

# Suomen vesistöjen virtaaman ja vedenkorkeuden vaihtelut

Johanna Korhonen

LUONNON-  
VARAT



# Suomen vesistöjen virtaaman ja vedenkorkeuden vaihtelut

**Johanna Korhonen**

Helsinki 2007

Suomen ympäristökeskus



SUOMEN YMPÄRISTÖ 45 | 2007  
Suomen ympäristökeskus  
Asiantuntijapalveluosasto

Taitto: Liisa Lamminpää  
Kansikuva: Esko Kuusisto

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

Julkaisu on painettu paperille, joka on valmistettu ympäristöä säästäen

Yliopistopaino, Helsinki 2007

ISBN 978-952-11-2934-6 (nid.)  
ISBN 978-952-11-2935-3 (PDF)  
ISSN 1238-7312 (pain.)  
ISSN 1796-1637 (verkköj.)

## ALKUSANAT

Tämä julkaisun tarkoituksena on esitellä Suomen vesistöjen virtaaman ja vedenkorkeuden vaihteluita kattavammin kuin perustilastotietoa antavat hydrologiset vuosikirjat. Julkaisu on tyyliltään samantapainen kuin aiemmin Suomen ympäristö-sarjassa julkaistut sisävesien lämpötiloja ja jääoloja käsittelevät teokset, joissa on myös pyritty tarkastelemaan kyseisiä muuttujia monipuolisesti. Viime vuosina ilmastomuutostutkimukset ovat lisääntyneet entisestään, ja niinpä myös tässä työssä on tarkasteltu virtaaman pitkäaikaismuutoksia sekä ilmastollisten tekijöiden vaikutuksia Suomen virtaamaoloihin.

Julkaisun aineisto koostuu Suomen ympäristökeskuksen ja sen edeltäjien vedenkorkeus- ja virtaamahavainnoista. Näiden havaintojen takana on satojen ihmisten työpanos, sekä havaitsijoina vesistöjen äärellä että toimistotehtävissä. Suomen alueen ja osa-alueiden virtaaman laskennan jaksolle 1912-2004 ovat hoitaneet yhdessä Esko Kuusisto ja Hannu Sirviö. Ilmastollisista aineistoista kiitän Ilmatieteen laitosta. Hannu Sirviö on kunniakkaasti auttanut tilastollisissa ongelmissa. Tekstin sisällöllisistä ja kielellisistä rakentavista parannusehdotuksista kiitokset kuuluvat hydrologikonkareille, Veli Hyväriselle ja Esko Kuusistolle, jotka ovat painineet ansiokkaasti vesiasioiden parissa jo koko oman elinikäni ajan. Englannin kieliasun tarkastuksesta vastasi Juha Kajander.

Helsingissä syksyllä 2007

Johanna Korhonen  
hydrologi



## SISÄLLYS

Alkusanat .....	3
<b>1 Johdanto</b> .....	7
<b>2 Havaintohistoria ja mittausmenetelmät</b> .....	9
2.1 Vedenkorkeus .....	9
2.1.1 Havaintohistoria Suomessa.....	9
2.1.2 Mittausmenetelmät .....	9
2.2 Virtaama .....	11
2.2.1 Havaintohistoria Suomessa .....	11
2.2.2 Mittausmenetelmät .....	11
2.2.3 Purkautumiskäyrät .....	14
2.2.4 Virtaaman jääreduktio.....	14
<b>3 Yleistä virtaamaoloista Suomessa</b> .....	16
3.1 Virtaaman ja vedenkorkeuden vaihteluista Suomessa.....	17
3.2 Ylivirtaama.....	18
3.3 Alivirtaama .....	18
<b>4 Virtaamaoloihin vaikuttavia tekijöitä</b> .....	19
4.1 Maankohoaminen.....	19
4.2 Vesistöjen muokkaaminen .....	20
4.2.1 Järvenlaskut ja kuivatukset.....	20
4.2.2 Virtaaman säännöstely ja tekojärvet .....	21
4.2.3 Uomien perkaukset.....	22
4.2.4 Uitot .....	22
4.2.5 Veden johtaminen toiseen vesistöön .....	22
4.3 Metsä- ja maataloudelliset muutokset .....	23
4.3.1 Kaskeaminen.....	24
4.3.2 Ojitukset .....	25
4.3.3 Kastelu .....	26
4.4 Kaupungistuminen .....	26
4.5 Ilmastonmuutos .....	27
4.6 Auringon aktiivisuus.....	28
<b>5 Tulokset</b> .....	29
5.1 Virtaama Suomesta 1912–2004 alueittain .....	29
5.1.1 Virtaama koko Suomen alueelta.....	33
5.1.2 Virtaama Suomen alueelta Laatokkaan.....	33
5.1.3 Virtaama Suomen alueelta Suomenlahteen.....	34
5.1.4 Virtaama Suomen alueelta Selkämereen.....	34
5.1.5 Virtaama Pohjanmaalta .....	35
5.1.6 Virtaama Suomen alueelta Perämereen .....	35
5.1.7 Virtaama Suomen alueelta Jäämereen.....	36
5.1.8 Muita alueittaisia tarkasteluja.....	36

5.2 Alueittaisia virtaaman aikasarjoja ja trendejä .....	37
5.2.1 Koko Suomen alueelta tulevan virtaaman trendit .....	39
5.2.2 Virtaaman trendit Suomen alueelta Laatokkaan.....	40
5.2.3 Virtaaman trendit Suomen alueelta Suomenlahteen.....	40
5.2.4 Virtaaman trendit Suomen alueelta Selkämereen.....	40
5.2.5 Pohjanmaalta tulevan virtaaman trendit .....	41
5.2.6 Virtaaman trendit Suomen alueelta Perämereen .....	41
5.2.7 Virtaaman trendit Suomen alueelta Jäämereen.....	41
5.3 Vedenkorkeudet ja virtaamat muutamilla havaintopaikoilla.....	42
5.3.1 Vedenkorkeuden vaihtelut luonnontilaisilla järvillä ja joilla.....	43
5.3.2 Vedenkorkeuden vaihtelut säännöstellyillä järvillä ja joilla.....	48
5.3.3 Virtaaman vaihtelut luonnontilaisella järvillä ja joilla.....	52
5.3.4 Virtaaman vaihtelut säännöstellyillä järvillä ja joilla.....	59
5.4 Yksittäisten virtaamasarjojen trendejä.....	67
5.4.1 Luonnontilaisten virtaamasarjojen aikasarjoja ja trendejä .....	67
5.4.2 Säännösteltyjen virtaamasarjojen aikasarjoja ja trendejä .....	74
5.5 Eri vesistöjen välisiä vertailuja.....	82
5.6 Virtaaman ja vedenkorkeuden aikasarjojen jaksollisuudesta.....	83
5.7 Virtaaman sekä ilmastollisten muuttujien yhteyksiä.....	85
5.7.1 Virtaaman ja sadannan korrelaatiot .....	85
5.7.2 Virtaaman ja lämpötilan korrelaatiot .....	87
5.7.3 Virtaaman ja NAO-indeksin korrelaatiot.....	89
5.7.4 Virtaaman ja lumen vesiaron korrelaatiot.....	92
5.8 Virtaaman sekä valuma-alueen koon ja järvisyyden yhteyksistä.....	96
<b>6 Vertailu muihin tutkimuksiin.....</b>	<b>97</b>
<b>7 Johtopäätökset ja yhteenveto.....</b>	<b>99</b>
<b>8 Summary in English.....</b>	<b>102</b>
Discharge and water level variations in lakes and rivers in Finland .....	102
<b>Lähteet .....</b>	<b>106</b>
<b>Liitteet.....</b>	<b>110</b>
<b>Liite 1. Kartta tässä työssä tarkasteltavista vedenkorkeuden ja virtaaman havaintopaikoista.....</b>	<b>110</b>
<b>Liite 2. Vedenkorkeuden ääri- ja keskiarvoja .....</b>	<b>111</b>
<b>Liite 3. Virtaaman ääri- ja keskiarvoja .....</b>	<b>113</b>
<b>Kuvailulehdet.....</b>	<b>118</b>
<b>Kuvailulehti .....</b>	<b>118</b>
<b>Presentationsblad.....</b>	<b>119</b>
<b>Documentation page .....</b>	<b>120</b>



# 1 Johdanto

Vedenkorkeuden ja virtaaman havainnointi on oleellinen osa hydrologisen kiertokulun seurantaan. Vedenkorkeustietoja tarvitsevat tehtävät ovat mm. virtaamien laskeinta, rakentamiskorkeuksien määritykset, sisävesiliikenne, vesistöjen säännöstely, vesivoiman hyödyntäminen ja tieteelliset tutkimukset. Virtaaman määritystarpeet ovat osin samoja kuin vedenkorkeudenkin, mutta virtaamien käyttäjiä ovat myös vesi- ja rantarakenteiden mitoitukset, vedenhankinta, vesiensuojelu, tulvantorjunta ja kuivakausiarvioinnit. Viime vuosikymmeninä ilmastomuutostutkimus on nousut tärkeäksi virtaama- ja vedenkorkeustietojen käyttäjäksi. Ilmaston globaalinen muuttuminen koskee paitsi lämpötiloja myös vesiloja, kuten tulvia ja kuivakausia – ja myös sitä että vesiolot vaikuttavat ilmastoon. Onhan vesihöyry mm. merkittävä kasvihuonekaasu.

Suomen alueelta havainnoidut pisimmät vedenkorkeuden ja virtaaman aikasarjat alkavat 1800-luvun puolivälistä. Pisin yhtenäinen päivittäinen vedenkorkeuden sarja on Saimaan Lauritsalasta, alkaen vuodesta 1847. Lauritsalan vedenkorkeuksista on purkautumiskäyrien avulla voitu laskea Vuoksen virtaama-aikasarja, joka on samoin pisin maassamme. Ensimmäiset vedenkorkeuden mittaukset oli tehty Näsijärvellä jo 1843, mutta tämä sarja ei jatkunut yhtenäisenä. Kanavoimistoiden yhteydessä vedenkorkeusasteikkoja perustettiin useisiin järviin 1860-luvulla. Noin parikymmentä 1800-luvulla aloitetuista vedenkorkeusasteikoista on edelleen toiminnassa. Vedenkorkeus- ja virtaamasarjoja on käytettävissä 1910-luvulta alkaen runsaasti.

Vedenkorkeus- ja virtaamaoloja on tutkittu ja tilastoitu Suomessa hyvinkin paljon. Tilastotietoja ja tekstejä vesitilanteesta kuukausi-, vuosi- ja jopa päivätasolla löytyy hydrologisista vuosikirjoista ja kuukausitiedotteista jo lähes sadan vuoden ajalta. Vuosikirjoja on julkaistu 1910-luvulta alkaen, Hydrografisen toimiston perustamisen jälkeen. Kuukausitiedotteita on julkaistu ainakin 1960-luvulta saakka. Virtaamamittauksista on julkaisuja jo 1930- ja 1940-luvulla (Lönnfors 1936; 1948). Myöhemmin Saarinen (1966; 1979) ja Hydrologinen toimisto (1961) ovat julkaisseet virtaamamittauksia 1930-luvulta 1970-luvulle. Yleispiirteitä vedenkorkeuksien ja virtaaman vaihteluista Suomessa on esitetty jo Tulvakomitean mietinnössä (1939) sekä Renqvistin (1951a, 1951b) ja Simojoen (1966) julkaisuissa. Virtaamiin vaikuttavia seikkoja eri valuma-alueilla tutkivat mm. Kaitera (1939; 1949) ja Mälkki (1965). Tilastoanalyysijä sekä virtaamista että vedenkorkeuksista alettiin tehdä 1970-luvulla tietokoneiden mahdollistaessa pitkien sarjojen analysoinnin (Hyvärinen ja Gürer 1976; Hyvärinen 1977; Shahin 1977; Reuna 1977; 1979; 1983). Viimeisin tilastojulkaisu vedenkorkeuksista Hydrologisten vuosikirjojen lisäksi on ilmestynyt Reunalta ja Aitamurrolta (1995). Pienten alueiden valumista julkaistiin myös tilastoja (Mustonen 1971; Seuna 1982b). Virtaama- ja vedenkorkeustietoja alettiin tutkia analyttisemmin pelkkien tilastojen sijaan 1970–1980-luvuilla (Kuusisto ja Leppäjärvi 1979; Hyvärinen 1984; 1985; Mustonen 1986). 1980-luvun alussa tehtiin myös paljon virtaaman mittaukseen ja virtaamaoloihin liittyviä julkaisuja (Ekholm 1980; Hyvärinen 1980; Hyvärinen ja Forsius 1982). Suo- ja metsäojituksen vaikutusta virtaamiin ja valumiin tutkittiin

laajalti 1970–1980-luvuilla (Mustonen ja Seuna 1971; Vehviläinen 1979; Heikurainen 1980; Seuna 1981; Sallantaus 1986; Ahti 1987). Virtaamaoloihin vaikuttavista ilmastollisista, ilmastonmuutos mukaan lukien, ja ihmisen aiheuttamista muutoksista kirjoittivat Hyvärinen ja Vehviläinen (1981). Tätä ennen Maasilta (1979) tutki ihmistoiminnan vaikutuksia Vuoksen vesistöalueen virtaamaoloihin. Virtaaman pitkäaikaismuutokset ja ilmastonmuutos ovat olleet lukuisten tutkimusten kohteena 1980-luvun lopulta ja 1990-luvulta lähtien (Hyvärinen ja Leppäjärvi 1989; Vehviläinen ja Lohvansuu 1991; Kuusisto 1992; Hiltunen 1992; 1994; Hisdal ym. 1995; Hyvärinen ym. 1995; Hyvärinen 1996; Vehviläinen ja Huttunen 1997; Hyvärinen 1997; 1988; 1998; 2003; Hisdal ym. 2003; 2004; Suomalainen ym. 2006).

## 2 Havaintohistoria ja mittausmenetelmät

### 2.1

### Vedenkorkeus

#### 2.1.1

#### Havaintohistoria Suomessa

Ensimmäiset vedenkorkeushavainnot aloitettiin teollisuuslaitosten toimesta Näsijärvellä vuonna 1843. Kanavoimistöiden yhteydessä sijoitettiin vedenkorkeusasteikkoja moniin järviin, vanhin näistä on Saimaan Lauritsalan asema. Sieltä on olemassa jatkuva vedenkorkeushavaintosarja vuodesta 1847 alkaen, siis jo yli 160 vuotta pitkä. 1860-luvulla asteikot perustettiin myös mm. Kallaveteen Konnuksen kanavan ylä- ja alapuolelle sekä Kajaanin Koivukosken tuntumaan (Tulvakomitea 1939). Vuosisadan loppupuoliskolla vedenkorkeushavainnoja oli tehty yhteensä 90 asteikolla, niistä suurin osa kanavien ylä- ja alapuolella (Sirén 1974). Asemien lukumäärä lisääntyi nopeasti viime vuosisadan alussa Hydrografisen toimiston perustamisen myötä. Ennen Hydrografista toimistoa Tie- ja Vesirakennushallituksella oli hallinnassaan 118 vedenkorkeusasteikkoa. Vuodesta 1911 lähtien vedenkorkeushavainnoja oli saatavilla kaikilta suurimmilta vesistöalueilta Pohjois-Lappia lukuun ottamatta. Vuoden 1920 alkaessa vedenkorkeusasemia oli jo 374, joista seitsemän oli varustettu rekisteröivällä laitteella eli limnigrafilla. Asemia oli enimmillään toiminnassa noin 600 vuosina 1975–1985. Vuonna 2006 jatkuvista vedenkorkeusasemista 29:llä on olemassa havainnoja jo 1800-luvulta lähtien.

1990-luvun puolivälissä tehdyn selvityksen (Puupponen 1998) seurauksena lakkautettiin asemia, joilla ei katsottu olevan valtakunnallista merkitystä. Jotkut niistä jatkoivat kuitenkin edelleen alueellisina asemina. SYKEN Hertta-tietojärjestelmässä on kaikkiaan 736 valtakunnallista asemaa, joista vuonna 2006 oli toiminnassa 315. Näistä 78 on pääasiassa yksityisten laitosten asemia, joilla vedenkorkeutta on seurattava lupaehtojen takia. Nämä asemat sijaitsevat suurissa järvissä, ja niillä on katsottu olevan merkitystä laajemminkin. Näinkin raju havaintoasemien vähennys on ollut mahdollista vesistömallien kehittymisen myötä. Toisaalta mallit tarvitsevat kuitenkin reaaliaikaista havaintoaineistoa toimiakseen luotettavasti.

#### 2.1.2

#### Mittausmenetelmät

SYKEN valtakunnallisessa havaintoverkossa olevien havaintopaikkojen vedenkorkeutta havaitaan yleensä päivittäin joko kiinteiltä asteikolta luettuina havaintoina tai rekisteröivää laitetta käyttäen. Perinteisesti vedenkorkeutta on havainnoitu yhden senttimetrin tarkkuudella asteikkolevystä, joka on kiinnitetty tukevasti johonkin kiinteään rakenteeseen kuten esim. kallioon tai isoon kiveen. Niille paikoille, joille

ei ole voitu kiinnittää asteikkolevyä, on asetettu ns. pohjapaaluja järven tai joen pohjaan. Pohjapaaluista vedenkorkeus luetaan mitalla, jossa tangon päähän on asennettu suppilo, joka ohjaa mittatangon pohjapaalun päähän. Asteikoita lukemaan tarvitaan havaitsija, joka käy tekemässä havainnon päivittäin. Sellaisissa paikoissa, joissa vedenkorkeuden vaihtelut ovat suuria, on toiminut yhdysputkella varustettu kaivo ja uimuri, joka välittää vedenkorkeuden piirturille eli ns. limnigrafille. Limnigrafi ei sido havaitsijaa päivittäiseen tarkkailuun, vaan paperin vaihtaminen ja tarkastusluke- mat riittävät harvemmin. Tarkemmat ohjeet vedenkorkeusasteikon tai limnigrafien lukemisesta löytyvät Vesihallituksen (1984) julkaisusta 'Hydrologiset havainto- ja mittausten menetelmät'.

Reaaliaikaisen vedenkorkeustiedon tarve vauhditti 1980-luvun puolivälissä automaattisten laitteiden hankkimista ympäristöhallinnon asemille. Ensimmäinen automaattiasema asennettiin Loimijokeen Maurialankoskelle 1984. Vuonna 2006 automaattisesti vedenkorkeutta mittaavia valtakunnallisia asemia oli 123 ja alueellisia 50. Automaattilaitteistoja on nykyisin käytössä viisi erilaista tyyppiä. Laitteistot on varustettu paineanturilla. Vedenkorkeuden mittausta paineanturilla perustuu siihen, että hydrostaattinen paine riippuu anturin päällä olevan vesipatsaan korkeudesta. Laitteet toimivat verkkovirralla, akulla, aurinkopaneelilla tai paristoilla havainto- aseman sijainnista riippuen. Osassa mittalaitteista on reaaliaikaisen tiedon kyselyjä varten puhesyntetisaattori, osassa kyselyjä voidaan tehdä tekstiviestillä. Markkinoille tulee jatkuvasti uusia laitteistoja ja hinnat halpenevat. Kirjava laitevalikoima vaatii toisaalta monta eri tiedonsiirto-ohjelmaa. Automaattiasemien ja piirtureiden välimuoto- na on edelleen käytössä tiedontallennin, joka kerää vedenkorkeuden mittaustietoa anturista. Tiedot käydään purkamassa tallentimelta kerran kuukaudessa ja siirretään tietokantaan.

Mitkään piirtävät, keräävät tai automaattiset mittarit eivät kokonaan korvaa ihmisen tekemää vedenkorkeuden havainnointia, vaan kerran kuukaudessa on tehtävä tarkistusmittaus perinteisestä asteikosta tai pohjapaalusta. Tämän tarkistuslukeman avulla voidaan varmistua, että automaattilaitteiston lähettämät vedenkorkeudet ovat oikeita. Automaattiaseman anturiin liittyy korjauslukema, joka muuntaa paineanturin ilmoittaman syvyyden (anturin asennussyvyys vesipinnasta) samaksi kuin kontrollihetkellä otettu vedenkorkeuden tarkistuslukema asteikosta tai pohjapaalusta.

Mitattavien vedenkorkeuksien absoluuttinen korkeustaso on yleensä tunnetta- va. Tämä edellyttää havaintopaikan mittaustalustuksen sitomista valtakunnalliseen korkeustasoon. Maankohoamisen vuoksi Suomessa on useita valtakunnallisia kor- keusjärjestelmiä (NN, N43, N60). Kolmas tarkkavaaitus saatiin tehtyä vuonna 2004 ja N2000-korkeusjärjestelmän käyttöönottoa odotellaan parhaillaan. Vedenkorkeusase- man perustamisen yhteydessä asemalle rakennetaan oma kiintopiste, jolle vaaitaan korkeus valtakunnallisesta kiintopisteestä. Asteikon peruskiintopisteestä määritetään asteikon nolapisteen tai pohjapaalun pään korkeustaso jossakin korkeusjärjestelmäs- sä. Vedenkorkeudet ovat asteikon nolapistestä ylöspäin luettuja vedenkorkeuksia, mm. pohjapaalun päästä luettuja korkeuksia. Jäät tai routa voivat liikuttaa asteikko- ja tai pohjapaaluja ja siksi niitä pitää vaaita aika ajoin. Vaaitustuloksista lasketaan korjauslukemat eri asteikoille. Tietokantaan tallennettaessa vedenkorkeuslukemat korjataan oikeiksi. Jos paikalla on useita asteikkoja tai pohjapaaluja, jotka ovat eri kor- keudella (esim. ali- tai ylivesiasteikko), lukemat saadaan vertailukelpoisiksi, niiden korkeuserojen perusteella. Vaikka asemalla olisi kymmenen pohjapaalua, tarvitaan vain yksi nolapiste, joka on yleensä syvimmällä olevan pohjapaalun pään korkeus.

## Virtaama

### Havaintohistoria Suomessa

Jokien 'vesimääriä' yritettiin jossain määrin arvioida Suomessa jo 1700-luvulla, mutta varsin heikolla menestyksellä. Ensimmäiset kojeelliset virtaamanmittaukset tehtiin Suomessa vuonna 1862 Woltmannin hydrometrisellä siivikolla. Vuonna 1896 purkautumiskäyrien määrittäminen pääsi kunnolla vauhtiin Tie- ja Vesirakennusten Ylihallituksen toimesta. Vuoteen 1899 mennessä virtaamanmittauksia oli tehty 193 kappaletta ja vuoteen 1914 mennessä jo 890 kappaletta. Virtaamanmittausten ja purkautumiskäyrien teko lisääntyi suuresti 1910-luvulta lähtien Hydrografisen toimiston perustamisen jälkeen, kun lukuisia uusia havaintoasemia perustettiin. Toimisto oli suorittanut virtaamanmittauksia vuoteen 1936 mennessä 2320 kappaletta, eli keskimäärin 83 mittausta vuotta kohden. Sen jälkeen mittausten lukumäärä nousi niin, että 1960-luvulla tehtiin keskimäärin 306 mittausta vuodessa. 1920-luvun loppuun mennessä virtaamanmittauksia oli tehty jo niin paljon, että purkautumiskäyriä ja päivittäisiä virtaamahavaintoja oli saatavilla 50 vesistölle. 1930-luvulla virtaaman luonnonmukaiset vuotuiset vaihtelut tunnettiin jo 85 vesistössä. 1940-luvulla vesistöjen säännöstely alkoi häiritä tuntuvammin luonnonmukaisia oloja. (Sirén 1974)

Virtaamanmittausten ja niistä purkautumiskäyrän avulla laskettujen virtaamahavaintojen voidaan katsoa noudattaneen jo 1900-luvun alusta lähtien ISO:n normien vaatimuksia (Hyvärinen 1984).

Virtaamasarjoja on laskettu takautuvasti purkautumiskäyrien avulla vanhoista vedenkorkeussarjoista. Pisimmät edelleen jatkuvat virtaamasarjat ovat Vuoksesta 1847 alkaen ja Näsijärveen virtaavasta Muroleenkoskesta 1863 alkaen. 1800- ja 1900-lukujen vaihteen tienoilta alkavia sarjoja on muutamia kymmeniä. Virtaamahavaintopaikkoja oli toiminnassa enimmillään yli 300, 1980-luvun loppupuolelta 1990-luvun puoliväliin. SYKEN Hertta-tietojärjestelmässä on kaikkiaan 496 valtakunnallista virtaama-asemaa, joista vuonna 2006 oli 279 toiminnassa. Näistä 102 on valtionhallinnon ulkopuolisia asemia, lähinnä vesivoimalaitoksia. Nykyisistä rekisterissä olevista jatkuvista virtaama-asemista noin kymmenellä paikalla havainnot alkoivat jo 1800-luvulla.

### Mittausmenetelmät

Virtaamaa mitataan suoraan uomista vesihuollon tarpeisiin, uuden purkautumiskäyrän laatimiseksi, vanhan purkautumiskäyrän stabiilisuuden tai muutosten toteamiseksi, patojen sekä vesivoimalaitosten kalibroimiseksi tai virtaaman talviaikaisten arvojen korjaamiseksi (jääreduktio).

Virtaama määritellään tietyn uomapoikkileikkauksen kautta virtaussuuntaan aikayksikössä kulkeutuvaksi vesimääräksi ( $m^3/s$ ). Luonnonuomissa tehtävissä mittauksissa määritetään uoman poikkileikkauksen pinta-ala ja poikkileikkauksen keskinopeus tekemällä mittauksia uoman eri pisteissä. Virtaama  $Q$  saadaan siis seuraavasta yhtälöstä:

$$Q = \int_A v(A) dA \quad (\text{Kaava 1})$$

missä  $v(A)$  on virtausnopeus poikkileikkauksessa  $A$ .

Suoranaisia virtaamanmittauksia tehdään nykyisin luonnonuomissa veneestä käsin siivikolla tai ultraäänilaitteella – ja kahlaamalla, sillalta tai jäältä myös perinteisin menetelmin siivikolla. Tyypillisiä virtaaman mittauspaiikkoja ovat järven luusua, tasainen joen kohta, vuolaasti virtaava salmi tai joki vesirakenne kuten pato tai vesivoimalaitos. Virtaamaa voidaan mitata myös muilla mittaustavoilla, kuten esimerkiksi merkkiainemittauksin, sähkömagneettiseen induktioon perustuvilla antureilla, kohoja apuna käyttäen tai volumetrisesti, tarkempi kuvaus näistä esim. Mustonen (1986). Edellä mainittuja virtaaman mittaamenetelmiä ei kuitenkaan käytetä operatiivisessa virtaaman seurannassa. Lisäksi pienillä valuma-alueilla virtaama määritetään mittapadoilla. Tässä julkaisussa ei kuitenkaan tarkastella pienten alueiden virtaamia, eikä näin ollen esitetä mittapatojen mittaamenetelmää.

#### 2.2.2.1

##### **Siivikkomittaus**

Siivikkomittaus on kehitetty 1800-luvulla ja sillä on yhä suuri merkitys vesistöjen virtaaman mittaustapana. Mittauksessa määritellään uoman poikkileikkauksen pinta-ala ja keskimääräinen virtausnopeus. Siivikossa eli virtausanturissa potkurimaisen siiven pyörimisnopeus on verrannollinen virtausnopeuteen. Mittaus siivikolla toteutetaan yleensä siten, että kohtisuoraan uomaa vastaan merkitään mitattava poikkileikkaus. Siltä valitaan useita kohtia, niin sanottuja mittauspystysuoria, joiden pystysuuntainen virtausnopeuden jakautuma määritetään mittaamalla virtausnopeus eri syvyyksillä. Suositeltava syvyyksien määrä on 5...6 kappaletta, ja matalissa uomissakin 2...3 eri syvyyttä. Koska luonnonuomien virtaus on aina enemmän tai vähemmän pyörteistä, kultakin syvyydeltä virtausta mitataan tavallisesti 50 sekunnin ajan. Virtausnopeus on suurimmillaan yleensä uoman keskiosassa hieman pinnan alapuolella. Mittauspystysuorien lukumäärä riippuu uoman leveydestä, 5...10 metrin levyisissä uomissa niitä on tyypillisesti 10...20. Siivikko kiinnitetään yleensä mitta-asteikolla varustettuun pystytankoon. Mittaus voidaan tehdä joko uoman poikki mittavaijerin varassa liikuteltavasta veneestä käsin, sillalta, matalissa vesissä kahlaamalla, köysiradan avulla tai talvella jäältä avannoista. Mittauksen yhteydessä tulee lukea myös vedenkorkeus läheiseltä asteikolta sekä ennen että jälkeen mittauksen.

Siivikkomittauspaikalla uoman tulisi olla suora, poikkileikkauksen säännöllisen muotoinen ja erityisesti pienehkössä uomassa rannoiltaan selkeä. Virtauksen tulisi olla pyörteetöntä ja virtausnopeuden pääosin välillä 0,1...2 m/s. Vesisyvyyden suositus on 2...3 m, mutta pienissä uomissa se on väistämättä pienempi. Poikkileikkauksessa ei saisi olla kasvillisuutta tai muita mittausta tai virtausta häiritseviä tekijöitä. Myös kova tuuli häiritsee mittausta erityisesti leveissä uomissa.

Siivikkoon liittyy suoraan nopeuden näyttävä rekisteröintilaitte tai kierros-laskuri. Tulokset merkitään mittaushetkellä virtaaman havaintokirjaan, ja virtaama lasketaan tietokoneohjelman avulla myöhemmin toimistolla. Ennen tietokoneaikaa virtaama laskettiin käsityönä uoman poikkileikkauspiirroksia apuna käyttäen. Tarkempi kuvaus siivikkomittauksesta ja virtaaman laskennasta löytyy Vesihallituksen (1984) oppaasta 'Hydrologiset havainto- ja mittaamenetelmät'.

#### 2.2.2.2

##### **Akustinen virtaaman mittaus (ADP ja ADCP)**

Ultraääntä on käytetty hyväksi vesistöjen virtaaman mittaamisessa jo 1960-luvulta lähtien. Menetelmä yleistyi 1970-luvulta lähtien ja sen jälkeen erilaisten ultraäänitekniikoiden ja sovellusten määrä on kasvanut. Aina 1980-luvulle saakka laitteistot olivat pääasiassa kiinteitä rakenteita. Vasta 1990-luvulla käyttöön tulivat veneeseen kiinnitettävät akustiset virtaaman mittauksiin kehitetyt laitteistot ja valmiit virtaaman laskentaohjelmistot, jotka mahdollistavat nopean ja tarkan virtaamanmittauksen suurissakin joissa ja virtapaikoissa.

Akustisessa virtaaman mittauksessa, joka perustuu äänen Doppler-siirtymään, virtaamaprofiilin syvyyden ja veden virtausnopeuden mittausta tapahtuu lähettämällä korkeataajuisia ultraäänipulsseja veteen ja sen jälkeen mittaamalla kaikuja pohjasta ja veden mukana kulkevista pienistä partikkeleista. Näiden ääniaaltojen kulkuajkojen perusteella voidaan laskea veden virtausnopeus. Teknisesti mittausta suoritetaan ajamalla akustisella virtausmittarilla varustetulla veneellä joen poikki haluttua reittiä pitkin, joten siivikkomittauksessa tarvittavaa mittavaijeria ei tarvita. Mittausta toistetaan muutama kertaan, kunnes todetaan laitteen laskeman virtaaman pysyvän jokseenkin samoissa lukemissa. Saatuihin virtaama-arvoihin ohjelma tekee lisäksi rantakorjauksen.

