havaintoja saadaan jälleen. Havaintoja puuttuu satunnaisilta vuosilta.

**66. Ontojärvi, Paloniemi 59:22a**

Ontojärvi sijaitsee Kuhmossa. Onto-Nurmesjärven pinta-ala on 105 km<sup>2</sup>. Havaintopaikka sijaitsee järven itä/lounaisosassa Paloniemessä. Jäätymis- jäänlätöhavaintoja on talvesta 1955-1956 alkaen ja havainnot päättyivät 2000 vedenkorkeushavaintojen siirryttyä Fortumille. Havainnot jatkuvat jälleen, mutta Tervasalmen kohdalla. Havaintoja puuttuu jonkin verran satunnaisilta vuosilta.

**67. Nuasjärvi, Vuokatti 59:25**

Nuasjärvi sijaitsee Sotkamon Vuokatin ja Kajaanin välissä. Rehjä-Nuasjärven pinta-ala on 96 km<sup>2</sup> ja keskisyvyys on 8,5 metriä. Havaintopaikka sijaitsee Vuokattissa Muhehoulunjokisuulla, melko syvässä lahdessa. Jäätymis- jäänlätöhavaintoja on talvesta 1885-1886 alkaen ja havainnot jatkuvat edelleen. Havainnoissa on jonkin verran puutteita. Vanhimmat tiedot koskevat Rehjä-Nuasjärveä, joten havainnot voivat olla selän havaintoja.

**68. Rehja, Kajaani 59:26a**

Rehja sijaitsee Kajaanin itäpuolella. Järvi yhtyy itään päin Nuasjärveen. Havaintopaikka on Kajaanin Niskassa lähellä järven luusuaa. Jäätymis- jäänlätöhavainnot on talvesta 1910-1911 alkaen ja havainnot jatkuvat edelleen. Havainnoissa on jonkin verran puutteita.

**69. Oulujärvi, Melalahti 59:32a, jäänpaksuusasema Manamansalo 59301 (33b)**

Havaintopaikka sijaitsee Paltamon länsipuolella Melalahdessa. Oulujärven pinta-ala on 887 km<sup>2</sup> ja keskisyvyys on metriä. Näköpiiri käsittää Melalahden, havaintoja on myös Paltaselältä. Jäänlätöhavainnot on vuodesta 1954 alkaen ja jäätymishavainnot on 1960 alkaen ja havainnot jatkuvat edelleen. Jäänpaksuutta on mitattu Manamansalossa talvesta 1970 alkaen ja havainnot jatkuvat edelleen.

**70. Oulujärvi, Vaala 59:34a**

Vaalan havaintopaikka sijaitsee järven luoteispäässä lähellä luusuaa. Jäätymis- jäänlätöhavainnot on vuodesta 1854 alkaen (Mustonen 1986). Kajanderin keräämien Vaalan havaintojen ja Sovellettu hydrologia -kirjan tietojen välillä on jonkin verran eroja. Havainnot Vaalassa päättyivät talvella 2000 vedenkorkeushavaintojen siirrettyä Fortumille. Havaintoja pyritään jatkamaan. Havainnot koskevat ilmeisesti pääosin Oulujärven Niskanselkää tai Vaalan näköpiiriä. Havaintoja puuttuu joiltakin vuosilta, mutta niitä on pyritty täydentämään Oulujärven muista osista olevilla havainnoilla.

**71. Poussunjärvi 61:1a**

Poussunjärvi sijaitsee Kuusamossa. Järven pinta-ala on vain 2 km<sup>2</sup> ja keskisyvyys vain muutaman metrin. Havaintopaikka sijaitsee järven luoteisosassa järven laskevan joen suulla. Jäätymis- jäänlätöhavainnot on talvesta 1960-1961 alkaen ja havainnot päättyivät vuonna 1995 vedenkorkeushavaintojen loputtua.

**72. Naamankajärvi 61:6a**

Naamankajärvi sijaitsee Suomussalmella. Järven pinta-ala on 7,5 km<sup>2</sup> ja keskisyvyys on 2,8 metriä. Havaintopaikka sijaitsee järven itäpäässä olevassa Suolilahdessa. Jäätymis- jäänlätöhavainnot on talvesta 1960-1961 alkaen ja havainnot jatkuvat edelleen.

**73. Korvuanjärvi 61:6c**

Korvuanjärvi sijaitsee Suomussalmen ja Taivalkosken alueella. Järven pinta-ala on 15 km<sup>2</sup> ja keskisyvyys on 6 metriä. Havaintopaikka sijaitsee järven eteläpäässä Säaskilahdessa, näköpiiri käsittää vain järven eteläisimmän osan. Jäätymis- jäänlätöhavainnot on talvesta 1960-1961 alkaen ja havainnot jatkuvat edelleen.

**74. Livojärvi, Säikkä 61:11**

Livojärvi sijaitsee Posiolla. Järven pinta-ala on 33 km<sup>2</sup> ja keskisyvyys on 5,8 metriä. Havaintopaikka sijaitsee järven länsipään lahdessa, lähellä luusuaa. Näköpiiri kattaa Niskavaaran ja Juutisenniemen välisen alueen. Jäätymis- jäänlätöhavainnot on talvesta 1959-1960 alkaen ja havainnot päättyivät vuonna 2000, mutta ne on aloitettu uudelleen 2004.

**75. Oijärvi, Matilanjärvi 63:1**

Oijärvi sijaitsee Kuivaniemen kunnassa. Järven pinta-ala on 21 km<sup>2</sup> ja hyvin matala. Havaintopaikka sijaitsee Oijärven ja Matilanjärven välillä, lähellä Pirttiharjua. Näköpiiri kattaa sekä Matilanjärveä ja Oijärveä. Jäätymis- jäänlätöhavaintoja on talvesta 1953-1954 alkaen ja havainnot jatkuvat edelleen.

**76. Isojärvi 65:14**

Isojärvi sijaitsee Sallan kunnassa. Järven pinta-ala on vajaat 5 km<sup>2</sup>. Havaintopaikka sijaitsee järven länsiosassa, luusuan suulla. Järvi on säännöstelty, ja havaintopaikan sijainti luusuan kupeessa, säännöstelypadolla ei ole paras mahdollinen jääolojen seurantaan. Jäätymis- jäänlätöhavaintoja on talvesta 1957-1958 alkaen ja havainnot päättyivät vuonna 1996 vedenkorkeushavaintojen siirryttyä Iijoen Voimalle.

**77. Ounasjärvi 65:30**

Ounasjärvi sijaitsee Enontekiöllä. Järven pinta-ala on 7 km<sup>2</sup> ja keskisyvyys on 6,6 metriä. Havainnot on tehty järven pohjoispuolelta. Jäätymis- jäänlätöhavaintoja on talvesta 1949-1950 alkaen ja havainnot jatkuvat edelleen.

**78. Unari 65:35a, jäänpaksuusasema 65501**

Unari sijaitsee Sodankylän alueella. Järven pinta-ala on 29 km<sup>2</sup>. Havaintopaikka sijaitsee järven eteläpäässä luusuan lähellä. Jäätymis-, jäänlätö- ja jäänpaksuushavaintoja on rekisterissä talvesta 1960-1961 alkaen ja havainnot jatkuvat edelleen. Laasasen (1982) mukaan jäänpaksuushavainnot alkoivat 1957.

**79. Kilpisjärvi 67:1, jäänpaksuusasema 67601**

Kilpisjärvi sijaitsee Enontekiöllä Käsivarren päässä. Kilpisjärvi-Alajärven pinta-ala on 37 km<sup>2</sup> ja keskisyvyys on 22,4 metriä. Havaintopaikka sijaitsee rajavartioasemalla järven pohjoispuolella. Näköpiiri kattaa rajavartioaseman edustan. Jäätymis- jäänlätöhavaintoja on talvesta 1952-1953 alkaen ja havainnot jatkuvat edelleen. Jäänpaksuushavaintoja on rekisterissä talvesta 1965 alkaen, mutta havainnot alkoivat 1953 (Laasanen 1982; Kuusisto 1994). Havainnot jatkuvat edelleen.

**80. Peerajärvi 67:2**

Peerajärvi sijaitsee Enontekiöllä Kilpisjärvestä kaakkoon. Järven pinta-ala on vain 2 km<sup>2</sup>. Havaintopaikka sijaitsee lounaispäässä, lähellä luusuaa. Näköpiiri kattaa lähes koko järven. Jäätymis- jäänlätöhavaintoja on talvesta 1963-1964 alkaen ja havainnot jatkuvat edelleen. Havaintoja puuttuu muutamilta vuosilta.

**81. Jerisjärvi, Kutuniva 67:7, jäänpaksuusasema 67401**

Jerisjärvi sijaitsee Muoniossa. Järven pinta-ala on 23,5 km<sup>2</sup>. Havaintopaikka sijaitsee järven pohjoispuolella Kutunivan kylän edustalla. Näköpiiri kattaa järven pohjoisimman päädyn. Jäätymis- ja jäänlätöhavaintoja on talvesta 1960-1961 alkaen ja havainnot jatkuvat edelleen. Jäänpaksuushavaintoja on jaksolta 1962-1999.

**82. Tornionjoki, Tornio 67:25a, jäänpaksuusasema 67111**

Tornionjoelta, Tornion kaupungin edustalta on pisimmät Suomesta olevat jäänläh-  
töhavainnot. Havaintoja on vuodesta 1693 alkaen. Jäätymishavaintoja on satun-  
naisesti 1960-luvulta alkaen. Jäänpaksuutta on mitattu talvesta 1962 alkaen (Laa-  
sanen 1982), mutta rekisterissä tietoja on 1964 alkaen.

**83. Tornio, Pello, jäänpaksuusasema 67211**

Pellossa Torniojoen jäänpaksuutta on mitattu vuodesta 1962 alkaen, vuodet 1991-  
1992 puuttuvat. Havainnot jatkuvat edelleen. Havaintopaikka sijaitsee Pellon kes-  
kustan edustalla.

**84. Kevojärvi, Kevoniemi 68:11, jäänpaksuusasema 68001**

Kevojärvi sijaitsee Utsjoella. Järvi on läpivirtausjärvi ja sen pinta-ala on vain 1 km<sup>2</sup>.  
Havaintopaikka sijaitsee järven eteläpuolella tutkimusaseman rannassa. Näköpii-  
ri kattaa lähes koko järven. Jäätymis-, jäänläh- ja jäänpaksuushavaintoja on tal-  
vesta 1962-1963 alkaen ja havainnot jatkuvat edelleen.

**85. Mutusjärvi, Riutula 71:7**

Mutusjärvi sijaitsee Inarissa Inarijärven länsipuolella. Järven pinta-ala on 50 km<sup>2</sup>  
ja keskisyvyys on 8,5 metriä. Havaintopaikka sijaitsee järven etelärannalla, Riutu-  
lassa lähellä luusuaa. Näköpiiri kattaa Leutolahden. Jäätymis- jäänläh- ja jäänpaksuushavain-  
toja on talvesta 1946-1947 alkaen ja havainnot jatkuvat edelleen. Havainnoissa on  
puutteita etenkin 1940-1950-luvulla.

**86. Solojärvi 71:8**

Solojärvi sijaitsee Inarissa Mutusjärvestä etelään. Järven pinta-ala on 4 km<sup>2</sup>. Ha-  
vaintopaikka sijaitsee Neivalahdessa järven eteläpäässä. Näköpiiri käsittää järven  
eteläosan. Jäätymis- ja jäänläh- ja jäänpaksuushavaintoja on talvesta 1926-1927 alkaen ja havain-  
not päättyivät vuonna 1999 vedenkorkeusaseman automatisoimisen vuoksi.

**87. Inari, Nellim 71:16a, jäänpaksuusasema 71101**

Havaintopaikka sijaitsee Inarin kaakkoisosassa Nellimövuonossa. Lahti on alal-  
taan noin 1 km<sup>2</sup> ja melko matala verrattuna muuhun Inariin. Yhtenäisiä jäätymis-  
ja jäänläh- ja jäänpaksuushavaintoja on talvesta 1948-1949 alkaen ja havainnot jatkuvat edelleen.  
Jäänpaksuutta on mitattu Nellimissä vuodesta 1950 alkaen, mutta rekisterissä ha-  
vaintoja on vasta vuodesta 1961 alkaen.

**88. Inari, ulappa, jäänpaksuusasema 71102**

Inarijärven pinta-ala on 1040 km<sup>2</sup> ja keskisyvyys on 14,3 metriä. Yhtenäisiä koko  
järveä koskevia jäätymis- jäänläh- ja jäänpaksuushavaintoja on talvesta 1931-1932 alkaen ja ha-  
vainnot jatkuvat edelleen. Havaintoja on eri vuosilta eri puolilta järveä, joten ha-  
vaintosarja ei ole kovin homogeeninen sen suhteen. Ulapan jäänpaksuushavain-  
topaikka sijaitsee Paksuvuonossa, melko lähellä Nellimiä, joten havainnot eivät  
ole varsinaiselta Inarin isolta ulapalta. Havaintoja on vuodesta 1961 alkaen ja ne  
jatkuvat edelleen.

**89. Kuusamojärvi 74:2, jäänpaksuusasema 74001**

Kuusamojärven havaintopaikka sijaitsee Kuusamossa järven etelärannalla sijaitsevassa Kaihlalahdessa. Järven pinta-ala on 47 km<sup>2</sup>. Havaintopaikan näköpiiri kattaa lähinnä Kaihlalahden. Jäätymis- ja jäänlätöhavaintoja on talvesta 1931-1932 alkaen ja havainnot päättyivät vuonna 1996 vedenkorkeushavaintojen loputtua. Havaintoja puuttuu kuitenkin talvilta 1937-1955. Jäänpaksuushavaintoja on olemassa 1942 alkaen (Mustonen 1986, s. 503), mutta rekisterissä niitä on vasta vuodesta 1961 alkaen. Jäänpaksuushavainnot loppuivat vuonna 1998.