Akustisessa mittauksessa joesta tulisi valita kohta, jossa poikkileikkaus ja virtausuunnat ovat mahdollisimman tasaisia ja uoman syvyyssuhteet mittaamaprofiilissa tunnetaan ja laitteen operointisyvyydet (0,7...21 m) huomioonotetaan. Uomakohtia, joissa on pyörteisyyttä, turbulenssia, kumpuamista ja jyrkkiä uomaseinämiä tulee pyrkiä välttämään. Myös akanvirtakohtia tulisi välttää. Jos kyseisiä piirteitä kuitenkin esiintyy, tulee tehdä toistomittauksia. Mittaamaprofiilin pohjanmuotojen tulisi olla loivia, sillä laite rekisteröi syvyydet lähettämiensä kolmen (ADP) tai neljän (ADCP) säteen keskiarvona. Jyrkät muutokset pohjan muodossa saattavat tuottaa muutoskohdissa virheellistä syvyyssiätöä. Mittauskohdan rannoilla virtauksen tulee olla vähäistä tai olematonta. Tällöin mittaamaton alue rannoilla jää mahdollisimman pieneksi. Rantakorjaus tehdään jälkikäteen laskennallisesti.

Nykyisin kaikki suuret virtaamanmittaukset suoritetaan akustisella virtausmittarilla mittausten nopeuden ja toistettavuuden, tarkkuuden ja turvallisuuden vuoksi. Menetelmää voidaan käyttää myös kohteissa joissa purkautuminen ei ole yksiehtoinen (eli purkautumiskäyrän hyväksikäyttö ei ole mahdollista). Ultraäänimenetelmä ei kuitenkaan sovellu pieniin uomiin. Niissä virtaamanmittausta suoritetaan siivikolla tai pienois-ADCP:lla (FlowTracker) joko kahlaamalla tai uoman yli asetetulta lankulta. Poikkileikkauksen mittauspisteet määritellään pingotetun mittanauhan avulla.

### 2.2.2.3

#### Vesivoimalaitokset

Jos vesistöön on rakennettu vesivoimalaitos, se toimii virtaaman mittarina. Kun vesivoimalaitoksen teho ja hyötysuhde tunnetaan, voidaan virtaama määrittää seuraavan yhtälön perusteella:

$$Q = \frac{P}{\eta \rho g H} \quad (\text{Kaava 2})$$

missä  $Q$  on virtaama,  $P$  teho,  $\eta$  hyötysuhde,  $\rho$  veden tiheys,  $g$  maan vetovoimankiihtyvyyden ja  $H$  putouskorkeus.

Suomessa systemaattisia virtaaman tarkistusmittauksia on tehty vesivoimalaitoksilla 1950-luvulta lähtien. Vesivoimaloiden mitattu virtaama on yleensä, laitostyyppistä riippuen 0...10 % teoreettista suurempi. Ts. vesivoimalan teoreettinen hyötysuhde on todellista huonompi (Puupponen 1984a, 1984b). Vesivoimalaitoksilta saatujen arvojen käyttäminen virtaaman vaihteluiden tutkimiseen on järkevää ainoastaan pitkällä jaksolla, lähinnä kuukausi- tai vuosivirtaamien tasolla, säännöstelytavasta riippuen.

### Purkautumiskäyrät

Virtaama määritettiin purkautumiskäyrän avulla 162:lla (eli 58 %:lla) SYKEN valtakunnallisista virtaama-asetuksista vuonna 2006. Purkautumiskäyrällä kuvataan vedenkorkeuden ja virtaaman välistä suhdetta luonnonuomissa. Käyrät voidaan piirtää samanaikaisten virtaamanmittausten ja vedenkorkeushavaintojen avulla, jos uoma täyttää tietyt hydrauliset ehdot. Edellytykset täyttyvät, jos uoma pysyy ajallisesti muuttumattomana sekä jos tietyssä uoman kohdassa, vedenkorkeushavaintopisteen alapuolella, vallitsee kiitovirtaus. Tällöin virtaama määräytyy yksiehtoisesti kiitovirtauskohdan yläpuolisen vedenkorkeuden perusteella. Kiitovirtaus pätee silloin, kun seuraava yhtälö toteutuu (Hyvärinen ja Forsius 1982):

$$v > \sqrt{gy} \quad (\text{Kaava 3})$$

missä  $v$  on veden virtausnopeus,  $g$  maan vetovoiman kiihtyvyyys ja  $y$  vesisyvyys.

Purkautumiskäyrät laadittiin 1960-luvulle saakka piirtämällä ne aritmeettiselle millimetripaperille. Suoranaisten mittausten lisääntyessä pystyttiin jossain paikoin havaitsemaan, että aritmeettisellä akselistolla ekstrapoloinnissa oli saatettu tehdä virheitä. Useimmiten siten, että käyrän virtaama-arvot olivat liian pieniä. Tästä syystä otettiin käyrien laatimisessa käyttöön 1960-luvulla täyslogaritminen paperi, jonka avulla käyrien ekstra- ja interpolointia voitiin parantaa. Lähivuosina purkautumiskäyriä aletaan laskea tietokoneavusteisesti, kaavan sovituksella. Purkautumiskäyriä voidaan melko luotettavasti approksimoida seuraavalla yhtälöllä (Hyvärinen ja Forsius 1982):

$$Q = a(W - c)^b \quad (\text{Kaava 4})$$

jossa  $W$  on vedenkorkeusasteikolta luettu vedenkorkeus ja parametrit  $a$ ,  $b$ ,  $c$  riippuvat määräävästä uoman osasta.  $a$  ja  $b$  ovat vakioita, joiden arvo riippuu uoman geometriasta ja  $c$  on määräävän poikkileikkauksen kynnyskorkeus. Parametrin  $b$  suuruus vaihtelee Suomessa kahden olon puolen (Hyvärinen ja Forsius 1982).

Purkautumiskäyriä on muodoltaan monenlaisia riippuen uoman ominaisuuksista kuten mm. pohjanmuodosta ja kaltevuudesta. Toisessa uomassa muutaman kuution virtaaman kasvu voi aiheuttaa van parin sentin vedenkorkeuden muutoksen, mutta toisessa uomassa vastaava virtaaman kasvu, voi nostaa vedenpintaa metrillä. Pienillä valuma-alueilla pienet virtaaman nousut kohottavat vedenpintaa selvästi, kun taas suurien valuma-alueiden uomilla pienet virtaaman muutokset eivät vaikuta sanottavasti vedenkorkeuteen.

### Virtaaman jääreduktio

Suomen ilmastossa jokijäät vaikeuttavat talviajan virtaaman määrittämistä. 70:llä purkautumiskäyrään perustuvalla virtaaman mittauspaijalla jää padottaa talvisin vettä niin, että purkautumiskäyrästä ei saada oikeita lukemia vaan liian suuria, jopa moninkertaisia virtaamalukuja. Jään padotus on virtaaman määrittämiselle hankala asia, sillä padotusvaikutus vaihtelee sekä vuoden kuluessa että talvittain. Talvisten



virtaamien määrittämiseen tarvitaan ns. jääredukointia. Jääredukoinnilla talviajan virtaama määritetään purkautumiskäyrän, ilman lämpötilan, jäätymis- ja jäänlähtöhavaintojen, tarkistusmittausten ja mahdollisen saman vesistön vertailumittauksen avulla. Jääreduktio tehdään graafisesti (ks. alla) hyödyntämällä edellä mainittuja havaintotietoja. Korjatut lukemat luetaan piirretyltä viivalta ja tallennetaan tietokantaan. Menetelmän huonona puolena on, että se vaatii mittauksia tietyillä alueilla joka talvelta ja redukoitujen arvojen saaminen kestää pitkään.

Aluksi talvivirtaama arvioitiin tekemällä jään vaikutuksesta kasvaneisiin vedenkorkeusarvoihin ns. jääreduktio. 1960-luvulta lähtien talviajan virtaamat on määritetty Suomessa puolilogaritmi-paperilla graafista jääreduktiota käyttäen (Hyvärinen 1980). Logaritmi-paperin käyttöönotossa oli perusteena havainto, että varsinkin Keski- ja Pohjois-Suomessa virtaama noudattaa talvikautena usein funktiota:

$$Q(t) = Q_0 e^{-kt} \quad (\text{Kaava 5})$$

missä  $Q_0$  on virtaama ennen jään muodostumista,  $k$  vesistöstä ja talvesta riippuvakerroin, ja  $t$  on aika.

Talvivirtaamien arviointi perustuu käytännössä toisaalta riippuvuuteen ( $k$ ), toisaalta suoranaisiin virtaamanmittauksiin, joita tehdään tietyillä asemilla joka talvi. Kerroin  $k$  vaihtelee vaikeasti tulkittavalla tavalla talvesta ja asemasta riippuen (Hyvärinen 1980). Tyypilliset  $k$ :n arvot vaihtelevat välillä 0,007...0,01 1/d.

Joillakin jääpeitteisillä virtaamapaikoilla myös talviajalle muodostuu selväpiirteinen käyrä, eikä talvisen virtaaman määrittäminen ole tällöin niin pulmallista. Näitä paikkoja on kuitenkin melko vähän.

Jäätyvien uomien virtaama on 0...100 % sulan kauden purkautumiskäyrän osoittamasta; 20...50 % on varsin tyypillinen arvo Suomen joissa. Jääpadotuksen suuruus riippuu tietenkin jään määrästä, jääkannen geometriasta, ja veden virtaamasta (Hyvärinen 1980).

Suomessa käytössä oleva virtaaman jääreduktiomenettely on eräs modifikaatio Keski- ja Pohjois-Euroopassa käytetyistä. Jääreduktiomenetelmällä arvioitujen talvivirtaamien tarkkuus jää väistämättä yleensä huonommaksi kuin sulan ajan virtaamien tarkkuus. Redukoiduissa talvivirtaamissa saattaa helposti esiintyä 5...20 % virheitä.

Myös vesistömallaja on alettu käyttää viime vuosikymmeninä apuna jääredukoinnissa (Leppäjärvi 1992; Leppäjärvi ja Vehviläinen 1994; Huttunen ja Vehviläinen 1997). Toistaiseksi vesistömallaja käytetään vain apuna, ei vielä operatiivisesti.

### 3 Yleistä virtaamaoloista Suomessa

Yleispiirteitä vedenkorkeuden ja virtaaman vaihteluista Suomessa on esitetty jo 1930-luvulla (Tulvakomitea 1939). Myöhemmin Suomen sisävesien käyttäytymistä esittelivät Renqvist (1951a, b) ja Simojoki (1966).

Valuntaoloihin vaikuttavat keskeisimmin ns. fyysioGRAFiset eli aluetekijät (geomorfologia, geologia, kasvillisuus) sekä ilmastolliset tekijät (sadanta, lämpötila ja haihdunta). Valuntaoloksi kutsutaan tietyltä alueelta purkautuvan veden tyypillistä kulkua ajan funktiona. Käsite 'virtaamaolot' sisältää valuntaolujen lisäksi myös vesistöjen hydraulisten tekijöiden vaikutukset, ml. ihmisen vaikutukset virtaamiin (esim. ruopaukset ja säännöstely). Tavallisesti virtaamaolot kuvataan virtaaman keskimääräisenä vuosikäyränä, joka sisältää esimerkiksi virtaaman minimi- (NQ), maksimi- (HQ) ja keskiarvokäyrän (MQ). Toisinaan esitetään myös virtaaman prosenttikäyriä.

Tyypillisten virtaamaolojensa perusteella Suomen vesistöt voidaan jakaa kolmeen ryhmään:

- 1) Sisä-Suomen järviolueen vesistöt, joissa useat suuret järvet tasoittavat vuotuisia virtaaman vaihteluita selvästi. Näihin kuuluvat Vuoksen, Kymijoen ja Oulujoen vesistöt, suurin osa Kokemäenjoen vesistöstä ja mm. Kuusamon seudun vedet, jotka laskevat Vienanmereen.
- 2) Suomenlahden ja Pohjanlahden rannikkoalueen pienet ja keskikokoiset joet, joiden valuma-alueilla järviä on vähän ja virtaaman ajallinen vaihtelu on hyvin voimakasta. Näissä joissa esiintyy herkästi tulvia ja toisaalta usein kuivia kausia.
- 3) Pohjois-Pohjanmaan ja Lapin suuret tai suurehkot joet, joissa vettä virtaa läpi vuoden suhteellisen runsaasti, vaikka niiden valuma-alueilla ei olekaan kovin paljon järviä.

Tästä jaosta käy ilmi, että vesistön virtaama määräytyy, paitsi sadannan ja haihdunnan erotuksesta, myös mm. valuma-alueen maantieteellisestä sijainnista ja järvisyydestä. Virtaamaan ja sen vaihteluihin vaikuttavat edelleen valuma-alueen ala, maaperä, uomaston muoto, kasvillisuus, ihmisen toiminnat sekä tietenkin sääolot. Suomessa sadannasta noin puolet muodostuu virtaamaksi ja puolet haihdunnaksi. Eri vuosien välillä on toki vaihtelua, ja yleensä virtaaman osuus vuosisadannasta on 40...60 %.

Vedenkorkeuden ja virtaaman kuvaamiseen käytetään Suomessa usein seuraavia saksan kieleen perustuvia merkintätapoja, joiden käyttöönottoa ehdotettiin jo 1930-luvulla (Tulvakomitea 1939):

HW = ylin vesi, suurin vedenkorkeus	HQ = ylin, suurin virtaama
MHW = keskiylivesi	MHQ = keskiylivirtaama
NHW = alin ylivesi	NHQ = pienin ylivirtaama
HMW = ylin keskivesi	HMQ = suurin keskivirtaama
MW = keskivesi	MQ = keskivirtaama
NMW = alin keskivesi	NMQ = pienin keskivirtaama
HNW = ylin alivesi	HNQ = suurin alivirtaama
MNW = keskialivesi	MNQ = keskialivirtaama
NW = alin vesi, matalin vedenkorkeus	NQ = alin, pienin virtaama

### 3.1

## Virtaaman ja vedenkorkeuden vaihteluista Suomessa

Vedenkorkeudella ja virtaamalla on selvä vuodenaikainen vaihtelu, joka johtuu sadannan vuotuisesta vaihtelusta, sateen varastoitumisesta lumipeitteeseen, haihdunnan voimakkaasta vaihtelusta eri vuodenaikoina, sulannasta, veden varastoitumisesta maaperään ja vesistöihin, jne. Valuma-alueen koolla ja järvisyydellä on myös vaikutusta. Vuodenaikaisvaihtelussa on yleensä kaksi maksimia ja kaksi minimiä.

Talvella vedenpinnat laskevat, sillä maan ollessa jäässä ja sateen laskeutuessa pääosin lumena ei valuntaa järviin tai jokiin juurikaan tapahdu, vaan sadanta varastoituu maastoon lumena. Talvella ei myöskään tapahdu haihtumista ainakaan suuressa määrin. Keväällä lumensulamisen alkuvaiheessa saavutetaan yleensä minimi. Tämä on suurilla järvilla yleensä myös vuosiminimi. Suojasäät voivat talvella aiheuttaa maan eteläosassa runsaasti sulantaa, jolloin vedenkorkeuden vuosimaksimi voidaan saavuttaa jo tällöin.

Keväällä vedenkorkeudet ja virtaamat lähtevät nousuun, kun talven aikana valuma-alueelle varastoitunut lumi sulaa ja vedet purkautuvat uomiin verrattain lyhyessä ajassa. Näin syntyvä vedenkorkeuden ja virtaaman keväthuippu on useasti samalla myös vuoden maksimi. Myös routakerrokseen varastoituneet vedet ovat lisäämässä vesivarastoja keväällä. Keväthuippu on yleensä erittäin selväpiirteinen. Suurissa ja järvirikkaissa vesistöissä sen ajankohta siirtyy alkukesään ja esim. Saimaassa jopa heinä–elokuun vaihteeseen. Keväthuipun jälkeen vedenkorkeudet ja virtaamat lähtevät laskuun haihdunnan kasvaessa kesää kohden.

Kesällä sadanta on suurin yleensä heinä–elokuussa, mutta siitä huolimatta vedenkorkeuksissa esiintyy silloin usein kesäminimi, suuresta haihdunnasta johtuen. Vain poikkeuksellisen sateisina kesinä voivat vedenkorkeudet kohota eritoten pienissä ja vähäjärvisillä vesistöissä lähelle kevään keski-ylivettä tai sen yli.

Syksyllä haihdunta pienenee ilman lämpötilan laskiessa ja suhteellisen kosteuden lisääntyessä. Loppusyksyllä saavutetaan yleensä toinen kevättä pienempi maksimi syyssateiden ja haihdunnan pienenemisen myötä. Uoman kasvipeite voi myös pienissä uomissa lisätä vedenkorkeuksia kesällä ja syksyllä. Syysmaksimi voi joskus ylittää kevätsulamisen aiheuttaman huipun. Syystalvella vedenkorkeudet ja virtaamat alkavat taas alentua, kun sateet varastoituvat lumipeitteeseen.

Järviin varastoituneet vedet voivat myöskin aiheuttaa poikkeuksia edellä kuvattuun vuosikäyttäytymiseen varsinkin suurissa ja järvirikkaissa vesistöissä. Eri vuosien sademäärät voivat poiketa suurestikin toisistaan, ja sateisen vuoden jälkeen järvisä voi olla niin paljon vettä, että vedenkorkeus alenee koko vuoden ajan. Toisaalta keväällä alkanut vedennousu voi jatkua aina vuoden loppuun saakka, jos sadetta saadaan kesällä ja syksyllä tavallista enemmän.

Laajoilla ja runsasjärvisillä alueilla virtaaman heilahtelut ovat vaimeampia ja runsaankin sateen vaikutukset tuntuvat hitaammin kuin pienillä, vähäjärvisillä alueilla. Täten suurilla, runsasjärvisillä alueilla virtaamat vesistön laskujoissa saavuttavat kevätmaksimia vastaavan huippunsa vasta loppukesällä. Jokivesistöissä huiput sattuivat välittömästi valumahuippujen aikoihin ja ovat moninkertaisia keskivirtaamiin verrattuna.

### 3.2

## Ylivirtaama

Vuotuinen tai tietyn vuodenajan ylivesi on tärkeimpiä vesien käyttöön liittyviä suureita. Sovelluksesta riippuen Suomessa on käytetty mitoitusperusteena keskimääräistä vuotuista ylivirtaamaa MHQ, suurinta havaittua virtaamaa HQ tai tietyllä aikavälillä keskimäärin kerran sattuvaa ylivirtaamaa.

Suuria järvireittejä lukuun ottamatta noin puolet Suomen vuotuisesta valunnasta purkautuu kevättulvan aikana. Ylivirtaamakauden valunnalla on siis vuotuisessa vesitaseessa olennainen merkitys. Suomen oloissa vuoden ylivirtaama sattuu yleensä keväällä huhti–kesäkuussa lumen sulamisen aikana tai sen jälkeen. Maan pohjoisosassa kevätylivesi on yleensä aina samalla vuoden ylivesi, mutta etelämpänä ylivesi voi esiintyä myös muina vuodenaikoina. Vuoksen ja Kymijoen alueiden latvareiteillä noin 15 % vuotuisista ylivirtaamista sattuu syksyllä tai talvella, Suomenlahden rannikon joissa noin 20 %, Etelä-Pohjanmaalla noin 10 %, mutta Siikajoen alueella enää noin 5 % (Mustonen 1986).

Järviolueella järvien virtaamaa tasoittava vaikutus viivästyttää kevätylivirtaaman esiintymisajankohtaa. Reittien latvajärvien ja pääaltaiden virtaamahuippujen väliset ajalliset erot voivat olla jopa pari kuukautta. Järviolueen suurten järvien luusuoista purkautuu vuoden suurin virtaama usein vasta syksyllä tai talvella. Vuotuisen ylivirtaaman keskihajonta vaihtelee Suomessa noin välillä 25...40 % (Hyvärinen 1984).

Suurin Suomessa havaittu virtaama on ollut Kemijoen Isohaaran voimalaitoksella noin 4 800 m<sup>3</sup>/s, Maailman suurin tunnettu virtaama Amazonilla on ollut lähes 80-kertainen, 370 000 m<sup>3</sup>/s (Hersch 2003).

### 3.3

## Alivirtaama

Alivirtaamakauden eli kuivakauden virtaaman suuruudella ja kauden kestolla on keskeinen sija vesivarojen käytön suunnittelussa. Alivirtaamakaudet määräävät, kuinka suuret vesivarat vesistöissä on jatkuvasti käytettävissä. Alivirtaaman suuruus vaihtelee hyvin paljon paitsi ajallisesti myös valuma-aluekijöistä riippuen. Ensisijaisesti alivirtaamaan vaikuttavat sää, valuma-alueen ala ja järvisuus, mutta myös muilla tekijöillä on suuri vaikutus.

Suomen vesistöissä on vuoden mittaan kaksi erillistä vähävetistä kautta. Toinen niistä sattuu kevättalvella ennen talvea muodostuneiden vesivarastojen purkauttua pienimmilleen, toinen syyskesällä, jolloin sadantaa suurempi haihdunta on kuluttanut vesivarastot alimmilleen.

Maan eteläisimmässä osassa kesäalivirtaama on yleensä pienempi kuin talvialivirtaama, mutta Pohjois-Suomessa talvialivirtaama on aina vuoden alin virtaama. Lapin vesistöissä talven alin virtaama voi olla vasta toukokuussa, ja Saimaankin alin vedenkorkeus esiintyy usein vasta huhtikuun lopulla. Vaihteluväli, jossa kesä- ja talvialivirtaamat ovat suunnilleen yhtä suuria, on vähäjärvisissä vesistöissä hieman pohjoisempana kuin runsasjärvisissä. Alue sijaitsee suurin piirtein linjalla Joensuu–Äänekoski–Oulainen (Kuusisto 1986).

## 4 Virtaamaoloihin vaikuttavia tekijöitä

Kuten kappaleessa 3 kerrottiin, virtaamaoloja muovaavat fyysiset ja ilmastolliset tekijät sekä ihmisen vaikutukset. Ihminen muuttaa toiminnallaan sekä maanpinnan että ilmakehän oloja, mikä vaikuttaa hydrologiseen kiertoon ja veden määrään. Osaan fyysisistä tekijöistä kuten uoman muotoon ja kasvillisuuteen ihminen voi vaikuttaa perkauksilla, mutta ei pysty estämään maankohoamista, joka aiheuttaa valuma-alueen kallistuneisuuden muutoksia. Virtaamia säännöstellään ja tekojärviä rakennetaan tarkoituksellisesti. Myös maankäytöllä kuten esimerkiksi ojituksilla sekä metsätaloudellisilla muutoksilla voidaan muuttaa virtaamaoloja. Ilmastollisiin oloihin ihminen vaikuttaa pitkällä aikavälillä kasvihuoneilmiön myötä, mutta itse säähän ihminen ei voi vaikuttaa yleisesti. Seuraavissa kappaleissa tarkastellaan tärkeimpiä virtaamaoloihin vaikuttavia tekijöitä.

### 4.1

#### **Maankohoaminen**

Geologisista muutoksista Suomen vesioloihin vaikuttaa eniten maankohoaminen. Maankohoaminen johtuu Skandinaviassa viimeisestä jääkaudesta (yli 10 000 vuotta sitten), jolloin pari kilometriä paksu jäätikkö painoi maankuorta sisäänpäin. Jäätikön sulamisen jälkeen maankuori pyrkii palautumaan ennalleen. Maannousu oli nopeinta heti jääkauden väistyttyä ja se hidastuu koko ajan, mutta jatkuu edelleen. Maankohoaminen lisää Suomen pinta-alaa vajaat 1 000 km<sup>2</sup> sadassa vuodessa (Kukkamäki 1956). Sen seurauksena keskimääräinen virtaama Suomen alueelta lisääntyy 0,5...0,7 m<sup>3</sup>/s vuodessa. Maankohoaminen kallistaa samalla järviä kaakkoon Etelä- ja Keski-Suomessa, itään Oulun läänissä ja koilliseen Pohjois-Suomessa. Nopeinta maankohoaminen on Perämeren rannikolla, missä nousuvauhti on viimeisimpien tarkkavaaituksien mukaan reilut 7 mm vuodessa. Pienintä maannousu on Kaakkois-Suomessa, noin 2...3 mm vuodessa (Saaranen 2005). Koska suurimmalla osalla järvi-alueen järvistä luusua on niiden kaakkois- tai eteläpäässä, kallistumisen vaikutuksesta järvet ovat hitaasti tyhjenemässä. Suurimpien järvien yhteinen tyhjenemisnopeus oli 1960-luvun maankohomislukemien mukaan keskimäärin lähes 0,2 m<sup>3</sup>/s (Hyvärinen 1984). Hyvärinen (1984) julkaisussa on esitetty eräiden suurimpien järvien kallistumisen perusteella tilavuuden ja virtaaman muutos. Nykyisellään tyhjenemisnopeudet ovat hieman pienentyneet, sillä maankohoaminenkin on hidastunut. 1960-luvun lukemiin nähden maankohomisoikeus on pienentynyt Perämerellä noin 2 mm/a. Kaakossa muutos on hyvin pieni. Vaikka suuret järvet pääosin ovat tyhjenemässä, toisaalta Oulujärven tilavuus puolestaan lisääntyy luusuan noustessa Vaalassa itse allasta nopeammin. Suur-Saimaa kuroutuu ajan mittaan kahdeksi suurjärveksi Kyrönsalmen kohdalta.

Suomenselän vedenjakaja siirtyy maan kohotessa hitaasti luodetta kohden. Tämä muuttaa vähitellen, joskus myös äkillisesti veden purkautumissuuntaa. Järvi-alueen

valuma-alueet kasvavat Pohjanmaan jokien valuma-alueiden kustannuksella. Dramaattisin jääkauden jälkeinen muutos on tapahtunut silloin, kun aiemmin Pohjanlahteen laskeneen järvialueen vedet puhkaisivat reittinsä Salpausselän kautta ja alkoivat purkautua Suomenlahteen ja Laatokkaan. Kymijoki muodostui noin 8000 vuotta sitten ja Vuoksi noin 7000 vuotta sitten. Tätä ennen nykyisen Kymijoen ja Vuoksen alueen vedet valuiivat nykyisen Kalajoen uomaan pitkin Perämereen. (Hyvärinen 1984)

#### 4.2

## Vesistöjen muokkaaminen

Ihmiset ovat muokanneet vesistöjä vuosisatoja maanviljelysmaan saamiseksi ja vesikuljetusten helpottamiseksi. Myöhemmin 1900-luvulta lähtien vesistöjä on muokattu tulvasuojelullisista, vesivoimataloudellisista ja vedenhankinnallisista syistä.

#### 4.2.1

### Järvenlaskut ja kuivatukset

Järviä on kuivatettu tai niiden pintoja laskettu Suomessa jo 1700-luvulta lähtien maatalousmaan saamiseksi. Toiminta jatkui 1900-luvun puoliväliin saakka. Erityisen voimakasta järvenlaskutoiminta oli 1800-luvun puolivälissä. Eräs järvenlaskujen huippu ajoittui vasta toisen maailmansodan jälkeen, kun silloisen Neuvostoliiton alueeksi liitetyn Karjalan väestöä siirrettiin eri puolelle Suomea maanviljelijöiksi. Uuden viljelymaan tarve oli tuolloin suuri, ja hedelmällistä maata raivattiin järviä laskemalla.

Järvenlaskujen, tulva-alueiden poistojen ja metsäojien vaikutuksesta vesistön keski- ja alajuoksulla lisääntynyttä tulvaisuutta on kompensoitu 1960- ja 1970-luvuilla rakennetuilla tekojärvillä.

Järvien kuivatuksesta ja tulva-alueiden poistoista ei ole olemassa koko maan kattavaa inventaariota. Näiden toimien vaikutuksia joudutaan siksi käsittelemään seuraavassa vain esimerkein. Yhteensä Suomen järviäliä lienee vähentynyt 1700-luvulta 1900-luvun puoliväliin 2...5 %. Järvenlaskujen ja tulva-alueiden poiston vaikutus virtaamaan riippuu suuresti vesistön luonteesta, ensisijaisesti valuma-alueen alasta ja järvisyydestä. Suurin vaikutus toimilla on ollut Suomenlahteen ja Pohjanlahteen laskevissa pienehköissä, vähäjärvisissä vesistöissä, joissa järviäliä on saattanut vähetä puoleen tai hävitä lähes kokonaan. (Hyvärinen 1984)

Kalajoen valuma-alueella järviäliä pieneni 1700-luvun lopulta 1900-luvun puoliväliin mennessä 88 km<sup>2</sup>. Järvisyys alentui samalla 3,9:stä 1,8 %:iin. Suurin osa järvenlaskuista tapahtui 1850- ja 1860-luvuilla. 1960- ja 1970-luvuilla alueen järviäliä nousi tekojärviä rakentamalla jälleen 22 km<sup>2</sup> eli noin 0,5 %. Järviäliän väheneminen on Kaiteran (1949) mukaan kasvattanut keskiylivirtaamaa joen alajuoksulla noin 20 % ja suurimman kuivatun järven Kalajanjärven alapuolella noin 100 % (Hyvärinen 1983).

Tunnetuin järvenlasku Suomessa lienee Höytiäisen lasku 1800-luvulla. Kirkkoherra Jaakko Stenius suunnitteli Höytiäisen laskua jo 1800-luvun alussa, mutta hankkeesta saatiin virallisesti päätettyä vasta vuonna 1839. Höytiäisen pintaa suunniteltiin laskettavaksi hallitusti kaikkiaan 30 jalkaa eli lähes 9 metriä. Höytiäisen kanavan kaivaminen aloitettiin suunnitelman mukaisesti vuonna 1854. Viiden vuoden kuluttua oltiin niin pitkällä, että veden laskeminen aiottiin aloittaa elokuun puolivälissä kahden kanavanniskan rakennetun padon kautta. Vesi oli kuitenkin päässyt syövyttämään patojen hiekalla seisovia perustuksia siinä määrin, ettei elokuun 3. päivänä voitu enää sulkea patoluukkuja. Elokuun 4. päivänä vuonna 1859 patorakennelmat sortuivat kokonaan. Hallittu Höytiäisen lasku jäi pelkäksi haaveeksi, kun luonnon

karkumatka alkoi, ja vesimassat purkautuivat esteettä kohti Pyhäselkää. Järvenlaskijoiden onneksi parin viikon kuluttua patojen murtumisesta Puntarisalmen kohdalla paljastui kalliokynnys, joka lopetti Höytiäisen vedenpinnan alenemisen. Järven pinta oli alentunut noin 7 metriä. Paikalle syntynyt Puntarikoskea perattiin seuraavana vuonna niin, että vesi laski vielä pari metriä, jolloin järvenlaskun kokonaismääräksi kertyi 9,6 metriä. Höytiäisen laskussa järven pinta-ala supistui kolmanneksella, 440 km<sup>2</sup>:stä 286 km<sup>2</sup>:iin. Tilavuus pieneni noin 3,5 kuutiokilometrillä. Höytiäisen kanavan kautta lienee purkautunut vettä enimmillään noin 5 000 m<sup>3</sup>/s (Saukko 1960). Pyhäselän pinta nousi elokuussa 1859 noin 2 metriä ja Etelä-Saimaa elo–syyskuussa noin 60 senttiä.

Järven laskeminen ja tulva-alueen poisto vähentävät alueen vuosihaihduntaa, sillä haihdunta vapaasta vesipinnasta on suurempi kuin maa-alueilta. Yhdessä hydraulisten tekijöiden kanssa tämä lisää valuntaa.

#### 4.2.2

### Virtaaman säännöstely ja tekojärvet

Vesistön säännöstelyssä vedenkorkeuksia ja virtaamia muutetaan luonnontilaisesta pato- tai vesivoimalaitosrakenteiden avulla. Suomessa on toteutettu noin 220 vesistön säännöstelyhanketta, joissa on mukana noin 310 järveä. Tämä vastaa vesipinta-alana noin 10 100 km<sup>2</sup>, joka on noin 30 % Suomen sisävesien alasta. Tekojärviä Suomessa on 22. Niiden yhteenlaskettu pinta-ala 610 km<sup>2</sup> on 2 % Suomen vesipinta-alasta. Edellisten lisäksi Suomen suurinta järveä Saimaata on mahdollista säännöstellä, jos normaalista poikkeavan tulvan tai alhaisen vedenkorkeuden havaitaan olevan odotettavissa. Saimaa kattaa Suomen vesipinta-alasta noin 18 %. Valtaosa säännöstelyistä on toteutettu 1950–1970-luvuilla mm. tulvasuojelun, vesivoimatuotannon, vesiliikenteen ja vedenhankinnan tarpeisiin. Sittemmin vesistöihin liittyvät odotukset ja arvostukset ovat muuttuneet. Muun muassa virkistys- ja luontoarvojen merkitys on lisääntynyt. (Ympäristöhallinto 2006)

Säännöstelyjä hoitavat tavallisesti voimayhtiöt tai alueelliset ympäristökeskukset. Silloin kun hankkeella on laajalle ulottuvia vaikutuksia, valtio voi olla säännöstelyluvan haltija. Lähes kaikki suuret säännöstelyt ja tekojärvet on toteutettu valtion aikanaan hakemien lupien perusteella. Nykyisin vesilain mukaan yksityinenkin hyödynsaaja voi saada säännöstelyluvan. Säännöstelyyn on kuitenkin aina haettava ympäristölupaviraston lupa vesilain mukaisesti.

Lähes kaikissa maamme suurimmissa joissa on vesivoimalaitoksia, joiden padoilla virtaamaa ja samalla vedenkorkeutta säännöstellään. Voimalaitoksia on yhteensä noin 250, joista yli 10 MW:n laitoksia on noin 60. Suomen suurin vesivoimalaitos sijaitsee Imatralla ja sen energiantuotanto on noin 1 TWh vuodessa, mikä vastaa noin kahdeksasosaa Loviisan ydinvoimalan vuosituotannosta. (Ympäristöhallinto 2006)

Säännöstelyjen kehittämisessä pyritään muuttamaan vedenkorkeuksia ja virtaamia siten, että ne nykyistä paremmin vastaisivat vesistön käytölle ja ympäristön tilalle asetettuja moninaisia tavoitteita. Tehtävä on haastava, sillä eri osapuolten toiveet esimerkiksi vedenpinnan tasosta ovat usein ristiriitaisia.

Pohjois-Suomessa vesistöjen säännöstely tähtää sähköenergian tuotannon lisäämiseen erityisesti talvella. Säännöstelemällä pyritään varastoimaan kevätesivettä seuraavaan syksyyn ja talveen. Tämä merkitsee kevät- ja kesävirtaamien pienentämistä ja talvivirtaamien suurentamista luonnontilaisesta. Etelämpänä virtaaman säännöstely tähtää usein tulvasuojeluun. Tulvasuojelun ja vesivoiman edut ovat osaksi ristiriitaiset.

Virtaamien osalta säännöstely on lisännyt talvivirtaamia ja madaltanut keväisiä virtaamahuippuja. Järvien vedenkorkeuksiin säännöstely on syventänyt 'kevätkuoppia' ja nostanut syksyn ja talven vedenkorkeuksia. (Kuusisto 1988)

#### 4.2.3

### Uomien perkaukset

Jokia on perattu mm. uiton helpottamiseksi tai tulva-alueiden poistamiseksi. Uomaa perattaessa sitä syvennetään, suoristetaan, pengerreretään, tai esteitä ja kasvillisuutta raivataan pois. Jokien perkaamisella muutetaan uoman virtausvastusta ja myös virtausolosuhteita, mikä vaikuttaa myös virtaamiin. Uomien perkaus nopeuttaa veden virtausta. Aiemmin perattuja uomia kunnostetaan nykyisin luonnonmukaisiksi mm. virtavesien ekologisen tilan parantamiseksi.

#### 4.2.4

### Uitot

Jokia ja virtoja on muutettu puutavaran uittoon paremmin soveltuviksi lähes koko Suomessa 1800-luvulta lähtien ja erityisesti 1900-luvun ensimmäisellä puoliskolla. Uitto keskittyi lähinnä suurille järviolueille kuten Saimaalle ja Päijänteelle sekä merenrannikolle. Pohjois-Suomen suuret joet kuten Kemijoki ja Tornionjoki olivat myös suosittuja uittoväyliä. 1900-luvun loppupuolella uitto väheni selvästi puutavarakuljetusten siirtyessä raiteille ja teille. Irtouitto päättyi 1980-luvun loppupuolella, nippu-uittoa harjoitetaan edelleen paikoin, mm. Itä-Suomen järvisuudella. Uiton seurauksena jokien vedenpurkautumisominaisuudet muuttuivat. Uomien perkaus uittoa varten on jouduttanut veden purkautumista ja alentanut koskien yläpuolisten suvantojen vedenkorkeuksia. Uittopadot ovat laskeneet patoaltaiden yläpuolisia kesävedenkorkeuksia. Uittorakenteet ja vesiväyliin varastoidut puut ovat puolestaan padottaneet vettä. Tämä vaikutus on vastakkainen edellisten kanssa. Virtaaman pitämiseksi mahdollisimman tasaisena ja riittävän suurena uittoisuuden aikana uittajat ovat varastoineet keväisiä sulamisvesiä vesistön latvoille ja juoksuttaneet niitä kesän mittaan. Kokonaisuutena uitto on alentanut kevättulvia vesistön keski- ja alajuoksulla sekä lisännyt kesäajan virtaamia. Uittopadotuksen loppuminen on aikaistanut kevätylivirtaamaa ja kasvattanut sen suuruutta uittovesistön pääuomassa sekä lisäksi alentanut kesävirtaamia. Lammassaari (1990) on tarkastellut uiton vaikutuksia vedenkorkeushavainnoista muutamilla paikoilla, esimerkiksi Ounasjoen Marraskoskella ja Tornionjoen Kukkolankoskella. Uiton vaikutukset peittyvät lisäksi osin muihin vaikutuksiin (mm. luonnollinen sää- ja vesiolojen vuosivaihtelu, ojitukset, hakkuut). (Lammassaari 1990)

#### 4.2.5

### Veden johtaminen toiseen vesistöön

Suomen väestö on keskittynyt lähinnä Uudellemaalle ja Lounais-Suomeen, jotka ovat luontaisten vesivarojen kannalta huonoimmat seudut koko maassa (Hyvärinen 1974). Näinpä myös suuri osa vedenjohtamishankkeista sijoittuvat näille seuduille. Vedenhankinta- ja vesiensuojelutarkoituksissa on vettä johdettu vesistöstä toiseen 1960-luvulta lähtien. Merkittävimmät vedenjohtamiset esitetään seuraavassa:

Pääkaupunkiseudun vesi johdetaan Päijänteestä tunnelia pitkin pääkaupunkiseudulle. Jo 1960-luvulla tuli selväksi, että pääkaupunkiseudun paikalliset vesivarat olivat huonolaatuisia ja käymässä riittämättömiksi. Pääkaupunkiseudun kunnat päättivät yhdessä järjestää vedenhankinnan ja perustivat vuonna 1972 Pääkaupunkiseudun Vesi Oy:n. Rakennustyöt kestivät lähes 10 vuotta. Tunneli otettiin käyttöön vuonna 1982. Vettä otetaan nykyisin keskimäärin 3,1 m<sup>3</sup>/s, mutta tunnelin maksimivirtaama olisi 20 m<sup>3</sup>/s. Päijänne-tunnelin vedenkäyttäjät ovat nykyisin Pääkaupunkiseudun Vesi Oy:n osakkaat: Helsinki, Espoo, Vantaa, Hyvinkää, Kirkkonummi, Kauniainen ja Tuusulan Seudun vesilaitoskuntayhtymä, johon kuuluvat Järvenpää, Kerava, Tuu-



sula ja Sipoo. Ajoittain vettä käyttää myös Porvoo. Päijänne-tunnelin vettä eivät ota vielä Nurmijärvi eikä Altia Oyj (Pääkaupunkiseudun vesi 2006). Päijänne-tunneliin otetusta vedestä maksetaan korvausta vesivoiman menetyksestä Kymijoen voimalaitoksille.

Hiidenvedestä Karjaanjoen vesistöalueelta vettä johdettiin pääkaupunkiseudun vesihuollon tarpeisiin 0...1,9 m<sup>3</sup>/s jaksolla 1969–1977 (Hyvärinen 1984). Päijänne-tunnelin käyttöönoton jälkeen Hiidenvesi on ollut lähinnä varajärjestelmänä eli poikkeustilanteissa vedenjohto sieltä Vantaanjokeen on mahdollista (max 2,5 m<sup>3</sup>/s).

Lahden puhdistetut jätevedet on johdettu vuodesta 1976 alkaen Vesijärven sijasta Porvoonjokeen. Jätevesien laimentamiseksi vettä on johdettu Vesijärvestä Porvoonjokeen 0,1...1,1 m<sup>3</sup>/s (Hyvärinen 1984). Enimmillään laimennusvettä saa johtaa 2,4 m<sup>3</sup>/s.

Turku sai vuonna 1964 Länsi-Suomen vesioikeudelta luvan säännöstellä ja käyttää Paimionjokea raakavesilähteenä. Turun vesilaitos on usein joutunut ottamaan lisävettä Paimionjoesta, kun Aurajoen oma virtaama on jäänyt liian vähäiseksi. Paimionjoesta on yleensä pumpattu vettä vain kesäkausina. Paimionjoesta johdetun veden määrä on tyypillisesti 0...0,5 m<sup>3</sup>/s vuositasolla (Hyvärinen 1984). Poikkeuksellisen kuivuuden aikaan vuoden 2003 talvella maaliskuun puoliväliin mennessä, vettä oli pumpattu Paimionjoesta 3,5 milj. m<sup>3</sup>. (Holm 2003)

Turun Seudun Vesi Oylla on rakenteilla tekopohjavesihanke, jossa Kokemäenjoen vettä imeytetään pohjavedeksi Virttaankankaan tekopohjavesialueella. Keskimääräinen raakavedenotto vuodessa tulee olemaan 1,3 m<sup>3</sup>/s, hetkellisesti enintään 3 m<sup>3</sup>/s. Turun Seudun Vesi Oy on kuntien omistama osakeyhtiö, jonka osakaskunnat ovat Kaarina, Lieto, Naantali, Paimio, Parainen, Piikkiö, Raisio ja Turku. Osakaskuntien lisäksi uusi järjestelmä tulee palvelemaan Korppoota, Maskua, Merimaskua, Nauvoa, Nousiaista ja Rymättylää. Järjestelmä toimii myös vara- ja kriisivesiyhteytenä seuraaviin kuntiin: Aura, Huiittinen, Oripää, Pöytyä sekä Vakka-Suomen alueen kunnat (Turun Seudun vesi Oy 2004). Hanke toteutuu aikaisintaan vuonna 2010.

Rauman vesilaitos käyttää raakavetenään joko Lapinjoen tai Eurajoen vettä. Vedenjohtamista Eurajoesta Raumalle/Lapinjokeen on tapahtunut jo vuodesta 1962 lähtien 0,6...1,4 m<sup>3</sup>/s (Hyvärinen 1984). Raakaveden saanti vähävetisinä vuosina on turvattu siten, että Kokemäenjoen ja Köyliönjoen–Eurajoen välille on rakennettu korvausvesiputki pumppausjärjestelmineen. Järjestelmä turvaa riittävän virtaaman Eurajoessa myös kuivina kausina.

#### 4.3

### **Metsä- ja maataloudelliset muutokset**

Metsä peittää noin 225 000 km<sup>2</sup> eli 66 % Suomen kokonaisalasta ja 74 % maa-alasta. Valtaosa Suomen metsistä on metsätalouden piirissä. Tunturi-Lapissa suojeltujen metsien osuus koko metsäalasta on suurin (66 %) ja eteläisessä Suomessa eteläborealisella vyöhykkeellä pienin (0,7 %) (Virkkala ym. 2000). Metsä vaikuttaa valuma-alueen sadanta-, haihdunta- ja valuntaolosuhteisiin, joten laaja-alaisilla metsätaloustoimilla on vaikutusta vesitaseeseen.

Metsiä on hävitetty Suomessa paikoin paljonkin raivaamalla niitä pelloiksi ja niityiksi sekä liikakaskeamalla. Suurin osa pellon ja niityn raivauksista tehtiin 1720–1920 välisenä aikana. Tällöin raivausnopeus (% maa-alasta vuodessa) oli Etelä- ja Länsi-Suomessa keskimäärin 1...1,5 % ja suurimmillaan noin 2 %. Tämä vastaa mukaan lähes samansuuruisista vuosihaihdunnan vähenemistä ja vuosivalunnan kasvamista vuosikymmenen aikana. Jos Suomessa ei olisi raivattu pelloja, vaan niiden sijalla olisi metsää ja suota, olisi vuosihaihdunta maan etelä- ja länsiosan valuma-alueilla noin 20...40 mm nykyistä suurempi ja vuosivalunta paljon nykyistä pienempi. (Hyvärinen ym. 1995)

Metsänhakkuun on siis todettu äärevöittävän virtaamanvaihteluita. Laajamittaiset hakkuut Pohjois-Suomessa 1950–1970-luvuilla lienevät jossain määrin lisänneet suurtenkin vesistöjen virtaamia; mitään kattavia analyyseja asiasta ei kuitenkaan ole. METVE-projektissa tutkittiin 1980–1990-luvuilla hakkuun vaikutuksia valuntaoloihin Etelä-Suomen metsäisiltä valuma-alueilta. Tutkimuksen mukaan puustohakkuu on lisännyt valuntaa 6,3 mm valuma-aluehehtaarilta poistettua kymmentä puukuutiometriä kohden. (Saukkonen ja Kenttämies 1995). Aiemmissä vastaavissa tutkimuksissa oli havaittu hakkuun lisäävän valuntaa 5...10 mm/10 m<sup>3</sup> valuma-aluehehtaaria kohden (mm. Seuna 1990).

Suomessa metsänkasvu ja hakkuu olivat 1950–1970-luvuilla pääpiirteissään tasapainossa, ja tuolloin niiden kokonaisvaikutukset valumaan olivat luultavasti vähäiset. 1980-luvulta lähtien kasvu on kuitenkin ollut poistumaa suurempaa. Puuston kokonaistilavuus on lisääntynyt 1960-luvulta lähtien 46 %:lla. Nykyään puuston määrä on 37 prosenttia suurempi kuin 1920-luvulla, vaikka alueluovutusten takia metsämaan pinta-ala supistui 12 prosenttia 1940-luvulla. Metsien vuosikasvu on noussut 76 % ja puuvaranto 41 % 1950-luvun alkuun verrattuna. Vuonna 2004–2005 puuston vuotuinen kasvu oli noin 97 miljoonaa kuutiometriä. Metsävarat lisääntyvät siis jatkuvasti, sillä vuonna 2005 poistuma jäi 67 miljoonaan kuutiometriin eli 70 prosenttiin vuotuisesta kasvusta (Metsäntutkimuslaitos 2006). Metsän kasvu lisää haihduntaa ja näin ollen viime vuosikymmeninä valunta on luultavasti pienentynyt hieman metsänkasvun myötä.

#### 4.3.1

### Kaskeaminen

Kaskeamisen historia ulottuu Suomessa esihistorialliselle ajalle saakka, ja vielä 1700-luvulla se oli yleisin maanviljelystekniikka. Kaskiviljelyä harjoitettiin runsaimmillaan Suomessa 1800-luvulla, etenkin Karjalassa ja Savossa. Kasketuin alue oli siis Itä-Suomi. Vuoksen vesistön eteläosassa kärsittiin jopa liikakaskeamisesta. Liikakaskeaminen lienee ollut suurin Suomessa ihmisen aiheuttama muutos hydrologiseen kiertoon ennen metsäojitusten aikaa, sillä se aiheuttaa selvää valunnan kasvua. Kaskeamisen vaikutuksia virtaamiin on käsitelty julkaisussa "Suomen vesitase 1961–1990 valuma-alueittain" (Hyvärinen ym. 1995). Liikakaskeaminen aiheutti Höytiäisen valuma-alueella 1830-luvulla 25...35 mm vuosivalunnan kasvun, Suur-Saimaan valuma-alueella noin 30 mm (4...58 mm), Mäntyharjun reitin valuma-alueella noin 41 mm (15...67 mm) sekä Valkealan reitin valuma-alueella 30 mm (6...54 mm). Koko Vuoksen vuosivalunnassa lisäys oli siis noin 12 mm (2...22 mm) ja koko Kymijoen vuosivalunnassa noin 7 mm (2...12 mm). Tämä vaikutus alkoi 1700-luvun loppupuolella, oli suurimmillaan 1830–1840-luvuilla, ja poistui hiljalleen 1800-luvun jälkipuolella.

Liiallinen kaskeaminen aiheutti haitallista tulvimista, mikä pani asukkaat tekemään järvenlaskuja. Esimerkiksi Puula tulvi niin runsaasti, ettei Sysmän reitin perkaaminen riittänyt, vaan järveen kaivettiin 1800-luvun alkupuolella uusi lasku-uoma, Kissakosken kanava, joka johtaa Mäntyharjun reittiin. Näin syntyi bifurkaatio, jossa Puulasta pääsee vettä Sysmän reittiin vain kovimpien tulvien aikaan. Vahvajärven Ripatinkosken purkautumiskäyrästä tehdyn arvion mukaan vuosivalunnan kasvu 40 mm:llä nostaa Puulan pintaa noin 20 cm. (Hyvärinen ym. 1995).

Myös muita järvenlaskuja suunniteltiin kaskitulvien myötä. Höytiäisen kuuluisasta pinnanlaskusta on kerrottu kappaleessa 4.2.1. Sysmäjärven ja Viinijärven pintoja laskettiin samalla alueella. Myös Laatokan tulviminen Vuoksen vesistä ja Vuoksen uuden lasku-uoman synty johtuivat todennäköisesti kaskeamisesta. Vantaanjoki ja Mustijokikin lienevät paisuneet kaskiyllivesistä. Virtaamannittaukset alkoivat vasta liikakaskeamisen vaikutusten vähetessä. (Hyvärinen ym. 1995).

## Ojitukset

Ojitus on oijen kaivamista kostean alueen, esimerkiksi suon kuivaamiseksi. Suomessa soiden ojittaminen aloitettiin 1860-luvulla. Näin suomaista yritettiin saada peltoja tai paremmin puuta tuottavaa metsää. Ojituksilla kuviteltiin myös ehkäistävän hallan vaaraa Runebergin Saarijärven Paavon tapaan. Tosiasiassa soiden ojittaminen lisää hallan yleisyyttä, sillä kuivan turpeen lämpötilaolot ovat paljon äärevämmät kuin märän (Solantie 1998). Peltojen ojittamisessa on 1960-luvulta alkaen siirrytty sala-  
ojitukseen.

Varsinainen laaja metsäojitustoiminta alkoi vuoden 1929 jälkeen ensimmäisen metsänparannuslain tultua voimaan. Ojitusten huippuvuosina 1969–1970 ojitusalat olivat runsaat 290 000 ha vuodessa. Vuoden 1990 loppuun mennessä oli ojitettu kaikkiaan 5,9 miljoonaa ha, joista rämeitä on ollut noin 65 %, korpia 25 % ja puuttomia soita alle 10 %. Tätä uudistusojitustoimintaa yleisempiä ovat nykyisin kunnostusojitukset, jotka ovat lisääntyneet vuoden 1987 jälkeen. Kunnostusojitusten osuus ojitusten kokonaisalasta oli vuonna 1990 jo noin 64 % (Ympäristöhallinto 2004). Luonnontilaisia soita ei enää ojiteta, koska luonnon monimuotoisuus halutaan turvata. Aikoinaan ojitettuja soita on jonkin verran ennallistettu.

Kuivatus, kuten pelto-, metsä- ja suo-  
ojitus, modifioi valunnan aikakäyrää ja saattaa äärevöittää etenkin valuntahuippuja. Koska kuivatuksella pyritään kasvillisuusolojen muuttamiseen, muuttuvat myös haihduntaolot, mikä muuttaa valuntaa, tavallisesti lisää. Metsäojituksen vaikutuksesta turpeen pinta kuivuu ja haihdunta maanpinnasta pienenee. Vastaavasti valuntahuiput kasvavat. Muutaman vuosikymmenen kuluessa valuntasuhteiden on havaittu palautuvan lähelle ennen ojitusta vallinnutta tilannetta, sillä puuston haihdunta kasvaa ja ojat kasvavat hiljalleen umpeen.

Metsäojitusten on lukuisten tutkimusten mukaan todettu lisänneen sekä keski- että ylivirtaamia (Mustonen ja Seuna 1971; Vehviläinen 1979; Hyvärinen ja Vehviläinen 1981; Seuna 1981). Joissakin tapauksissa valunnan vaihtelu näyttää tasoittuneen ja kevätylivalunta pienentyneen (Heikurainen 1980). Esimerkiksi Seunan (1982a) Pohjois-Suomessa Yljoen valuma-alueella tekemän tutkimuksen mukaan vuosivalunta kasvoi heti ojitusta seuraavina vuosina noin 10 %, kevätylivaluma pieneni noin 10 %, kesäylivaluma kasvoi noin 35 % ja talvi- ja kesäalivalumat lisääntyivät noin 50 %. Suuri ojasyvyys sekä oijen yltäminen hyvin vettä läpäisevään kivennäismaahan kasvattivat etenkin alivalumia (Mustonen ja Seuna 1971; Ahti 1987). Pienillä valuma-alueilla tehtyjen eri selvitysten mukaan sekä kesä- että talvialivirtaamat ovat kasvaneet. Suurten alueiden vuotuiset valuntakäyrät näyttävät kuitenkin ensi sijassa kesäalivirtaaman pienenemistä ojituksen jälkeisellä kaudella. Ristiriitaiset tulokset selittynevät valuntaan vaikuttavien seikkojen lukuisuudesta, ojitustavoista ja valuntaprosessien monimutkaisuudesta. Pitkällä tähtäimellä valunnan muutokset luonnontilaan verrattuna vähenevät ja pitkäaikaisvaikutukset saattavat olla ensivaikutuksiin nähden jopa päinvastaisia (Seuna 1981). Lisääntyneen puuston haihduttava vaikutus on tärkein valunnan vähenemiseen vaikuttava tekijä. Vaikutuksia merkittävien kesäsateiden aiheuttamiin valuntahuippuihin pidetään kuitenkin pitkäaikaisina (Ahti 1987).

Ojitus vähentää vapaata vesipintaa varsinkin aapasoilla lumen sulamisen jälkeen. Tämä johtaa haihdunnan pienenemiseen, sillä kuivempi maa haihduttaa kosteaa vähemmän. Hydrologisen kierron kautta ojituksen vaikutus voi siirtyä näin myös ojitusalueen vesistön ulkopuolellekin. Haihdunta vaikuttaa myös sadantaan hydrologisessa kiertokulussa ja näin ollen laajojen alueiden ojitusta seuraava haihdunnan pieneneminen johtaa sadannan pienenemiseen lähinnä alkukesästä. Sadannan pieneneminen on yhteensä samansuuruinen kuin haihdunnan väheneminen, mutta sen maantieteellistä laajuutta ei voida helposti arvioida. Suomen alueelta haihdunnan

väheneminen ojitusten seurauksena lienee vuosittain yhden km<sup>3</sup>luokkaa (Hyvärinen 1984). Myös kasvipeitteen hävittäminen lisää valuntaa, koska haihdunta pinnalta vähenee.

#### 4.3.3

### Kastelu

Kastelulla voidaan saada aikaan kasvipeite tai rehevöittää sitä. Samalla alueen luonnollinen vesitase saattaa elpyä. Kasteluun otettu vesi vähentää tietenkin vedenotto-vesistön virtaamaa.

Suomessa kastelun tarve johtuu lähinnä alkukesän sadannan vajauksesta sekä hallantorjunnan tarpeellisuudesta tietyillä kasveilla. Sadannan vajeus on keskimäärin selvästi suurin eteläisellä ja läntisellä rannikkoalueella. Erikoiskasvien laajentuva viljely on lisännyt kasteluveden tarvetta, ja ilmastonmuutos vaikuttaa todennäköisesti samaan suuntaan. Jos maatalouden kehitys jatkuu edelleen samaan suuntaan kuin viime vuosikymmeninä ja ilmastonmuutos etenee ennustetulla tavalla, tulee kastelun tarve jatkossa lisääntymään ja veden saannin varmistamiseksi tehtävät toimenpiteet tulevat entistä tärkeämmiksi (Pajula ja Triipponen 2003).

Suomen peltojen kokonaisala on 2,2 miljoonaa hehtaaria ja siitä on kasteltavissa olemassa olevilla kastelulaitteilla 88 000 ha. Eniten kastelutarvetta on ja kastelua harjoitetaan Etelä- ja Länsi-Suomessa, joilla on myös paljon ns. poudanarkoja maalajeja. Vesistöalueittain tarkasteltuna kasteluvdestä on yleensä eniten puutetta pienehköillä ja vähäjärvisillä valuma-alueilla ja nimenomaan lounais- ja etelärannikolla. Varsinais-Suomessa on pulaa kasteluvdestä noin puolella valuma-alueista (Pajula ja Triipponen 2003).

Kasteluveden otto aiheuttaa kuivakausien aikana vedenkäyttäjien välille usein ristiriitoja, koska vettä ei aina riitä tasapuolisesti kaikille tarvitsijoille. Liian runsaasta vedenotosta saattaa olla haittavaikutuksia myös vesistön ekologialle ja virkistyskäyttäjille. Kasteluveden ottoon on yleensä hankittava ympäristölupaviraston lupa, jos toiminnasta aiheutuu haittaa tai vahinkoa vesistön alapuolisella osalla asuville tai vettä käyttäville, tai jos yleistä etua loukataan (Pajula ja Triipponen 2003).

#### 4.4

### Kaupungistuminen

Kaupungistuminen muuttaa suuresti maanpinnan hydraulisia oloja. Eräissä maailman suurkaupungeissa sademäärien on havaittu olevan keskimäärin 10 % suurempia kuin ympäröivällä maaseudulla. Yleensä kaupungistuminen vähentää haihduntaa, sillä päällystetyt pinnat ja kasvillisuuden vähyys pienentävät haihduntaa. Haihdunnan väheneminen lisää kokonaisvaluntaa. Maanpinnan päällystäminen ja tiivistäminen sekä alueen viemäroiminen nopeuttavat pintavaluntaa ja estävät veden suotautumista, jonka seurauksena valuntahuiput kasvavat rajusti. Samalla suodanta, pintakerros- ja pohjavesivalunta vähenee tai tyrehtyy ja alivaluma pienenee. Mitä enemmän alueella on päällystettyä pintaa, sitä nopeammin ja tehokkaammin sadanta päättyy pintavalunnaksi. (Kotola 2003)

## Ilmastonmuutos

Ilmastonmuutoksen syynä on kasvihuoneilmiön voimistuminen. Kasvihuoneilmiöllä tarkoitetaan hiilidioksidin ja muiden kasvihuonekaasujen alailmakehää lämmittävää vaikutusta. Kun näiden kaasujen määrä ilmakehässä lisääntyy koko ajan, lähinnä fossiilisten polttoaineiden käytöstä, kasvihuoneilmiö voimistuu ilmakehän absorboidessa ja lähettäessä enemmän lämpöä. Tästä syystä ilmakehän alaosien lämpötila nousee. Lämpötilan nousun lisäksi kasvihuoneilmiön voimistuminen muuttaa sateita ja muita sääilmiöitä maapallolla. Kun ilmasto lämpenee, mahtuu ilmakehään enemmän vettä, sillä lämmin ilma pystyy pitämään enemmän vettä sisällään kuin kylmä. Kun ilman vesisisältö kasvaa, voivat myös yksittäiset sateet runsastua. Sadanta kasvaneen pohjoisilla leveysasteilla sekä päiväntasaajalla eli niillä alueilla missä vettä on jo nyt runsaasti. Sadanta tulee ilmastomallien mukaan puolestaan vähenemään subtrooppisilla leveysasteilla, missä kuivuus vaivaa yleisesti jo nykyilmastossa. On myös muistettava, että vesihöyry on ylivoimaisesti merkittävin kasvihuonekaasu, joten vesihöyryn pitoisuuden muutokset ilmakehässä muuttavat voimakkaasti alailmakehän oloja.

Suomen ilmasto on lämmennyt 1900-luvulla 0,7 astetta (Jylhä ym. 2004). Erityisesti kevät ovat lämmenneet selvästi (Tuomenvirta 2004). Ilmastonmuutoksen myötä lämpenemisen odotetaan kiihtyvään entisestään. Eri skenaarioiden mukaan Suomen keskilämpötila nousisi vuoteen 2080 mennessä 2...7 astetta. Lämpötila on tähän mennessä noussut voimakkaimmin keväällä ja talvella. Vuosisadannan odotetaan kasvavan vuoteen 2080 mennessä 2...40 %. Myös sateisuuden lisääntyminen kohdistuisi erityisesti talvikuukausille. Talvikuukausien keskimääräisen sadannan arvioidaan kasvavan vuoteen 2080 mennessä 5...75 % ja kesäkuukausien -10...+20 % (Jylhä ym. 2004). Harvinaisen rankkojen sateiden on arvioitu kasvavan yleensä keskimääräisiä sadantoja enemmän.