**Liite 2. Tilastotaulukko (minimit, keskiarvot ja maksimit) jäänlähdon ja jäätyksen eri vaiheista sekä jääpeiteajoista liitteen 1 järvillä. b1= rannat sulat, b2= ulompänä sulaa, b3=jäät liikkuu, b4= jään katoaminen näköpiiristä, b5=lopullinen jäiden lähtö/jäiden katoaminen ulkopuolisilta selkävesiltä. x1= rannat jäässä (vasemman puoleinen ensi kerran ja oikean puoleinen lopullisesti), x2= lahdet jäässä (ensi kerran),x3=lahdet pysyvästi jäässä, x5= näköpiiri jäässä (ensi kerran), x7= näköpiiri pysyvästi jäässä, x8=lopullinen jäätyminen/ulkopuolisten selkävesien jäätyminen.**

**Appendix 2. Statistics (average, minima and maxima) on the various phases of break-up and freezing, and the duration of ice cover for the lakes of appendix 1. b1= open water on shore, b2=open water off shore, b3=ice in movement, b4= ice disappeared within visible range, b5=final break-up /ice disappeared even from areas out of the visible range. x1= ice on shore (on the left first time, on the right finally), x2= ice cover in bays (first time),x3=ice cover in bays (permanent), x5= ice cover within visible range (first time), x7= ice cover within visible range (permanent) x8=final freezing/freezing of areas out of the visible range.**

Paikan nimi asteikko jakso		b1	b2	b3	b4	b5	x1	x1	x2	x3	x5	x7	x8	jääpeite- aika (d)
<b>Simpelejärvi 3:I</b>														
koko jakso	ka	26.4.	30.4.	3.5.	8.5.	8.5.	31.10.	11.11.	8.11.	16.11.	24.11.	27.11.	29.11.	162
	min	7.4.	11.4.	22.4.	21.4.	21.4.	8.10.	12.10.	9.10.	15.10.	20.10.	30.10.	2.11.	123
	max	11.5.	11.5.	15.5.	28.5.	28.5.	25.11.	19.12.	12.12.	19.12.	31.12.	31.12.	31.12.	200
1961-2000	ka	26.4.	30.4.	3.5.	7.5.	7.5.	31.10.	12.11.	8.11.	16.11.	19.11.	23.11.	26.11.	165
	min	7.4.	11.4.	22.4.	22.4.	22.4.	8.10.	12.10.	9.10.	15.10.	20.10.	5.11.	6.11.	127
	max	11.5.	11.5.	12.5.	20.5.	20.5.	25.11.	19.12.	12.12.	19.12.	16.12.	25.12.	25.12.	193
<b>Pielinen, Nurmes 4:I4a</b>														
koko jakso	ka				17.5.	18.5.					21.11.	22.11.	25.11.	175
	min				28.4.	29.4.					12.10.	23.10.	23.10.	105
	max				3.6.	3.6.					29.1.	29.1.	29.1.	212
1961-2000	ka				16.5.	17.5.					20.11.	22.11.	27.11.	176
	min				4.5.	5.5.					12.10.	28.10.	28.10.	146
	max				29.5.	30.5.					22.12.	22.12.	24.12.	204
<b>Porovesi, Iisalmi 4:61</b>														
koko jakso	ka				13.5.	13.5.					17.11.	17.11.		176
	min				1.5.	1.5.					22.10.	22.10.		132
	max				28.5.	28.5.					21.12.	21.12.		210
1961-1998	ka	4.5.	10.5.	10.5.	12.5.	12.5.	8.11.	11.11.	10.11.	13.11.	17.11.	17.11.		177
	min	22.4.	29.4.	27.4.	1.5.	1.5.	20.10.	20.10.	21.10.	21.10.	22.10.	22.10.		150
	max	16.5.	20.5.	24.5.	26.5.	26.5.	24.11.	5.12.	28.11.	5.12.	21.12.	21.12.		206
<b>Laakajärvi 4:67</b>														
1961-1997	ka	12.5.	14.5.	15.5.	16.5.	17.5.	31.10.	3.11.	2.11.	4.11.	10.11.	12.11.		186
	min	1.5.	2.5.	3.5.	3.5.	3.5.	12.10.	12.10.	15.10.	15.10.	17.10.	17.10.		161
	max	23.5.	26.5.	29.5.	30.5.	31.5.	2.12.	2.12.	2.12.	2.12.	9.12.	9.12.		211

Paikan nimi asteikko jakso		b1	b2	b3	b4	b5	x1	x1	x2	x3	x5	x7	x8	jääpeite- aika (d)
<b>Kallavesi, Kuopio 4:79b</b>														
koko jakso	ka	4.5.	9.5.	9.5.	16.5.	16.5.	20.11.	25.11.	18.11.	23.11.	27.11.	30.11.	30.11.	167
	min	21.4.	25.4.	27.4.	20.4.	23.4.	25.10.	7.11.	25.10.	25.10.	31.10.	3.11.	3.11.	96
	max	16.5.	18.5.	20.5.	17.6.	17.6.	29.12.	29.12.	29.12.	29.12.	22.1.	27.1.	27.1.	207
1961-2000	ka	5.5.	10.5.	10.5.	13.5.	13.5.	20.11.	26.11.	18.11.	24.11.	30.11.	2.12.	2.12.	163
	min	23.4.	26.4.	27.4.	30.4.	30.4.	25.10.	7.11.	25.10.	25.10.	9.11.	9.11.	9.11.	132
	max	16.5.	18.5.	20.5.	25.5.	25.5.	29.12.	29.12.	29.12.	29.12.	29.12.	29.12.	29.12.	190
<b>Haukivesi, Oravi 4:102</b>														
koko jakso	ka	30.4.	3.5.	7.5.	12.5.	13.5.	10.11.	15.11.	21.11.	22.11.	2.12.	3.12.	5.12.	161
	min	10.4.	16.4.	21.4.	28.4.	28.4.	15.10.	19.10.	18.10.	18.10.	8.11.	8.11.	8.11.	123
	max	20.5.	18.5.	21.5.	3.6.	3.6.	22.12.	29.12.	29.12.	29.12.	23.1.	23.1.	23.1.	201
1961-2000	ka	30.4.	4.5.	7.5.	10.5.	11.5.	11.11.	16.11.	22.11.	23.11.	3.12.	4.12.	6.12.	158
	min	10.4.	16.4.	21.4.	28.4.	28.4.	15.10.	25.10.	25.10.	25.10.	8.11.	8.11.	8.11.	125
	max	20.5.	18.5.	21.5.	24.5.	24.5.	22.12.	29.12.	29.12.	29.12.	30.12.	30.12.	3.1.	186
<b>Pihlajavesi, Savonlinna 4:105a</b>														
koko jakso	ka	27.4.	1.5.	3.5.	8.5.	8.5.	9.11.	18.11.	18.11.	25.11.	30.11.	4.12.	7.12.	155
	min	30.3.	2.4.	3.4.	25.4.	25.4.	8.10.	24.10.	23.10.	28.10.	24.10.	3.11.	3.11.	93
	max	20.5.	21.5.	14.5.	25.5.	25.5.	17.12.	19.12.	29.12.	29.12.	31.12.	27.1.	27.1.	196
1961-1999	ka	26.4.	1.5.	3.5.	7.5.	7.5.	8.11.	19.11.	18.11.	25.11.	2.12.	4.12.	7.12.	154
	min	30.3.	2.4.	3.4.	25.4.	25.4.	8.10.	24.10.	23.10.	28.10.	9.11.	9.11.	15.11.	106
	max	13.5.	16.5.	14.5.	19.5.	19.5.	17.12.	19.12.	29.12.	29.12.	31.12.	11.1.	11.1.	183
<b>Saimaa, Lauritsala 4:112a</b>														
koko jakso	ka	21.4.	22.4.	27.4.	4.5.	6.5.	23.11.	26.11.	25.11.	27.11.	25.11.	27.11.	28.11.	158
	min	31.3.	28.3.	13.4.	5.4.	17.4.	25.10.	25.10.	30.10.	30.10.	27.10.	27.10.	3.11.	114
	max	5.5.	7.5.	14.5.	27.5.	28.5.	28.12.	28.12.	29.12.	29.12.	1.1.	1.1.	1.1.	200
1961-2000	ka	22.4.	23.4.	27.4.	30.4.	2.5.	24.11.	26.11.	26.11.	27.11.	30.11.	3.12.	3.12.	150
	min	31.3.	28.3.	13.4.	5.4.	20.4.	25.10.	25.10.	30.10.	30.10.	8.11.	8.11.	14.11.	114
	max	5.5.	7.5.	10.5.	12.5.	12.5.	28.12.	28.12.	29.12.	29.12.	1.1.	1.1.	1.1.	179
<b>Muurasjärvi I4:1</b>														
koko jakso	ka	5.5.	11.5.	9.5.	13.5.	13.5.	17.11.	18.11.	18.11.	21.11.	24.11.	26.11.	26.11.	168
	min	15.4.	20.4.	16.4.	27.4.	27.4.	19.10.	20.10.	18.10.	18.10.	18.10.	1.11.	1.11.	108
	max	5.5.	27.5.	23.5.	29.5.	29.5.	24.12.	24.12.	24.12.	24.12.	15.1.	15.1.	15.1.	207
1961-2000	ka	5.5.	12.5.	10.5.	13.5.	13.5.	20.11.	21.11.	18.11.	21.11.	24.11.	24.11.	25.11.	170
	min	19.4.	2.5.	27.4.	27.4.	27.4.	27.10.	27.10.	26.10.	27.10.	31.10.	1.11.	1.11.	129
	max	19.5.	23.5.	23.5.	28.5.	28.5.	24.12.	24.12.	24.12.	24.12.	30.12.	30.12.	30.12.	201
<b>Saanijärvi I4:3</b>														
koko jakso	ka	2.5.	7.5.	6.5.	9.5.		31.10.	4.11.	3.11.	5.11.	5.11.	8.11.	9.11.	182
	min	17.4.	25.4.	25.4.	23.4.		11.10.	11.10.	11.10.	11.10.	6.10.	12.10.	12.10.	131
	max	18.5.	19.5.	19.5.	26.5.		11.10.	11.10.	11.10.	11.10.	6.10.	12.10.	12.10.	218



Paikan nimi asteikko jakso		b1	b2	b3	b4	b5	x1	x1	x2	x3	x5	x7	x8	jääpeite- aika (d)
1961-2000	ka	2.5.	7.5.	6.5.	9.5.		31.10.	4.11.	3.11.	6.11.	4.11.	8.11.	8.11.	183
	min	17.4.	25.4.	25.4.	27.4.		11.10.	11.10.	11.10.	11.10.	15.10.	15.10.	15.10.	155
	max	14.5.	19.5.	19.5.	20.5.		22.11.	20.12.	2.12.	20.12.	23.11.	20.12.	20.12.	213
<b>Kolima I4:5</b>														
koko jakso	ka	4.5.	7.5.		12.5.	13.5.	30.10.	7.11.	4.11.	9.11.	16.11.	17.11.	19.11.	176
	min	21.4.	9.4.		28.4.	28.4.	6.10.	11.10.	12.10.	12.10.	20.10.	20.10.	25.10.	128
	max	16.5.	17.5.		29.5.	29.5.	15.12.	15.12.	18.12.	18.12.	30.12.	30.12.	30.12.	214
1961-2000	ka	4.5.	7.5.	10.5.	12.5.	13.5.	31.10.	7.11.	5.11.	10.11.	15.11.	17.11.	20.11.	177
	min	21.4.	9.4.	30.4.	1.5.	1.5.	6.10.	11.10.	12.10.	12.10.	20.10.	21.10.	25.10.	150
	max	16.5.	17.5.	19.5.	23.5.	26.5.	15.12.	15.12.	18.12.	18.12.	25.12.	25.12.	25.12.	202
<b>Kivijärvi, Saarenkylä I4:7</b>														
koko jakso	ka	3.5.	4.5.	8.5.	11.5.		2.11.	9.11.	5.11.	10.11.	10.11.	14.11.	15.11.	178
	min	5.4.	14.4.	26.4.	24.4.		9.10.	9.10.	4.10.	4.10.	13.10.	16.10.	16.10.	130
	max	17.5.	17.5.	27.5.	30.5.		2.12.	19.12.	19.12.	19.12.	21.12.	21.12.	21.12.	212
1961-2000	ka	3.5.	4.5.	8.5.	10.5.		3.11.	10.11.	6.11.	11.11.	11.11.	15.11.	16.11.	178
	min	5.4.	14.4.	26.4.	27.4.		9.10.	9.10.	12.10.	15.10.	13.10.	16.10.	16.10.	149
	max	17.5.	17.5.	19.5.	20.5.		2.12.	19.12.	19.12.	19.12.	21.12.	21.12.	21.12.	212
<b>Kyyjärvi I4:14</b>														
koko jakso	ka				8.5.	8.5.					7.11.	11.11.	11.11.	179
	min				19.4.	19.4.					6.10.	16.10.	15.10.	133
	max				23.5.	23.5.					8.12.	19.12.	18.12.	218
1961-1998	ka	29.4.	3.5.	6.5.	8.5.	8.5.	31.10.	5.11.	6.11.	8.11.	6.11.	11.11.	12.11.	178
	min	11.4.	15.4.	16.4.	26.4.	26.4.	9.10.	9.10.	14.10.	14.10.	15.10.	16.10.	15.10.	139
	max	11.5.	18.5.	20.5.	20.5.	20.5.	2.12.	7.12.	7.12.	8.12.	8.12.	19.12.	18.12.	210
<b>Pääjärvi, Karstula I4:15</b>														
koko jakso	ka	27.4.	1.5.	4.5.	9.5.	9.5.	4.11.	10.11.	6.11.	11.11.	11.11.	15.11.	15.11.	175
	min	11.4.	14.4.	17.4.	23.4.	23.4.	13.10.	13.10.	14.10.	14.10.	17.10.	19.10.	19.10.	130
	max	11.5.	15.5.	17.5.	26.5.	26.5.	18.12.	21.12.	21.12.	21.12.	22.12.	22.12.	25.12.	208
1961-2000	ka	27.4.	1.5.	4.5.	9.5.	9.5.	5.11.	11.11.	6.11.	12.11.	11.11.	16.11.	17.11.	175
	min	11.4.	14.4.	22.4.	26.4.	26.4.	13.10.	13.10.	14.10.	14.10.	19.10.	19.10.	19.10.	141
	max	11.5.	15.5.	17.5.	19.5.	19.5.	18.12.	21.12.	21.12.	21.12.	22.12.	22.12.	25.12.	201
<b>Kalmarinselkä I4:17</b>														
koko jakso	ka	29.4.	6.5.	4.5.	9.5.	8.5.	7.11.	10.11.	11.11.	13.11.	16.11.	19.11.	20.11.	171
	min	10.4.	19.4.	16.4.	24.4.	24.4.	30.9.	30.9.	11.10.	19.10.	13.10.	13.10.	22.10.	116
	max	16.5.	24.5.	23.5.	26.5.	26.5.	6.12.	18.12.	7.12.	20.12.	21.12.	16.1.	16.1.	214
1961-2000	ka	29.4.	5.5.	5.5.	8.5.	8.5.	8.11.	11.11.	12.11.	14.11.	16.11.	18.11.	20.11.	173
	min	10.4.	19.4.	24.4.	26.4.	26.4.	30.9.	30.9.	11.10.	19.10.	13.10.	13.10.	22.10.	140
	max	15.5.	16.5.	18.5.	19.5.	19.5.	6.12.	18.12.	7.12.	20.12.	21.12.	21.12.	27.12.	214