Ilmastonmuutoksen myötä kasvava sadanta lisää valuntaa ja virtaamaa. Suurimmat muutokset tulevat kuitenkin tapahtumaan valunnan, virtaaman ja vedenkorkeuden vuodensisäisessä vaihtelussa (esim. Beldring ym. 2006). Vuosittaisen valunnan on arvioitu muuttuvan vuoteen 2020 mennessä -5...+10 %. Vuoteen 2100 mennessä vuosivalunnan arvioidaan kasvavan 0...60 % sadantaskenaariosta riippuen. Etelä- ja Keski-Suomen järvisillä vesistöalueilla vuosivalunnan arvioidaan pienenevän jonkin verran järvihaidunnan kasvun myötä. Talvivalunnat kasvavat leudompien ja sateisempien talvien myötä, jolloin lunta sulaa jo talven mittaan ja osa sateista tulee vetenä. Lisäksi talven vähäinen haihdunta voimistaa efektiä. Muutokset voivat olla vuoteen 2100 mennessä jopa useita satoja prosentteja nykyhetkeen verrattuna. Talven keskivirtaamat joissa voivat jopa kaksinkertaistua talveen 2100 mennessä. Talvitulvat lisääntyvät ja etenkin suurten keskusjärvien – kuten Saimaa, Päijänne ja Näsijärvi – vedenkorkeudet nousevat talvella nykyistä ylemmäksi. Keväinen ylivaluntahuippu tulee siirtymään aiemmaksi ja pienenevän talven lumikertymien pienentyessä. Kevättulvat pienenevät etenkin Etelä-Suomessa ja Keski-Suomessa. Etelässä pieneminen voi olla jopa 50 %. Pohjois-Suomessa kevättulvien odotetaan kuitenkin vielä kasvavan muutaman vuosikymmenen aikana (10...20 %) lisääntyneen sadannan takia, mutta pienenevän myöhemmin lämpenemisen edetessä skenaarioiden mukaisesti. Kesällä valunnat voivat joko kasvaa tai pienentyä, sillä sekä haihdunta että rankkasaderiski kasvavat. Sadetulvien arvioidaan yleistyvän rankkasateiden kasvun myötä myös kesällä varsinkin pienissä vesistöissä. Toisaalta pidentynyt kesäkausi ja haihdunnan kasvu tuo tullessaan myös kuivien kesien mahdollisuuden etenkin Etelä- ja Keski-Suomessa. Pitkällä aikavälillä kesävalunnat tulevat kuitenkin pienenevän. Syysvalunnan muutoksia on vaikeampi arvioida. Kasvu tulee vuoteen

2100 mennessä olemaan 0...70 % riippuen sadannan muutoksista ja edellisen kesän kuivuudesta tai märkydestä. (Suomalainen ym. 2006)

On arvioitu, että vuoteen 2100 mennessä kerran sadassa vuodessa toistuva tulva kasvaisi maan etelä- ja keskiosassa noin 15 %:lla ja kerran 20:ssä vuodessa toistuva tulva noin 10 %:lla. Pohjois-Suomessa nämä tulvat kasvaisivat vain hieman lähitulevaisuudessa, joten vuosisadan loppuun mennessä eroa tämänhetkiseen ei olisi. Pitkällä aikavälillä ilmastonmuutoksen myötä lumitulvat tulevat vähenemään ja suoran sadannan aiheuttamat tulvat kasvamaan. Erityisesti maan etelä- ja keskiosassa lumitulvat tulevat vähenemään kun taas pohjoisessa kasvamaan. Suurten keskusjärvien tulviminen tulee lisääntymään. Rankkasadetulvien mahdollisuus kasvaa koko maassa, erityisesti joissa ja taajama-alueilla.

4.6

## **Auringon aktiivisuus**

Auringon aktiivisuus vaihtelee noin 11 vuoden jaksoissa. Tämän jakson välein havaitaan auringonpilkkujen maksimi. Tulvakomitea (1939) esitti Saimaan vedenkorkeuksissa näkyvän mahdollisesti myös auringonpilkkujen jaksoa vastaavaa jaksollisuutta. Suomen vesistöjen vedenkorkeuden ja virtaaman aikasarjojen jaksollisuutta muutamilla havaintopaikoilla on tarkasteltu myöhemmin kappaleessa 5.6.

## 5 Tulokset

5.1

### **Virtaama Suomesta 1912–2004 alueittain**

Koko Suomen alueelta lähtevä kuukausittainen virtaama sekä vuoden keskivirtaama määritettiin jaksolla 1912–2004. Virtaama laskettiin useiden eri havaintoasemien kombinaatioina lähes kaikilta vesistöalueilta, joista on olemassa virtaamahavaintoja. Koska eri havaintoasemien jaksojen pituudet vaihtelevat hyvinkin paljon, virtaamat jouduttiin laskemaan monenlaisten asemien yhdistelmistä. Jakson varhaisimpina vuosina asemia oli käytössä huomattavasti vähemmän kuin viime vuosikymmeninä; niinpä alkuvuosien osalta tiettyjen alueiden virtaama on jouduttu arvioimaan melko kaukaistenkin asemien perusteella. Koko maan virtaama jaoteltiin osa-alueittain sen perusteella, mihin vedet lopulta purkautuvat. Aluejako ja virtaaman laskenta on tehty samoin kuin Kuusiston (1992) julkaisussa on aiemmin esitetty. Aluejaot olivat seuraavat: Laatokkaan Suomesta laskeva virtaama, Suomenlahteen Suomen alueelta lähtevä virtaama, Selkämereen Suomen alueelta lähtevä virtaama, Pohjanmaalta lähtevä virtaama, Perämereen Suomen alueelta lähtevä virtaama ja Jäämereen Suomen alueelta lähtevä virtaama. Laatokkaan laskeva virtaama on laskettu Vuoksen virtaaman sekä Jänisjoen, Tohmajoen ja Hiitolanjoen vesistöalueen virtaamien avulla. Suomenlahteen laskevaan alueeseen on otettu mukaan Kymijoen vesistöalue sekä useita etelärannikon pieniä vesistöalueita: Virojoen, Koskenkylänjoen, Porvoonjoen, Mustijoen, Vantaanjoen, Siuntionjoen, Karjaanjoen, Kiskon- ja Perniönjoen, Uskelanjoen, Paimionjoen ja Aurajoen vesistöalueen virtaamat. Selkämereen laskevaan alueeseen kuuluu Kokemäenjoen virtaama sekä Etelä-Pohjanmaan ja Lounais-Suomen pieniä vesistöalueita kuten Euranjoen, Lapinjoen, Sirppujoen, Karvianjoen, Lapväärtinjoen, Teuvanjoen, Närpiönjoen, Maalahdenjoen ja Laihianjoen virtaamat. Pohjanmaan alueen virtaamien laskentaan on käytetty Kyrönjoen, Lapuanjoen, Ähtävänjoen, Kruunupyöjän, Perhonjoen, Kälviänjoen, Lestijoen, Kalajoen, Pyhäjoen ja Siikajoen havaintoasemia. Perämereen laskevien alueeseen kuuluvat vesistöt Oulujoelta Tornionjokeen saakka sekä näiden lisäksi Kemijoen, Kiiminkijoen, Iijoen, Kuivajoen, Simojoen virtaamat. Jäämereen laskevien alueessa mukana ovat Paatsjoen ja Näätämöjoen, Tenojoen sekä Koutajoen vesistöalueen virtaamat. Niiltä vesistöalueilta, joilla on aluetta myös rajanaapurien puolella, virtaamat on painotettu Suomen puoleisen valuma-alueen mukaan (esim. Tornionjoki ja Tenojoki). Taulukkoon 1 on koottu keskeisiä lukuja eri alueilla jaksolla 1912–2004 ja taulukossa 2 esitetään eri alueiden keskimääräinen vuosivirtaama vuosikymmenittäin. Kuvassa 1 esitetään kuukauden keskivirtaamat alueittain jaksolla 1912–2004 ja kuvassa 2 eri vuosikymmenittäin.

Taulukko 1. Keskimääräinen vuosivirtaama (MQ), vuosivirtaaman vaihteluprosentti, suurin vuosivirtaama (HMQ) ja pienin vuosivirtaama (NMQ) eri alueilta jaksolla 1912–2004.

Table 1. Mean annual discharge (MQ), variation of MQ (%), highest annual discharge (HMQ), and lowest annual discharge (NMQ), from different regions in 1912–2004.

Alue Region	MQ 1912–2004 (m <sup>3</sup> /s)	Vaihtelu % Variation %	HMQ 1912–2004	NMQ 1912–2004
Suomen koko alueelta From the territory of Finland	3293	18	4702	1589
Laatokkaan Into the lake Ladoga	541	21	881	228
Suomenlahteen Into the Gulf of Finland	548	27	929	211
Selkämereen Into the Bothnian Sea	350	28	612	135
Pohjanmaalta From the province Ostrobothnia	312	27	509	97
Perämereen Into the Bothnian Bay	1202	19	1728	672
Jäämereen Into the Arctic Ocean	341	19	545	184

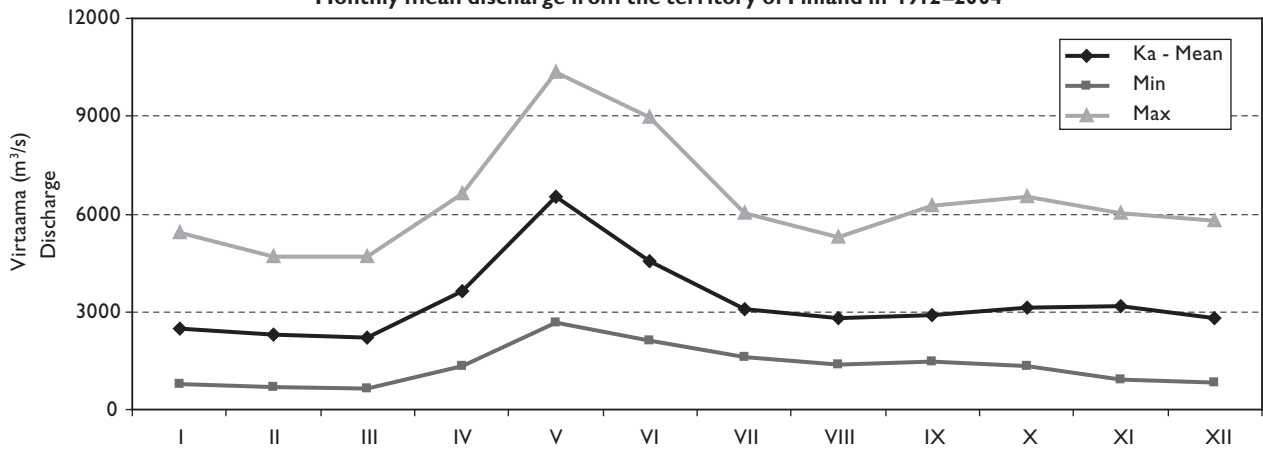
Taulukko 2. Keskimääräinen vuosivirtaama (m<sup>3</sup>/s) Suomen alueelta sekä eri osa-alueilta vuosikymmenittäin.

Table 2. Mean annual discharge (m<sup>3</sup>/s) from the territory of Finland and from different regions, by decades.

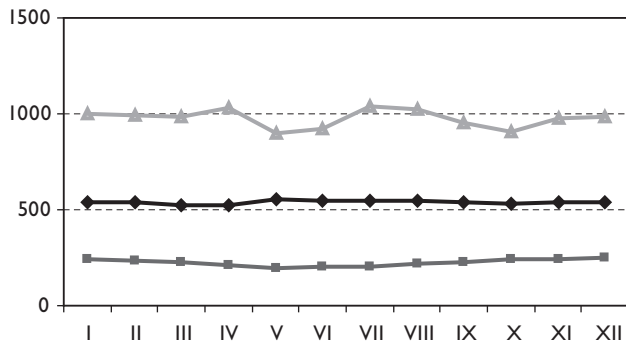
Vuosi- kymmen Decade	Suomen koko alueelta From the entire territory of Finland	Laatok- kaan Into the lake Ladoga	Suomen- lahteen Into the Gulf of Finland	Selkä- mereen Into the Bothnian Sea	Pohjan- maalta From the province Ostro- bothnia	Perä- mereen Into the Bothnian Bay	Jää- mereen Into the Arctic Ocean
1912–1920	3210	517	537	386	270	1165	335
1921–1930	3578	624	642	411	359	1204	338
1931–1940	3279	545	519	326	314	1226	348
1941–1950	2846	455	458	293	271	1075	295
1951–1960	3249	533	512	331	313	1230	331
1961–1970	3302	530	546	331	296	1238	360
1971–1980	3108	496	522	332	309	1129	319
1981–1990	3706	624	660	415	359	1270	378
1991–2000	3502	561	561	356	319	1324	381
Keskihajonta Standard deviation	259	55	64	42	32	75	28



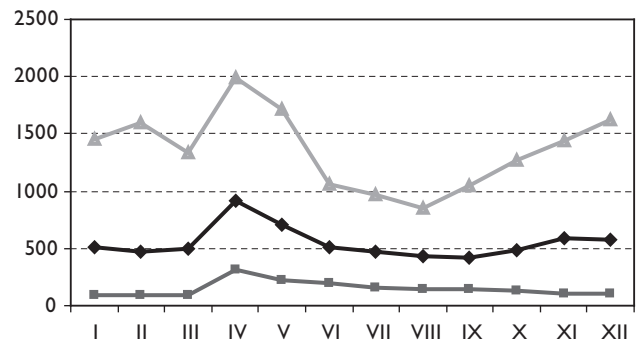
Kuukausikeskivirtaama Suomen alueelta 1912–2004  
 Monthly mean discharge from the territory of Finland in 1912–2004



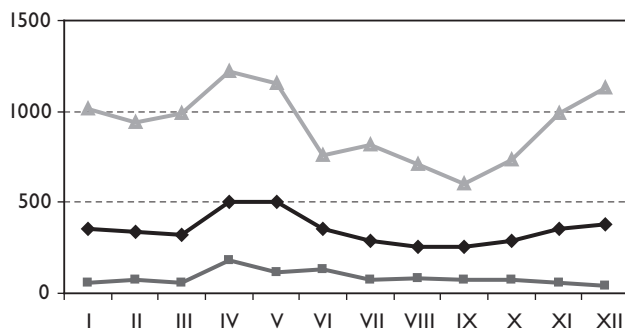
Suomesta Laatokkaan 1912–2004  
 From Finland into the lake Ladoga in 1912–2004



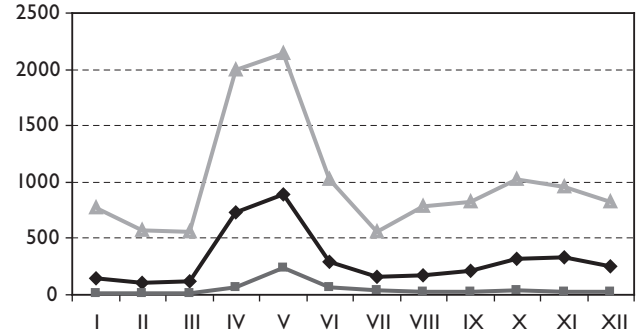
Suomesta Suomenlahteen 1912–2004  
 From Finland into the Gulf of Finland in 1912–2004



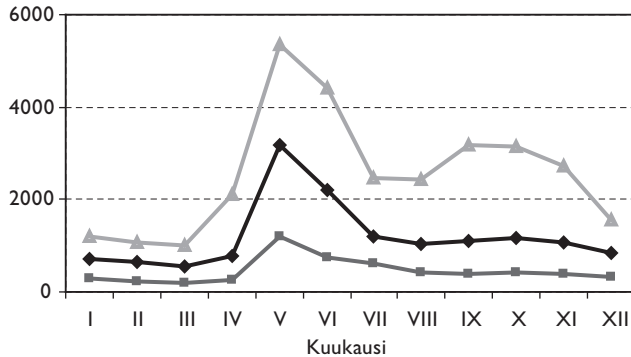
Suomesta Selkämereen 1912–2004  
 From Finland into the Bothnian Sea in 1912–2004



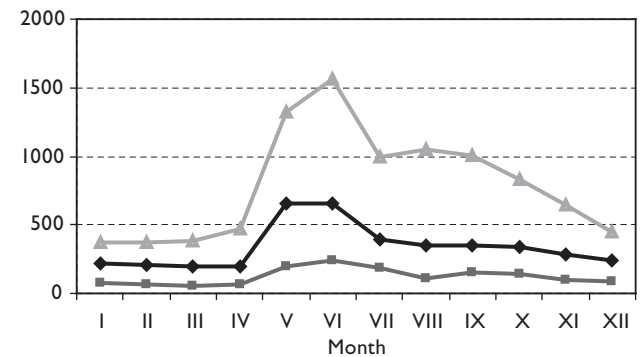
Pohjanmaalta 1912–2004  
 From the province Ostrobothnia in 1912–2004



Suomesta Perämereen 1912–2004  
 From Finland into the Bothnian Bay in 1912–2004



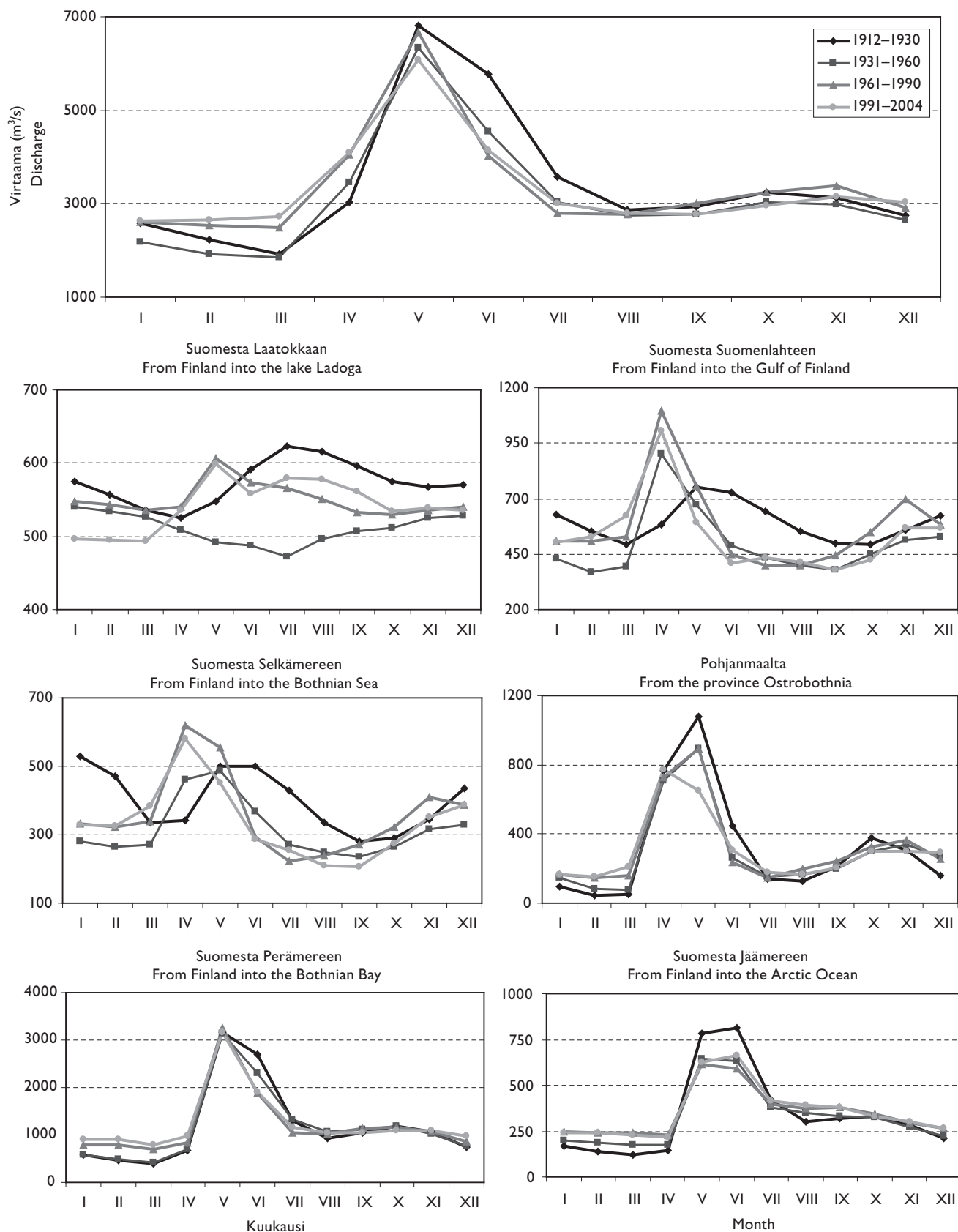
Suomesta Jäämereen 1912–2004  
 From Finland into the Arctic Ocean in 1912–2004



Kuva I. Kuukauden keskimääräinen, alin ja ylin virtaama koko Suomen alueelta, Suomen alueelta Laatokkaan, Suomenlahteen, Selkämereen, Pohjanmaalta, Suomesta Perämereen ja Jäämereen jaksolla 1912–2004.

Figure I. Monthly mean discharge, lowest discharge and highest discharge from the entire territory of Finland, from the territory of Finland into the lake Ladoga, into the Gulf of Finland, into the Bothnian Sea, from the province Ostrobothnia, from the territory of Finland into the Bothnian Bay, and into the Arctic Ocean, in 1912–2004.

Kuukausittaiset keskivirtaamat Suomesta eri jaksoilla  
 Mean monthly discharge from the territory of Finland in different periods



Kuva 2. Keskimääräinen kuukausivirtaama koko Suomen alueelta, Suomesta Laatokkaan, Suomenlahteen, Selkämereen, Pohjanmaalta, Suomesta Perämereen ja Jäämereen jaksoilla 1912–1930, 1931–1960, 1961–1990 ja 1991–2004.

Figure 2. Mean monthly discharge from the entire territory of Finland, from Finland into the lake Ladoga, into the Gulf of Finland, into the Bothnian Sea, from the province Ostrobothnia, from the territory of Finland into the Bothnian Bay, and into the Arctic Ocean, in 1912–1930, 1931–1960, 1961–1990, and 1991–2004.

### 5.1.1

#### Virtaama koko Suomen alueelta

Keskimääräinen vuotuinen virtaama Suomen alueelta jaksolla 1912–2004 oli 3 293 m<sup>3</sup>/s. Pienin vuoden keskivirtaama oli 1 589 m<sup>3</sup>/s vuonna 1941. Suurin vuoden keskivirtaama on ollut puolestaan 4 702 m<sup>3</sup>/s vuonna 1981. Näin ollen suurimman ja pienimmän vuoden keskivirtaaman ero on noin kolminkertainen. Vuoden keskivirtaaman vaihtelukerroin (keskihajonnan suhde keskivirtaamaan) oli edellä mainitulla jaksolla 18 %. Suurimmat virtaamat kuukausitasolla on yleensä mitattu toukokuussa kevättulvien myötä. Suurimpana virtaaman kuukausikeskiarvona vettä on virrannut Suomesta toukokuussa 1920, noin 10 350 m<sup>3</sup>/s. Pienin kuukauden keskivirtaama on puolestaan havaittu maaliskuussa 1942, 640 m<sup>3</sup>/s. Ero suurimman ja pienimmän kuukausivirtaaman välillä on koko havaintojaksolla yli kuusitoistakertainen.

Yleensä virtaama on pienimmillään talvella ja alkukeväästä eli joului–maaliskuussa ja nousee selvästi huippuunsa keväällä tai alkukesästä eli huhti–kesäkuussa. Kesän aikana virtaamat laskevat ja loppusyksystä on havaittavissa pieni syysateista aiheutuva huippu. Toukokuun keskivirtaama on ollut koko vuoden suurin kuukausivirtaama 88 %:ssa vuosista havaintojaksolla 1912–2004. Vuoden suurin kuukausivirtaama on mitattu kesäkuussa 11 %:ssa vuosista. Ainoastaan yhtenä vuotena (1999) vuoden suurin koko maan keskivirtaama on havaittu huhtikuussa. Kuukausikeskivirtaamien pienin vuotuinen vaihtelukerroin oli toukokuussa (22 %) ja suurin syyskuussa (35 %).

Vuoden keskivirtaamaa tarkasteltiin myös vuosikymmenittäin (1912–1920, 1921–1930, ... , 1991–2000). Eri vuosikymmenten virtaamakeskiarvojen keskihajonta koko maa huomioon ottaen oli noin 260 m<sup>3</sup>/s eli 8 %. Kuivin vuosikymmen oli selvästi jakso 1941–1950, jolloin keskivirtaama oli noin 2 850 m<sup>3</sup>/s. Märin vuosikymmen oli 1981–1990, jolloin keskivirtaama oli noin 3 700 m<sup>3</sup>/s (Taulukko 2).

Myös koko Suomen kuukausittaisia keskivirtaamia tarkasteltiin eri jaksoilta 1912–1930, 1931–1960, 1961–1990 ja 1991–2004. Eri kuukausien väliset vaihtelut ovat pysyneet melko samanlaisina jaksosta riippumatta. Syksyn ja alkutalven osalta erot eri jaksojen välillä olivat pienet. Talvi- ja alkukevään virtaamisissa eroja oli jonkin verran. Jaksoilla 1991–2004 ja 1961–1990 talven ja alkukevään kuukausivirtaamat olivat useita satoja kuutiota suurempia kuin aikaisemmillä jaksoilla, maaliskuun osalta ero oli jopa yli 800 m<sup>3</sup>/s. Toukokuun huippuvirtaamien osalta taas jakson 1991–2004 keskivirtaama oli pienin ja jakson 1912–1930 suurin. Kesällä jakson 1912–1930 virtaama oli suurempi kuin muiden jaksojen.

### 5.1.2

#### Virtaama Suomen alueelta Laatokkaan

Jaksolla 1912–2004 keskimääräinen vuotuinen virtaama Laatokkaan Suomen alueelta oli 541 m<sup>3</sup>/s. Suurin vuoden keskivirtaama oli vuonna 1924, 881 m<sup>3</sup>/s. Pienin vuotuinen keskivirtaama puolestaan on ollut 228 m<sup>3</sup>/s vuonna 1942, eli noin neljäsosa suurimmasta. Vuosikeskivirtaaman vaihtelukerroin oli havaintojaksolla 21 %. Vuonna 1942 havaittiin pienin kuukausittainen keskivirtaama, joka oli toukokuussa 199 m<sup>3</sup>/s. Suurin kuukausivirtaama on puolestaan ollut 1 039 m<sup>3</sup>/s heinäkuussa vuonna 1924. Yksittäiset suurimmat ja pienimmät kuukausivirtaamat ovat sattuneet siis samoina vuosina kuin suurimmat ja pienimmät vuotuiset virtaamat. Suomen puolelta Laatokkaan laskevien vesistöjen valuma-alueet ovat runsasjärvisiä. Näin ollen virtaaman vaihtelut ovat melko hitaita isojen altainen tasatessa virtaamaa. Kuvassa 1 esitetään Suomen alueelta Laatokkaan laskevan virtaaman vuotuinen keskiarvo, minimi ja maksimikäyrä jaksolla 1912–2004. Eri kuukausien välillä ei ole selvää rytmiä, vaan vaihteluväli on melko sama ympäri vuoden. Kuukausivirtaamien vaihteluprosentit

eivät poikenneet paljoakaan eri kuukausien välillä. Pienin vaihteluprosentti havaintojaksolla oli elo- ja syyskuussa: 24, suurin talvella 28.

Vuoden keskivirtaamaa Laatokkaan tarkasteltiin myös vuosikymmenittäin (1912–1920, 1921–1930, ..., 1991–2000). Eri vuosikymmenten keskiarvojen keskihajonta Laatokan alueen osalle oli noin  $55 \text{ m}^3/\text{s}$  eli 10 % koko havaintojakson keskiarvosta. Kuivin vuosikymmen oli selvästi 1941–1950, jolloin keskivirtaama oli noin  $455 \text{ m}^3/\text{s}$ . Märimmät vuosikymmenet olivat 1981–1990 ja 1921–1930, jolloin keskivirtaama oli noin  $625 \text{ m}^3/\text{s}$  (Taulukko 2).

Eri jaksojen välillä Laatokan alueen virtaamassa on ollut melko suuria eroja. Jaksolla 1912–1930 suurin kuukausivirtaama saavutettiin yleensä heinä–elokuussa, kun taas jaksolla 1931–1960 vuoden pienimmät virtaamat havaittiin heinäkuussa. Jaksoilla 1961–1990 ja 1991–2004 maksimi havaittiin yleensä toukokuussa. Myös talvivirtaamissa on selviä eroja eri jaksojen välillä; jaksolla 1912–1930 talvivirtaamat olivat suurimmat ja jaksolla 1991–2004 pienimmät.

### 5.1.3

#### Virtaama Suomen alueelta Suomenlahteen

Jaksolla 1912–2004 keskimääräinen vuosivirtaama Suomenlahteen oli  $548 \text{ m}^3/\text{s}$  eli hyvin saman suuruinen kuin Laatokkaan. Pienimmillään vuosivirtaama on ollut vain  $211 \text{ m}^3/\text{s}$  vuonna 1941. Suurin vuotuinen keskivirtaama Suomenlahteen,  $929 \text{ m}^3/\text{s}$ , on havaittu vuonna 1981. Vuoden keskivirtaaman vaihtelukerroin oli havaintojaksolla 26 %. Pienin kuukauden keskivirtaama samalla jaksolla oli helmikuussa 1942 ( $94 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Suurin kuukausivirtaama on mitattu huhtikuussa 1984, ja se oli  $1\,991 \text{ m}^3/\text{s}$  eli yli kaksikymmenkertainen pienimpään kuukausivirtaamaan nähden. Kuukauden keskivirtaamien vaihteluprosentit poikkesivat toisistaan paljon selvemmin kuin Laatokan alueella. Pienin vaihtelu oli huhti–heinäkuussa 38 %. Suurin vaihtelu havaintojaksolla oli 50 % marraskuussa. Suomenlahteen tuleva virtaama on yleensä suurimmillaan huhtikuussa ja pienimmillään heinä–syyskuussa. Alhaisimmat virtaamat on kuitenkin havaittu talvella.

Vuoden keskivirtaamaa tarkasteltiin myös vuosikymmenittäin (1912–1920, 1921–1930, ..., 1991–2000). Eri vuosikymmenten keskiarvojen keskihajonta Suomenlahden alueen osalle oli noin  $65 \text{ m}^3/\text{s}$  eli 12 %. Kuivin vuosikymmen oli 1941–1950, jolloin keskivirtaama oli noin  $460 \text{ m}^3/\text{s}$ . Märin vuosikymmen oli 1981–1990, jolloin keskivirtaama oli noin  $660 \text{ m}^3/\text{s}$  (Taulukko 2).

Kuukausivirtaamien vaihtelut jaksoilla 1931–1960, 1961–1990 ja 1991–2004 olivat melko samanlaisia, mutta jaksolla 1912–1930 kuukausivirtaamat poikkesivat muista jaksoista. Yleensä vuoden suurin kuukausivirtaama havaittiin huhtikuussa, mutta jaksolla 1912–1930 suurin virtaama oli touko–kesäkuussa. Tällä jaksolla eri kuukausien väliset erot olivat pienempiä kuin muilla jaksoilla, mutta sekä talven että kesän virtaamat olivat muita jaksoja suurempia.

### 5.1.4

#### Virtaama Suomen alueelta Selkämereen

Vuosikeskivirtaama 1912–2004 Suomesta Selkämereen oli  $350 \text{ m}^3/\text{s}$ . Suurin vuosivirtaama kyseisellä jaksolla on ollut  $612 \text{ m}^3/\text{s}$  vuonna 1924. Pienin vuosivirtaama on ollut  $135 \text{ m}^3/\text{s}$  vuonna 1942. Suurimman ja pienimmän välinen suhde on siis noin 4,5. Vuoden keskivirtaaman vuotuinen vaihtelukerroin oli havaintojaksolla 28 %. Kuukausittaisista virtaamista pienin löytyy joulukuulta 1941 ( $45 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Suurin kuukausivirtaama on ollut  $1\,218 \text{ m}^3/\text{s}$  huhtikuussa 1984. Suurin kuukausivirtaama on siis ollut lähes kolmekymmenkertainen pienimpään nähden. Kuukausittaisen keskivirtaamien vaihteluprosentit olivat 39...57. Pienintä vaihtelu oli toukokuussa

ja suurin tammikuussa. Koko havaintojaksolla virtaamat ovat olleet keskimäärin suurimmillaan huhti–toukokuussa ja pienimmillään heinä–syyskuussa.

Vuoden keskivirtaamaa Suomesta Selkämereen tarkasteltiin myös vuosikymmenittäin (1912–1920, 1921–1930, ... , 1991–2000). Eri vuosikymmenten keskiarvojen keskihajonta Selkämeren alueen osalle oli noin 40 m<sup>3</sup>/s. Kuivin vuosikymmen oli jakso 1941–1950, jolloin keskivirtaama oli noin 290 m<sup>3</sup>/s. Kostein vuosikymmen oli puolestaan 1981–1990, jolloin keskivirtaama oli noin 410 m<sup>3</sup>/s (Taulukko 2).

Jaksolla 1912–1930 suurimmat virtaamat ajoittuivat tammikuulle ja touko–kesäkuulle, kun taas jaksoilla 1931–1960, 1961–1990 ja 1991–2004 suurimmat kuukausivirtaamat ovat yleensä ajoittuneet huhti–toukokuulle. Näillä jaksoilla pienimmät virtaamat ovat yleensä ajoittuneet heinä–syyskuulle, mutta jaksolla 1912–1930 pienimmät kuukausivirtaamat olivat syys–lokakuulla. Jaksoilla 1961–1990 ja 1991–2004 keväthuiput olivat suuremmat kuin muilla jaksoilla.

#### 5.1.5

### **Virtaama Pohjanmaalta**

Pohjanmaalta valuva keskimääräinen vuosivirtaama jaksolla 1912–2004 oli 312 m<sup>3</sup>/s eli vain hieman pienempi kuin Selkämereen laskeva virtaama. Suurin vuosivirtaama alueelta kyseisellä jaksolla on ollut 509 m<sup>3</sup>/s vuonna 1981. Pienin vuosivirtaama on ollut alle viidesosa suurimmasta eli 97 m<sup>3</sup>/s vuonna 1941. Vuoden keskivirtaamien vaihtelukerroin havaintojaksolla 1912–2004 oli 27. Pienin kuukausikeskivirtaama alueelta on ollut ainoastaan 9 m<sup>3</sup>/s, maaliskuussa 1942. Suurin kuukausivirtaama on ollut lähes 230-kertainen eli 2 139 m<sup>3</sup>/s toukokuussa 1922.

Pohjanmaalla kuukausien vuosien väliset vaihteluprosentit ovat hyvin suuria. Suurin vaihtelu havaintojaksolla oli elokuussa, jopa 96 %. Pienintä vaihtelu oli toukokuussa, 48 %. Pohjanmaa on selvä jokivesistöjen alue, eikä alueella ole paljoakaan järviä tasaamassa virtaamia. Näin ollen alueelta tulevalla virtaamalla on nähtävissä voimakas vuodenaikainen vaihtelu. Pienimmät virtaamat ovat helmi–maaliskuussa kun maa on jäässä ja suurimmat keväällä huhti–toukokuussa lumen sulamisvesistä. Kesällä virtaamat laskevat usein lähelle talven lukemia. Loka–marraskuussa on havaittavissa toinen pienempi syyssateista johtuva huippu.

Vuoden keskivirtaamaa tarkasteltiin myös vuosikymmenittäin (1912–1920, 1921–1930, ... , 1991–2000). Eri vuosikymmenten keskiarvojen keskihajonta Pohjanmaan alueen osalle oli noin 30 m<sup>3</sup>/s. Kuivin vuosikymmen oli jakso 1912–1920, jolloin keskivirtaama oli noin 270 m<sup>3</sup>/s. Kosteimmat vuosikymmenet olivat 1981–1990 ja 1921–1930, jolloin keskivirtaama oli noin 360 m<sup>3</sup>/s (Taulukko 2). Pohjanmaan osalta märimmät ja kuivimmat vuosikymmenet poikkeavat muiden alueiden vastaavista.

Jaksoilla 1912–1930, 1931–1960 ja 1961–1990 suurimmat kuukausikeskivirtaamat on havaittu toukokuussa, jaksolla 1991–2004 puolestaan jo huhtikuussa. Talvivirtaamien pienimmät virtaamat ovat olleet jaksoilla 1912–1930 ja 1931–1960 ja suurimmat jaksoilla 1961–1990 ja 1991–2004. Kesän ja syksyn virtaamissa ei ole suuria eroja eri jaksojen välillä.

#### 5.1.6

### **Virtaama Suomen alueelta Perämereen**

Jaksolla 1912–2004 Perämereen laskeva virtaama oli keskimäärin 1 202 m<sup>3</sup>/s. Suurin vuosivirtaama alueelta oli 1 728 m<sup>3</sup>/s vuonna 1932 ja pienin 672 m<sup>3</sup>/s vuonna 1941. Vuoden keskivirtaaman vaihtelukerroin oli havaintojaksolla 19. Pienin kuukausivirtaama on ollut 198 m<sup>3</sup>/s maaliskuussa 1942. Suurin kuukauden keskivirtaama on ollut noin 27 kertaa pienintä suurempi, eli 5 363 m<sup>3</sup>/s toukokuussa 1920. Kuukausikeskivirtaamien vaihtelu Perämerellä oli 27...51 %. Suurin se oli huhtikuussa ja

pienin toukokuussa. Perämeren alueella virtaamien vuotuinen kulku on myös selkeä kuten oli Pohjanmaallakin. Vuoden pienimmät virtaamat mitataan yleisesti talvella, ja suurin kuukausivirtaama ajoittuu yleensä toukokuulle.

Vuoden keskivirtaamaa tarkasteltiin myös vuosikymmenittäin (1912–1920, 1921–1930, ... , 1991–2000). Eri vuosikymmenten keskiarvojen keskihajonta Perämereen laskevalle virtaamalle oli noin 75 m<sup>3</sup>/s. Kuivin vuosikymmen oli 1941–1950, jolloin keskivirtaama oli noin 1 075 m<sup>3</sup>/s. Kostein vuosikymmen oli 1991–2000, jolloin keskivirtaama oli noin 1 325 m<sup>3</sup>/s (Taulukko 2).

Jaksoilla 1961–1990 ja 1991–2004 talvivirtaamat ovat olleet selvästi suurempia kuin jaksoilla 1912–1930 ja 1931–1960, säännöstelyjen vaikutuksen näkyessä selvästi 1960-luvulta eteenpäin. Talvivirtaamien ero oli paikoin jopa 500 m<sup>3</sup>/s. Kesäkuun virtaamat ovat puolestaan olleet aikaisempien vuosien jaksoilla suurempia kuin jaksoilla 1961–1990 ja 1991–2004. Muiden kuukausien välillä ei ole suuria eroja eri jaksojen kesken.

#### 5.1.7

### Virtaama Suomen alueelta Jäämereen

Jaksolla 1912–2004 Jäämereen laskeva keskivirtaama Suomen alueelta oli 341 m<sup>3</sup>/s. Suurin vuosivirtaama alueelta on ollut 545 m<sup>3</sup>/s vuonna 1941. Pienin vuosivirtaama, 184 m<sup>3</sup>/s, sattui vuonna 1932. Vuoden keskivirtaaman vaihtelukerroin oli havaintojaksolla 19 %. Kuukausivirtaamista pienin on 54 m<sup>3</sup>/s maaliskuulta 1942 ja suurin lähes 30-kertainen pienimpään nähden eli 1 561 m<sup>3</sup>/s kesäkuulta 1935. Kuukausivirtaamien vaihtelu oli suurinta syyskuussa (45 %) ja pienintä joulukuussa (30 %). Alueen virtaamissa on selkeä vuodenaikaisvaihtelu. Pienimmät virtaamat ovat luonnollisesti talviaikaan tammi–huhtikuussa ja keväthuiput ajoittuvat touko–kesäkuulle eli hieman Perämeren alueen huippua myöhemmäksi. Ylivirtaamahuipun jälkeen virtaamat laskevat kesän ja syksyn ajan talveen saakka.

Eri vuosikymmenten keskiarvojen keskihajonta Jäämereen laskevalle virtaamalle oli noin 30 m<sup>3</sup>/s. Kuivin vuosikymmen oli 1941–1950, jolloin keskivirtaama oli noin 300 m<sup>3</sup>/s. Myös Jäämeren alueella kuten Perämeren alueellakin kostein vuosikymmen oli 1991–2000, jolloin keskivirtaama oli noin 380 m<sup>3</sup>/s (Taulukko 2).

Talvivirtaamat ovat jaksoilla 1961–1990 ja 1991–2004 olleet selvästi suuremmat kuin jaksoilla 1912–1930 ja 1931–1960. Jaksolla 1912–1930 touko–kesäkuun virtaamat olivat yli 100 m<sup>3</sup>/s suurempia kuin muilla jaksoilla. Nämä erot jaksojen välillä selittyvät lähinnä Inarijärven säännöstelyjuoksutuksilla. Syksyn osalta myöhäisempien jaksojen virtaamat ovat hieman suurempia kuin aikaisempien, mutta selvää eroa ei ole nähtävissä.

#### 5.1.8

### Muita alueittaisia tarkasteluja

Edellä esitettyjen koko Suomen ja laajojen alueittaisten jakojen lisäksi virtaamia tarkasteltiin muutamien muiden jakojen mukaan. Nämä olivat Etelä- ja Pohjois-Suomi, Itämeri, Suomenlahteen tuleva virtaama ilman Kymijokea ja Selkämereen tuleva virtaama ilman Kokemäenjokea.

Etelä- ja Pohjois-Suomi rajattiin siten, että pohjoiseen kuuluivat sekä Jäämereen että Perämereen laskevat virtaamat ja etelään Laatokkaan, Suomenlahteen, Selkämereen laskevat sekä Pohjanmaan alue. Etelä-Suomen alueelta jaksolla 1912–2004 vuoden keskivirtaama oli 1 750 m<sup>3</sup>/s ja Pohjois-Suomesta 1 543 m<sup>3</sup>/s. Etelä-Suomessa vuoden keskivirtaaman vaihtelu edellä mainitulla jaksolla oli 22 % ja Pohjois-Suomessa 18 %. Etelä-Suomen pienin vuosivirtaama on ollut 732 m<sup>3</sup>/s vuonna 1941. Samaisena vuonna oli myös Pohjois-Suomen pienin vuosivirtaama 856 m<sup>3</sup>/s. Suurin vuosivirtaama on

etelästä ollut 2 720 m<sup>3</sup>/s vuonna 1981 ja pohjoisesta 2 273 m<sup>3</sup>/s vuonna 1932. Pienin kuukausivirtaama etelästä on ollut 389 m<sup>3</sup>/s maaliskuussa vuonna 1942 ja pohjoisesta 252 m<sup>3</sup>/s samana kuukautena. Etelä-Suomessa kuukausikeskivirtaaman vaihtelukerroin oli 32...40 %. Pienintä se oli huhtikuussa ja suurinta joulukuussa. Pohjois-Suomessa kuukausikeskivirtaaman vaihtelu oli 27...43 %. Pienin se oli toukokuussa ja suurin elo–syyskuussa. Pohjoisen talvet ovat näin ollen olleet melko stabiileja, mikä näkyy keväämpänä vesioloissa. Elo–syyskuun suuri vaihtelu puolestaan kuvastaa sitä, että kuivina kesinä vettä voi olla tosi vähän, märkinä taas paljonkin.

Jäämereen laskevia vesiä lukuun ottamatta Suomen vesistöjen vedet laskevat Itämereen. Itämereen tulevan virtaaman keskiarvo jaksolla 1912–2004 oli 2 952 m<sup>3</sup>/s. Vuosivirtaaman vaihtelukerroin oli samaisella jaksolla 19. Pienin vuosikeskivirtaama on ollut 1 404 m<sup>3</sup>/s vuonna 1941 ja suurin 4 266 m<sup>3</sup>/s vuonna 1981. Suurin kuukauden keskivirtaama Itämereen on tullut toukokuussa 1977 (9 092 m<sup>3</sup>/s). Pienin kuukausivirtaama on taas ollut 586 m<sup>3</sup>/s maaliskuussa 1942, eli vain 6,4 % suurimmasta. Kuukausivirtaamien vaihtelu oli 23...36 %. Suurin se oli lokakuussa ja pienin toukokuussa.

Tarkasteluun otettiin myös Suomenlahteen laskevat vedet ilman Kymijoen virtaamaa. Tämä virtaama oli havaintojaksolla 1912–2004 keskimäärin 240 m<sup>3</sup>/s eli alle puolet kaikesta Suomen alueelta Suomenlahteen tulevasta virtaamasta. Vuosivirtaaman vaihtelukerroin koko jaksolla oli 29 %. Pienin vuosivirtaama on ollut 94 m<sup>3</sup>/s vuonna 1947 ja suurin 412 m<sup>3</sup>/s vuonna 1981. Suurin kuukauden keskivirtaama on ollut noin 1 460 m<sup>3</sup>/s huhtikuussa vuonna 1984 ja pienin 19 m<sup>3</sup>/s tammikuussa 2003. Kuukausivirtaamien vaihtelukerroin oli 48...89. Suurin se oli helmikuussa ja pienin toukokuussa. Virtaamat ovat yleensä suurimmillaan huhtikuussa ja pienimmillään kesällä.

Lisäksi laskettiin Suomesta Selkämereen valuvat vedet ilman Kokemäenjoen virtaamaa. Jaksolla 1912–2004 keskimääräinen vuosivirtaama tältä alueelta oli noin 120 m<sup>3</sup>/s eli vain kolmasosa koko Selkämereen laskevasta virtaamasta. Vuoden keskivirtaaman vaihtelu oli keskimäärin 31 %. Suurin vuoden keskivirtaama on ollut noin 230 m<sup>3</sup>/s vuonna 1924 ja pienin 44 m<sup>3</sup>/s vuonna 1942. Suurin kuukauden keskivirtaama on ollut noin 640 m<sup>3</sup>/s huhtikuussa vuonna 1971 ja pienin 10 m<sup>3</sup>/s syyskuussa 2003. Kuukausivirtaamien vaihtelu oli 47...73 %. Suurin se oli tammi–helmikuussa ja pienin toukokuussa. Virtaamat ovat yleensä suurimmillaan huhti–toukokuussa ja pienimmillään talvella ja kesällä.

## 5.2

### **Alueittaisia virtaaman aikasarjoja ja trendejä**

Koko maalle ja eri osa-alueille tarkasteltiin myös virtaaman ajallisia trendejä kuukausittain, vuodenajoittain (DJF, MAM, JJA, SON) ja koko vuodelle. Trendit määritettiin koko havaintojaksolla 1912–2004 sekä jaksoilla 1912–1960 ja 1961–2004. Niiden tilastollinen merkitsevyys laskettiin Mann-Kendallin testillä ja alimmaksi merkitsevyystasoksi valittiin 5 % eli melkein merkitsevä ( $p < 0,05$ ). Muina tasoina käytettiin merkitsevää ( $p < 0,01$ ) sekä erittäin merkitsevää ( $p < 0,001$ ). Mann-Kendallin testiä käytettiin, koska se on ei-parametrinen testi, jolloin havaintojen ei tarvitse olla normaalisesti jakautuneita. Virtaama-aineistossa läheskään kaikki kuukausi- tai vuosivirtaama-aineistot eivät ole normaalijakautuneita. Parametrisellä t-testillä saatiin useimmissa tapauksissa samat tilastolliset trendit näkyviin. Trendin suuruus määritettiin Senin menetelmällä (Sen 1968). Trendin määrittämiseen ja testaukseen käytettiin MAKESENS-ohjelmaa (Salmi ym. 2002). Mann-Kendallin testin hypoteesina on, että havaintosarja on riippumaton ts. autokorrelaatiota ei esiinny. Jos aikasarjassa on merkitsevä autokorrelaatio, voi testi antaa merkitsevän trendin vaikka sitä ei olisikaan (Yue ja Wang 2002). Virta-

masarjoissa esiintyy toisinaan autokorrelaatiota, sillä edellisen vuoden vesitilanteella on usein vaikutusta seuraavan vuoden tilanteeseen. Autokorrelaation vaikutusta poistetaan yleensä valkaisuodatuksella (prewhitening) AR(1)-funktion avulla. On kuitenkin havaittu, että jos havaintoaineisto on suuri ( $n > 50$ ) ja trendin suuruus on suuri (kaltevuus  $> 0,01$ ), ei suodatusta tarvita, vaan silloin trenditestin antama merkitsevä tulos on oikea (Bayazit ja Önöz 2007). Ohessa tarkastelluille havaintosarjoille tehtiin valkaisuodatus, jos autokorrelaatio oli merkitsevä. Valkaisu ei kuitenkaan muuttanut yleisesti trendien merkitsevyyttä valkaisemattomiin verrattuna muutamia tapauksia lukuun ottamatta. Taulukossa 3 esitetään luettelo kaikista alueellisista tilastollisesti merkitsevistä trendeistä sekä kuutiometreinä sekunnissa että prosentteina kyseisen jakson keskivirtaamasta.

Taulukko 3. Tilastollisesti merkitsevät trendit alueittain jaksoilla 1912–2004, 1912–1960 ja 1961–2004.

Table 3. Statistically significant trends by different regions in 1912–2004, 1912–1960, and 1961–2004.

Alue Region	Muuttuja ja jakso Variable and period	+/-	p<	Trendi, m <sup>3</sup> /s /10 a (%) Trend
Koko Suomen alueelta From the entire territory of Finland	II-MQ 1912–2004	+	0,001	105 m <sup>3</sup> /s (4,6 %)
	III-MQ 1912–2004	+	0,001	113 m <sup>3</sup> /s (5,1 %)
	IV-MQ 1912–2004	+	0,001	153 m <sup>3</sup> /s (4,1 %)
	VI-MQ 1912–2004	–	0,001	194 m <sup>3</sup> /s (4,2 %)
	VII-MQ 1912–2004	–	0,05	84 m <sup>3</sup> /s (2,7 %)
	VI-MQ 1912–1960	–	0,05	435 m <sup>3</sup> /s (8,7 %)
	II-MQ 1961–2004	+	0,01	181 m <sup>3</sup> /s (7,0 %)
	DJF-MQ 1913–2004	+	0,01	81 m <sup>3</sup> /s (3,2 %)
	MAM-MQ 1912–2004	+	0,05	75 m <sup>3</sup> /s (1,8 %)
	JJA-MQ 1912–2004	–	0,01	94 m <sup>3</sup> /s (2,7 %)
JJA-MQ 1912–1960	–	0,05	207 m <sup>3</sup> /s (5,6 %)	
Laatokkaan Into the lake Ladoga	V-MQ 1912–2004	+	0,05	12 m <sup>3</sup> /s (2,2 %)
	VI-MQ 1912–1960	–	0,01	45 m <sup>3</sup> /s (8,5 %)
	VII-MQ 1912–1960	–	0,001	57 m <sup>3</sup> /s (10,7 %)
	VIII-MQ 1912–1960	–	0,05	36 m <sup>3</sup> /s (6,6 %)
	JJA-MQ 1912–1960	–	0,01	46 m <sup>3</sup> /s (8,6 %)
Suomenlahteen Into the Gulf of Finland	IV-MQ 1912–2004	+	0,001	57 m <sup>3</sup> /s (6,2 %)
	VI-MQ 1912–2004	–	0,001	30 m <sup>3</sup> /s (5,8 %)
	VII-MQ 1912–2004	–	0,01	21 m <sup>3</sup> /s (4,5 %)
	VIII-MQ 1912–2004	–	0,01	16 m <sup>3</sup> /s (3,7 %)
	I-MQ 1912–1960	–	0,05	44 m <sup>3</sup> /s (8,7 %)
	II-MQ 1912–1960	–	0,01	46 m <sup>3</sup> /s (10,4 %)
	IV-MQ 1912–1960	+	0,001	93 m <sup>3</sup> /s (12,0 %)
	VI-MQ 1912–1960	–	0,01	73 m <sup>3</sup> /s (12,5 %)
	VII-MQ 1912–1960	–	0,01	55 m <sup>3</sup> /s (10,7 %)
	VIII-MQ 1912–1960	–	0,01	40 m <sup>3</sup> /s (8,7 %)
	MAM-MQ 1912–2004	+	0,001	25 m <sup>3</sup> /s (3,6 %)
JJA-MQ 1912–2004	–	0,01	21 m <sup>3</sup> /s (4,6 %)	
JJA-MQ 1912–1960	–	0,01	55 m <sup>3</sup> /s (10,6 %)	
Selkämereen Into the Bothnian Sea	IV-MQ 1912–2004	+	0,001	35 m <sup>3</sup> /s (6,9 %)
	VI-MQ 1912–2004	–	0,001	26 m <sup>3</sup> /s (7,3 %)
	VII-MQ 1912–2004	–	0,001	20 m <sup>3</sup> /s (7,0 %)
	VIII-MQ 1912–2004	–	0,001	15 m <sup>3</sup> /s (5,8 %)
	IX-MQ 1912–2004	–	0,05	9 m <sup>3</sup> /s (3,5 %)
	MAM-MQ 1912–2004	+	0,01	15 m <sup>3</sup> /s (3,4 %)
	JJA-MQ 1912–2004	–	0,001	19 m <sup>3</sup> /s (6,3 %)
	DJF-MQ 1913–1960	–	0,05	42 m <sup>3</sup> /s (11,8 %)
	JJA-MQ 1912–1960	–	0,01	36 m <sup>3</sup> /s (10,5 %)



Alue Region	Muuttuja ja jakso Variable and period	+/-	p<	Trendi, m <sup>3</sup> /s /10 a (%) Trend
Pohjanmaalta From the province Ostrobothnia	I-MQ 1912–2004	+	0,001	11 m <sup>3</sup> /s (7,5 %)
	II-MQ 1912–2004	+	0,001	15 m <sup>3</sup> /s (14,0 %)
	III-MQ 1912–2004	+	0,001	15 m <sup>3</sup> /s (12,9 %)
	V-MQ 1912–2004	–	0,05	34 m <sup>3</sup> /s (3,8 %)
	XII-MQ 1912–2004	+	0,05	11 m <sup>3</sup> /s (4,5 %)
	I-MQ 1961–2004	+	0,05	17 m <sup>3</sup> /s (10,3 %)
	II-MQ 1961–2004	+	0,001	27 m <sup>3</sup> /s (18,1 %)
	III-MQ 1961–2004	+	0,05	23 m <sup>3</sup> /s (13,3 %)
	V-MQ 1961–2004	–	0,01	102 m <sup>3</sup> /s (12,5 %)
	VI-MQ 1961–2004	+	0,05	27 m <sup>3</sup> /s (10,4 %)
	VII-MQ 1961–2004	+	0,05	17 m <sup>3</sup> /s (10,7 %)
	DJF-MQ 1913–2004	+	0,001	13 m <sup>3</sup> /s (7,8 %)
	DJF-MQ 1961–2004	+	0,05	19 m <sup>3</sup> /s (9,8 %)
	JJA-MQ 1961–2004	+	0,05	21 m <sup>3</sup> /s (10,4 %)
Perämereen Into the Bothnian Bay	I-MQ 1912–2004	+	0,001	53 m <sup>3</sup> /s (7,6 %)
	II-MQ 1912–2004	+	0,001	67 m <sup>3</sup> /s (10,5 %)
	III-MQ 1912–2004	+	0,001	58 m <sup>3</sup> /s (10,4 %)
	IV-MQ 1912–2004	+	0,01	35 m <sup>3</sup> /s (4,5 %)
	VI-MQ 1912–2004	–	0,001	102 m <sup>3</sup> /s (4,7 %)
	VII-MQ 1912–2004	–	0,01	42 m <sup>3</sup> /s (3,5 %)
	XII-MQ 1912–2004	+	0,001	36 m <sup>3</sup> /s (4,3 %)
	II-MQ 1912–1960	+	0,05	25 m <sup>3</sup> /s (5,3 %)
	III-MQ 1912–1960	+	0,01	24 m <sup>3</sup> /s (5,9 %)
	I-MQ 1961–2004	+	0,05	54 m <sup>3</sup> /s (6,5 %)
	II-MQ 1961–2004	+	0,001	70 m <sup>3</sup> /s (8,5 %)
	III-MQ 1961–2004	+	0,01	51 m <sup>3</sup> /s (7,1 %)
	IX-MQ 1961–2004	–	0,05	112 m <sup>3</sup> /s (10,1 %)
	DJF-MQ 1913–2004	+	0,001	52 m <sup>3</sup> /s (7,2 %)
	MAM-MQ 1912–2004	+	0,05	29 m <sup>3</sup> /s (1,9 %)
	JJA-MQ 1912–2004	–	0,01	51 m <sup>3</sup> /s (3,5 %)
DJF-MQ 1961–2004	+	0,01	60 m <sup>3</sup> /s (7,1 %)	
Jäämereen Into the Arctic Ocean	I-MQ 1912–2004	+	0,001	13 m <sup>3</sup> /s (6,0 %)
	II-MQ 1912–2004	+	0,001	15 m <sup>3</sup> /s (7,4 %)
	III-MQ 1912–2004	+	0,001	16 m <sup>3</sup> /s (8,3 %)
	IV-MQ 1912–2004	+	0,001	13 m <sup>3</sup> /s (6,7 %)
	VI-MQ 1912–2004	–	0,05	26 m <sup>3</sup> /s (3,9 %)
	XII-MQ 1912–2004	+	0,001	10 m <sup>3</sup> /s (4,1 %)
	V-MQ 1912–1960	–	0,01	80 m <sup>3</sup> /s (11,5 %)
	VI-MQ 1912–1960	–	0,001	94 m <sup>3</sup> /s (13,4 %)
	VII-MQ 1912–1960	–	0,05	29 m <sup>3</sup> /s (7,4 %)
	DJF-MQ 1913–2004	+	0,001	13 m <sup>3</sup> /s (5,9 %)
	DJF-MQ 1913–1960	+	0,001	23 m <sup>3</sup> /s (12,0 %)
	JJA-MQ 1912–1960	–	0,001	40 m <sup>3</sup> /s (8,4 %)

## 5.2.1

### Koko Suomen alueelta tulevan virtaaman trendit

Koko maan virtaama-aineistossa oli havaittavissa trendejä talven (DJF) ja kevään (MAM) kuukausivirtaamien osalta jaksolla 1912–2004. Helmi-, maaliskuu- ja huhtikuun kuukausikeskivirtaamat olivat nousseet tilastollisesti erittäin merkitsevästi ( $p < 0,001$ ). Kesäkuun keskivirtaama oli laskenut myös tilastollisesti erittäin merkitsevästi ( $p < 0,001$ ) ja heinäkuun virtaamat olivat myös laskeneet melkein merkitsevästi ( $p < 0,05$ ). Muiden kuukausien osalta muutokset eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Tammikuun virtaamien kasvu oli lähes melkein merkitsevä ( $p < 0,1$ ). Vuodenaajoista kasvua löytyi talvella, keväällä ja kesällä. Talvinen virtaaman nousu jaksolla 1913–2004 oli tilastollisesti merkitsevä ( $p < 0,01$ ), kevään nousu jaksolla 1912–2004 oli melkein merkitsevä ( $p < 0,05$ ) ja kesän (JJA) virtaamat ovat laskeneet merkitsevästi ( $p < 0,01$ ). Vuoden keskivirtaamassa ei näkynyt merkitseviä muutoksia jaksolla

1912–2004. Jaksolla 1912–1960 kuukausivirtaamista ainoastaan kesäkuun laskeva trendi oli tilastollisesti merkitsevä ( $p < 0,05$ ). Tällä jaksolla vuodenaajoista tilastollisesti melkein merkitsevä ( $p < 0,05$ ) laskeva trendi löytyi kesävirtaamista. Jaksolla 1961–2004 ainoa trendi oli helmikuun kuukausivirtaamien kasvu ( $p < 0,01$ ). Vuosivirtaamissa eikä vuodenaikojen virtaamissa ollut tilastollisesti merkitseviä trendejä tällä jaksolla.

#### 5.2.2

### **Virtaaman trendit Suomen alueelta Laatokkaan**

Suomen alueelta Laatokkaan lähteissä kuukausivirtaamista jaksolla 1912–2004 ainoastaan toukokuun virtaamat näyttävät kasvaneen tilastollisesti melkein merkitsevästi ( $p < 0,05$ ). Muiden kuukausien, vuodenaikojen eikä vuosikeskiarvojen aikana merkitseviä trendejä ei löytynyt. Jaksolla 1912–1960 löytyi tilastollisesti merkitseviä laskevia trendejä kuukausivirtaamista. Kesäkuun virtaaman pieneneminen oli tilastollisesti merkitsevä ( $p < 0,01$ ), heinäkuussa erittäin merkitsevä ( $p < 0,001$ ) ja elokuussa melkein merkitsevä ( $p < 0,05$ ). Näin ollen myös vuodenaajoista kesävirtaamien aleneminen oli tilastollisesti merkitsevä ( $p < 0,01$ ) tällä jaksolla. Jaksolla 1961–2004 Laatokkaan Suomen alueelta tulevista virtaamista ei löytynyt merkitseviä trendejä lainkaan.

#### 5.2.3

### **Virtaaman trendit Suomen alueelta Suomenlahteen**

Jaksolla 1912–2004 Suomen alueelta Suomenlahteen laskevissa vesissä oli havaittavissa nousua kevään virtaamissa ja laskua kesän osalta. Huhtikuun virtaamien nousu oli tilastollisesti erittäin merkitsevä ( $p < 0,001$ ). Kesän laskevasta virtaamatrendeistä kesäkuu oli tilastollisesti erittäin merkitsevä ( $p < 0,001$ ), heinä- sekä elokuu merkitseviä ( $p < 0,01$ ). Muiden kuukausien osalta merkitseviä trendejä ei ollut. Vuodenaikojen osalta kevään virtaamat olivat nousseet jaksolla 1912–2004 tilastollisesti erittäin merkitsevästi ( $p < 0,001$ ) ja kesän osalta virtaamat olivat laskeneet merkitsevästi ( $p < 0,01$ ). Vuoden keskivirtaamasta ei löytynyt merkitsevää trendiä jaksolla 1912–2004. Jaksolla 1912–1960 kuukausivirtaamista löytyi useita merkitseviä trendejä. Huhtikuun virtaamien kasvu oli erittäin merkitsevä ( $p < 0,001$ ). Laskua oli havaittavissa tammi- ( $p < 0,05$ ) ja helmikuussa ( $p < 0,01$ ) sekä kesä-, heinä- ja elokuussa (kaikilla  $p < 0,01$ ). Näin ollen myös koko kesän virtaamien lasku oli tilastollisesti merkitsevä ( $p < 0,01$ ). Jaksolla 1961–2004 ei löytynyt tilastollisesti merkitseviä trendejä.