Paikan nimi asteikko jakso		b1	b2	b3	b4	b5	x1	x1	x2	x3	x5	x7	x8	jääpeite- aika (d)
<b>Summasjärvi I4:19</b>														
koko jakso	ka	27.4.	6.5.	6.5.	9.5.	9.5.	4.11.	12.11.	10.11.	16.11.	20.11.	23.11.	24.11.	168
	min	6.4.	23.4.	24.4.	24.4.	24.4.	30.9.	15.10.	18.10.	20.10.	22.10.	22.10.	28.10.	121
	max	20.5.	17.5.	19.5.	30.5.	30.5.	21.12.	21.12.	21.12.	21.12.	23.12.	11.1.	22.1.	203
1961-2000	ka	27.4.	6.5.	6.5.	9.5.	9.5.	4.11.	13.11.	11.11.	16.11.	19.11.	21.11.	23.11.	171
	min	10.4.	23.4.	24.4.	27.4.	27.4.	30.9.	15.10.	20.10.	22.10.	22.10.	22.10.	28.10.	139
	max	8.5.	17.5.	19.5.	20.5.	20.5.	21.12.	21.12.	21.12.	21.12.	23.12.	23.12.	25.12.	196
<b>Vatianjärvi I4:23</b>														
koko jakso	ka	26.4.	22.4.	29.4.	4.5.	5.5.	1.11.	11.11.	11.11.	18.11.	17.11.	22.11.	23.11.	163
	min	22.3.	18.3.	31.3.	1.4.	1.4.	6.10.	12.10.	14.10.	20.10.	17.10.	25.10.	25.10.	115
	max	11.5.	10.5.	13.5.	28.5.	28.5.	22.12.	22.12.	22.12.	22.12.	26.12.	28.12.	28.12.	208
1961-2000	ka	26.4.	23.4.	29.4.	2.5.	3.5.	4.11.	13.11.	12.11.	19.11.	19.11.	28.11.	29.11.	157
	min	22.3.	18.3.	31.3.	1.4.	1.4.	11.10.	12.10.	14.10.	22.10.	21.10.	29.10.	2.11.	115
	max	11.5.	10.5.	13.5.	17.5.	17.5.	22.12.	22.12.	22.12.	22.12.	26.12.	28.12.	28.12.	193
<b>Koivujärvi I4:25</b>														
koko jakso	ka				12.5.	12.5.					9.11.	11.11.	11.11.	182
	min				26.4.	26.4.					9.10.	9.10.	16.10.	133
	max				27.5.	27.5.					18.12.	18.12.	18.12.	225
1961-1995	ka	5.5.	9.5.	10.5.	12.5.	12.5.	28.10.	31.10.	30.10.	6.11.	8.11.	10.11.	10.11.	184
	min	20.4.	25.4.	28.4.	4.5.	4.5.	9.10.	9.10.	7.10.	11.10.	16.10.	16.10.	16.10.	154
	max	15.5.	17.5.	18.5.	20.5.	20.5.	22.11.	28.11.	20.11.	10.12.	3.12.	4.12.	4.12.	211
<b>Pielavesi, Säviä I4:27a</b>														
koko jakso	ka	3.5.	8.5.	11.5.	14.5.	14.5.	30.10.	6.11.	6.11.	11.11.	12.11.	15.11.	16.11.	180
	min	22.4.	24.4.	21.4.	24.4.	24.4.	24.9.	24.9.	12.10.	16.10.	16.10.	21.10.	23.10.	131
	max	16.5.	19.5.	27.5.	5.6.	5.6.	3.12.	18.12.	20.12.	20.12.	21.12.	21.12.	22.12.	211
1961-2000	ka	3.5.	9.5.	10.5.	12.5.	13.5.	2.11.	9.11.	8.11.	11.11.	16.11.	18.11.	20.11.	177
	min	22.4.	24.4.	29.4.	29.4.	30.4.	8.10.	8.10.	16.10.	16.10.	21.10.	21.10.	23.10.	151
	max	16.5.	19.5.	20.5.	22.5.	23.5.	3.12.	18.12.	20.12.	20.12.	21.12.	21.12.	22.12.	208
<b>Iisvesi I4:33</b>														
koko jakso	ka	1.5.	7.5.	8.5.	11.5.		2.11.	10.11.	13.11.	17.11.	23.11.	24.11.	25.11.	168
	min	20.4.	25.4.	26.4.	23.4.		23.9.	12.10.	16.10.	19.10.	25.10.	29.10.	29.10.	127
	max	19.5.	27.5.	22.5.	30.5.		21.12.	24.12.	28.12.	28.12.	30.12.	30.12.	30.12.	212
1961-2000	ka	1.5.	7.5.	8.5.	11.5.		5.11.	13.11.	14.11.	18.11.	23.11.	24.11.	25.11.	169
	min	21.4.	26.4.	29.4.	29.4.		12.10.	12.10.	16.10.	24.10.	25.10.	31.10.	5.11.	131
	max	11.5.	17.5.	18.5.	23.5.		21.12.	24.12.	28.12.	28.12.	30.12.	30.12.	30.12.	191
<b>Hankavesi, Rautalampi I4:36</b>														
koko jakso	ka	3.5.	7.5.	7.5.	10.5.	10.5.	11.11.	13.11.	16.11.	18.11.	21.11.	22.11.	22.11.	169
	min	21.4.	24.4.	26.4.	19.4.	19.4.	15.10.	15.10.	28.10.	28.10.	23.10.	23.10.	27.10.	123
	max	14.5.	17.5.	18.5.	27.5.	27.5.	23.12.	23.12.	23.12.	23.12.	29.12.	29.12.	29.12.	201

Paikan nimi asteikko jakso		b1	b2	b3	b4	b5	x1	x1	x2	x3	x5	x7	x8	jääpeite- aika (d)
1961-2000	ka	3.5.	7.5.	8.5.	10.5.	10.5.	11.11.	13.11.	16.11.	18.11.	22.11.	23.11.	23.11.	170
	min	21.4.	24.4.	26.4.	27.4.	27.4.	15.10.	15.10.	28.10.	28.10.	31.10.	31.10.	31.10.	129
	max	14.5.	17.5.	18.5.	20.5.	20.5.	23.12.	23.12.	23.12.	23.12.	29.12.	29.12.	29.12.	194
<b>Konnevesi I4:39</b>														
koko jakso	ka				13.5.	13.5.					1.12.	1.12.	5.12.	163
	min				26.4.	26.4.					28.10.	28.10.	28.10.	95
	max				3.6.	3.6.					29.1.	29.1.	29.1.	199
1961-2000	ka				12.5.	12.5.					23.11.	24.11.	1.12.	170
	min				28.4.	28.4.					28.10.	28.10.	31.10.	130
	max				23.5.	23.5.					28.12.	28.12.	11.1.	199
<b>Ala-Kintaus I4:49</b>														
koko jakso	ka	5.5.	7.5.	6.5.	9.5.	9.5.	8.11.	9.11.	11.11.	15.11.	17.11.	20.11.	21.11.	170
	min	25.4.	29.4.	27.4.	19.4.	19.4.	12.10.	17.10.	19.10.	19.10.	21.10.	21.10.	21.10.	122
	max	22.5.	19.5.	19.5.	26.5.	26.5.	18.12.	18.12.	19.12.	19.12.	25.12.	11.1.	11.1.	202
1961-2000	ka	6.5.	7.5.	6.5.	9.5.	10.5.	9.11.	10.11.	13.11.	14.11.	19.11.	20.11.	20.11.	171
	min	26.4.	29.4.	27.4.	1.5.	1.5.	12.10.	17.10.	19.10.	19.10.	27.10.	27.10.	27.10.	139
	max	19.5.	19.5.	19.5.	20.5.	20.5.	18.12.	18.12.	19.12.	19.12.	25.12.	25.12.	25.12.	194
<b>Jääsjärvi, Hartola I4:57</b>														
koko jakso	ka	23.4.	29.4.	1.5.	5.5.	5.5.	6.11.	11.11.	10.11.	14.11.	17.11.	19.11.	20.11.	167
	min	15.3.	1.4.	12.4.	15.4.	15.4.	16.10.	16.10.	18.10.	18.10.	21.10.	21.10.	28.10.	123
	max	9.5.	17.5.	18.5.	25.5.	25.5.	21.12.	21.12.	24.12.	24.12.	25.12.	25.12.	26.12.	200
1961-2000	ka	23.4.	29.4.	1.5.	4.5.	5.5.	6.11.	12.11.	11.11.	14.11.	17.11.	20.11.	22.11.	166
	min	15.3.	1.4.	12.4.	20.4.	20.4.	16.10.	16.10.	18.10.	18.10.	24.10.	24.10.	28.10.	139
	max	9.5.	17.5.	18.5.	19.5.	19.5.	21.12.	21.12.	24.12.	24.12.	25.12.	25.12.	26.12.	199
<b>Joutsjärvi I4:58</b>														
koko jakso	ka				5.5.	5.5.					18.11.	24.11.	25.11.	161
	min				15.4.	15.4.					20.10.	21.10.	25.10.	91
	max				25.5.	25.5.					22.12.	22.1.	22.1.	197
1961-1994	ka				4.5.	5.5.					14.11.	22.11.	24.11.	163
	min				17.4.	19.4.					20.10.	21.10.	25.10.	122
	max				18.5.	18.5.					6.12.	29.12.	29.12.	194
<b>Päijänne, Tehi I4:60</b>														
koko jakso	ka	29.4.	2.5.	5.5.		9.5.		3.12.		6.12.			22.12.	137
	min	13.4.	15.4.	21.4.		22.4.		22.10.		1.11.			1.12.	100
	max	15.5.	17.5.	23.5.		23.5.		26.12.		26.12.			22.1.	168
1961-2000	ka	29.4.	2.5.	5.5.		8.5.		6.12.		6.12.			24.12.	135
	min	13.4.	15.4.	21.4.		22.4.		22.11.		1.11.			1.12.	100
	max	15.5.	17.5.	23.5.		23.5.		26.12.		26.12.			22.1.	168

Paikan nimi asteikko jakso		b1	b2	b3	b4	b5	x1	x1	x2	x3	x5	x7	x8	jääpeite- aika (d)
<b>Päijänne, Sysmä I4:60</b>														
1971-2000	ka				1.5.							20.11.		163
	min				16.4.							22.10.		112
	max				15.5.							8.1.		195
<b>Vesijärvi, Lahti I4:61</b>														
koko jakso	ka	27.4.	1.5.	2.5.	5.5.		19.11.	22.11.	23.11.	25.11.	27.11.	1.12.	1.12.	156
	min	10.4.	12.4.	13.4.	15.4.		23.10.	23.10.	1.11.	1.11.	26.10.	1.11.	1.11.	120
	max	23.5.	13.5.	29.5.	26.5.		14.12.	30.12.	14.12.	19.12.	31.12.	31.12.	27.1.	197
1961-2000	ka	26.4.	30.4.	1.5.	3.5.		22.11.	25.11.	23.11.	25.11.	28.11.	1.12.	1.12.	155
	min	10.4.	12.4.	13.4.	15.4.		28.10.	1.11.	1.11.	1.11.	29.10.	8.11.	8.11.	121
	max	10.5.	13.5.	13.5.	15.5.		14.12.	30.12.	14.12.	19.12.	31.12.	31.12.	31.12.	181
<b>Vesijärvi, Vääksy I4:62</b>														
koko jakso	ka			5.5.	7.5.	8.5.					1.12.	2.12.	3.12.	156
	min			19.4.	18.4.	18.4.					2.11.	2.11.	2.11.	87
	max			23.5.	27.5.	27.5.					28.1.	28.1.	28.1.	200
1961-2000	ka	26.4.	2.5.	4.5.	5.5.	6.5.	21.11.	24.11.	25.11.	27.11.	2.12.	2.12.	3.12.	156
	min	31.3.	18.4.	19.4.	19.4.	19.4.	26.10.	26.10.	30.10.	31.10.	8.11.	8.11.	8.11.	123
	max	9.5.	16.5.	17.5.	19.5.	19.5.	29.12.	29.12.	31.12.	31.12.	2.1.	2.1.	2.1.	182
<b>Päijänne, Vääksy I4:63</b>														
koko jakso	ka			4.5.	7.5.	7.5.					10.12.	10.12.	11.12.	148
	min			12.4.	14.4.	14.4.					2.11.	2.11.	10.11.	81
	max			28.5.	30.5.	30.5.					29.1.	29.1.	29.1.	203
1961-2000	ka	28.4.	2.5.	3.5.	5.5.	5.5.	22.11.	26.11.	28.11.	29.11.	10.12.	11.12.	12.12.	147
	min	2.4.	10.4.	12.4.	14.4.	14.4.	27.10.	27.10.	31.10.	31.10.	17.11.	17.11.	17.11.	104
	max	12.5.	16.5.	18.5.	19.5.	19.5.	29.12.	29.12.	31.12.	31.12.	22.1.	22.1.	22.1.	174
<b>Ala-Rieveli I4:68</b>														
koko jakso	ka	22.4.	1.5.	2.5.	5.5.	5.5.	12.11.	22.11.	13.11.	22.11.	26.11.	2.12.	6.12.	155
	min	30.3.	15.4.	17.4.	15.4.	15.4.	10.10.	14.10.	10.10.	15.10.	22.10.	2.11.	8.11.	95
	max	11.5.	16.5.	22.5.	25.5.	25.5.	25.12.	29.12.	23.12.	29.12.	8.1.	22.1.	22.1.	195
1961-2000	ka	22.4.	3.5.	2.5.	4.5.	4.5.	16.11.	26.11.	13.11.	23.11.	28.11.	1.12.	3.12.	155
	min	8.4.	18.4.	19.4.	21.4.	21.4.	10.10.	24.10.	10.10.	24.10.	7.11.	7.11.	8.11.	122
	max	11.5.	16.5.	13.5.	18.5.	18.5.	25.12.	29.12.	23.12.	29.12.	26.12.	30.12.	30.12.	182
<b>Kyyvesi, Haukivuori I4:74</b>														
koko jakso	ka		5.5.	5.5.	8.5.	8.5.	2.11.	12.11.	6.11.	13.11.	16.11.	20.11.	22.11.	170
	min		19.4.	21.4.	20.4.	20.4.	8.10.	12.10.	4.10.	12.10.	17.10.	22.10.	25.10.	121
	max		19.5.	24.5.	27.5.	27.5.	23.12.	23.12.	23.12.	23.12.	26.12.	26.12.	26.12.	202
1961-2000	ka	30.4.	4.5.	4.5.	7.5.	7.5.	2.11.	13.11.	5.11.	13.11.	14.11.	19.11.	22.11.	170
	min	13.4.	19.4.	21.4.	21.4.	21.4.	11.10.	12.10.	11.10.	12.10.	22.10.	22.10.	28.10.	135
	max	24.5.	19.5.	15.5.	21.5.	21.5.	23.12.	23.12.	23.12.	23.12.	25.12.	25.12.	25.12.	200

Paikan nimi asteikko jakso		b1	b2	b3	b4	b5	x1	x1	x2	x3	x5	x7	x8	jääpeite- aika (d)
<b>Puula, Kangasniemi 14:75</b>														
koko jakso	ka				8.5.	8.5.					17.11.	18.11.	20.11.	171
	min				22.4.	22.4.					16.10.	16.10.	21.10.	122
	max				27.5.	27.5.					4.1.	4.1.	4.1.	216
1961-1997	ka	2.5.	3.5.	4.5.	6.5.	7.5.	31.10.	10.11.	7.11.	14.11.	16.11.	18.11.	21.11.	170
	min	12.4.	19.4.	21.4.	22.4.	22.4.	28.9.	15.10.	19.10.	19.10.	20.10.	25.10.	25.10.	136
	max	14.5.	17.5.	14.5.	19.5.	19.5.	1.12.	10.12.	12.12.	12.12.	14.12.	16.12.	29.12.	199
<b>Ylä-Kivijärvi, Jurvala 14:88</b>														
koko jakso	ka	27.4.	2.5.	3.5.	6.5.	6.5.	16.11.	20.11.	19.11.	23.11.	23.11.	27.11.	28.11.	160
	min	2.4.	21.4.	22.4.	15.4.	15.4.	20.10.	24.10.	26.10.	4.11.	1.11.	1.11.	1.11.	98
	max	10.5.	13.5.	13.5.	25.5.	25.5.	11.12.	24.12.	12.12.	19.12.	26.12.	23.1.	1.1.	194
1961-2000	ka	28.4.	3.5.	4.5.	5.5.	5.5.	16.11.	20.11.	19.11.	23.11.	23.11.	27.11.	29.11.	160
	min	6.4.	21.4.	22.4.	23.4.	23.4.	26.10.	1.11.	26.10.	4.11.	2.11.	7.11.	8.11.	124
	max	10.5.	13.5.	13.5.	14.5.	14.5.	11.12.	24.12.	12.12.	19.12.	26.12.	28.12.	28.12.	183
<b>Ala-Kivijärvi, Ylä-Munni 14:89</b>														
koko jakso	ka	22.4.	3.5.	3.5.	5.5.	5.5.	5.11.	17.11.	15.11.	18.11.	21.11.	23.11.	26.11.	163
	min	1.4.	20.4.	20.4.	14.4.	14.4.	12.10.	15.10.	20.10.	20.10.	24.10.	24.10.	27.10.	112
	max	4.5.	13.5.	14.5.	23.5.	23.5.	28.11.	20.12.	22.12.	22.12.	26.12.	7.1.	7.1.	201
1961-2000	ka	22.4.	3.5.	3.5.	5.5.	5.5.	6.11.	19.11.	16.11.	19.11.	23.11.	24.11.	28.11.	163
	min	1.4.	20.4.	20.4.	21.4.	21.4.	12.10.	24.10.	21.10.	26.10.	3.11.	5.11.	5.11.	126
	max	4.5.	13.5.	14.5.	15.5.	15.5.	28.11.	20.12.	22.12.	22.12.	26.12.	26.12.	31.12.	186
<b>Pyhäjärvi 16:1a</b>														
koko jakso	ka				1.5.	1.5.					16.12.	16.12.	17.12.	136
	min				6.4.	6.4.					26.11.	26.11.	26.11.	102
	max				19.5.	19.5.					15.1.	15.1.	23.1.	170
1961-1994	ka	24.4.	26.4.	26.4.	30.4.	30.4.		13.12.	12.12.	12.12.	15.12.	15.12.	16.12.	135
	min	3.4.	13.3.	30.3.	6.4.	6.4.		25.11.	23.11.	27.11.	29.11.	29.11.	29.11.	102
	max	12.5.	12.5.	10.5.	19.5.	19.5.		15.1.	15.1.	15.1.	15.1.	15.1.	24.1.	166
<b>Sääksjärvi 23:3a</b>														
koko jakso	ka			1.5.	1.5.		3.11.	17.11.			17.11.	23.11.	24.11.	160
	min			4.4.	5.4.		15.10.	25.10.			20.10.	25.10.	25.10.	119
	max			13.5.	14.5.		24.11.	19.12.			15.12.	30.12.	30.12.	191
1961-1998	ka	27.4.	1.5.	1.5.	1.5.		3.11.	17.11.	9.11.	19.11.	17.11.	23.11.	23.11.	160
	min	26.3.	17.4.	4.4.	5.4.		15.10.	25.10.	15.10.	23.10.	20.10.	25.10.	25.10.	119
	max	10.5.	13.5.	13.5.	14.5.		24.11.	19.12.	14.12.	27.12.	15.12.	30.12.	30.12.	191
<b>Lohjanjärvi, Virkkala 23:9</b>														
koko jakso	ka	19.4.	26.4.		28.4.	28.4.	11.11.	20.11.	17.11.	27.11.	25.11.	3.12.	7.12.	145
	min	23.3.	3.4.		25.3.	25.3.	18.10.	22.10.	24.10.	1.11.	22.10.	22.10.	22.10.	75
	max	6.5.	10.5.		18.5.	19.5.	9.12.	31.12.	13.12.	27.12.	30.1.	30.1.	30.1.	201