#### 5.2.4

### **Virtaaman trendit Suomen alueelta Selkämereen**

Selkämereen laskevissa virtaamissa jaksolla 1912–2004 oli havaittavissa huhtikuussa tilastollisesti erittäin merkitsevä kasvava trendi ( $p < 0,001$ ). Kesä-, heinä- ja elokuusta löytyi erittäin merkitsevä laskeva trendi ( $p < 0,001$ ) ja syyskuussa melkein merkitsevä laskeva trendi ( $p < 0,05$ ). Vuodenaikojen osalta kevään virtaamista löytyi merkitsevä ( $p < 0,01$ ) kasvava trendi ja kesän erittäin merkitsevä ( $p < 0,001$ ) laskeva trendi. Vuoden keskivirtaamasta ei löytynyt merkitsevää trendiä jaksolla 1912–2004. Jaksolla 1912–1960 kuukausivirtaamista ei löytynyt tilastollisesti merkitseviä trendejä, mutta vuodenaikojen osalta talvi- ja kesävirtaamien lasku olivat melkein merkitsevä ( $p < 0,05$ ) ja merkitsevä ( $p < 0,01$ ). Jaksolla 1961–2004 trendejä ei löytynyt.

### 5.2.5

#### Pohjanmaalta tulevan virtaaman trendit

Pohjanmaan alueelta lähtevissä virtaamissa jaksolla 1912–2004 oli nähtävissä talvella kasvavia trendejä. Tammi-, helmi- ja maaliskuun kuukausivirtaamat olivat kaikki nousseet erittäin merkitsevästi ( $p < 0,001$ ). Myös joulukuun kuukausivirtaamissa oli melkein merkitsevä ( $p < 0,05$ ) nouseva trendi. Toukokuun kuukausivirtaamissa oli puolestaan melkein merkitsevä ( $p < 0,05$ ) laskeva trendi, mikä selittyy kevään tulvahuippujen siirtymisellä hieman aiemmaksi. Vuodenaikojen osalta ainoastaan talven virtaamat olivat nousseet tilastollisesti erittäin merkitsevästi ( $p < 0,001$ ). Vuoden keskivirtaamassa ei havaittu tilastollisesti merkitseviä muutoksia koko jaksolla. Jaksolla 1912–1960 ei löytynyt trendejä millään suurella. Jaksolla 1961–2004 kuukausivirtaamissa oli havaittavissa pääosin kasvua. Tammi- ja maaliskuun keskivirtaamat olivat kasvaneet melkein merkitsevästi ( $p < 0,05$ ) ja helmikuun virtaamat erittäin merkitsevästi ( $p < 0,001$ ). Kesä- ja heinäkuiden osalta kasvu oli melkein merkitsevää ( $p < 0,05$ ). Toukokuun keskivirtaama oli vastavuoroisesti laskenut jaksolla merkitsevästi ( $p < 0,01$ ). Vuodenaikojen osalta sekä talven että kesän virtaamat olivat kasvaneet melkein merkitsevästi ( $p < 0,05$ ). Muutokset selittyvät osittain säännöstelyn vaikutuksilla.

### 5.2.6

#### Virtaaman trendit Suomen alueelta Perämereen

Perämereen laskevissa virtaamissa jaksolla 1912–2004 on nähtävissä kasvava trendi talvivirtaamien osalta sekä laskua kesävirtaamissa. Joului-, tammi-, helmi- ja maaliskuun kuukausivirtaamien kasvu oli tilastollisesti erittäin merkitsevä ( $p < 0,001$ ). Huhtikuun osalta kuukausivirtaamat olivat myös kasvaneet merkitsevästi ( $p < 0,01$ ). Kesä- ja heinäkuun virtaamat olivat puolestaan pienentyneet erittäin merkitsevästi ( $p < 0,001$ ) ja merkitsevästi ( $p < 0,01$ ). Jaksolla 1912–2004 vuodenaajoista talven virtaamat olivat nousseet erittäin merkitsevästi ( $p < 0,001$ ), kevään virtaamat olivat nousseet melkein merkitsevästi ( $p < 0,05$ ) ja kesän laskeneet merkitsevästi ( $p < 0,01$ ). Vuoden keskivirtaamat eivät olleet muuttuneet merkitsevästi. Jaksolla 1912–1960 helmi- ja maaliskuun keskivirtaamat olivat kasvaneet melkein merkitsevästi ( $p < 0,05$ ) ja merkitsevästi ( $p < 0,01$ ). Vuoden keskivirtaamista tai vuodenaajoista trendejä ei ollut havaittavissa tällä jaksolla. Jaksolla 1961–2004 talvikuukausien virtaamat olivat kasvaneet. Tammi- ja helmikuun osalta kasvu oli melkein merkitsevä ( $p < 0,05$ ), helmikuun erittäin merkitsevä ( $p < 0,001$ ) ja maaliskuun merkitsevä ( $p < 0,01$ ). Syyskuun virtaamat olivat pienentyneet melkein merkitsevästi ( $p < 0,05$ ) ja talvivirtaamat kasvaneet merkitsevästi ( $p < 0,01$ ). Myös Perämeren alueen trendeissä on havaittavissa säännöstelyn vaikutuksia.

### 5.2.7

#### Virtaaman trendit Suomen alueelta Jäämereen

Suomesta Jäämereen laskevista kuukausivirtaamista löytyi joitakin selviä trendejä jaksolla 1912–2004. Talvikuukausien virtaamat ovat kasvaneet selvästi. Alueen talvivirtaamien kasvu selittyy Inarijärven säännöstelyllä, sillä luonnontilaisissa havaintosarjoissa talvivirtaamat ovat pikemminkin pienentyneet (ks. kappale 5.4). Joului- ja huhtikuun osalta kasvu on tilastollisesti erittäin merkitsevää ( $p < 0,001$ ). Kesäkuun virtaamat ovat laskeneet melkein merkitsevästi ( $p < 0,05$ ). Vuodenaikojen osalta merkitseviä muutoksia oli tapahtunut ainoastaan talven virtaamissa, jotka olivat nousseet erittäin merkitsevästi ( $p < 0,001$ ). Vuoden keskivirtaamissa ei ollut tapahtunut tilastollisesti merkitseviä muutoksia. Jaksolla 1912–1960 kevät- ja kesäkuukausien virtaamat olivat pienentyneet. Inarijärven säännöstely on vaikuttanut kesävirtaamien

pienenemiseen. Toukokuussa lasku oli merkitsevää ( $p < 0,01$ ), kesäkuussa erittäin merkitsevää ( $p < 0,001$ ) ja heinäkuussa melkein merkitsevää ( $p < 0,05$ ). Vuodenaikojen osalta tällä jaksolla talvivirtaamat olivat kasvaneet ja kesävirtaamat pienentyneet erittäin merkitsevästi ( $p < 0,001$ ). Jaksolla 1961–2004 merkitseviä trendejä ei löytynyt.

5.3

## Vedenkorkeudet ja virtaamat muutamilla havaintopaikoilla

Yksittäisistä havaintopaikoista erityistarkasteluun otettiin parikymmentä virtaama-paikkaa ja kymmenkunta vedenkorkeuden havaintopaikkaa eri puolilta Suomea. Näille sarjoille esitetään tyypillinen vuotuinen virtaaman aikakäyrä sekä muita ominaispiirteitä. Mukana on sekä säännösteltyjä että luonnontilaisia järviä ja jokia, mahdollisimman monipuolisesti. Käytetyt virtaama-arvot ovat vuorokauden keskiarvoja, joten hetkittäiset virtaamat ovat voineet olla seuraavassa esitettyjä suurempiakin. Taulukoissa 4 ja 5 esitetään kaikkien tässä työssä tarkasteltavien vedenkorkeus- ja virtaamahavaintopaikkojen yläpuolisten valuma-alueiden ala (F) ja järvisyys (L) (lähteinä Hertta ja Ekholm 1993). Liitteessä 1 esitetään kartta havaintopaikkojen sijainnista. Liitteissä 2 ja 3 esitetään kuukausittaisia tilastotietoja (minimi, keskiarvo, maksimi) sekä vuoden yli-, keski- ja alivesiä ja -virtaamia.

Taulukko 4. Vedenkorkeuden havaintopaikkojen havaintojakso, yläpuolisen valuma-alueen ala (F, km<sup>2</sup>) ja järvisyys (L, %).

Table 4. Water level observation sites: observation period, drainage area (F, km<sup>2</sup>), and lake percentage of drainage basin (L, %).

Havaintopaikka Observation site	Havainto- jakso Observa- tion period	F (km <sup>2</sup> )	L (%)
<b>Säännöstelemättömät – Unregulated</b>			
1. 0401410 Pielinen, Nurmes (järvi, lake)	1911–2004	13 877	14,8
2. 0411200 Saimaa, Lauritsala (järvi, lake)	1847–2004	61 061	20,0
3. 1401100 Keitele, Viitasaari (järvi, lake)	1886–2004	6 265	17,4
4. 1800500 Porvoonjoki, Vakkola (joki, river)	1963–2004	1 128	1,5
5. 3504400 Toisvesi (järvi, lake)	1903–2004	1 530	9,9
6. 6503000 Ounasjärvi (järvi, lake)	1950–2004	363	6,0
7. 6702200 Tornionjoki, Kukkolankoski (joki, river, bif.)	1911–2004	39 010	4,7
<b>Säännöstellyt – Regulated</b>			
8. 1406410 Päijänne, pohj. (järvi, lake)	1910–2004	26 459	18,9
9. 1410400 Kymijoki, Pernoo (joki, river)	1900–2004	–	–
10. 2300900 Lohjanjärvi, Lohja (järvi, lake)	1900–2004	1 930	12,7
11. 4200500 Kyrönjoki, Munakka (joki, river)	1912–1993	2 729	0,6
12. 5903410 Oulujärvi, Vaala (järvi, lake)	1896–2004	19 839	12,8
13. 7101400 Inarijärvi, Inari (järvi, lake)	1948–2004	14 512	12,4

Taulukko 5. Virtaaman havaintopaikkojen havaintojakso, yläpuolisen valuma-alueen ala (F, km<sup>2</sup>) ja järvisuus (L, %).

Table 5. Discharge observation sites: observation period, drainage area (F, km<sup>2</sup>), and lake percentage of drainage basin (L, %).

Havaintopaikka Observation site	Havainto- jakso Observation period	F (km <sup>2</sup> )	L (%)
<b>Säännöstelemättömät – Unregulated</b>			
1. 0400600 Ruunaa – luusua (järvi, lake)	1931–2004	6 259	13,7
2. 1401500 Pääjärvi – luusua (järvi, lake)	1911–2004	1 214	7,1
3. 1402710 Nilakka, Äyskoski (järvi, lake)	1896–2004	2 157	17,9
4. 2101700 Vantaanjoki, Oulunkylä (joki, river)	1937–2004	1 620	2,8
5. 2800300 Aurajoki, Hypöstenkoski (joki, river)	1948–2004	351	0,0
6. 3504800 Kitusjärvi – luusua (järvi, lake)	1911–2004	546	9,6
7. 3506200 Muroleenkoski – luusua (järvi, lake)	1863–2004	6 102	12,2
8. 5100200 Lestijärvi – luusua (järvi, lake)	1921–2004	363	21,1
9. 5901710 Lentua – luusua (järvi, lake)	1911–2004	2 045	12,7
10. 6503600 Ounasjoki, Marraskoski (joki, river)	1919–2004	12 303	2,6
11. 6702200 Tornionjoki, Karunki (joki, river, bif.)	1911–2004	39 010	4,7
12. 6801100 Utsjoki, Patoniva (joki, river)	1963–2004	1 520	2,6
13. 7100800 Juutuanjoki, Saukkoniva (joki, river)	1921–2004	5 160	4,7
<b>Säännöstellyt – Regulated</b>			
14. 0403350 Pielisjoki, Kaltimo (joki, river)	1911–2004	21 081	13,2
15. 0408087 Kallavesi, Konnus + Karvio (järvi, lake)	1931–2004	16 270	15,3
16. 0411450 Vuoksi, Tainionkoski (järvi, lake)	1847–2004	61 061	20,0
17. 1406510 Pääjärne, Kalkkinen (järvi, lake)	1910–2004	26 459	18,9
18. 1410050 Kymijoki, Anjala (joki, river)	1938–2004	36 275	18,7
19. 3510450 Kokemäenjoki, Harjavalta (joki, river)	1931–2004	26 117	11,3
20. 4201000 Kyrönjoki, Skatila (joki, river)	1911–2004	4 833	1,3
21. 4400600 Lapuanjoki, Keppo (joki, river)	1931–2004	3 949	3,0
22. 5300740 Kalajoki, Niskakoski (joki, river)	1931–2004	3 065	2,0
23. 5903410 Oulujärvi, luusua (järvi, lake)	1896–2004	19 839	12,8
24. 6101950 Iijoki, Raasakka (joki, river)	1911–2004	14 191	5,7
25. 6504450 Kemijoki, Isohaara (joki, river)	1911–2004	50 683	4,3

### 5.3.1

#### Vedenkorkeuden vaihtelut luonnontilaisilla järvillä ja joilla

Luonnontilaisten järvien vedenkorkeuden vuotuinen kulku on kerrottu yleispiirteissään kappaleessa 3. Suurten ja pienten järvien välillä on eroja; pienissä järvissä vedenkorkeudet reagoivat nopeasti sateisiin ja lumen sulamiseen, suurissa järvissä puolestaan hitaammin viiveellä. Myös valuma-alueen järvisyydellä on selvä vaikutus vedenkorkeuden muutoksiin ja vuotuiheen vaihteluväliin. Luonnontilaisissa järvissä vedenkorkeuden vuotuinen vaihteluväli on pienempi kuin joissa. Seuraavassa luonnontilaisten järvien tyypillistä vuotuista vedenkorkeuden kulkua esitetään muutaman esimerkkijärven avulla eripuolilta Suomea. Eri järvien ja jokien vedenkorkeuden tilastotietoja esitetään taulukossa 6. M(HW–NW) on keskimääräinen vuoden ylimmän ja alimman vedenkorkeuden erotus, HWdate koko jakson ylimmän vedenkorkeuden sattumiskuukausi, NWdate koko jakson alimman vedenkorkeuden sattumiskuukausi, HW–NW koko jakson suurimman ja pienimmän vedenkorkeuden erotus, H(HW–NW) suurin vuoden ylimmän ja alimman korkeuden ero ja N(HW–NW) pienin vuoden ylimmän ja alimman korkeuden ero. Kuvassa 3 esitetään vedenkorkeuden keski- ja ääriarvokäyrät tarkasteltavilla luonnontilaisilla järvillä.

Suomen suurimmassa järvessä Saimaassa (1 377 km<sup>2</sup>), joka sijaitsee maamme laajimmalla, Vuoksen vesistöalueella, vedenkorkeuden vaihtelut ovat hyvin verkkaita. Saimaan valuma-alueen ala on 61 061 km<sup>2</sup> ja järvisyys 20 %. Saimaa on säännöstelemätön järvi, mutta Suomen ja Venäjän välisen valtiosopimuksen mukaan Vuoksen voimalaitoksen juoksutuksia voidaan muuttaa juoksutussäännön nojalla vedenkorkeuden uhatessa ylittää tai alittaa puolella metrillä jakson pitkäaikaisen keskiarvon. Muutoin vaihtelut ovat luonnontilaisia, ja tässä työssä Saimaan vedenkorkeuden muutoksia tarkastellaan luonnontilaisena järvenä. Järven yläpuolisella valuma-alueella sijaitsee muutamia säännösteltyjä järviä; esim. Kallaveden reitillä useampia sekä Koitere. Näiden järvien juoksutukset vaikuttavat luonnollisesti myös Saimaan vedenkorkeuteen. Saimaan Lauritsalasta on olemassa vedenkorkeuden havaintoja vuodesta 1847 alkaen. Tyypillinen vedenkorkeuden muutos päivässä on Saimaassa alle senttimetrin luokkaa (keskiarvo 0,7 cm). Suurimmillaan Saimaassa on havaittu noin 15 sentin päivämuuutos, ja tämä johtuu yleensä tuulen aiheuttamasta veden pakkautumisesta, ja vedenpinnan kallistumisesta järvessä. Tällaisen tilanteen jälkeen vesipinta alkaa keikahdella, kun se pyrkii palautumaan tasapainoon (seiche eli ominaisheilahtelu). Tällöin vedenpinta voi vaihdella muutaman päivän ajan kymmenisen senttiä suuntaan jos toiseen.

Saimaan laajoista yläpuolisista valuma-alueista ja järven suuruudesta johtuen vuoden ylivesi sattuu järvellä suhteellisen myöhään, keskimäärin vasta heinä–elokuussa. Saimaalla vuoden ylin vedenkorkeus sattuu hyvin harvoin kevätkuukausina. Jaksolla 1847–2004 vuoden ylivesi sattui keväällä (MAM) vain 1 %:ssa vuosista. Kesäkuukausina (JJA) vuoden ylivesi sattuu noin 45 %:ssa vuosista, syksyllä (SON) 15 %:ssa vuosista ja talvella (DFJ) 38 %:ssa vuosista. Talven suureen osuuteen vaikuttaa se, että Saimaan hitaan käyttäytymisen takia vedenpinta saattaa nousta syksyn sateista vielä seuraavan vuoden puolelle, ja tällöin vuoden viimeisen päivän lukema saattaa olla koko vuoden ylin vedenkorkeus. Toisin päin tilanne voi olla se, että edellisen vuoden korkean vedenkorkeuden jäljiltä vedenpinta laskee vuoden aikana niin, että vuoden ensimmäisen päivän arvo on koko kalenterivuoden korkein vedenkorkeus.

Taulukko 6. Joitakin vedenkorkeuden tilastotietoja säännöstelemättömiltä järviltä ja joilta.  
Table 6. Some statistics of water level from unregulated lakes and rivers.

Paikka ja jakso Site and period	M(HW–NW)	HW–NW	HWdate	NWdate	H(HW–NW) vuosi/year	N(HW–NW) vuosi/year
Saimaa, Lauritsala 1847–2004	70 cm	333 cm	8/1899	4/1942	174 cm 1859	27 cm 1874
Pielinen, Nurmes 1911–2004	118 cm	278 cm	6/1924	4/1942	197 cm 1920	57 cm 1978
Keitele, Viitasaari 1886–2004	65 cm	203 cm	6/1899	4/1916	133 cm 1934	24 cm 1895
Toisvesi 1903–2004	94 cm	149 cm	5/1905	3/1948	168 cm 1922	36 cm 1973
Ounasjärvi 1950–2004	83 cm	146 cm	5/1966	4/1979	125 cm 1966	50 cm 1971
Porvoonjoki, Vakkola 1963–2004	225 cm	385 cm	5/1966	9/1964	365 cm 1966	132 cm 1993
Tornionjoki, Kukkolankoski 1911–2004	229 cm	359 cm	6/1968	2/1942	337 cm 1917	160 cm 1951

Pielinen sijaitsee Vuoksen vesistöalueella Pohjois-Karjalassa. Pinta-alaltaan järvi on 894 km<sup>2</sup>. Järveä voidaan pitää lähes luonnontilaisena, vaikkakin tulvan tai kuivuuden uhatessa järven juoksutuksien muuttamiseen luonnontilaisesta voidaan anoa poikkeuslupa. Pielisen vedenkorkeuteen vaikuttaa myös Koitajoesta Kaltimon yläpuolelle tuleva Pamilon voimalaitoksen voimakkaasti säännöstelty virtaama. Muodollisesti Pielistä ei kuitenkaan siis säännöstellä. Pieliseltä on vedenkorkeushavaintoja

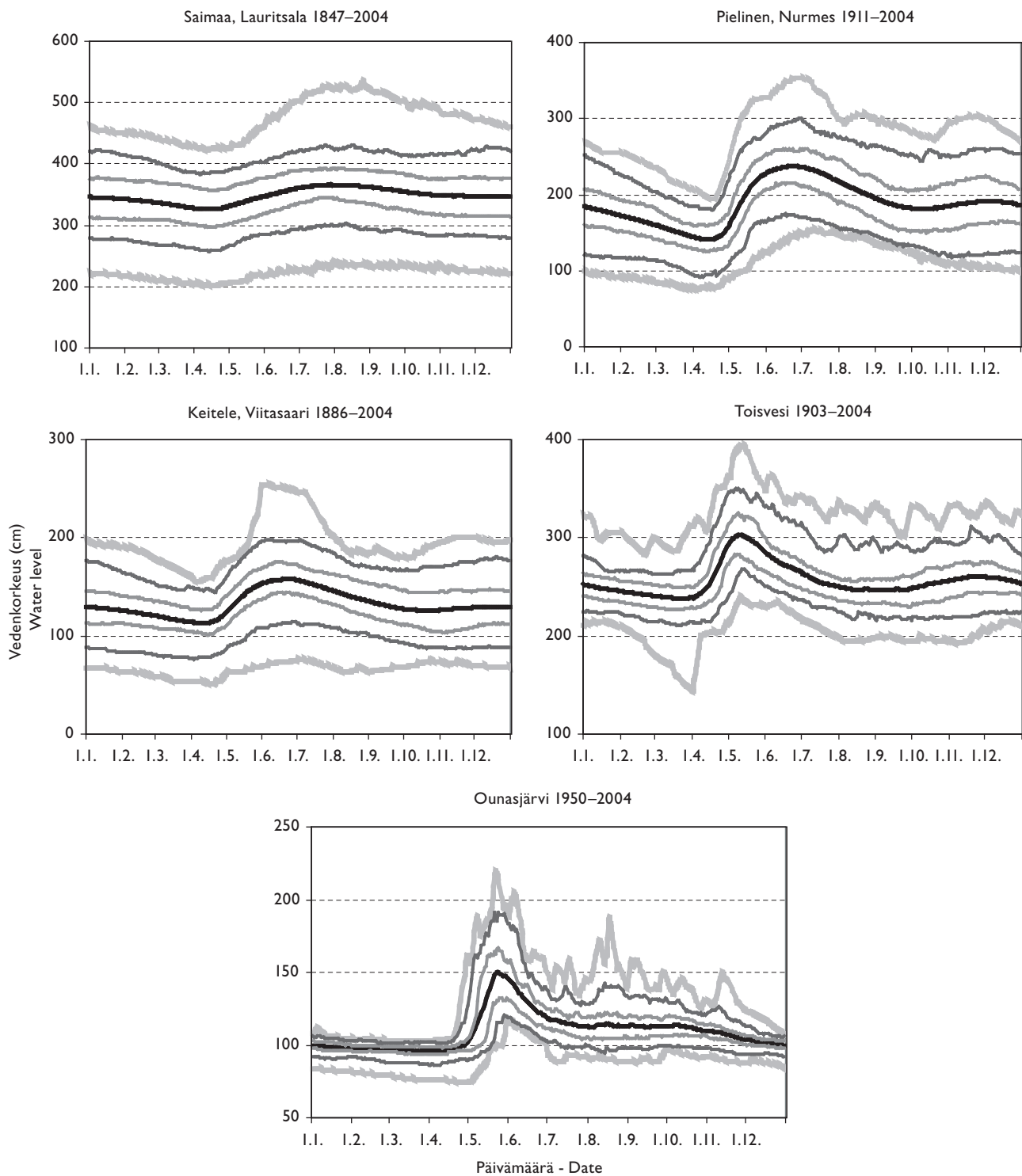
vuodesta 1911 alkaen Nurmeksesta. Havaintopaikan yläpuolisen valuma-alueen ala on 13 877 km<sup>2</sup> ja järvisyys 14,8 %. Keskimääräinen vedenkorkeuden muutos vuorokaudessa on reilu senttimetri (1,1 cm). Suurimmillaan vedenpinta on noussut vuorokaudessa 20 cm toukokuussa 1924. Myös Pielisellä havaitaan toisinaan seicheilmiötä järvioltaan pitkulaisen muodon vuoksi. Pielisen korkein vedenkorkeus ajoittuu yleensä kesä–heinäkuulle. Jaksolla 1911–2004 vuoden ylivesi mitattiin keväällä 7 %:ssa vuosista, kesällä 74 %:ssa vuosista, syksyllä 4 %:ssa vuosista ja talvella 14 %:ssa vuosista. Talven osalta suurimmat korkeudet ajoittuvat yleensä vuodenvaihteeseen, eli järke järven pinta on tuolloin joko laskussa tai nousussa.

Keitele on melko suuri (494 km<sup>2</sup> eri osat mukaan lukien) luonnontilainen järvi, joka sijaitsee Kymijoen vesistön pohjoisosassa. Valuma-alueen koko Viitasaaren havaintopaikalle on 6 265 km<sup>2</sup> ja järvisyys 17,4 %. Keiteleen suuresta koosta johtuen vedenpinnan vaihtelut ovat melko hitaita. Tyypillisesti vedenpinnan muutos on alle sentin päivässä (keskiarvo 0,5 cm). Suurimmillaan vedenpinta on muuttunut 10 cm päivässä hyvin suurien sateiden seurauksena. Keitele saavuttaa vuoden ylimmän korkeutensa keskimäärin kesä–heinäkuussa, mutta toisinaan muinakin kuukausina. Alimmillaan järven pinta on yleensä alkukevästä juuri ennen lumen sulamisen alkua. Jaksolla 1886–2004 vuoden yliveden sattumisajankohta oli talvella 19 %:ssa, keväällä 8 %:ssa, kesällä 67 %:ssa ja syksyllä 5 %:ssa vuosista. Suuri osa talviajan ylivesihavainnoista sattui vuoden viimeiselle tai ensimmäiselle päivälle samasta syystä kuin edellisessä kappaleessa selitettiin Saimaan kohdalla.

Toisvesi sijaitsee Kokemäenjoen vesistöalueen latvoilla alueen pohjoisosassa. Valuma-alueen koko havaintopaikalle on 1 530 km<sup>2</sup> ja järvisyys 9,9 %. Järven pinta-ala on 29 km<sup>2</sup> eli järvi on kooltaan keskisuuri. Keskimääräinen vedenkorkeuden päivämuuutos on Toisvedellä 0,9 cm. Suurimmillaan vesi on noussut vuorokaudessa 28 cm. Yli kymmenen sentin vedenkorkeuden päivämuitoksia sattuu melkein kerran vuodessa. Myös Toisveden havaintopaikka on altis seichen aiheuttamalle vedenpinnan heilahtelulle. Vuoden alimmat vedenkorkeudet sattuvat yleensä keväällä ennen lumen sulamisen alkua. Vedenkorkeus saavuttaa huippunsa keskimäärin toukokuun puolivälissä. Jaksolla 1903–2004 70 %:ssa vuosista vuoden ylivesi on sattunut kevätkuukausien aikana, 17 %:ssa kesäkuukausina, 8 %:ssa syksyllä ja 6 % talvella. Kevätyliveden ajankohdan keskihajonta oli koko havaintojaksolla 17 päivää.

Tässä käytetyn jaon mukaisen Pohjois-Suomen – oikeastaan Lapin – luonnontilaisena järvenä esitellään Ounasjärvi, joka sijaitsee Kemijoen vesistöalueen pohjoisosassa Ounasjoen lähteillä. Järven pinta-ala on 7 km<sup>2</sup>. Järven valuma-alue on 363 km<sup>2</sup> ja järvisyys 6 %. Vedenkorkeushavainnot järveltä on vuodesta 1950 lähtien. Keskimääräinen vedenpinnan vuorokausimuutos on ollut 0,8 cm. Eniten vesi on noussut vuorokaudessa havaintojaksolla 37 cm. Yli 15 sentin vedenpinnan vuorokausinousuja sattuu Ounasjärvessä lähes joka kevät lumen sulamisvesien purkautuessa järveen äkillisesti. Vedenpinnat ovat alimmillaan talvella ja ylimmillään touko–kesäkuun vaihteessa. Havaintojakson 1950–2004 aikana 78 % vuosista vuoden ylivesi on sattunut keväällä, 20 % vuosista kesällä, ja näistäkin lähes kaikissa kesäkuun alkupuolella. Ainoastaan yhtenä vuotena ylivesi on sattunut syksyllä, mutta ei koskaan talvella. Kevätyliveden ajankohdan keskihajonta on havaintojaksolla vain 9 päivää.

Luonnontilaisissa joissa vedenkorkeudella on selvä vuodenaikainen vaihtelu. Vuoden ylivesi havaitaan pääsääntöisesti keväällä lumen sulamisesta, mutta etelän joissa kesän tai syksyn sateet, tai talven suojasäiden aiheuttama lumien sulaminen voivat saada aikaan vuoden korkeimman vedenkorkeuden. Mitä pohjoisemmaksi mennään, sitä todennäköisemmin ylivesi sattuu ainoastaan keväällä tai alkukesästä, sillä talven aikana kertyneet lumimäärät ovat pohjoisessa huomattavan suuria yksittäisiin sadetapahtumiin nähden. Joissa vedenkorkeuden vaihtelut ovat selvästi nopeampia ja suurempia kuin järvissä. Pienten vesistöalueiden joissa vedenpinnat reagoivat myös melko pieniin sateisiin. Seuraavassa esitellyistä joista eräät ovat osin

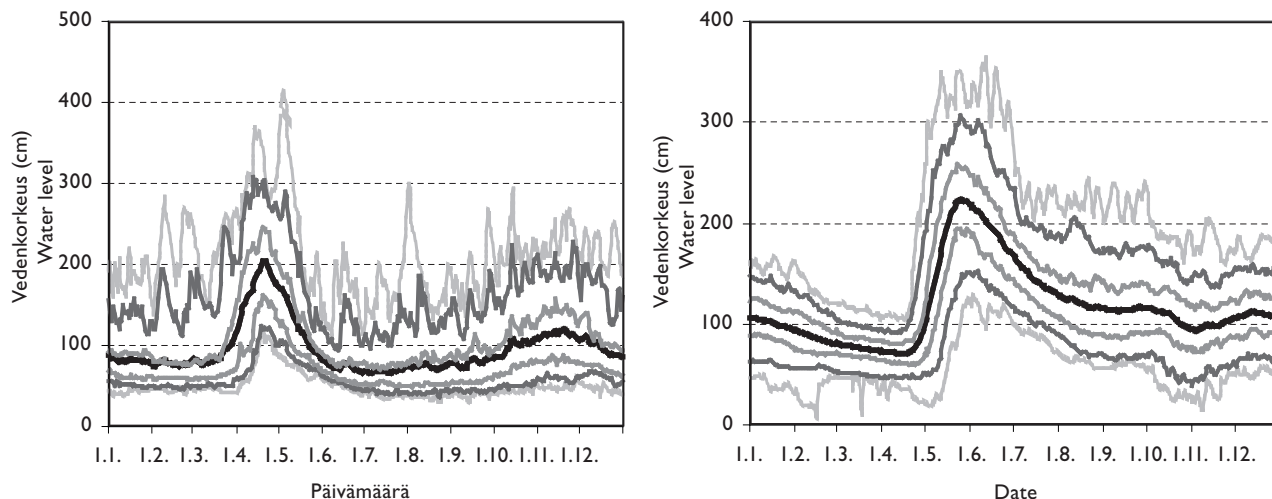


Kuva 3. Vedenkorkeuden keskiarvo-, minimi- ja maksimikäyrä sekä 5, 25, 75 ja 95 % fraktiilit Saimaalla, Pielisellä, Keiteleellä, Toisvedellä ja Ounasjärvellä (säännöstelemättömiä).  
 Figure 3. Annual mean, minimum, and maximum hydrographs, and the 5, 25, 75, 95 % fractile curves of water level, in the unregulated lakes Saimaa, Pielinen, Keitele, Toisvesi, and Ounasjärvi.

säännösteltyjä, mutta kyseisen vedenkorkeusasteikon havaintoja voidaan pitää ainakin lähes luonnontilaisina. Kuvassa 4 esitetään vedenkorkeuden keski- ja ääriarvokäyrät tarkasteltavilla luonnontilaisilla joilla.