Paikan nimi asteikko jakso		b1	b2	b3	b4	b5	x1	x1	x2	x3	x5	x7	x8	jääpeite- aika (d)
1961-1994	ka	19.4.	24.4.	24.4.	26.4.	26.4.	11.11.	21.11.	17.11.	25.11.	18.11.	2.12.	3.12.	144
	min	23.3.	3.4.	24.3.	25.3.	25.3.	18.10.	22.10.	24.10.	1.11.	25.10.	8.11.	8.11.	96
	max	3.5.	10.5.	8.5.	11.5.	11.5.	9.12.	31.12.	13.12.	26.12.	15.12.	16.1.	16.1.	178
<b>Pyhäjärvi, Kauttua 34:1</b>														
koko jakso	ka	16.4.	25.4.		30.4.	30.4.	14.11.	20.11.	19.11.	25.11.	30.11.	2.12.	3.12.	147
	min	10.3.	29.3.		2.4.	2.4.	30.9.	30.9.	13.10.	13.10.	30.10.	3.11.	3.11.	96
	max	10.5.	10.5.		15.5.	15.5.	15.1.	15.1.	15.12.	15.1.	20.1.	20.1.	22.1.	179
1961-2000	ka	16.4.	26.4.	28.4.	30.4.	1.5.	15.11.	22.11.	19.11.	26.11.	1.12.	4.12.	4.12.	147
	min	10.3.	29.3.	29.3.	2.4.	2.4.	30.9.	30.9.	13.10.	13.10.	30.10.	3.11.	3.11.	96
	max	10.5.	10.5.	14.5.	15.5.	15.5.	15.1.	15.1.	15.12.	15.1.	20.1.	20.1.	22.1.	179
<b>Längelmävesi, Kaivanto 35:6</b>														
koko jakso	ka	27.4.	30.4.	3.5.	6.5.	6.5.	19.11.	26.11.	24.11.	27.11.	30.11.	2.12.	4.12.	154
	min	6.4.	12.4.	15.4.	15.4.	15.4.	11.10.	18.10.	23.10.	2.11.	28.10.	2.11.	2.11.	84
	max	16.5.	13.5.	23.5.	26.5.	26.5.	30.12.	30.12.	26.12.	26.12.	28.1.	28.1.	28.1.	195
1961-2000	ka	28.4.	30.4.	2.5.	4.5.	4.5.	21.11.	26.11.	25.11.	27.11.	30.11.	2.12.	2.12.	155
	min	9.4.	12.4.	15.4.	16.4.	16.4.	11.10.	18.10.	2.11.	2.11.	28.10.	7.11.	8.11.	121
	max	12.5.	13.5.	14.5.	16.5.	16.5.	30.12.	30.12.	26.12.	26.12.	12.1.	12.1.	16.1.	182
<b>Vesijako 35:10</b>														
koko jakso	ka	29.4.	4.5.	4.5.	6.5.	6.5.	12.11.	22.11.	17.11.	23.11.	29.11.	1.12.	3.12.	157
	min	12.4.	19.4.	20.4.	21.4.	21.4.	11.10.	24.10.	15.10.	31.10.	2.11.	2.11.	2.11.	85
	max	19.5.	17.5.	21.5.	26.5.	26.5.	16.12.	26.12.	11.12.	17.12.	28.1.	28.1.	28.1.	194
1961-1999	ka	29.4.	3.5.	4.5.	6.5.	6.5.	8.11.	19.11.	17.11.	23.11.	28.11.	1.12.	1.12.	157
	min	13.4.	19.4.	22.4.	23.4.	23.4.	11.10.	24.10.	15.10.	31.10.	5.11.	7.11.	8.11.	123
	max	15.5.	17.5.	21.5.	22.5.	22.5.	6.12.	17.12.	11.12.	17.12.	31.12.	31.12.	31.12.	183
<b>Kukkia, Puutikkala 32:12</b>														
koko jakso	ka	24.4.	30.4.	2.5.	5.5.	5.5.	4.11.	12.11.	11.11.	14.11.	20.11.	23.11.	25.11.	162
	min	21.3.	10.4.	16.4.	15.4.	15.4.	11.10.	11.10.	19.10.	19.10.	21.10.	21.10.	21.10.	80
	max	6.5.	14.5.	16.5.	26.5.	26.5.	21.12.	21.12.	24.12.	24.12.	2.1.	28.1.	28.1.	198
1961-2000	ka	24.4.	30.4.	2.5.	4.5.	4.5.	5.11.	12.11.	12.11.	14.11.	18.11.	22.11.	25.11.	165
	min	21.3.	10.4.	16.4.	17.4.	17.4.	11.10.	11.10.	19.10.	19.10.	21.10.	21.10.	21.10.	120
	max	6.5.	14.5.	16.5.	17.5.	17.5.	21.12.	21.12.	24.12.	24.12.	2.1.	2.1.	2.1.	197
<b>Iso-Roinevesi, W-ranta 35:13</b>														
koko jakso	ka				4.5.	5.5.					4.12.	4.12.	7.12.	151
	min				12.4.	12.4.					2.11.	2.11.	2.11.	120
	max				24.5.	24.5.					11.1.	11.1.	28.1.	184
1961-1999	ka	27.4.	1.5.	3.5.	4.5.	4.5.	14.11.	21.11.	20.11.	24.11.	4.12.	4.12.	5.12.	152
	min	31.3.	10.4.	11.4.	12.4.	12.4.	17.10.	25.10.	26.10.	26.10.	9.11.	9.11.	9.11.	120
	max	10.5.	12.5.	15.5.	18.5.	18.5.	30.12.	30.12.	31.12.	31.12.	11.1.	11.1.	11.1.	179

Paikan nimi asteikko jakso		b1	b2	b3	b4	b5	x1	x1	x2	x3	x5	x7	x8	jääpeite- aika (d)
<b>Vanajavesi, Hämeenlinna 35:25</b>														
koko jakso	ka	13.4.	2.4.		30.4.	30.4.	13.11.	24.11.			30.11.	5.12.	9.12.	146
	min	9.2.	4.2.		1.4.	1.4.	7.10.	23.10.			28.10.	1.11.	1.11.	79
	max	18.5.	10.5.		27.5.	27.5.	19.12.	31.12.			28.1.	1.2.	21.2.	196
1961-1997	ka	9.4.	23.3.		24.4.	25.4.	7.11.	25.11.	20.11.	23.11.	29.11.	12.12.	20.12.	134
	min	9.2.	4.2.		2.4.	2.4.	7.10.	25.10.	19.10.	19.10.	28.10.	2.11.	2.11.	79
	max	2.5.	3.5.		10.5.	10.5.	14.12.	31.12.	14.12.	19.12.	4.1.	1.2.	21.2.	173
<b>Jalanti, Sotkia 35:31</b>														
koko jakso	ka	18.4.	27.4.	28.4.	1.5.	1.5.	5.11.	12.11.	9.11.	16.11.	14.11.	21.11.	21.11.	161
	min	11.2.	29.2.	4.4.	13.4.	13.4.	12.10.	19.10.	10.10.	19.10.	19.10.	20.10.	20.10.	75
	max	11.5.	13.5.	13.5.	20.5.	20.5.	5.12.	30.12.	2.1.	2.1.	28.1.	28.1.	28.1.	197
1961-1999	ka	18.4.	26.4.	29.4.	1.5.	1.5.	4.11.	13.11.	9.11.	16.11.	14.11.	19.11.	20.11.	163
	min	11.2.	29.2.	4.4.	13.4.	13.4.	12.10.	19.10.	10.10.	19.10.	21.10.	23.10.	23.10.	117
	max	11.5.	12.5.	13.5.	14.5.	14.5.	5.12.	30.12.	5.12.	30.12.	14.12.	30.12.	30.12.	197
<b>Ähtärinjärvi, Niemiaho 35:37a</b>														
koko jakso	ka	2.5.	6.5.	5.5.	10.5.	10.5.	6.11.	13.11.	9.11.	13.11.	19.11.	22.11.	23.11.	169
	min	18.4.	23.4.	23.4.	21.4.	21.4.	14.10.	14.10.	14.10.	14.10.	18.10.	22.10.	22.10.	93
	max	16.5.	19.5.	20.5.	29.5.	29.5.	20.12.	20.12.	22.12.	22.12.	27.1.	27.1.	27.1.	203
1961-2000	ka	3.5.	6.5.	6.5.	9.5.	9.5.	6.11.	14.11.	9.11.	14.11.	13.11.	18.11.	19.11.	173
	min	18.4.	23.4.	23.4.	25.4.	25.4.	16.10.	18.10.	17.10.	18.10.	18.10.	22.10.	22.10.	146
	max	16.5.	19.5.	20.5.	22.5.	22.5.	20.12.	20.12.	22.12.	22.12.	25.12.	25.12.	25.12.	202
<b>Pihlajavesi 35:47</b>														
koko jakso	ka	1.5.			9.5.	9.5.	6.11.	10.11.			18.11.	20.11.	21.11.	169
	min	10.4.			20.4.	20.4.	10.10.	19.10.			21.10.	21.10.	23.10.	129
	max	19.5.			27.5.	27.5.	17.12.	17.12.			31.12.	31.12.	11.1.	205
1961-2000	ka	30.4.	3.5.	6.5.	8.5.	8.5.	4.11.	10.11.	9.11.	14.11.	16.11.	19.11.	20.11.	171
	min	15.4.	15.4.	25.4.	27.4.	27.4.	10.10.	19.10.	19.10.	19.10.	21.10.	21.10.	23.10.	140
	max	13.5.	15.5.	16.5.	19.5.	19.5.	17.12.	17.12.	19.12.	19.12.	25.12.	25.12.	25.12.	199
<b>Kitusjärvi 35:48</b>														
koko jakso	ka	25.4.	26.4.	1.5.	5.5.	5.5.	22.10.	6.11.	28.10.	9.11.	12.11.	18.11.	21.11.	168
	min	4.4.	12.4.	20.4.	16.4.	16.4.	17.9.	4.10.	1.10.	9.10.	8.10.	8.10.	8.10.	87
	max	14.5.	12.5.	15.5.	22.5.	24.5.	23.11.	30.12.	19.12.	21.12.	28.1.	28.1.	28.1.	222
1961-2000	ka	25.4.	25.4.	1.5.	4.5.	4.5.	21.10.	10.11.	30.10.	13.11.	9.11.	20.11.	23.11.	166
	min	12.4.	12.4.	20.4.	23.4.	23.4.	17.9.	6.10.	1.10.	12.10.	10.10.	18.10.	18.10.	125
	max	14.5.	12.5.	15.5.	17.5.	17.5.	23.11.	30.12.	19.12.	21.12.	30.12.	31.12.	31.12.	196
<b>Visuvesi, Kanava 35:50</b>														
koko jakso	ka	27.4.	19.4.	2.5.	7.5.	7.5.	10.11.	16.11.	17.11.	21.11.	27.11.	30.11.	1.12.	158
	min	10.4.	16.3.	31.3.	18.4.	18.4.	11.10.	18.10.	19.10.	22.10.	19.10.	28.10.	28.10.	84
	max	13.5.	9.5.	14.5.	24.5.	24.5.	22.12.	22.12.	28.12.	29.12.	24.1.	24.1.	28.1.	195