Porvoonjoen Vakkolan havaintopaikalla vedenkorkeuksia on mitattu vuodesta 1963 lähtien. Vakkolan yläpuolisen valuma-alueen ala on 1 128 km<sup>2</sup> ja järvisyys vain 1,5%. Vakkolasta alavirtaan on Strömsbergin vesivoimalaitos, mutta sen säännöstely ei vaikuta Vakkolan vedenkorkeuksiin, vaan niitä voidaan pitää luonnontilaisina.





Kuva 4. Vedenkorkeuden keskiarvo-, minimi- ja maksimikäyrä sekä 5, 25, 75 ja 95 % fraktiilit Porvoonjoella ja Tornionjoella (säännöstelemättömiä).  
Figure 4. Annual mean, minimum, and maximum hydrographs, and the 5, 25, 75, 95 % fractile curves of water level, in the unregulated rivers Porvoonjoki and Tornionjoki.

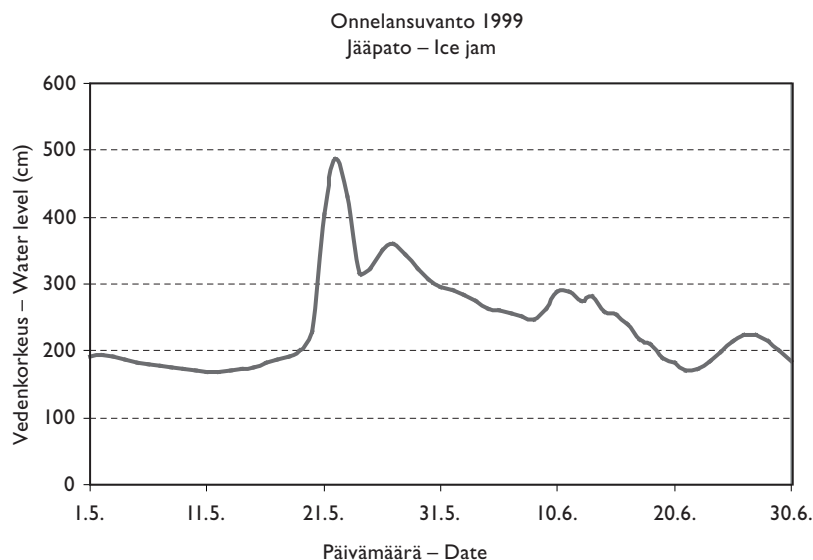
Lahden puhdistetut jätevedet on johdettu vuodesta 1976 lähtien Porvoonjokeen; vedenjohtaminen on kuitenkin pääasiassa alle kuutiometri sekunnissa eli melko pientä. Keskimääräinen vuorokausimuutos vedenkorkeuksissa on koko havaintojaksolla 5 cm. Vuorokauden sisällä havaittu vedenkorkeuden suurin muutos on ollut reilu metri. Useina vuosina vedenpinta on noussut tai laskenut metrin verran vuorokaudessa, mutta suurin niistä on toukokuun 1964 vesisateiden jälkeinen joen pinnanlasku, joka oli 114 cm päivässä. Vedenpinnan suuret nousut ovat selvästi yleisempiä kuin suuret laskut, mikä onkin luonnollista suurten sateiden takia. Vedenpinta on tyypillisesti korkeimmillaan huhtikuussa ja alhaisimmillaan kesällä. Jaksolla 1963–2004 vuoden ylivesi sattui 81 %:ssa vuosista keväällä, keskimäärin 16. huhtikuuta. Vuoden ylin vedenkorkeus on havaittu sateiden takia myös kesällä (2 % vuosista), syksyllä (10 %) ja talvella (7 %) havaintojakson aikana. Myös vuoden alivirtaama voi sattua muulloinkin kuin kesällä, mutta ei kovin todennäköisesti keväällä. Kevään yliveden ajankohdan sattumisen keskihajonta on Vakkolassa 15 päivää.

Tornionjoen Kukkolankoskelta vedenkorkeushavaintoja on vuodesta 1911 lähtien. Havaintopaikan yläpuolisen valuma-alueen ala on n. 39 010 km<sup>2</sup> ja järvisyys 4,7 %. Pinta-alasta yli puolet sijaitsee Ruotsin puolella. Tornionjoki on poikkeuksellinen siinä mielessä, että se haarautuu kahdeksi (bifurkaatio) joeksi Junosuandossa Pohjois-Ruotsissa (Kuusisto 1984). Yli puolet joen vedestä virtaa Tärenönjokea pitkin Kalixjokeen ja loput Suomen ja Ruotsin välillä kulkevaan Tornionjokeen. Keskimääräisen vuorokaudessa tapahtuva vedenpinnan muutos oli koko havaintojaksolla 3,3 cm. Suurimmillaan vedenpinta on noussut vuorokaudessa Kukkolankoskella 92 cm, toukokuussa 1934. Suurin vuorokaudessa tapahtunut vedenpinnan lasku on puolestaan ollut 43 cm. Vedenpinta on Tornionjoessa alimmillaan talvella ja tyypillisesti ylimmillään touko–kesäkuun vaihteessa. Jakson 1911–2004 aikana vuoden ylivesi on aina sattunut joko keväällä tai kesällä, eikä koskaan syksyllä tai talvella. Yliveden ajankohta on ollut 65 % vuosista keväällä ja 35 % kesällä. Kesäkuukausista ylivesi on useimmiten sattunut kesäkuussa ja erityisesti sen alussa, vain kahtena vuotena heinäkuussa, mutta ei yhtenäkkään elokuussa. Vuoden yliveden ajankohdan keskihajonta on havaintojaksolla ollut noin kaksi viikkoa.

Toisinaan jääpadot saattavat padottaa vettä niin, että se nousee hyvin nopeasti korkealle ja padon lauettua vesi palautuu alas. Jääpatoja syntyy lähes vuosittain jonnekin päin Suomea, yleisimpiä ne ovat Lapissa ja Pohjanmaalla. Vaikka jääpatoja esiintyy usein, ne harvemmin sattuvat vedenkorkeuden havaintoasteikoille, niin että niistä saisi jatkuvia havaintoja. Esimerkkinä jääpadon vaikutuksesta on ohessa Tenojoen Onnelansuvannon vedenkorkeushavainnot toukokuulta 1999, jolloin jääpato

syntyi asteikon lähetyville ja sen vaikutukset näkyivät selvästi vedenkorkeushavainnoissa. Toukokuun 20.–21.5.1999 vesi nousi Onnelansuvannon asteikolla päivässä 175 cm, tämän jälkeen vielä seuraavana päivänä 83 cm, jonka jälkeen pato laukesi ja vedenpinta laski kahdessa päivässä 170 cm. Kuvassa 5 esitetään Onnelansuvannon hydrograafi tuolta ajalta.

Kuva 5. Jääpadon vaikutus Tenojoen vedenkorkeuteen Onnelansuvannossa toukokuussa 1999. Figure 5. Effect of an ice jam on the water level in the river Teno (Tana) at Onnelansuvanto in May 1999.



### 5.3.2

#### Vedenkorkeuden vaihtelut säännöstelyillä järvillä ja joilla

Säännöstellyissä järvissä vettä juoksetetaan talvella luonnontilaista tilannetta enemmän yleensä sähkön tuottamiseksi ja keväisten sulamisvesien varastointitilan saamiseksi. Tulvasuojelullisista syistä säännösteltävissä järvissä vedenkorkeuden vaihteluja pyritään tasaamaan luonnontilaiseen nähden. Vesivoimatalouden takia säännösteltävissä järvissä vedenkorkeuden vaihtelut vuoden sisällä voivat olla hyvinkin suuria, eritoten maan pohjoisosassa. Säännösteltyjen jokien vedenkorkeuden vaihtelut riippuvat siitä, kuinka kaukana säännöstelypadosta havaintoasteikko sijaitsee. Padon läheisyydessä vedenkorkeuden vaihtelut poikkeavat suuresti luonnontilaisesta, mutta jos säännöstely tapahtuu kaukana asteikosta erot luonnontilaiseen ovat pienempiä. Säännöstellyistä järvistä ja joista esitellään vedenkorkeuksien vuotuinen kulku ennen ja jälkeen säännöstelyn aloittamisen. Säännösteltyjen järvien ja jokien vedenkorkeuden tilastotietoja esitetään taulukossa 7.  $M(HW-NW)$  on keskimääräinen vuoden ylimmän ja alimman vedenkorkeuden erotus,  $HW_{date}$  jakson ylimmän vedenkorkeuden sattumiskuukausi,  $NW_{date}$  jakson alimman vedenkorkeuden sattumiskuukausi,  $H(HW-NW)$  suurin vuoden ylimmän ja pienimmän vedenkorkeuden erotus,  $N(HW-NW)$  pienin vuoden ylimmän ja alimman korkeuden ero ja  $H(NW-NW)$  suurin vuoden alimman ja alimman korkeuden ero. Kuvissa 6 ja 7 esitetään vedenkorkeuden keski- ja ääriarvokäyrät tarkasteltavilla säännöstellyillä järvillä ja joilla.

Päijänne on maamme toiseksi suurin järvi (1 081 km<sup>2</sup>). Vedenkorkeushavaintoja järveltä on olemassa jo 1800-luvun lopulta lähtien Vääksyn kanavalta, mutta pisin yhtenäinen jatkuva havaintosarja Päijänteeltä on vuodesta 1910 alkaen järven pohjoispäästä. Havaintoja puuttuu joiltakin vuosilta 1920-, 1930- ja 1940-luvuilta. Päijännettä on säännöstely vuodesta 1964 alkaen tulvasuojelullista syistä. Järven yläpuolisen valuma-alueen ala on 26 459 km<sup>2</sup> ja järvisyys 18,9 %. Luonnontilaisessa tilanteessa vuoden ylin vedenkorkeus havaittiin talvella 19 %:ssa havaintovuosista, keväällä 12 %:ssa vuosista, kesällä 70 %:ssa vuosista ja syksyllä ei yhtenäkkään vuonna.

Päijänteen säännöstelyn ylimmän ylärajan ja alimman alarajan välinen erotus on

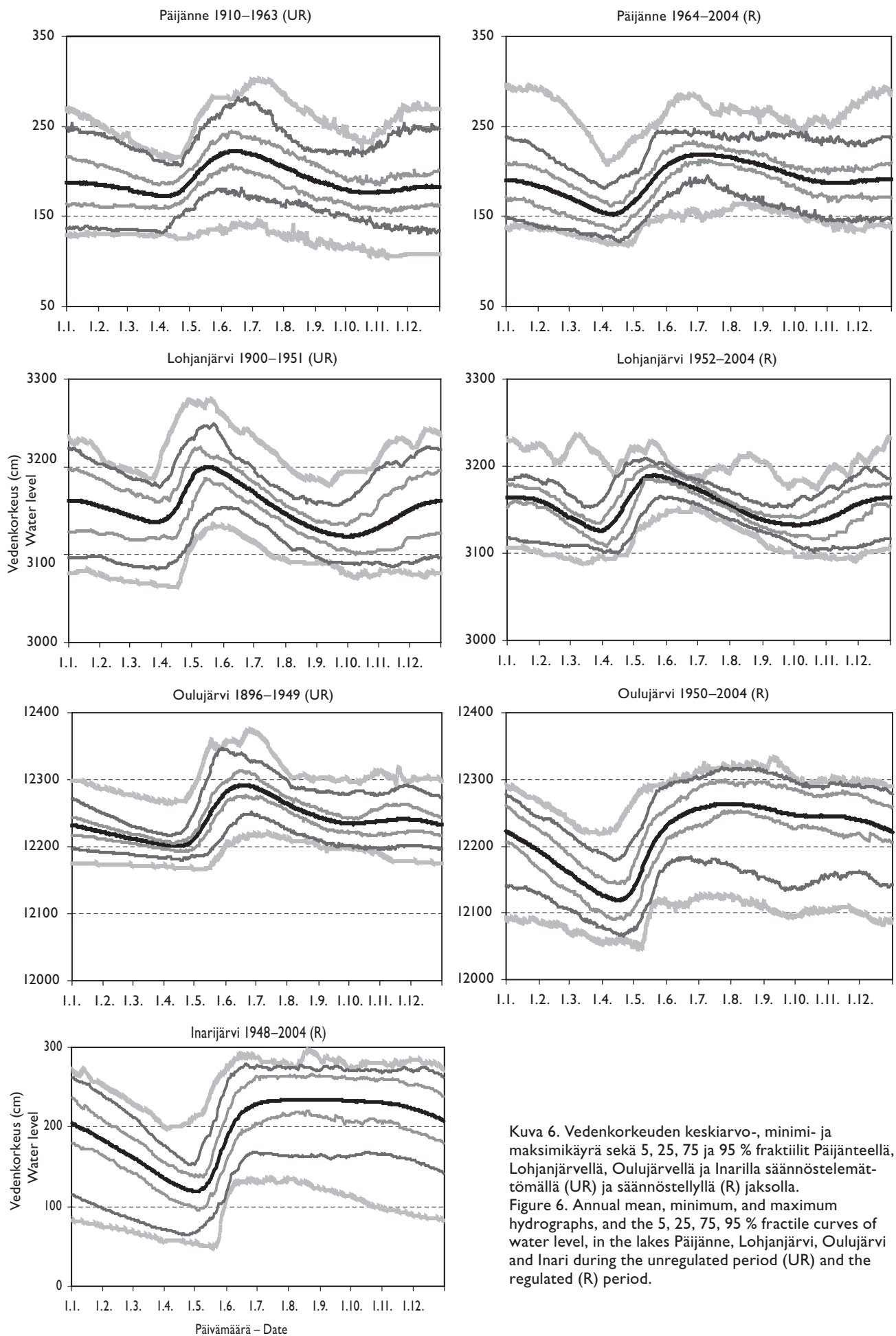
noin metri. Säännöstelyssä tilanteessa vuoden ylin vedenkorkeus havaittiin talvella 24 %:ssa havaintovuosista, keväällä ei yhtenäkkään vuonna, kesällä 73 %:ssa vuosista ja syksyllä 2 %:ssa vuosista. Säännöstelyn myötä vedenkorkeuden ns. kevätkuoppa on 'syventynyt' ja loppuvuoden vedenkorkeudet nousseet (kuva 6).

Lohjanjärvi on eteläisen Suomen suurimpia järviä. Sen pinta-ala on 88 km<sup>2</sup>. Järven vedenkorkeutta on havainnointu jo vuodesta 1900 alkaen. Havaintopaikan yläpuolisen valuma-alueen ala on 1 930 km<sup>2</sup> ja järvisyys 12,7 %. Peltokosken voimalaitospato valmistui vuonna 1952, jolloin säännöstely aloitettiin. Järven vedenkorkeuksia tarkastellaan luonnontilaisella jaksolla 1900–1951 ja säännöstellyllä jaksolla 1952–2004. Luonnontilaisessa tilanteessa vuoden ylin vedenkorkeus havaittiin talvella 24 %:ssa havaintovuosista, keväällä 67 %:ssa vuosista, kesällä 2 %:ssa vuosista ja syksyllä 6 %:ssa. Lohjanjärven säännöstelyn ylimmän ylärajan ja alimman alarajan välinen erotus on yksi metri. Säännöstelyssä tilanteessa vuoden ylin vedenkorkeus havaittiin talvella 17 %:ssa havaintovuosista, keväällä 70 %:ssa vuosista, kesällä 11 %:ssa vuosista ja syksyllä 2 %:ssa vuosista. Säännöstelyn myötä kevätkuoppa on 'syventynyt', ja vuoden sisäiset vedenkorkeuden vaihtelut pienentyneet. Etenkin kesän vedenkorkeuden vaihteluväli on säännöstelyn myötä pienentynyt selvästi. Keskimääräinen vedenpinnan muutos vuorokaudessa Lohjanjärvellä on alle sentti (0,8 cm) ja suurimmillaan vuorokausimuutos on ollut kymmenisen senttiä. Luonnontilaisen ja säännöstellyn jakson välillä ei ole tässä suhteessa suurta eroa (kuva 6).

Oulujärvi on maamme viidenneksi suurin järvi (887 km<sup>2</sup>). Vedenkorkeushavaintoja järveltä on vuodesta 1896 alkaen ja järven säännöstely aloitettiin 1950. Järven yläpuolisen valuma-alueen ala on 19 839 km<sup>2</sup> ja järvisyys 12,8 %. Luonnontilaisessa tilanteessa vuoden ylin vedenkorkeus havaittiin talvella 4 %:ssa havaintovuosista, keväällä 7 %:ssa vuosista, kesällä 84 %:ssa vuosista ja syksyllä 5 %:ssa vuosista. Oulujärven säännöstelyluvan ylä- ja alarajan välinen erotus 2,75 m. Säännöstelyssä tilanteessa vuoden ylin vedenkorkeus havaittiin talvella 13 %:ssa havaintovuosista, keväällä 0 %:ssa vuosista, kesällä 60 %:ssa vuosista ja syksyllä 27 %:ssa vuosista. Säännöstely on muuttanut järven vedenkorkeuden kulkua huomattavasti. Kevätkuoppa on jyrkentynyt ja loppuvuoden vedenkorkeudet nousseet selvästi säännöstelyn myötä.

Taulukko 7. Joitakin vedenkorkeuden tilastotietoja säännöstellyiltä järviltä ja joilta.  
Table 7. Some statistics of water level from regulated lakes and rivers.

Paikka ja jakso Site and period	M(HW-NW)	HW-NW	HWdate	NWdate	H(HW-NW) vuosi/year	N(HW-NW) vuosi/year
Päijänne, pohj. 1910–1963 (UR)	80 cm	197 cm	7/1944	11/1941	146 cm 1934	40 cm 1918
Päijänne, pohj. 1964–2004 (R)	89 cm	177 cm	1/1975	4/1966	157 cm 1974	48 cm 1976
Lohjanjärvi, Lohja 1900–1951 (UR)	114 cm	212 cm	5/1900	4/1922	168 cm 1920	62 cm 1947
Lohjanjärvi, Lohja 1952–2004 (R)	85 cm	146 cm	5/1990	3/1972	140 cm 1975	44 cm 1993
Oulujärvi, Vaala 1896–1949 (UR)	104 cm	207 cm	6/1899	5/1902	163 cm 1898	41 cm 1941
Oulujärvi, Vaala 1950–2004 (R)	175 cm	286 cm	9/1962	5/1981	269 cm 1981	74 cm 1960
Inari, Inari 1948–2004 (R)	143 cm	248 cm	8/1992	5/1961	214 cm 1961	77 cm 1950
Kymijoki, Pernoo 1900–2004 (R)	95 cm	244 cm	12/1902	11/1941	194 cm 1902	36 cm 1953
Kyrönjoki, Munakka 1912–1960 (UR)	424 cm	691 cm	4/1916	8/1959	529 cm 1948	234 cm 1925
Kyrönjoki, Munakka 1961–1992 (R)	497 cm	653 cm	5/1966	9/1968 8/1969	634 cm 1966	339 cm 1978



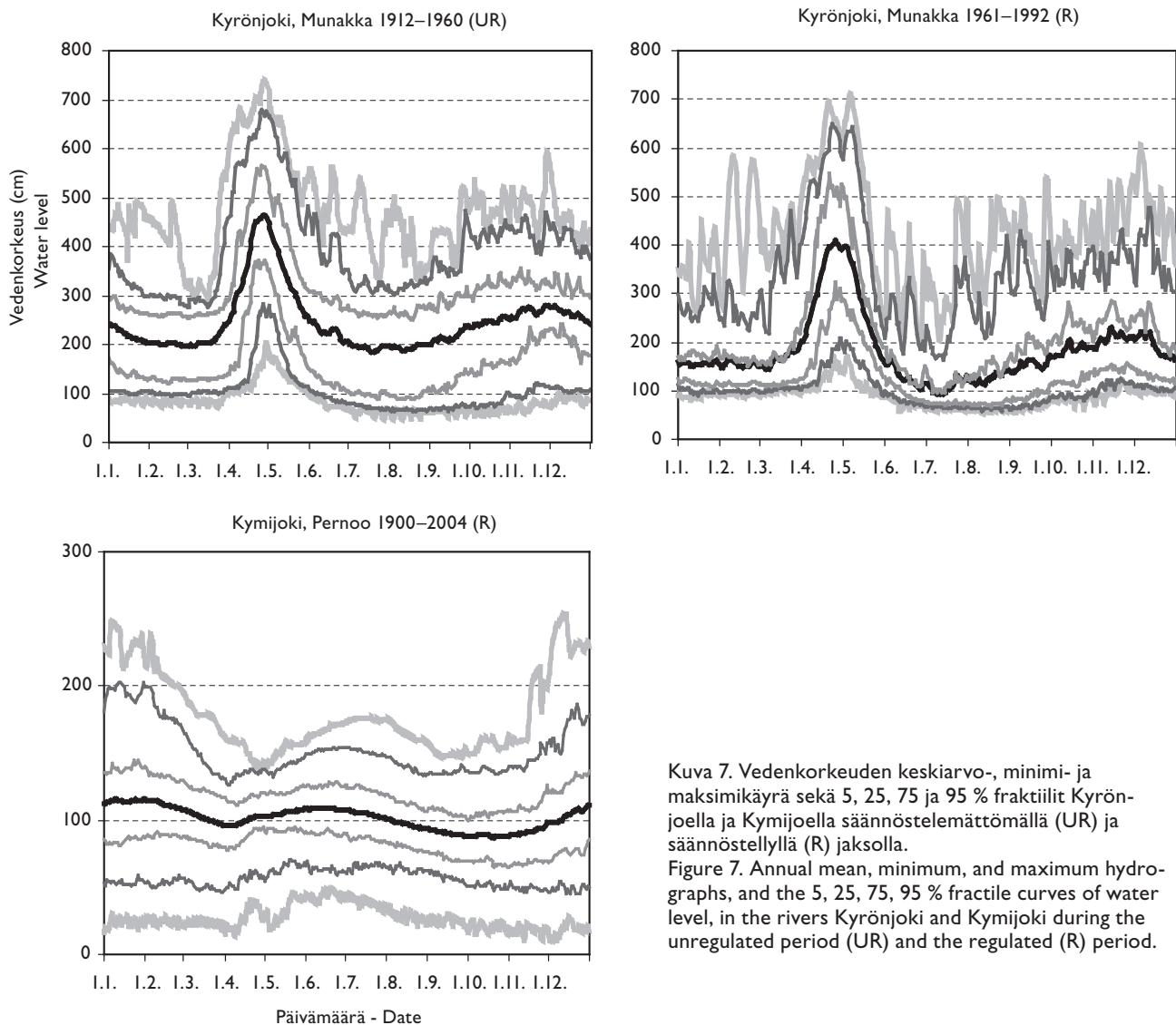
Kuva 6. Vedenkorkeuden keskiarvo-, mini- ja maksimikäyrä sekä 5, 25, 75 ja 95 % fraktiilit Päijänteellä, Lohjanjärvellä, Oulujärvellä ja Inarilla säännöstelemättömällä (UR) ja säännöstellyllä (R) jaksolla.  
 Figure 6. Annual mean, minimum, and maximum hydrographs, and the 5, 25, 75, 95 % fractile curves of water level, in the lakes Päijänne, Lohjanjärvi, Oulujärvi and Inari during the unregulated period (UR) and the regulated (R) period.

Luonnontilaisella jaksolla keskimääräinen vedenkorkeuden muutos vuorokaudessa oli 1 cm, mutta säännöstelyjaksolla 2 cm. Säännöstelyn myötä vedenkorkeuden vaihteluväli on kasvanut selvästi (kuva 6).

Inari on pinta-alaltaan maamme kolmanneksi suurin järvi (1 040 km<sup>2</sup>). Inarijärven säännöstely aloitettiin voimataloudellisin tarkoituksin 1940-luvulla. Järven yläpuolinen valuma-alue on 14 512 km<sup>2</sup> ja järvisyys 12,4 %. Havaintoja Inarista on vuodesta 1947 alkaen. Säännöstelyn ylimmän ylärajan ja alimman alarajan välinen erotus on reilut kaksi metriä. Keskimääräinen vedenpinnan vuorokausimuutos on 1 cm. Suurimmillaan vesi on noussut vuorokaudessa havaintojaksolla 41 cm. Inarin vedenpinta laskee talven aikana joka vuosi selvästi ja on alimmillaan huhti–toukokuun vaihteessa. Vedenkorkeus on yleensä ylimmillään loppukesästä (kuva 6). Säännöstelyjaksolla vuoden ylin vedenkorkeus havaittiin talvella 28 %:ssa havaintovuosista, keväällä 0 %:ssa vuosista, kesällä 45 %:ssa vuosista ja syksyllä 28 %:ssa vuosista. Säännöstelyn myötä vedenkorkeudet ja vaihteluväli ovat hieman kasvaneet (Suurpadot – Suomen osasto ry. 1991) luonnontilaiseen verrattuna.

Suurin Suomessa valtakunnallisella vedenkorkeusasemalla havaittu joen vedenpinnan vaihteluväli on vähäjärvisen Kyrönjoen vesistöalueella Munakan asteikolla, 691 cm. Vielä tätä suurempia vedenpinnan vaihteluita on havaittu muutamalla tekojärvellä, Kemijärvellä (7,5 m) ja Porttipahdalla (9 m). Munakan asteikko oli toiminnassa jaksolla 1912–1993 ja sijaitsi Kyrönjoen varressa Seinäjoen ja Ylistaron välissä. Munakan asteikon yläpuolisen valuma-alueen ala on 2 729 km<sup>2</sup> ja järvisyys vain 0,6 %. Kyrönjoen vesistön latvoilla sijaitsevilla tekoaltailla harjoitetaan sekä tulvasuojelun tarpeisiin tapahtuvaa vuosisäännöstelyä että toisaalta Kalajärven, Kyrkösjärven ja Pitkämön voimalaitoksien vuorokausi- ja viikkosäännöstelyä. Säännöstely aloitettiin ja tekojärvet rakennettiin 1960–1970-luvulla. Keskimääräinen vedenkorkeuden muutos vuorokaudessa Munakassa koko havaintojaksolla oli 10 cm. Suurimmillaan vedenkorkeus on noussut vuorokaudessa jopa lähes 3 metriä eli yli 12 senttiä tunnissa (huhtikuu 1986). Tyypillisesti vuoden ylimmät vedenkorkeudet ovat sattuneet huhti–toukokuussa ja alimmat heinäkuussa. Vuoden ylin vedenkorkeus saavutettiin jaksolla 1912–1992 keväällä 90 %:ssa vuosista, keskimäärin 25. huhtikuuta. Muutamana vuotena ylivesi sattui talvella (5 %), kesällä (2 %) tai syksyllä (2 %). Säännösteltyllä jaksolla on nähtävissä tekojärvien tulvasuojelullinen vaikutus vedenkorkeuksiin. Jaksolla 1961–1992 talviset vedenkorkeudet ovat alemmat, kevätylivesi pienempi sekä kesän ja syksyn vedenkorkeudet alempia kuin aiemmalla jaksolla (kuva 7).

Kymijokea on säännöstelty vesivoiman tuotantoon jo 1900-luvun alusta saakka, mutta eniten voimalaitoksia rakennettiin 1920–1930-luvuilla. Pisimmät vedenkorkeuden aikasarjat Kymijoelta ovat myös vuosisadan alusta. Pernoonkoskelta joen itähaarasta havaintoja on vuodesta 1900 alkaen. Kymijoki haarautuu juuri Pernoonkosken yläpuolella kahteen eri haaraan (bifurkaatio), joten vedenkorkeuspisteelle ei ole määritettyä yläpuolista valuma-aluetta tai järvisyyttä. Keskimääräinen vedenkorkeuden muutos vuorokaudessa Pernoolla koko havaintojaksolla oli 2 cm. Suurimmillaan vedenkorkeus on noussut vuorokaudessa jopa 56 cm. Vuodensisäisesti vedenkorkeus vaihtelee, mutta selvää ylivesi- tai alivesikautta ei ole nähtävissä säännöstelystä johtuen. Vedenkorkeus on tyypillisimmin ylhäällä talvella. Pernoon vedenkorkeudessa näkyy yläpuolisten vesivoimalaitosten vaikutus, eivätkä vaihtelut ole samanlaisia kuin luonnontilaisissa joissa. Erityisesti päivästä toiseen tapahtuvat muutokset ovat kasvaneet 1920–1930-luvuilla vesivoimalaitosten lisääntyessä ylävirralla (kuva 7). Vuoden ylivesi sattui talvella 79 %:ssa vuosista, keväällä 9 %:ssa vuosista, kesällä 8 %:ssa vuosista ja syksyllä 5 %:ssa vuosista.



Kuva 7. Vedenkorkeuden keskiarvo-, minimi- ja maksimikäyrä sekä 5, 25, 75 ja 95 % fraktiilit Kyrönjoella ja Kymijoella säännöstelemättömällä (UR) ja säännöstellyllä (R) jaksolla.  
Figure 7. Annual mean, minimum, and maximum hydrographs, and the 5, 25, 75, 95 % fractile curves of water level, in the rivers Kyrönjoki and Kymijoki during the unregulated period (UR) and the regulated (R) period.

### 5.3.3

#### Virtaaman vaihtelut luonnontilaisella järvillä ja joilla

Luonnontilaisten järvien luusuasta purkautuva veden vuotuinen kulku seuraa vedenkorkeuden muutoksia purkautumiskäyrän mukaan. Suurten ja pienten järvien välillä on eroja; pienissä järvissä virtaamat reagoivat nopeasti sateisiin ja lumen sulamiseen, suurissa järvissä puolestaan hitaammin viiveellä. Luusuosta havaitut virtaamat ovat yleensä tarkkoja, sillä luusuat pysyvät usein auki talvellakin, eikä jään aiheuttamaa padotusta näin tapahdu. Luonnontilaisten järvien luusoiden ja jokien virtaaman tilastotietoja esitetään taulukossa 8. Taulukon muuttujat ovat seuraavat: MQ on keskimääräinen vuosivirtaama, HMQ ylin vuosivirtaama jaksolla, NMQ alin vuosivirtaama,  $s/MQ$  vaihtelukerroin eli vuosivirtaaman keskihajonnan suhde keskivirtaamaan, HQ suurin päivävirtaama, NQ pienin päivävirtaama, MHQ jakson keskiylivirtaama, MNQ jakson keskialivirtaama, TR (5 a) kerran viidessä vuodessa toistuva ylivirtaama, TR (20 a) kerran 20 vuodessa toistuva ylivirtaama. Kuvissa 8 ja 9 esitetään virtaaman keski- ja ääriarvokäyrät tarkasteltavilla luonnontilaisilla järvillä ja joilla.

Taulukko 8. Joitakin virtaaman tilastotietoja säännöstelemättömiltä järviltä ja joilta.  
Table 8. Some statistics of discharge from unregulated lakes and rivers.