Paikan nimi asteikko jakso		b1	b2	b3	b4	b5	x1	x1	x2	x3	x5	x7	x8	jääpeite- aika (d)
1961-2000	ka	28.4.	18.4.	2.5.	6.5.	6.5.	10.11.	17.11.	18.11.	22.11.	24.11.	30.11.	1.12.	158
	min	10.4.	16.3.	31.3.	25.4.	25.4.	11.10.	22.10.	19.10.	23.10.	31.10.	7.11.	7.11.	124
	max	13.5.	9.5.	14.5.	20.5.	20.5.	22.12.	22.12.	28.12.	29.12.	30.12.	21.1.	21.1.	182
<b>Ukonselkä, Kolho 35:55</b>														
koko jakso	ka				8.5.	8.5.					18.11.	25.11.	27.11.	164
	min				18.4.	18.4.					16.10.	30.10.	31.10.	126
	max				31.5.	31.5.					27.12.	31.12.	28.1.	204
1961-1998	ka				6.5.	6.5.					22.11.	23.11.	25.11.	163
	min				23.4.	23.4.					19.10.	31.10.	31.10.	134
	max				19.5.	19.5.					23.12.	23.12.	23.12.	189
<b>Palovesi, Murole 35:62</b>														
koko jakso	ka	25.4.	29.4.	3.5.	7.5.	7.5.	9.11.	17.11.	21.11.	22.11.	3.12.	4.12.	5.12.	153
	min	4.4.	12.4.	16.4.	18.4.	18.4.	17.10.	20.10.	23.10.	23.10.	27.10.	27.10.	1.11.	87
	max	9.5.	16.5.	19.5.	25.5.	25.5.	21.12.	29.12.	29.12.	29.12.	25.1.	25.1.	25.1.	195
1961-2000	ka	25.4.	29.4.	3.5.	6.5.	6.5.	9.11.	17.11.	21.11.	23.11.	1.12.	5.12.	6.12.	154
	min	4.4.	12.4.	16.4.	26.4.	26.4.	17.10.	20.10.	23.10.	23.10.	27.10.	27.10.	6.11.	102
	max	9.5.	16.5.	19.5.	20.5.	20.5.	21.12.	29.12.	29.12.	29.12.	21.1.	21.1.	21.1.	194
<b>Näsijärvi, Tampere 35:68a</b>														
koko jakso	ka	24.4.	1.5.	1.5.	9.5.	10.5.	14.11.	29.11.	30.11.	8.12.	10.12.	12.12.	15.12.	148
	min	20.3.	14.4.	14.4.	16.4.	16.4.	3.10.	17.10.	20.10.	10.11.	21.10.	25.10.	12.11.	79
	max	9.5.	20.5.	27.5.	17.6.	17.6.	13.1.	13.1.	26.1.	26.1.	30.1.	30.1.	30.1.	208
1961-2000	ka	24.4.	30.4.	1.5.	4.5.	6.5.	11.11.	30.11.	25.11.	7.12.	12.12.	15.12.	18.12.	142
	min	20.3.	14.4.	14.4.	16.4.	16.4.	3.10.	17.10.	24.10.	16.11.	8.11.	8.11.	24.11.	104
	max	9.5.	14.5.	13.5.	19.5.	21.5.	15.12.	28.12.	2.1.	2.1.	22.1.	22.1.	22.1.	180
<b>Pyhäjärvi, Tampere 35:71</b>														
koko jakso	ka	18.4.	13.4.	24.4.	3.5.	3.5.	26.11.	5.12.	1.12.	5.12.	8.12.	10.12.	11.12.	144
	min	17.3.	26.2.	12.3.	16.4.	16.4.	22.10.	4.11.	6.11.	6.11.	2.11.	2.11.	2.11.	77
	max	6.5.	7.5.	10.5.	27.5.	27.5.	16.1.	16.1.	17.1.	17.1.	29.1.	29.1.	29.1.	199
1961-1995	ka	16.4.	11.4.	22.4.	1.5.	1.5.	29.11.	5.12.	3.12.	7.12.	8.12.	10.12.	12.12.	143
	min	17.3.	26.2.	12.3.	16.4.	16.4.	5.11.	5.11.	6.11.	6.11.	8.11.	8.11.	8.11.	89
	max	3.5.	7.5.	10.5.	12.5.	12.5.	16.1.	16.1.	17.1.	17.1.	24.1.	24.1.	24.1.	176
<b>Kyrösjärvi, Kyröskoski 35:82</b>														
koko jakso	ka				6.5.	6.5.					5.12.	8.12.	10.12.	149
	min				19.4.	19.4.					1.11.	6.11.	8.11.	87
	max				24.5.	24.5.					29.1.	29.1.	29.1.	185
1961-1995	ka	25.4.	30.4.	3.5.	5.5.	5.5.	10.11.	17.11.	18.11.	25.11.	4.12.	6.12.	8.12.	150
	min	12.4.	15.4.	17.4.	21.4.	21.4.	30.9.	11.10.	23.10.	6.11.	6.11.	6.11.	8.11.	113
	max	10.5.	18.5.	18.5.	22.5.	22.5.	27.12.	27.12.	20.12.	29.12.	31.12.	9.1.	9.1.	185

Paikan nimi asteikko jakso		b1	b2	b3	b4	b5	x1	x1	x2	x3	x5	x7	x8	jääpeite- aika (d)
<b>Kuivajärvi, Saari 35:91a</b>														
koko jakso	ka	21.4.	25.4.	27.4.	30.4.	1.5.	6.11.	13.11.	10.11.	17.11.	18.11.	22.11.	24.11.	160
	min	27.3.	4.4.	4.4.	5.4.	5.4.	8.10.	11.10.	15.10.	20.10.	16.10.	20.10.	25.10.	115
	max	13.5.	8.5.	14.5.	18.5.	18.5.	20.12.	26.12.	22.12.	28.12.	24.1.	24.1.	24.1.	194
1961-2000	ka	20.4.	25.4.	28.4.	30.4.	30.4.	10.11.	11.11.	14.11.	18.11.	19.11.	20.11.	23.11.	161
	min	27.3.	4.4.	4.4.	5.4.	5.4.	11.10.	11.10.	23.10.	23.10.	25.10.	25.10.	25.10.	115
	max	5.5.	8.5.	10.5.	13.5.	13.5.	20.12.	20.12.	22.12.	22.12.	1.1.	1.1.	1.1.	194
<b>Sääksjärvi, Sääkskoski 35:98</b>														
koko jakso	ka		29.4.	29.4.	3.5.	3.5.	5.11.	16.11.	15.11.	21.11.	19.11.	26.11.	27.11.	158
	min		3.4.	30.3.	5.4.	5.4.	10.10.	10.10.	23.10.	23.10.	22.10.	28.10.	28.10.	81
	max		14.5.	14.5.	19.5.	19.5.	25.11.	16.12.	29.12.	29.12.	31.12.	26.1.	26.1.	196
1961-1999	ka	25.4.	29.4.	29.4.	2.5.	2.5.	6.11.	17.11.	16.11.	21.11.	20.11.	23.11.	25.11.	160
	min	25.3.	3.4.	30.3.	5.4.	5.4.	10.10.	10.10.	23.10.	23.10.	28.10.	28.10.	28.10.	115
	max	11.5.	14.5.	14.5.	19.5.	19.5.	25.11.	16.12.	29.12.	29.12.	31.12.	31.12.	31.12.	186
<b>Kuortanejärvi, Kuortane 44:l</b>														
koko jakso	ka			5.5.	6.5.	6.5.	3.11.	8.11.			14.11.	16.11.	17.11.	171
	min			24.4.	19.4.	19.4.	1.10.	12.10.			18.10.	18.10.	18.10.	137
	max			19.5.	26.5.	26.5.	3.12.	6.12.			16.12.	16.12.	16.12.	207
1961-1999	ka	24.4.		6.5.	6.5.	6.5.	3.11.	9.11.			13.11.	16.11.	16.11.	171
	min	7.4.		24.4.	23.4.	23.4.	1.10.	12.10.			18.10.	18.10.	18.10.	137
	max	24.4.		19.5.	22.5.	22.5.	3.12.	6.12.			12.12.	16.12.	16.12.	207
<b>Lappajärvi, Halkosaari 47:3b</b>														
koko jakso	ka	30.4.	6.5.	6.5.	11.5.	11.5.	28.10.	6.11.	5.11.	13.11.	20.11.	24.11.	27.11.	168
	min	8.4.	24.4.	19.4.	22.4.	23.4.	22.9.	12.10.	7.10.	15.10.	23.10.	23.10.	28.10.	120
	max	16.5.	20.5.	26.5.	30.5.	30.5.	11.12.	25.12.	11.12.	25.12.	31.12.	31.12.	27.1.	210
1961-2000	ka	30.4.	5.5.	7.5.	11.5.	11.5.	2.11.	9.11.	8.11.	11.11.	18.11.	21.11.	24.11.	172
	min	15.4.	24.4.	24.4.	26.4.	26.4.	10.10.	13.10.	15.10.	15.10.	23.10.	24.10.	28.10.	140
	max	15.5.	20.5.	26.5.	30.5.	30.5.	11.12.	25.12.	11.12.	25.12.	25.12.	25.12.	25.12.	202
<b>Lestijärvi, Kiiskilänlahti 51:2</b>														
koko jakso	ka	4.5.	8.5.	9.5.	13.5.	13.5.	27.10.	3.11.	2.11.	7.11.	10.11.	13.11.	13.11.	181
	min	20.4.	23.4.	26.4.	26.4.	26.4.	29.9.	10.10.	11.10.	14.10.	17.10.	17.10.	18.10.	133
	max	22.5.	27.5.	25.5.	30.5.	30.5.	18.11.	17.12.	3.12.	19.12.	20.12.	20.12.	21.12.	214
1961-2000	ka	5.5.	8.5.	10.5.	13.5.	13.5.	28.10.	3.11.	3.11.	8.11.	12.11.	14.11.	14.11.	181
	min	20.4.	24.4.	26.4.	26.4.	26.4.	10.10.	10.10.	11.10.	14.10.	17.10.	17.10.	19.10.	151
	max	18.5.	22.5.	25.5.	30.5.	30.5.	18.11.	17.12.	3.12.	19.12.	20.12.	20.12.	21.12.	214
<b>Pyhäjärvi, Pyhäsalmi 54:l</b>														
koko jakso	ka	4.5.	8.5.	9.5.	14.5.	16.5.	27.10.	31.10.	4.11.	6.11.	13.11.		19.11.	182
	min	21.4.	13.4.	28.4.	28.4.	28.4.	27.9.	3.10.	27.9.	27.9.	8.10.		8.10.	145
	max	15.5.	26.5.	19.5.	29.5.	31.5.	3.12.	3.12.	16.12.	16.12.	20.12.		24.12.	222

Paikan nimi asteikko jakso		b1	b2	b3	b4	b5	x1	x1	x2	x3	x5	x7	x8	jääpeite- aika (d)
1961-2000	ka	4.5.	7.5.	10.5.	14.5.	15.5.	27.10.	1.11.	1.11.	4.11.	9.11.		17.11.	187
	min	21.4.	13.4.	28.4.	1.5.	1.5.	27.9.	3.10.	5.10.	5.10.	8.10.		8.10.	150
	max	15.5.	18.5.	19.5.	27.5.	31.5.	3.12.	3.12.	21.11.	28.11.	11.12.		24.12.	222
<b>Kianta, Ämmänsaari 59:2b</b>														
koko jakso	ka	14.5.	15.5.	19.5.	22.5.	22.5.	28.10.	30.10.	2.11.	3.11.	5.11.	7.11.	8.11.	196
	min	25.4.	1.5.	2.5.	1.5.	1.5.	28.9.	9.10.	4.10.	12.10.	11.10.	11.10.	11.10.	161
	max	30.5.	2.6.	11.6.	20.6.	20.6.	22.11.	2.12.	23.11.	2.12.	3.12.	16.12.	16.12.	228
1961-2000	ka	15.5.	14.5.	19.5.	21.5.	21.5.	29.10.	1.11.	2.11.	3.11.	9.11.	10.11.	12.11.	192
	min	1.5.	1.5.	7.5.	5.5.	5.5.	28.9.	12.10.	12.10.	12.10.	17.10.	17.10.	21.10.	161
	max	30.5.	2.6.	4.6.	5.6.	5.6.	22.11.	2.12.	23.11.	2.12.	3.12.	5.12.	5.12.	217
<b>Vuokkijärvi, Sankki 59:4</b>														
koko jakso	ka				19.5.	19.5.	27.10.	29.10.	30.10.	1.11.	5.11.	6.11.	7.11.	194
	min				4.5.	4.5.	24.10.	5.10.	8.10.	8.10.	13.10.	13.10.	13.10.	161
	max				4.6.	4.6.	22.11.	2.12.	20.11.	2.12.	27.11.	2.12.	2.12.	225
1961-2000	ka	13.5.	28.4.	18.5.	20.5.	20.5.	27.10.	30.10.	30.10.	31.10.	6.11.	7.11.	7.11.	195
	min	28.4.	10.3.	8.5.	6.5.	6.5.	29.9.	5.10.	8.10.	8.10.	13.10.	13.10.	13.10.	163
	max	30.5.	2.6.	3.6.	4.6.	4.6.	22.11.	2.12.	20.11.	2.12.	27.11.	2.12.	2.12.	222
<b>Hyrynjärvi, Hyrynsalmi 59:6a</b>														
koko jakso	ka				17.5.	17.5.					5.11.	6.11.	7.11.	191
	min				3.5.	3.5.					9.10.	9.10.	9.10.	157
	max				4.6.	4.6.					16.12.	16.12.	23.12.	232
1961-1997	ka	11.5.	10.5.	13.5.	17.5.	18.5.	27.10.	1.11.	2.11.	3.11.	6.11.	8.11.	11.11.	190
	min	17.4.	12.4.	21.4.	3.5.	3.5.	28.9.	8.10.	7.10.	7.10.	16.10.	16.10.	16.10.	161
	max	30.5.	2.6.	28.5.	4.6.	4.6.	18.11.	2.12.	7.12.	7.12.	5.12.	5.12.	23.12.	220
<b>Lentua, Varajoki 59:17a</b>														
koko jakso	ka	6.5.	14.5.	17.5.	20.5.	20.5.	30.10.	1.11.	4.11.	4.11.	14.11.	14.11.	15.11.	187
	min	20.4.	28.4.	4.5.	2.5.	2.5.	11.10.	11.10.	12.10.	12.10.	16.10.	16.10.	16.10.	140
	max	19.5.	30.5.	2.6.	6.6.	6.6.	25.11.	2.12.	4.12.	4.12.	19.12.	19.12.	19.12.	218
1961-2000	ka	6.5.	14.5.	18.5.	20.5.	20.5.	30.10.	1.11.	4.11.	5.11.	17.11.	17.11.	18.11.	186
	min	20.4.	28.4.	4.5.	7.5.	7.5.	11.10.	11.10.	12.10.	12.10.	24.10.	24.10.	27.10.	160
	max	19.5.	30.5.	2.6.	3.6.	4.6.	25.11.	2.12.	4.12.	4.12.	19.12.	19.12.	19.12.	215
<b>Lammasjärvi, Kuhmo 59:19</b>														
koko jakso	ka	4.5.		10.5.	17.5.	17.5.	30.10.	1.11.	1.11.	3.11.	6.11.	9.11.	10.11.	189
	min	20.4.		24.4.	30.4.	30.4.	5.10.	5.10.	9.10.	10.10.	6.10.	11.10.	11.10.	152
	max	23.5.		27.5.	10.6.	10.6.	15.12.	15.12.	5.12.	5.12.	16.12.	18.12.	18.12.	224
1961-1996	ka	4.5.	7.5.	9.5.	16.5.	16.5.	28.10.	31.10.	2.11.	3.11.	7.11.	9.11.	11.11.	187
	min	20.4.	22.4.	26.4.	2.5.	2.5.	10.10.	10.10.	10.10.	10.10.	15.10.	15.10.	15.10.	159
	max	17.5.	18.5.	21.5.	27.5.	27.5.	3.12.	3.12.	5.12.	5.12.	7.12.	7.12.	15.12.	212

Paikan nimi asteikko jakso		b1	b2	b3	b4	b5	x1	x1	x2	x3	x5	x7	x8	jääpeite- aika (d)
<b>Ontojärvi, Paloniemi 59:22a</b>														
koko jakso	ka	8.5.	12.5.		20.5.	20.5.	26.10.	1.11.	1.11.	6.11.	12.11.	13.11.	14.11.	188
	min	13.4.	20.4.		6.5.	6.5.	7.10.	7.10.	8.10.	8.10.	23.10.	23.10.	25.10.	159
	max	28.5.	25.5.		3.6.	3.6.	19.11.	23.11.	23.11.	29.11.	20.12.	20.12.	20.12.	215
1961-2000	ka	8.5.	13.5.	17.5.	20.5.	20.5.	26.10.	2.11.	2.11.	6.11.	14.11.	14.11.	16.11.	187
	min	13.4.	28.4.	3.5.	6.5.	6.5.	9.10.	11.10.	12.10.	15.10.	23.10.	23.10.	25.10.	159
	max	28.5.	25.5.	31.5.	3.6.	3.6.	19.11.	23.11.	23.11.	29.11.	20.12.	20.12.	20.12.	215
<b>Nuasjärvi, Vuokatti 59:25</b>														
koko jakso	ka	3.5.	29.4.	14.5.	17.5.	18.5.	5.11.	9.11.	5.11.	7.11.	13.11.	14.11.	16.11.	184
	min	8.4.	5.4.	16.4.	28.4.	28.4.	6.10.	6.10.	8.10.	8.10.	10.10.	10.10.	10.10.	99
	max	27.5.	27.5.	9.6.	12.6.	12.6.	19.12.	20.12.	4.12.	4.12.	21.12.	2.2.	2.2.	224
1961-2000	ka	3.5.	30.4.	9.5.	14.5.	15.5.	2.11.	4.11.	5.11.	7.11.	11.11.	16.11.	19.11.	180
	min	8.4.	5.4.	16.4.	28.4.	28.4.	6.10.	6.10.	8.10.	8.10.	10.10.	10.10.	10.10.	99
	max	27.5.	27.5.	29.5.	29.5.	29.5.	4.12.	4.12.	4.12.	4.12.	9.12.	2.2.	2.2.	224
<b>Rehja, Kajaani 59:26a</b>														
koko jakso	ka	11.5.	13.5.	14.5.	17.5.	18.5.	3.11.	9.11.	9.11.	12.11.	20.11.	21.11.	21.11.	178
	min	25.4.	28.4.	16.4.	28.4.	28.4.	12.10.	12.10.	19.10.	19.10.	27.10.	27.10.	27.10.	108
	max	27.5.	30.5.	31.5.	1.6.	1.6.	7.12.	7.12.	3.12.	19.12.	27.1.	27.1.	27.1.	211
1961-2000	ka	11.5.	13.5.	15.5.	17.5.	18.5.	3.11.	8.11.	10.11.	13.11.	18.11.	18.11.	18.11.	182
	min	25.4.	28.4.	16.4.	1.5.	4.5.	12.10.	12.10.	19.10.	19.10.	27.10.	27.10.	27.10.	156
	max	26.5.	30.5.	31.5.	31.5.	31.5.	7.12.	7.12.	3.12.	19.12.	19.12.	19.12.	19.12.	209
<b>Oulujärvi, Melalahti 59:32a</b>														
koko jakso	ka				18.5.	18.5.					10.11.	12.11.	14.11.	187
	min				5.5.	5.5.					19.10.	19.10.	19.10.	152
	max				2.6.	4.6.					5.12.	5.12.	19.12.	218
1961-2000	ka	9.5.		16.5.	18.5.	19.5.	3.11.	5.11.	7.11.	9.11.	10.11.	13.11.	15.11.	188
	min	21.4.		3.5.	5.5.	5.5.	13.10.	13.10.	14.10.	19.10.	20.10.	21.10.	24.10.	162
	max	26.5.		30.5.	2.6.	4.6.	22.11.	3.12.	30.11.	4.12.	5.12.	5.12.	19.12.	218
<b>Oulujärvi, Vaala 59:34a</b>														
koko jakso	ka					24.5.							17.11.	187
	min					2.5.							22.10.	139
	max					23.6.							24.12.	219
1961-2000	ka					22.5.							20.11.	184
	min					4.5.							24.10.	157
	max					5.6.							18.12.	212
<b>Puossunjärvi 61:1a</b>														
1961-1995	ka	14.5.	17.5.	21.5.	23.5.	23.5.		13.10.	14.10.	17.10.	20.10.	24.10.	26.10.	210
	min	27.4.	3.5.	6.5.	8.5.	8.5.		25.9.	27.9.	30.9.	1.10.	2.10.	5.10.	173
	max	2.6.	1.6.	3.6.	5.6.	5.6.		5.11.	5.11.	5.11.	12.11.	16.11.	18.11.	231

Paikan nimi asteikko jakso		b1	b2	b3	b4	b5	x1	x1	x2	x3	x5	x7	x8	jääpeite- aika (d)
<b>Naamankajärvi 61:6a</b>														
koko jakso	ka	9.5.	16.5.	16.5.	19.5.	19.5.	26.10.	28.10.	25.10.	26.10.	30.10.	2.11.	3.11.	198
	min	1.5.	6.5.	4.5.	7.5.	3.5.	27.9.	27.9.	4.10.	4.10.	6.10.	6.10.	6.10.	163
	max	24.5.	2.6.	31.5.	3.6.	3.6.	18.11.	18.11.	20.11.	20.11.	24.11.	2.12.	3.12.	224
1961-2000	ka	9.5.	17.5.	17.5.	20.5.	20.5.	25.10.	27.10.	25.10.	27.10.	31.10.	3.11.	4.11.	199
	min	26.4.	7.5.	3.5.	3.5.	3.5.	27.9.	27.9.	4.10.	4.10.	6.10.	6.10.	6.10.	163
	max	24.5.	2.6.	31.5.	3.6.	3.6.	16.11.	18.11.	20.11.	20.11.	24.11.	2.12.	3.12.	224
<b>Korvuanjärvi 61:6c</b>														
koko jakso	ka	15.5.	19.5.	22.5.	25.5.	25.5.	18.10.	23.10.	24.10.	30.10.	1.11.	3.11.	5.11.	202
	min	29.4.	2.5.	4.5.	12.5.	12.5.	25.9.	25.9.	8.10.	8.10.	14.10.	14.10.	14.10.	174
	max	31.5.	4.6.	9.6.	10.6.	10.6.	10.11.	18.11.	20.11.	20.11.	23.11.	24.11.	29.11.	231
1961-2000	ka	16.5.	20.5.	23.5.	26.5.	26.5.	19.10.	24.10.	25.10.	31.10.	2.11.	4.11.	5.11.	203
	min	30.4.	2.5.	4.5.	15.5.	15.5.	25.9.	25.9.	10.10.	11.10.	14.10.	14.10.	14.10.	174
	max	31.5.	4.6.	9.6.	10.6.	10.6.	10.11.	18.11.	20.11.	20.11.	23.11.	24.11.	29.11.	231
<b>Livojärvi, Säikkä 61:II</b>														
koko jakso	ka				27.5.	28.5.					27.10.	29.10.	5.11.	210
	min				10.5.	11.5.					11.10.	11.10.	13.10.	173
	max				11.6.	12.6.					21.11.	21.11.	2.12.	236
1961-2000	ka	19.5.	22.5.	25.5.	27.5.	29.5.	18.10.	21.10.	23.10.	25.10.	27.10.	29.10.	5.11.	210
	min	3.5.	5.5.	8.5.	10.5.	11.5.	27.9.	27.9.	8.10.	8.10.	11.10.	11.10.	16.10.	173
	max	3.6.	5.6.	6.6.	11.6.	12.6.	11.11.	15.11.	12.11.	15.11.	21.11.	21.11.	2.12.	236
<b>Oijärvi, Matilanjärvi 63:I</b>														
koko jakso	ka	6.5.	12.5.	13.5.	17.5.	18.5.	12.10.	22.10.	16.10.	24.10.	24.10.	30.10.	30.10.	200
	min	18.4.	28.4.	30.4.	4.5.	5.5.	20.9.	22.9.	22.9.	22.9.	30.9.	7.10.	7.10.	167
	max	27.5.	31.5.	28.5.	1.6.	1.6.	19.11.	19.11.	20.11.	20.11.	21.11.	21.11.	21.11.	230
1961-2000	ka	7.5.	13.5.	14.5.	17.5.	18.5.	12.10.	23.10.	16.10.	24.10.	24.10.	29.10.	30.10.	202
	min	18.4.	28.4.	30.4.	4.5.	5.5.	20.9.	22.9.	22.9.	22.9.	30.9.	7.10.	7.10.	167
	max	27.5.	31.5.	28.5.	1.6.	1.6.	19.11.	19.11.	20.11.	20.11.	21.11.	21.11.	21.11.	230
<b>Isojärvi 65:14</b>														
koko jakso	ka				26.5.	26.5.	22.10.	23.10.			26.10.	29.10.	30.10.	208
	min				4.5.	4.5.	7.10.	7.10.			10.10.	10.10.	10.10.	166
	max				6.6.	6.6.	15.11.	15.11.			19.11.	21.11.	21.11.	234
1961-1998	ka	19.5.	23.5.	23.5.	26.5.	26.5.	21.10.	23.10.	22.10.	23.10.	26.10.	29.10.	29.10.	209
	min	2.5.	4.5.	4.5.	4.5.	4.5.	7.10.	7.10.	8.10.	8.10.	10.10.	10.10.	10.10.	166
	max	3.6.	4.6.	5.6.	6.6.	6.6.	15.11.	15.11.	17.11.	17.11.	19.11.	19.11.	19.11.	234
<b>Ounasjärvi 65:30</b>														
koko jakso	ka	16.5.	23.5.	26.5.	1.6.	2.6.	15.10.	17.10.	19.10.	21.10.	26.10.	27.10.	28.10.	217
	min	24.4.	3.5.	24.4.	16.5.	16.5.	22.9.	22.9.	19.10.	7.10.	4.10.	12.10.	12.10.	185
	max	4.6.	9.6.	14.6.	19.6.	19.6.	19.11.	19.11.	17.11.	17.11.	19.11.	19.11.	20.11.	239

Paikan nimi asteikko jakso		b1	b2	b3	b4	b5	x1	x1	x2	x3	x5	x7	x8	jääpeite- aika (d)
1961-2000	ka	17.5.	24.5.	27.5.	2.6.	3.6.	15.10.	18.10.	18.10.	20.10.	26.10.	27.10.	28.10.	219
	min	24.4.	3.5.	29.4.	20.5.	20.5.	22.9.	29.9.	29.9.	8.10.	12.10.	12.10.	12.10.	200
	max	4.6.	9.6.	10.6.	13.6.	14.6.	10.11.	10.11.	17.11.	17.11.	19.11.	19.11.	20.11.	239
<b>Unari 65:35a</b>														
koko jakso	ka	13.5.	17.5.	20.5.	25.5.	26.5.	18.10.	22.10.	19.10.	21.10.	25.10.	30.10.	2.11.	208
	min	20.4.	30.4.	2.5.	10.5.	10.5.	14.9.	27.9.	29.9.	29.9.	8.10.	8.10.	13.10.	168
	max	28.5.	1.6.	3.6.	8.6.	8.6.	17.11.	17.11.	17.11.	17.11.	21.11.	23.11.	23.11.	233
1961-2000	ka	14.5.	18.5.	21.5.	26.5.	27.5.	18.10.	22.10.	19.10.	21.10.	25.10.	29.10.	2.11.	210
	min	20.4.	30.4.	2.5.	10.5.	10.5.	14.9.	27.9.	29.9.	29.9.	8.10.	8.10.	13.10.	168
	max	28.5.	1.6.	3.6.	8.6.	8.6.	17.11.	17.11.	17.11.	17.11.	21.11.	23.11.	23.11.	233
<b>Kilpisjärvi 67:1</b>														
koko jakso	ka	31.5.	12.6.	14.6.	18.6.	19.6.	24.10.	25.10.	30.10.	1.11.	6.11.	7.11.	8.11.	223
	min	10.5.	13.5.	29.5.	31.5.	2.6.	6.10.	6.10.	9.10.	9.10.	21.10.	21.10.	21.10.	197
	max	15.6.	27.6.	29.6.	1.7.	1.7.	15.11.	15.11.	23.11.	26.11.	24.11.	27.11.	27.11.	245
1961-2000	ka	31.5.	11.6.	14.6.	19.6.	19.6.	24.10.	25.10.	30.10.	31.10.	6.11.	7.11.	7.11.	224
	min	18.5.	13.5.	29.5.	31.5.	2.6.	6.10.	6.10.	9.10.	9.10.	21.10.	21.10.	21.10.	197
	max	15.6.	27.6.	29.6.	1.7.	1.7.	15.11.	15.11.	23.11.	23.11.	24.11.	27.11.	27.11.	245
<b>Peerajärvi 67:2</b>														
koko jakso	ka		7.6.	10.6.	14.6.	14.6.					17.10.	17.10.		242
	min		22.5.	24.5.	30.5.	30.5.					3.10.	3.10.		219
	max		20.6.	12.7.	1.7.	1.7.					5.11.	5.11.		264
1963-2000	ka	25.5.	7.6.	11.6.	14.6.	14.6.		11.10.	11.10.	12.10.	16.10.	16.10.		242
	min	2.5.	22.5.	24.5.	31.5.	31.5.		24.9.	24.9.	24.9.	3.10.	3.10.		227
	max	16.6.	20.6.	12.7.	1.7.	1.7.		2.11.	30.10.	30.10.	5.11.	5.11.		264
<b>Jerisjärvi, Kutuniva 67:7</b>														
koko jakso	ka	20.5.	25.5.	28.5.	30.5.	30.5.		15.10.	16.10.	16.10.	20.10.	20.10.	21.10.	222
	min	30.4.	7.5.	14.5.	16.5.	16.5.		25.9.	27.9.	27.9.	8.10.	8.10.	8.10.	199
	max	6.6.	8.6.	11.6.	12.6.	12.6.		12.11.	13.11.	14.11.	14.11.	14.11.	14.11.	242
1961-2000	ka	21.5.	26.5.	29.5.	31.5.	31.5.		15.10.	16.10.	16.10.	20.10.	20.10.	21.10.	223
	min	30.4.	7.5.	16.5.	18.5.	18.5.		25.9.	27.9.	27.9.	8.10.	8.10.	8.10.	199
	max	6.6.	8.6.	11.6.	12.6.	12.6.		12.11.	13.11.	14.11.	14.11.	14.11.	14.11.	242
<b>Tornionjoki, Tornio 67:25</b>														
koko jakso	ka				14.5.									
	min				27.4.									
	max				9.6.									
1961-2000	ka				9.5.									
	min				29.4.									
	max				22.5.									

Paikan nimi asteikko jakso		b1	b2	b3	b4	b5	x1	x1	x2	x3	x5	x7	x8	jääpeite- aika (d)
<b>Kevojärvi, Kevoniemi 68:II</b>														
koko jakso	ka	13.5.	20.5.	21.5.	2.6.	3.6.	12.10.	16.10.	15.10.	19.10.	23.10.	25.10.	28.10.	220
	min	25.4.	29.4.	2.5.	17.5.	17.5.	19.9.	19.9.	26.9.	5.10.	10.10.	11.10.	11.10.	192
	max	4.6.	7.6.	8.6.	18.6.	18.6.	31.10.	3.11.	2.11.	5.11.	12.11.	15.11.	10.12.	239
1962-2000	ka	13.5.	21.5.	22.5.	3.6.	3.6.	12.10.	16.10.	15.10.	19.10.	23.10.	26.10.	28.10.	220
	min	25.4.	1.5.	5.5.	17.5.	17.5.	19.9.	19.9.	26.9.	5.10.	10.10.	11.10.	11.10.	192
	max	4.6.	7.6.	8.6.	18.6.	18.6.	31.10.	3.11.	2.11.	5.11.	12.11.	15.11.	10.12.	239
<b>Mutusjärvi, Riutula 71:7</b>														
koko jakso	ka	20.5.	24.5.	27.5.	3.6.	4.6.	20.10.	26.10.	26.10.	29.10.	6.11.	8.11.	8.11.	208
	min	29.4.	1.5.	3.5.	14.5.	14.5.	27.9.	6.10.	12.10.	12.10.	16.10.	19.10.	19.10.	169
	max	5.6.	6.6.	15.6.	22.6.	22.6.	18.11.	19.11.	24.11.	24.11.	9.12.	9.12.	9.12.	238
1961-2000	ka	21.5.	25.5.	29.5.	5.6.	6.6.	20.10.	24.10.	26.10.	29.10.	6.11.	8.11.	9.11.	211
	min	29.4.	1.5.	3.5.	14.5.	14.5.	27.9.	7.10.	12.10.	12.10.	16.10.	16.10.	22.10.	175
	max	5.6.	6.6.	15.6.	22.6.	22.6.	18.11.	18.11.	24.11.	24.11.	9.12.	9.12.	9.12.	238
<b>Solojärvi 71:8</b>														
koko jakso	ka				28.5.	29.5.	16.10.	18.10.			21.10.	25.10.	26.10.	215
	min				4.5.	12.5.	27.9.	27.9.			1.10.	8.10.	8.10.	186
	max				16.6.	16.6.	14.11.	14.11.			16.11.	17.11.	19.11.	240
1961-1999	ka	16.5.	20.5.	22.5.	29.5.	30.5.	16.10.	18.10.	15.10.	18.10.	22.10.	25.10.	26.10.	217
	min	27.4.	6.5.	1.5.	4.5.	13.5.	27.9.	27.9.	23.9.	5.10.	10.10.	10.10.	10.10.	186
	max	1.6.	5.6.	9.6.	12.6.	12.6.	14.11.	14.11.	10.11.	10.11.	15.11.	17.11.	19.11.	239
<b>Inari, Nellim 71:16a</b>														
koko jakso	ka				28.5.						17.10.	26.10.	27.10.	214
	min				7.5.						24.9.	9.10.	9.10.	174
	max				14.6.						15.11.	22.11.	22.11.	240
1961-2000	ka				30.5.						17.10.	26.10.	27.10.	218
	min				7.5.						24.9.	9.10.	9.10.	174
	max				14.6.						15.11.	22.11.	22.11.	243
<b>Inari, koko järvi</b>														
koko jakso	ka					10.6.							22.11.	200
	min					18.5.							1.11.	144
	max					29.6.							31.12.	240
1961-2000	ka					12.6.							22.11.	202
	min					24.5.							1.11.	144
	max					29.6.							31.12.	240



Paikan nimi asteikko jakso		b1	b2	b3	b4	b5	x1	x1	x2	x3	x5	x7	x8	jääpeite- aika (d)
<b>Kuusamojärvi 74:2</b>														
koko jakso	ka				27.5.	27.5.					28.10.	29.10.	31.10.	211
	min				12.5.	12.5.					13.10.	13.10.	13.10.	168
	max				11.6.	11.6.					27.11.	27.11.	27.11.	235
1961-1996	ka	15.5.	22.5.	25.5.	28.5.	28.5.	11.10.	19.10.	18.10.	22.10.	28.10.	29.10.	31.10.	212
	min	1.5.	4.5.	10.5.	14.5.	14.5.	15.9.	1.10.	26.9.	2.10.	13.10.	13.10.	13.10.	183
	max	27.5.	3.6.	6.6.	11.6.	11.6.	4.11.	17.11.	17.11.	17.11.	19.11.	19.11.	21.11.	235

Liite 3. Tilastotaulukko jäänpaksuudesta (minimit, keskiarvot ja maksimit) jaksolla 1961-2000. 10. ja 20. päivän arvot 1960- ja 1970-luvulta on saatu interpoloimalla.

Appendix 3. Statistics of ice thickness (average, minima, maxima). Values of the 10<sup>th</sup> and 20<sup>th</sup> of a month from the 1960s and the 1970s have been obtained by interpolation.

Paikan nimi ja numero jakso	XI			XII			I			II			III			IV			V			max	vuosi	pvm	
	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	28	10	20	30	10	20	30	10	20	30				
<b>Simpelejärvi 03001</b>																									
	ka		5	10	15	22	28	33	37	43	46	48	50	52	54	55	50	39	20				58		25.3.
1961-2000	min	0	0	0	0	0	7	14	18	19	33	35	36	39	40	32	17	3	0				41	1992	30.1.
	max	6	22	35	37	40	43	46	50	59	62	66	65	69	71	75	69	66	60				75	1971	30.4.
<b>Pielinen, Nurmes 04401</b>																									
	ka		4	11	18	24	30	36	41	46	50	54	57	59	61	62	62	56	44				66		2.4.
1963-2000	min	0	0	0	0	10	15	21	26	31	33	36	39	45	46	45	36	23	11				49	1975	28.2.
	max	11	20	31	34	38	49	51	60	63	65	69	78	76	76	76	78	78	78				78	1985	30.4.
<b>Haukivesi, Oravi 04202</b>																									
	ka			4	7	16	24	30	34	40	44	46	48	49	51	54	53	47	36				56		4.4.
1961-2000	min	0	0	0	0	0	3	14	19	19	28	33	35	34	34	37	37	28	0				37	1975	28.2.
puuttuu 1978-1994	max	5	12	21	28	37	42	48	51	54	58	60	62	62	64	69	67	67	61				69	1974	30.4.
<b>Pihlajavesi, Savonlinna 04102</b>																									
	ka			6	11	18	25	31	35	40	43	46	49	51	53	54	50	40	22				56		25.3.
1961-1999	min	0	0	0	0	0	0	10	14	20	25	26	34	36	32	31	22	9	0				36	1983	1.3.
	max	12	19	25	29	42	46	45	52	58	58	61	64	67	71	71	68	68	65				71	1966	20.4.
<b>Saimaa, Lauritsala 04101</b>																									
	ka			5	9	16	23	28	31	35	39	41	44	46	46	46	38	24					49		18.3.
1961-2000	min	0	0	0	0	0	0	8	13	15	22	28	31	30	31	13	0	0	0				32	1992	15.2.
	max	3	12	19	30	35	38	56	55	63	63	61	64	66	67	67	60	52	42				67	1984	10.4.
<b>Muurasjärvi I4401</b>																									
	ka			8	13	20	27	32	36	41	45	49	52	54	55	57	55	48	31				59		2.4.
1961-1999	min	0	0	0	0	0	0	14	20	20	29	35	37	37	38	36	25	15	0				45	1980	1.3.
	max	13	21	25	30	40	45	46	58	65	63	67	71	71	74	75	80	81	77				81	1985	30.4.
<b>Saanijärvi I4402</b>																									
	ka	5	10	16	21	27	34	39	42	47	49	52	54	55	57	57	55	45	28				60		28.3.
1961-2000	min	0	0	0	6	11	21	28	30	33	36	39	40	40	40	40	40	17	0				40	1961	28.2.
	max	24	28	33	38	39	47	54	58	68	66	71	75	73	71	72	74	78	67				78	1985	30.4.
<b>Kivijärvi, Saarenkylä I4403</b>																									
	ka		6	11	16	21	26	31	35	38	41	42	45	47	48	49	46	40	29				51		27.3.
1961-2000	min	0	0	0	0	0	5	10	15	17	19	19	19	19	19	19	16	12	0				19	1961	28.2.
	max	17	22	31	30	33	40	48	55	60	62	61	62	66	71	67	70	72	67				72	1985	30.4.
<b>Pääjärvi, Karstula I4601</b>																									
	ka		6	12	17	24	29	35	39	43	47	50	53	55	56	57	55	44	24				60		28.3.
1961-2000	min	0	0	0	0	3	15	21	27	30	33	32	31	34	39	38	25	9	0				43	1992	20.2.
	max	15	21	29	34	39	43	48	58	62	64	66	68	72	71	71	77	67	55				77	1987	20.4.
<b>Pielavesi, Säviä I4702</b>																									
	ka		7	14	20	25	31	37	41	46	49	52	55	57	58	58	56	45	26				61		29.3.
1961-2000	min	0	0	0	0	8	16	26	33	35	39	37	44	47	44	37	28	21	0				48	1992	20.2.
puuttuu 1970-1972, 1977	max	18	28	31	38	42	45	50	58	60	66	70	72	73	74	79	79	80	57				80	1985	20.4.

Paikan nimi ja numero jakso	XI			XII			I			II			III			IV			V			max	vuosi	pvm
	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	28	10	20	30	10	20	30	10	20	30			
<b>lisvesi I4703</b>																								
	ka		4	11	17	23	28	34	37	42	46	50	52	54	55	57	55	47	30			59		29.3.
1961-2000	min	0	0	0	0	0	8	10	18	26	32	34	34	35	38	40	39	24	0			42	1980	10.1.
puuttuu 1979	max	10	25	31	36	39	51	58	50	65	62	65	69	71	73	76	73	65	65			76	1977	30.4.
<b>Hankavesi, Rautalampi I4701</b>																								
	ka			8	14	21	27	32	36	41	44	46	48	50	52	54	52	42	28			56		30.3.
1961-1999	min	0	0	0	0	0	1	11	18	21	27	30	31	32	34	35	30	12	0			36	1975	28.2.
	max	15	24	28	33	38	45	46	50	56	63	62	63	64	65	75	76	76	76			76	1966	20.4.
<b>Jääsjärvi, Hartola I4801</b>																								
	ka		5	11	17	23	29	33	38	41	44	48	50	52	53	54	50	37	16			57		24.3.
1961-2000	min	0	0	0	0	8	12	17	22	26	31	35	37	35	38	37	49	0	0			42	1992	10.2.
puuttuu 1973-1978	max	17	21	34	50	53	44	46	57	60	61	67	65	72	78	75	72	69	62			79	1981	15.4.
<b>Alarieveli I4102</b>																								
	ka			5	10	16	22	27	31	35	39	42	45	47	48	49	45	35				51		26.3.
1961-2000	min		0	0	0	0	0	5	9	13	19	24	26	27	29	30	16	0	0			30	1975	20.2.
	max		15	22	29	33	38	38	45	49	55	64	63	63	65	72	62	56	50			72	1987	15.4.
<b>Päijänne, Sysmä I4206</b>																								
	ka		5	9	13	19	25	30	35	39	42	45	47	49	49	47	40	27				52		20.3.
1971-2000	min	0	0	0	0	0	0	4	15	20	26	31	33	32	29	22	8	0	0			35	1992	10.2.
puuttuu 1994	max	12	23	32	37	40	41	43	52	53	62	64	66	68	67	66	64	58	49			68	1987	20.4.
<b>Päijänne, Tehi I4202</b>																								
	ka				4	12	19	26	32	37	42	45	47	48	48	43	32	19				51		23.3.
1961-2000	min			0	0	0	0	0	0	11	24	27	31	31	30	22	11	0	0			34	1990	10.2.
puuttuu 1994	max			20	24	34	40	43	44	48	55	57	65	65	68	71	67	66	62			71	1963	15.4.
<b>Kyyvesi, Haukivuori I4901</b>																								
	ka		6	12	17	23	28	34	38	42	46	49	51	53	55	56	54	44	24			58		27.3.
1961-2000	min	0	0	0	0	2	14	17	20	23	32	36	38	43	42	40	35	3	0			44	1983	10.2.
	max	18	25	35	38	41	44	44	50	55	58	59	60	70	68	70	68	65	59			70	1981	20.4.
<b>Kukkia, Puutikkala 35702</b>																								
	ka		4	9	14	20	25	30	34	38	40	43	45	46	47	49	44	34				51		22.3.
1961-1999	min	0	0	0	0	0	0	10	17	20	23	27	33	30	23	20	12	0	0			35	1975	15.2.
	max	15	19	30	36	40	45	46	51	59	62	63	65	65	69	74	66	61	57			74	1981	15.4.
<b>Jalanti, Sotkia 35202</b>																								
	ka		5	10	15	21	27	32	36	40	44	47	50	51	52	50	39	24				56		17.3.
1961-1999	min	0	0	0	0	0	0	5	10	15	24	33	34	32	28	22	9	0	0			35	1973	15.1.
puuttuu 1975-1976, 1990	max	13	23	33	34	41	49	50	58	60	65	65	66	72	80	80	68	57	50			80	1979	15.4.
<b>Kitusjärvi 35401</b>																								
	ka	4	8	12	16	21	26	31	34	38	42	44	46	47	49	49	46	36				53		22.3.
1961-2000	min	0	0	0	0	0	0	7	13	16	22	26	24	23	21	20	15	9	0			30	1975	30.1.
	max	22	31	48	43	42	45	48	56	61	61	66	64	66	68	68	74	71	70			74	1985	15.4.
<b>Näsijärvi, Tampere 35301</b>																								
	ka				3	10	18	23	28	33	37	40	44	45	47	46	43	29				49		21.3.
1961-1999	min		0	0	0	0	0	0	3	10	21	26	30	32	30	23	15	0	0			35	1975	30.1.
	max		3	15	24	30	35	43	46	46	50	58	62	62	64	65	64	60	53			66	1964	15.4.

Paikan nimi ja numero jakso	XI			XII			I			II			III			IV			V			max	vuosi	pvm	
	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	28	10	20	30	10	20	30	10	20	30				
<b>Kuivajärvi, Saari 3590I</b>																									
	ka		4	10	15	21	27	31	35	38	42	45	47	47	47	46	38	25				50		13.3.	
1961-2000	min	0	0	0	0	0	0	3	7	10	17	22	20	15	9	4	0	0	0			24	1975	30.12.	
puuttuu 1982	max	20	26	28	35	41	43	47	53	55	58	60	68	69	69	70	64	52	27			70	1964	10.4.	
<b>Sääksjärvi, Sääkskoski 3510I</b>																									
	ka		4	9	13	20	27	31	35	37	41	44	47	48	49	48	41	28				52		14.3.	
1961-1999	min	0	0	0	0	0	2	11	17	20	26	29	28	29	23	9	0	0	0			30	1975	15.1.	
	max	15	26	31	36	42	47	65	66	53	60	64	65	66	66	69	66	57	55			73	1981	10.4.	
<b>Lappajärvi, Halkosaari 4700I</b>																									
	ka		5	12	17	23	28	34	38	42	45	48	50	52	53	54	52	43	27			57		29.3.	
1961-2000	min	0	0	0	0	3	9	19	25	28	33	36	39	40	37	27	16	6	0	0		43	1963	15.2.	
	max	20	25	35	38	37	40	50	58	63	63	65	68	74	76	78	78	73	73	41		78	1987	30.4.	
<b>Oulujärvi, Manamansalo 5930I</b>																									
	ka		7	13	19	25	30	34	38	41	44	47	51	52	54	55	54	51	39	19		58		31.3.	
1970-2000	min	0	0	0	4	8	15	18	25	30	31	33	35	35	39	39	38	28	9	0	0	43	1973	20.2.	
	max	10	16	26	35	39	42	47	54	55	58	62	67	64	68	70	76	72	70	54	27	76	1985	21.4.	
<b>Unari 6550I</b>																									
	ka	12	18	24	29	35	40	44	48	53	56	59	61	64	66	67	67	66	60	41	19	71		7.4.	
1961-2000	min	0	1	8	15	24	25	27	35	36	39	41	44	50	50	50	50	45	20	0	0	50	1961	28.2.	
	max	29	33	48	57	57	64	59	69	76	80	80	80	83	83	85	83	85	87	76	65	27	87	1984	10.5.
<b>Kilpisjärvi 6760I</b>																									
	ka	6	17	27	33	39	45	50	55	60	67	72	75	78	81	84	85	86	87	81	70	54	90		24.4.
1965-2000	min	0	0	5	16	24	29	30	40	42	54	59	54	63	71	70	75	75	74	62	46	18	77	1977	15.3.
	max	19	29	39	45	52	60	66	74	81	89	94	96	98	100	108	103	102	114	107	104	103	114	1966	15.5.
<b>Jerisjärvi, Kutuniva 6740I</b>																									
	ka	17	24	30	36	41	44	47	50	53	56	58	60	62	65	66	66	64	59	42	23	69		3.4.	
1962-1999	min	0	5	8	19	28	30	30	32	40	43	45	46	52	54	55	51	43	32	20	0	0	55	1972	28.2.
	max	41	51	53	58	60	64	63	67	68	68	68	76	80	80	77	87	84	76	70	49	26	87	1998	30.4.
<b>Tornionjoki, Tornio 6711I</b>																									
	ka	5	12	22	29	38	44	52	57	61	64	68	72	75	78	81	79	66	36			85		6.4.	
1964-2000	min	0	0	0	0	0	2	29	36	39	48	48	44	46	45	48	41	21	0	0		61	1967	1.3.	
puuttuu 1991-1992	max	24	39	51	59	63	69	77	88	99	104	115	116	120	125	122	125	124	126	61		126	1985	30.4.	
<b>Tornionjoki, Pello 6721I</b>																									
	ka				33	39	44	48	52	56	60	63	65	68	70	72	73	74				76		9.4.	
1962-2000	min	0	0	0	0	0	26	29	36	43	44	48	43	49	49	53	53	54				55	1975	15.3.	
puuttuu 1991-1992	max	35	42	48	53	63	64	69	74	81	87	93	99	99	101	102	102	102	101	96		102	1985	30.4.	
<b>Kevojärvi, Kevoniemi 6800I</b>																									
	ka	16	24	29	35	39	44	48	51	54	58	61	65	67	68	70	72	72	68	57	37	76		9.4.	
1963-2000	min	0	10	12	25	29	31	37	40	41	46	49	53	54	58	58	58	51	32	13	0	0	64	1976	28.2.
	max	32	33	46	50	55	61	62	68	71	77	79	85	87	87	85	84	89	88	89	81	75	89	1985	15.5.
<b>Inari, Nellim 7110I</b>																									
	ka	17	24	29	34	38	43	46	50	53	57	59	62	64	66	68	71	73	71	61	40	76		19.4.	
1961-2000	min	0	4	11	22	26	32	34	36	37	42	43	45	52	54	54	54	54	22	0	0	0	62	1980	15.2.
	max	31	36	41	52	56	65	72	76	78	86	86	83	82	83	84	87	92	98	93	83	71	98	1971	15.5.

## LIITE 3/4

Paikan nimi ja numero jakso	XI			XII			I			II			III			IV			V			max	vuosi	pvm	
	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	28	10	20	30	10	20	30	10	20	30				
<b>Inari, ulappa 71002</b>																									
	ka	6	14	22	29	36	42	46	50	54	57	61	63	65	68	68	68	68	67	56	36		73		18.4.
1961-2000	min	0	0	0	9	18	25	32	35	40	45	48	50	52	53	54	51	42	34	25	7	0	54	1968	15.2.
puuttuu 1969, 1974-1977	max	27	34	42	46	55	66	71	75	80	81	82	86	85	86	89	89	98	91	96	95	82	98	1996	10.5.
<b>Kuusamojärvi 74001</b>																									
	ka	13	21	26	31	35	39	44	48	52	56	58	58	60	63	68	69	69	66	49	25		74		12.4.
1961-1998	min	0	1	6	11	11	12	31	35	35	43	45	43	42	44	45	44	46	37	11	0	0	52	1967	15.2.
puuttuu 1962, 1997	max	32	40	41	46	54	61	68	73	78	84	85	85	89	86	93	98	99	98	90	61	36	99	1987	30.4.

# Kuvailulehti

Julkaisija	Suomen ympäristökeskus		Julkaisuaika Huhtikuu 2005
Tekijä(t)	Johanna Korhonen		
Julkaisun nimi	Suomen vesistöjen jääolot		
Julkaisun osat/ muut saman projektin tuottamat julkaisut	Julkaisu on saatavana myös internetistä: <a href="http://www.ymparisto.fi/julkaisut">http://www.ymparisto.fi/julkaisut</a>		
Tiivistelmä	<p>Työssä on analysoitu Suomen ympäristökeskuksen jäähavaintosarjoja. Analyysissä on mukana lähes 90 jäätymis- ja jäänlähtöpaikkaa ja yli 30 jäänpaksuuspaikkaa. Pisin jäänlähtölähtösarja on Tornionjoelta keväästä 1693 lähtien. Kallavedeltä, Näsijärveltä ja Oulujärveltä jäätymis- ja jäänlähtöhavainnot on vähintään 1800-luvun puolivälistä asti. Yhteensä parilta kymmeneltä paikalta havainnot on 1800-luvun lopusta lähtien. Pisimmät jäänpaksuuden havaintosarjat ovat 1910-luvulta, mutta useimmat sarjat alkavat vasta 1960-luvun alusta. Lähes kaikki pisimmät jäähavaintosarjat ovat maan etelä- ja keskiosasta, Pohjois-Lapista ei ole olemassa kovinkaan pitkiä sarjoja. Työssä on esitelty myös havaintopaikkojen ominaispiirteitä sekä tarkasteltu edustavuutta ja sarjojen luotettavuutta.</p> <p>Julkaisussa on esitetty tilastotietoja Suomen jääoloista taulukoiden, karttojen ja kuvaajien avulla. Vertailujaksoksi on valittu 1961-2000 ja lisäksi kullekin paikalle pisin mahdollinen jakso vuoteen 2002 saakka. Erilaisten tilastojen ja aikasarjojen lisäksi työssä esitellään jään fysiikkaa ja tarkastellaan maantieteellisten tekijöiden, sääolojen sekä ilmastomuutoksen vaikutuksia jääpeitteeseen.</p> <p>Analyysi osoittaa selvästi, että jäänlähtö on aikaistunut Suomessa tilastollisesti merkitsevästi 1800-luvun lopulta nykypäivään. Pisimmillä sarjoilla myös jäätyminen on myöhästynyt ja jääpeiteaika lyhentynyt. Useimmilla 1900-luvulla alkaneilla sarjoilla trendit eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Jään maksimipaksuuksille oli havaittavissa sekä laskevia että kasvavia trendejä. Trendit olivat tilastollisesti merkitseviä noin puolella havaintopaikoista. Laskevat trendit löytyivät maan eteläosasta, kasvavat maan keski- ja pohjoisosasta.</p>		
Asiasanat	järvet, joet, vesistöt, jää, jääolosuhteet, jääpeite, jäätyminen, jäänlähtö, Suomi, tilastot, aikasarjat, trendit, ilmasto, ilmastomuutos		
Julkaisusarjan nimi ja numero	Suomen ympäristö 751		
Julkaisun teema	Luonto ja luonnonvarat		
Projektihankkeen nimi ja projektinumero	Jäähavaintojen analyysi C02 602		
Rahoittaja/ toimeksiantaja	Suomen ympäristökeskus		
Projektiryhmään kuuluvat organisaatiot			
	ISSN 1238-7312	ISBN 952-11-1954-3 (nid.)	ISBN 952-11-1955-1 (PDF)
	Sivuja 145	Kieli suomi, englanti	
	Luottamuksellisuus julkinen	Hinta 18 e	
Julkaisun myynti/ jakaja	Edita Publishing Oy, PL 800, 00043 EDITA, vaihe 020 450 00, Asiakaspalvelu: puh. 020 450 05, telefax 020 450 2380, Sähköposti: asiakaspalvelu@edita.fi, www.edita.fi/netmarket		
Julkaisun kustantaja	Suomen ympäristökeskus		
Painopaikka ja -aika	Edita Prima Oy, Helsinki 2005		

# Presentationsblad

Utgivare	Finlands miljöcentral	Datum April 2005	
Författare	Johanna Korhonen		
Publikationens titel	Isförhållandena i sjöar och älvar i Finland		
Publikationens delar/ andra publikationer inom samma projekt	Publikationen finns tillgänglig också på internet: <a href="http://www.ymparisto.fi/julkaisut">http://www.ymparisto.fi/julkaisut</a>		
Sammandrag	<p>Arbetet är en analys av isobservationsserierna vid Finlands miljöcentral. I analysen ingår nästan 90 isläggnings- och islossningsställen och drygt 30 istjockleksstationer. Den längsta serien, från Torneälven, startade på våren 1693. Från tre sjöar - Kallavesi, Näsijärvi och Ule träsk - finns isläggnings- och islossningsobservationer åtminstone sedan mitten av 1800-talet. Det finns också ett tjugotal serier som startade i slutet av 1800-talet. De längsta serierna av istjocklek är från 1910-talet men de flesta serierna startade först i början av 1960-talet. Nästan alla av de längsta serierna kommer från landets södra och centrala delar. Serierna från norra Lappland är inte särskilt långa. Boken presenterar också observationsplatserna särdrag och analyserar deras representabilitet och tidsseriernas tillförlitlighet. Publikationen presenterar statistisk information om isförhållandena i Finland som tabeller, kartor och diagrammer. Som referensperiod används 1961-2000 men för var och en av platserna presenteras också den längsta tillgängliga perioden fram till år 2002. Förutom olika slags statistiska uppgifter och tidsserier ger boken också kunskap om isens fysik samt hur de geografiska faktorerna, väderleksförhållandena och klimatförändringen påverkar istäcket.</p> <p>Analysen visar klart att islossningen har blivit tidigare i Finland under tidsperioden från slutet av 1800-talet till våra dagar. Trenden är statistiskt signifikant. Också isläggningen har blivit senare och isliggetiden kortare i de längsta serierna. De flesta av de serier som startade på 1900-talet visar inte någon statistiskt signifikant trend. För isens maximitjocklek noterades både minskande och ökande trender som var statistiskt signifikanta för ca hälften av observationsplatserna. De minskande trenderna fanns i landets södra delar, de ökande i landets mellersta och norra delar.</p>		
Nyckelord	sjöar, älvar, is, isförhållanden, istäcke, isläggnings, islossning, Finland, statistik, tidsserier, trender, klimat, klimatförändring		
Publikationsserie och nummer	Miljön i Finland 751		
Publikationens tema	Natur och naturtillgångar		
Projektets namn och nummer	Analys av isobservationer C02 602		
Finansiär/ uppgångsgivare	Finlands miljöcentral		
Organisationer i projektgruppen			
	ISSN 1238-7312	ISBN 952-11-1954-3 (nid)	952-11-1955-1 (PDF)
	Sidantal 145	Språk finska, engelska	
	Offentlighet Offentlig	Pris 18 e	
Beställningar/ distribution	Edita Publishing Ab, PB 800, 00043 EDITA, växel 020 450 00, Postförsäljningen: Telefon 020 450 05, fax 020 450 2380, Internet: <a href="http://www.edita.fi/netmarket">www.edita.fi/netmarket</a>		
Förläggare	Finlands miljöcentral, PL 140, 00251 Helsingfors		
Tryckeri/ tryckningsort och -år	Edita Prima Ab, Helsingfors 2005		



# Documentation page

Publisher	Finnish Environment Institute	Date April 2005
Author(s)	Johanna Korhonen	
Title of publication	Ice conditions in lakes and rivers in Finland	
Parts of publication/ other project publications	The publication is also available in the Internet: <a href="http://www.ymparisto.fi/julkaisut">http://www.ymparisto.fi/julkaisut</a>	
Abstract	<p>This study is an analysis of the ice observation series available at the Finnish Environment Institute (SYKE). Almost 90 freezing and break-up observation sites and more than 30 ice thickness sites are included in the analysis. The longest ice break-up series, from River Tornionjoki, started in spring 1693. From three lakes - Kallavesi, Näsijärvi and Oulujärvi - there are freezing and break-up records at least since the mid-19th century. The number of time series starting in the late 19th century amounts to at least twenty. There are a few ice thickness series that started already in the 1910s but most of them started as late as in the beginning of the 1960s. Most of the longest ice observation series come from the southern and central parts of Finland. The records from northern Lapland are of rather young origin. This study also presents the characteristic features of each of the observation sites and analyses of the representability and reliability of the series.</p> <p>The study presents statistical data on ice conditions in Finland by means of tables, maps, and diagrams. The period 1961-2000 was chosen as the reference period. Moreover, the longest possible period until the year 2002 is presented for each of the sites. Beyond the statistics and the time series, the physics of ice and the impacts of geographical factors, weather conditions and climatic change on the ice cover are discussed.</p> <p>The analysis clearly shows that there is a statistically significant change towards earlier ice break-up in Finland, from the late 19th century to the present time. There is also a significant trend towards later freezing in the longest series and thus also towards shorter ice cover time. For those series which started in the 20th century, the trends are in most cases not significant. The series of maximum thickness of ice showed both decreasing and increasing trends. The trends were statistically significant for roughly half of the observation sites. Decreasing trends were found in the southern part of the country, increasing trends in the central and northern parts.</p>	
Keywords	lakes, rivers, ice, ice conditions, ice cover, freezing, break-up, Finland, statistics, time series, trends, climate, climate change	
Publication series and number	The Finnish Environment 751	
Theme of publication	Nature and natural resources	
Project name and number, if any	Analysis of ice observations C02 602	
Financier/ commissioner	Finnish Environment Institute	
Project organization		
	ISSN 1238-7312	ISBN 952-11-1954-3
		ISBN 952-11-1955-1
	No. of pages 145	Language Finnish, English
	Restrictions Public	Price 18 EUR
For sale at/ distributor	Edita Publishing Ltd. P.O. Box 800, FIN-00043 EDITA, Finland, Phone +358 20 450 00 Mail orders: Phone +358 20 450 05, telefax +358 20 450 2380, Internet: <a href="http://www.edita.fi/netmarket">www.edita.fi/netmarket</a>	
Financier of publication	Finnish Environment Institute, P.O. BOX 140, FIN-00251 Helsinki, Finland	
Printing place and year	Edita Prima Oy, Helsinki 2005	



## LUONTO JA LUONNONVARAT

### Suomen vesistöjen jääolot

Jääoloilla on suuri merkitys Suomen ilmastossa. Jääpeitteen muodostuminen ja katoaminen muuttavat vesistön energiatasetta, mikä vaikuttaa oleellisesti mm. vesien ekologiaan. Laivaliikenteelle jäät ovat esteenä tai hidasteena, mutta toisaalta kantava jääpeite mahdollistaa kuljetukset jääteitse. Jääpeite tarjoaa myös mahdollisuuden virkistyskäyttöön kuten kalastukseen, hiihtoon, luisteluun ja moottorikelkkailuun.

Jäähavainnot ovat varhaisimpia hydrologisia havaintoja Suomessa. Maamme pisin jäänlähtölähtösarja on Tornionjoelta vuodesta 1693 alkaen. Kallavedeltä, Näsijärveltä ja Oulujärveltä jäätymis- ja jäänlähtöhavaintoja on 1800-luvun alkupuoliskolta asti. Yli sadan vuoden havaintosarjoja on noin pariltakymmeneltä paikalta. Jäänpaksuutta on mitattu 1910-luvulta lähtien, mutta useimmat sarjat alkavat vasta 1960-luvulta.

Tämä Suomen vesistöjen jääoloja koskeva julkaisu on tarkoitettu niin tutkijoiden kuin suuren yleisön käyttöön. Julkaisussa esitellään Suomen sisävesien jääoloja taulukoiden, graafien ja karttojen avulla. Mukana on lähes 90 jäätymisen ja jäänlähdön ja yli 30 jäänpaksuuden havaintopaikkaa. Vertailujaksoksi on valittu 1961-2000 ja lisäksi kullekin paikalle pisin mahdollinen jakso aina vuoteen 2002 saakka. Erilaisten tilastojen ja aikasarjojen lisäksi julkaisussa esitellään jään fysiikkaa ja tarkastellaan maantieteellisten tekijöiden, sääolojen sekä ilmastonmuutoksen vaikutuksia jääpeitteeseen. Työssä on käsitelty myös havaintopaikkojen ominaispiirteitä sekä sarjojen luotettavuutta.

Julkaisu on saatavissa myös Internetistä:  
<http://www.ymparisto.fi/julkaisut>

ISBN 952-11-1954-3 (nid.)  
ISBN 952-11-1955-1 (PDF)  
ISSN 1238-7312

Myynti:  
Edita Publishing Oy  
PL 800, 00043 EDITA, vaihde 020 450 00  
puhelin 020 450 05, faksi 020 450 2380  
Edita-kirjakauppa Helsingissä:  
Annankatu 44, puhelin 020 450 2566