Paikka ja jakso Site and period	MQ(m <sup>3</sup> /s) HMQ (year) NMQ (year)	s/MQ (%)	HQ (date) NQ (date) m <sup>3</sup> /s	MHQ MNQ m <sup>3</sup> /s	TR (5 a) TR (20 a) m <sup>3</sup> /s
Lieksanjoki, Ruunaa 1931–2004	74,4 122 (1962) 40 (1960)	22	250 (5/1943) 17 (4/1942)	146 35	174 219
Pääjärvi, luusua 1911–2004	11,4 20 (1981) 3,1 (1941)	27	103 (5/1982) 0,6 (3/1942)	51 3	66 88
Nilakka, Äyskoski 1896–2004	19,7 36 (1899) 8,1 (1941)	27	92 (6/1899) 4,5 3/1911	40,5 9,6	49 63
Kitusjärvi, luusua 1911–2004	5,6 9,6 (1981) 2,0 (1941)	26	37 (5/1988) 0,6 (useita)	20 1,5	25 33
Muroleenkoski 1863–2004	53 95 (1981) 16,8 (1941)	28	269 (1899) 1,6 (4/1909)	119 21	147 190
Lestijärvi, luusua 1921–2004	3,1 5,4 (1932) 1,3 (1942)	25	10,5 (5/1982) 0 (3/1942)	6,1 1,8	7 9
Lentua, luusua 1911–2004	26 38 (1962) 13,5 (1941)	20	142 (5/1943) 5,5 (9/1947)	78 9	95 122
Vantaanjoki, Oulunkylä 1937–2004	16 33 (1944) 5,7 (1940)	37	317 (5/1966) 0,6 (2/1940)	133 2	165 215
Aurajoki, Hypöstenkoski 1948–2004	3,3 6,2 (1984) 1,2 (2003)	35	135 (5/1966) 0,02 (1/1945)	50 0,1	62 82
Tornionjoki, Karunki 1911–2004	381 572 (2000) 230 (1941)	19	3 667 (6/1968) 45 (4/1917)	2 156 74	2 500 3 060
Ounasjoki, Marraskoski 1919–2004	129 210 (1967) 71 (1941)	21	1 655 (5/1922) 20 (4/1981)	966 31	1 145 1 424
Utsjoki, Patoniva 1962–2004	18 28 (1992) 9,9 (2003)	24	390 (5/1978) 2,2 (3/1998)	208 3,3	270 355
Juutuanjoki, Saukkoniva 1921–2004	56 94 (1932) 27 (1941)	23	616 (6/1968) 7 (1942)	311 15	388 511

Lieksanjoen Ruunaan havaintopaikka sijaitsee Pohjois-Karjalassa Vuoksen vesistöalueen koillisosassa. Virtaama on Polvijärvestä Lieksanjokeen purkautuva vesimäärä. Polvijärven ala on noin 35,5 km<sup>2</sup>. Virtaamapisteen yläpuolisen valuma-alueen ala on 6 259 km<sup>2</sup> ja järvisyys 13,7 %. Havaintoja Ruunaalta on vuodesta 1931 lähtien. Keskimääräinen virtaaman muutos vuorokaudessa koko havaintojaksolla oli 1 m<sup>3</sup>/s. Suurimmillaan virtaama on kasvanut 27 m<sup>3</sup>/s vuorokaudessa toukokuussa 1961. Virtaamat ovat selvästi alhaisimmillaan talvella ja nousevat kesäkuussa tyypillisesti huippuunsa (kuva 8). Myös syksyllä virtaamat voivat nousta melko suuriksi sateiden myötä. Jaksolla 1931–2004 vuoden ylivirtaama havaittiin 61 %:ssa vuosista kesällä, 28 %:ssa vuosista keväällä, 8 %:ssa vuosista syksyllä ja vain 3 %:ssa vuosista talvel-la. Kuukauden keskivirtaaman vaihtelu oli jaksolla 1931–2004 pienin maaliskuussa 20 % ja suurin syyskuussa 42 %.

Pääjärvi sijaitsee Kymijoen vesistöalueen luoteisosassa. Valuma-alueen ala on 1 214 km<sup>2</sup> ja järvisyys 7,1 %. Järven pinta-ala on noin 30 km<sup>2</sup>. Järven luusuasta on olemassa virtaamahavaintoja vuodesta 1911 lähtien. Keskimääräinen virtaaman muutos vuorokaudessa on ollut koko havaintojaksolla 0,4 m<sup>3</sup>/s. Suurimmillaan virtaama on muuttunut vuorokaudessa 14 m<sup>3</sup>/s. Virtaamat ovat yleensä pienimmillään talvella ja nousevat huippuunsa toukokuussa. Loppusyksystä virtaamissa on toinen pienehkö huippu (kuva 8). Jaksolla 1911–2004 vuoden ylivirtaaman sattumisajankohta on ollut 95 %:sti huhti–toukokuussa. Kesäkuukausina vuoden ylivirtaamaa ei ole havaittu Pääjärvellä koskaan, talvella kerran ja syksyllä 4 %:ssa vuosista. Kuukauden keskivirtaaman vaihtelukerroin jaksolla 1911–2004 oli pienin toukokuussa 36 ja suurin huhtikuussa 77.

Nilakka sijaitsee Kymijoen vesistöalueella Pohjois-Savossa ja järven pinta-ala on 168,5 km<sup>2</sup>. Nilakan virtaaman mittauspiste sijaitsee Äyskoskella. Virtaamapisteen yläpuolisen valuma-alueen ala on 2 157 km<sup>2</sup> ja järvisyys 17,9 %. Havaintoja Äyskoskelta on jo vuodesta 1896 alkaen. Keskimääräinen virtaaman muutos vuorokaudessa koko havaintojaksolla on ollut 0,4 m<sup>3</sup>/s. Suurin vuorokausimuutos on ollut noin 9 m<sup>3</sup>/s huhtikuussa 1913. Virtaamat ovat Äyskoskella tyypillisesti alimmillaan kevättalvella ja nousevat huippuunsa kesä–heinäkuun vaihteessa. Kesän ja alkusyksyn aikana virtaamat laskevat (kuva 8). Jaksolla 1896–2004 ylivirtaaman sattumisaika on 58 %:ssa vuosista ollut kevät, 29 %:ssa kesä, 6 %:ssa syksy ja 7 %:ssa talvi. Yleisimmin ylivirtaama esiintyi touko- tai kesäkuussa. Kuukauden keskivirtaaman vaihtelu jaksolla 1896–2004 oli pienin maaliskuussa 32 % ja suurin marraskuussa 48 %.

Kitusjärvi sijaitsee Kokemäenjoen latvoilla vesistön pohjoisosassa. Järven ala on vain 0,5 km<sup>2</sup>. Valuma-alueen ala luusuun saakka on 546 km<sup>2</sup> ja järvisyys 9,6 %. Havaintoja Kitusjärveltä on vuodesta 1911 lähtien. Keskimääräinen virtaaman muutos koko havaintojaksolla vuorokautta kohden on ollut 0,2 m<sup>3</sup>/s. Suurimmillaan virtaama on kasvanut vuorokaudessa 11 m<sup>3</sup>/s:lla huhtikuussa 1916. Tyypillisesti virtaamat ovat pienimmillään sekä talvella että kesällä. Virtaamat nousevat tavallisesti huippuunsa keväällä toukokuussa. Toinen pienempi huippu saavutetaan yleensä syysateista marraskuussa (kuva 8). Jaksolla 1911–2004 ylivirtaaman ajankohta osui yleensä keväälle. 86 %:ssa vuosista ylivirtaama oli keväällä, 4 %:ssa vuosista kesällä, 9 %:ssa syksyllä ja 1 %:ssa vuosista talvella. Kuukauden keskivirtaaman vaihtelu jaksolla 1911–2004 oli pienin toukokuussa 35 % ja suurin elokuussa 68 %.

Muroleenkoski yhdistää Paloveden ja Näsijärven Kokemäenjoen vesistössä. Havaintoja järvien väliseltä koskelta on olemassa jopa vuodesta 1863 lähtien. Havaintopisteen yläpuolisen valuma-alueen ala on 6 102 km<sup>2</sup> ja järvisyys 12,2 %. Keskimääräinen virtaaman muutos vuorokaudessa on 0,7 m<sup>3</sup>/s. Suurin vuorokaudessa tapahtunut virtaaman muutos on ollut 29 m<sup>3</sup>/s. Virtaamat ovat Muroleenkoskella tyypillisesti alimmillaan keväällä ennen lumen sulamisen alkamista ja toiseksi alkusyksystä kesän jälkeen. Virtaamat nousevat huippuunsa touko–kesäkuun vaihteessa ja laskevat kesän aikana. Toinen pienehkö nousu on nähtävissä loppusyksyllä ennen talven tuloa (kuva 8). Jaksolla 1863–2004 ylivirtaaman sattumisajankohta oli yleisimmin kevät tai kesä. Virtaamahuippu saavutettiin keväällä 55 %:ssa vuosista, kesällä 29 %:ssa vuosista, syksyllä 5 %:ssa vuosista ja talvella 11 %:ssa vuosista. Suuresta yläpuolisesta valuma-alueesta johtuen virtaaman huippu on siirtynyt selvemmin kesän puolelle lähialueiden pienempiin valuma-alueisiin verrattuna. Kuukauden keskivirtaaman vaihteluprosentti jaksolla 1863–2004 oli pienin touko- ja kesäkuussa 37 ja suurin marraskuussa 58.

Lestijärvi sijaitsee Keski-Pohjanmaalla Lestijoen vesistöalueella lähellä Kymijoen vesistöalueen pohjoisosaa. Lestijärven ala on noin 65 km<sup>2</sup>. Havaintoja järven luusuasta on olemassa vuodesta 1921 lähtien. Järven luusuan yläpuolisen valuma-alueen koko on 363 km<sup>2</sup> ja järvisyys 21,1 %. Keskimääräinen virtaaman vuorokausimuutos on Lestijärvellä vain 0,05 m<sup>3</sup>/s. Suurimmillaan virtaama on laskenut päivässä 4,1 m<sup>3</sup>/s.



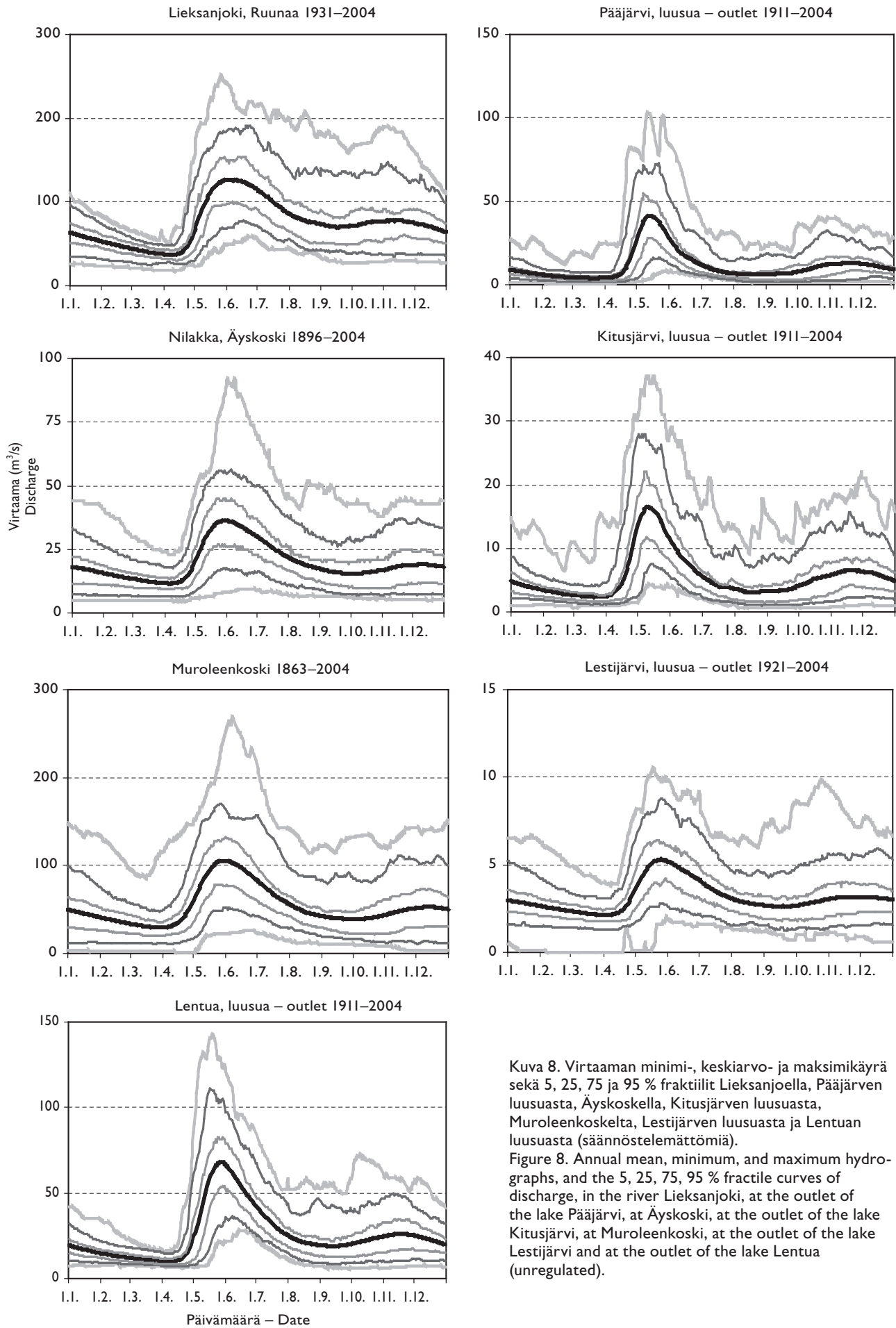
Virtaamat ovat Lestijärvellä tyypillisesti pienimmillään lopputalvella ja nousevat huippuunsa touko–kesäkuun vaihteessa ja laskevat kesän aikana. Syksyn sateiden aiheuttama virtaamien nousu on keskiarvokäyrällä hyvin pieni (kuva 8). Useimmiten vuoden ylivirtaama havaitaan keväällä toukokuussa. Jakson 1921–2004 vuosista 69 %:ssa ylivirtaaman ajankohta oli keväällä, 13 %:ssa kesällä, 11 %:ssa syksyllä ja 7 %:ssa talvella. Suurin kuukausikeskivirtaaman vaihteluprosentti koko havaintojaksolla oli 48 lokakuussa ja pienin 28 helmikuussa.

Lentua sijaitsee Oulujoen vesistöalueella Kuhmon kunnassa. Järven ala on 78 km<sup>2</sup>. Virtaamahavaintoja järven luusuasta on vuodesta 1911 alkaen. Havaintopisteen yläpuolisen valuma-alueen ala on 2 045 km<sup>2</sup> ja järvisyys 12,7 %. Keskimääräinen virtaaman muutos vuorokaudessa on noin 0,6 m<sup>3</sup>/s. Suurimmillaan virtaama on muuttunut vuorokaudessa 32 m<sup>3</sup>/s toukokuussa 1944. Virtaamat ovat tyypillisesti alimmillaan lopputalvesta, nousevat huippuunsa touko–kesäkuun vaihteessa ja laskevat kesän aikana. Pienehköä virtaamien nousua on yleensä havaittavissa loppusyksystä (kuva 8). Jaksolla 1911–2004 ylivirtaaman sattumisajankohta on lähes aina ollut kevät tai kesä. Talvella ylivirtaama ei ole esiintynyt koskaan, syksyllä kahdesti (2 %), kesällä 23 %:ssa vuosista ja 74 %:ssa vuosista keväällä. Kevään osalta kaikki ylivirtaamat on havaittu toukokuussa ja kesän osalta kesäkuussa. Suurin kuukausikeskivirtaaman vaihtelu koko havaintojaksolla oli 50 % syyskuussa ja pienin 24 % maaliskuussa.

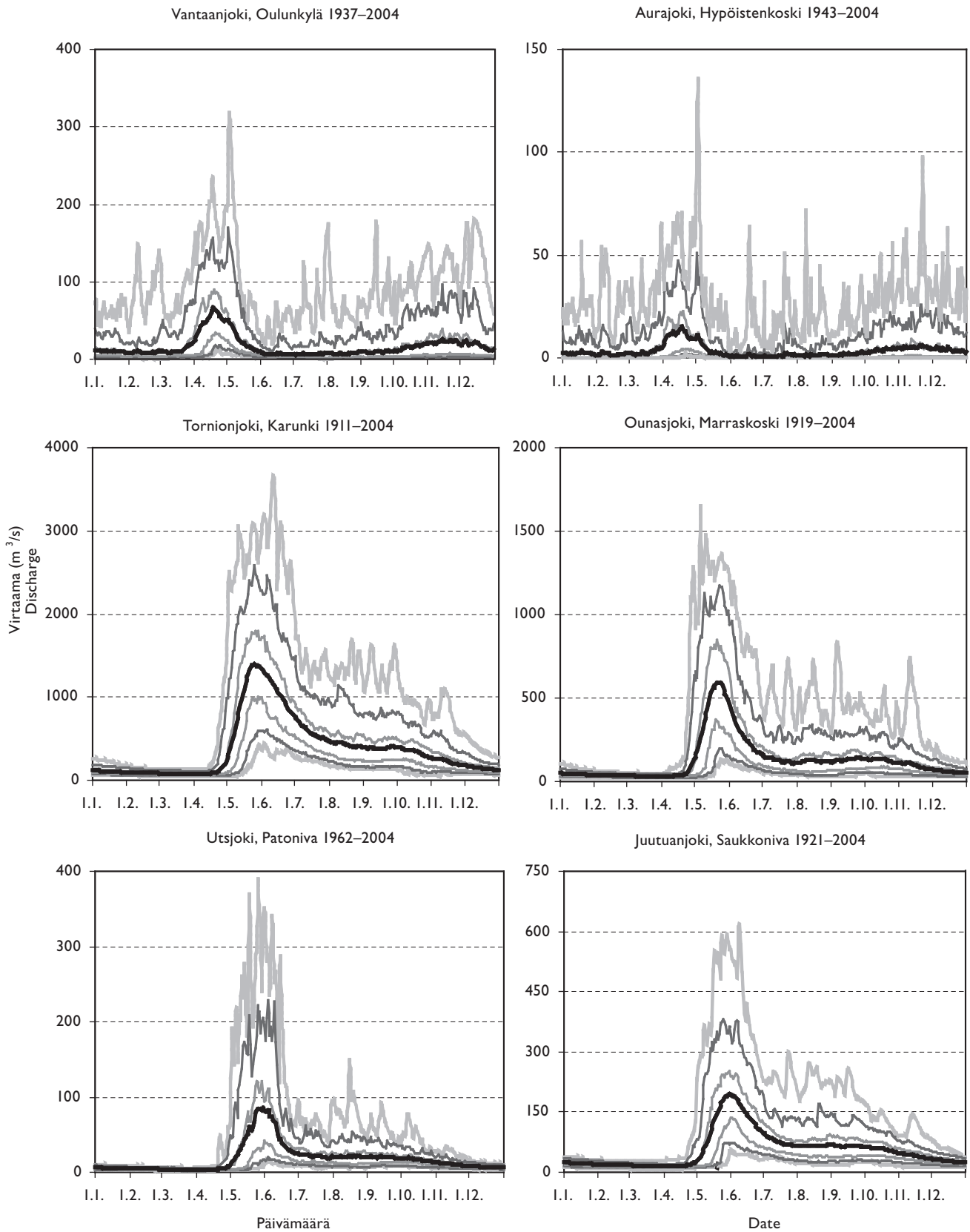
Luonnontilaisissa joissa virtaamalla on selvä vuotuinen vaihtelu, aivan samoin kuin vedenkorkeudellakin. Luonnontilaisten jokien virtaamat määritetään pääsääntöisesti purkautumiskäyrältä vedenkorkeushavaintojen pohjalta. Vuoden ylivirtaama havaitaan pääsääntöisesti keväällä lumensulamisvesistä, mutta etelän joissa kesän tai syksyn sateet, tai talven lämpöaallon aiheuttama lumien sulaminen voivat aikaansaada vuoden ylimmän virtaaman. Mitä pohjoisemmaksi mennään sitä todennäköisemmin ylivirtaama sattuu ainoastaan keväällä tai alkukesästä, sillä talven aikana kertyneet lumimäärät ovat pohjoisessa huomattavan suuria yksittäisiin sadetapahtumiin nähden. Joissa virtaaman vaihtelut ovat selvästi nopeampia ja suurempia kuin järvissä. Seuraavassa esitellyistä joista osa ovat osin säännösteltyjä, mutta kyseisen virtaamapisteen havaintoja voidaan pitää ainakin lähes luonnontilaisina.

Vantaanjoen vesistöalueella on muutamia säännöstelyjä järviä ja altaita, joita säännöstellään vedenhankintaa, tulvasuojeluun tai vesiensuojeluun liittyvissä tarkoituksissa. Lisäksi Vantaanjokeen johdettiin 1969–1977 vettä Hiidenvedestä vesihuollon tarpeisiin. Tämä vedenjohtaminen oli maksimissaan 1,9 m<sup>3</sup>/s. Säännöstelyn ja veden johtamisen vaikutus Vantaanjoen virtaamaan on melko pieni, ja niinpä joen virtaamia tarkastellaan tässä työssä luonnontilaisten joukossa. Vantaanjoen Oulunkylän havaintopaikalta havaintoja on vuodesta 1937 alkaen. Vuodesta 1961 virtaamat on määritetty laskennallisesti Myllymäen ja Hanalan havaintojen avulla (kerroin on 1,09). Valuma-alueen koko havaintopisteeseen saakka on 1 680 km<sup>2</sup> ja järvisyys 2,5 %. Keskimääräinen virtaaman muutos vuorokaudessa on koko havaintojaksolla 2,5 m<sup>3</sup>/s. Suurimmillaan virtaama on noussut vuorokaudessa 96 m<sup>3</sup>/s (huhtikuu 1950). Virtaamat ovat yleensä alimmillaan kesällä ja suurimmillaan keväällä. Loppusyksystä virtaamissa on toinen kevättä pienempi huippu (kuva 9). Havaintojaksolla 1937–2004 75 %:ssa vuosista vuoden ylivirtaama on sattunut keväällä, 13 %:ssa talvella, 10 %:ssa syksyllä ja vain kerran (1 %) kesällä, elokuun 2004 rankkasateiden yhteydessä. Suurin kuukausikeskivirtaaman vaihtelu koko havaintojaksolla oli 130 % helmikuussa ja pienin 44 % huhtikuussa.

Aurajoki on maamme vähäjärvisimpiä vesistöjä. Vesistöalueella on vesivoimalaitos ja vedenottamo Halisissa Turussa, mutta ylävirrassa Hypöistenkosken virtaamat ovat luonnontilaisia. Aurajoen Hypöistenkoskelta havaintoja on olemassa kesästä 1943 lähtien, mutta yhtenäinen havaintosarja on olemassa vuodesta 1948 alkaen.



Kuva 8. Virtaaman minimi-, keskiarvo- ja maksimikäyrä sekä 5, 25, 75 ja 95 % fraktiilit Lieksanjoella, Pääjärven luusua, Äyskoskella, Kitusjärven luusua, Muroleenkoskelta, Lestijärven luusua ja Lentuan luusua (säännöstelemättömiä).  
 Figure 8. Annual mean, minimum, and maximum hydrographs, and the 5, 25, 75, 95 % fractile curves of discharge, in the river Lieksanjoki, at the outlet of the lake Pääjärvi, at Äyskoski, at the outlet of the lake Kitusjärvi, at Muroleenkoski, at the outlet of the lake Lestijärvi and at the outlet of the lake Lentua (unregulated).



Kuva 9. Virtaaman minimi-, keskiarvo- ja maksimikäyrä sekä 5, 25, 75 ja 95 % fraktiilit Vantaanjoella, Aurajoella, Tornionjoella, Ounasjoella, Utsjoella ja Juutuanjoella (säännöstelemättömiä).

Figure 9. Annual mean, minimum, and maximum hydrographs, and the 5, 25, 75, 95 % fractile curves of discharge, in the unregulated rivers Vantaanjoki, Aurajoki, Tornionjoki, Ounasjoki, Utsjoki and Juutuanjoki.

Havaintopisteen yläpuolisen valuma-alueen ala on 351 km<sup>2</sup> ja järvisyys 0,0 %. Keskimääräinen vuorokaudessa tapahtuva virtaaman muutos on koko havaintojaksolla ollut noin 1 m<sup>3</sup>/s. Suurimmillaan virtaama on kasvanut vuorokaudessa 70 m<sup>3</sup>/s (marraskuu 1980). Virtaamat nousevat huippuunsa yleensä keväällä huhtikuussa ja ovat alimmillaan kesällä. Loppusyksystä saavutetaan toinen kevätvirtaamia pienempi huippu (kuva 9). Koko havaintojaksolla 68 %:ssa vuosista vuoden ylivirtaama on sattunut keväällä, 18 %:ssa talvella, 12 %:ssa syksyllä ja 2 %:ssa kesällä. Suurin kuukausikeskivirtaaman vaihtelu koko havaintojaksolla oli 221 % helmikuussa ja pienin 49 % huhtikuussa.

Tornionjoen Karungin havaintopaikalta virtaamahavaintoja on vuodesta 1911 lähtien. Havaintopisteen yläpuolinen valuma-alue on noin 39 010 km<sup>2</sup>. Valuma-alueesta noin 65 % sijaitsee Ruotsin puolella. Tornionjoki on poikkeuksellinen siinä mielessä, että se haarautuu kahdeksi (bifurkaatio) joeksi Junosuandossa Pohjois-Ruotsissa (Kuusisto 1984). Yli puolet joen vedestä virtaa Tärenönjokea pitkin Kalixjokeen ja loput Suomen ja Ruotsin välillä kulkevaan Tornionjokeen. Valuma-alueen järvisyys on 4,7 %. Virtaama on muuttunut tyypillisesti vuorokaudessa 22 m<sup>3</sup>/s havaintojakson aikana. Suurin havaittu vuorokausikasvu on ollut jopa 1 275 m<sup>3</sup>/s toukokuussa 1934. Noin kerran viidessä vuodessa virtaama nousee vuorokaudessa yli 500 m<sup>3</sup>/s. Virtaamat ovat Tornionjoessa alimmillaan talvella, aivan kuten pohjoisen joissa ylipäätään. Virtaaman vuosihuippu saavutetaan yleensä touko–kesäkuun vaihteessa. Kesän aikana virtaamat laskevat melko nopeasti kevään huippulukemista. Syksynkin aikana virtaamat talvea kohden pienenevät, tosin melko hitaasti (kuva 9). Koko havaintojakson aikana vuoden ylivirtaama on Tornionjoella saavutettu aina kevään tai kesän aikana, eikä koskaan syksyllä tai talvella. 65 %:ssa vuosista virtaaman maksimi sattuu toukokuussa ja 33 %:ssa vuosista kesäkuussa. Vain kahtena vuotena huippu on sattunut joko heinä- tai elokuulle (2 %). Vuoden ylivirtaaman sattumisajankohdan keskihajonta on vain kaksi viikkoa. Suurin kuukausikeskivirtaaman vaihtelu koko havaintojaksolla oli 53 % huhtikuussa ja pienin 24 % maaliskuussa.

Ounasjoen Marraskoskelta virtaamahavaintoja on vuodesta 1919 lähtien. Virtaamahavaintopaikan yläpuolisen valuma-alueen koko on 12 303 km<sup>2</sup> ja järvisyys 2,6 %. Ounasjoki on Kemijoen vesistöalueen luonnontilainen haara. Vuorokaudessa tapahtuva virtaaman muutos on tyypillisesti 9,5 m<sup>3</sup>/s. Suurimmillaan päivävirtaama on noussut vuorokaudessa 960 m<sup>3</sup>/s (toukokuussa 1922). Ounasjoen virtaamat ovat selvästi alimmillaan talvella joului–toukokuussa, ja nousevat huippuunsa touko–kesäkuussa (kuva 9). Syksyllä virtaamat ovat yleensä pienehköjä, mutta sateet saattavat nostaa hetkittäin virtaamia selvästikin. Koko havaintojaksolla vuoden ylivirtaama on havaittu Marraskoskella aina keväällä tai alkukesästä, ei koskaan syksyllä tai talvella. 88 %:ssa vuosista ylivirtaama on ajoittunut toukokuulle ja lopuissa 12 % joko kesäkuulle tai huhtikuulle. Vuoden ylivirtaaman sattumisajankohdan keskihajonta on vain 10 päivää. Suurin kuukausikeskivirtaaman vaihtelu koko havaintojaksolla oli 69 % huhtikuussa ja pienin 19 % maaliskuussa.

Utsjoen virtaaman havaintopaikka Patonivalla sijaitsee Tenojoen vesistöalueella Utsjoen haarassa. Havaintoja paikalta on olemassa vuodesta 1962 lähtien. Valuma-alue havaintopisteeseen saakka on 1 520 km<sup>2</sup> ja järvisyys 2,6 %. Keskimääräinen virtaaman muutos vuorokaudessa koko havaintojaksolla on 2 m<sup>3</sup>/s ja suurimmillaan virtaama on noussut vuorokaudessa 168 m<sup>3</sup>/s (toukokuu 1978). Noin joka toinen vuosi virtaama nousee vuorokauden aikana yli 100 m<sup>3</sup>/s. Virtaamat ovat selvästi alimmillaan talvella ja nousevat tyypillisesti huippuunsa kevätkesällä touko–kesäkuun vaihteessa (kuva 9). 76 %:ssa havaintovuosista ylivirtaama on sattunut toukokuussa, 24 %:ssa kesäkuussa ja kerran (2 %) elokuussa. Utsjoella vuoden ylivirtaaman ajankohdan vuosien välinen vaihtelu on siis pientä vain 16 päivää. Suurin kuukausikeskivirtaaman vaihtelukoko havaintojaksolla oli 59 % elokuussa ja pienin 22 % maaliskuussa.

Juutuanjoki on Paatsjoen vesistöissä Inarijärveen Inarin ohi laskeva joki. Valuma-alueen koko havaintopisteeseen saakka on 5 160 km<sup>2</sup> ja järvisyys 4,7 %. Havaintoja joelta Saukkonivasta on vuodesta 1921 alkaen, joten se on Pohjois-Lapin pisimpiä virtaamasarjoja. Keskimääräinen vuorokaudessa tapahtuva virtaaman muutos oli 2,4 m<sup>3</sup>/s. Eniten virtaama on Juutuanjoessa noussut vuorokaudessa 320 m<sup>3</sup>/s toukokuussa 1981. Joen virtaamat ovat selvästi alimmillaan talvella ja nousevat selvään vuosimaksimiinsa keväisin lumien sulaessa touko–kesäkuussa. Kevät-kesähuipun jälkeen virtaamat laskevat nopeasta ja tämän jälkeen syksyn aikana virtaamat laskevat hitaasti talvea kohden. 96 % koko havaintovuosista vuoden ylivirtaama on sattunut touko- tai kesäkuussa (kuva 9). Talvella vuoden ylivirtaama ei ole havaittu Juutuanjoella koskaan ja syyskuukausinakin vain kerran. Toukokuussa ylivirtaama havaitaan 65 %:ssa vuosista ja kesäkuussa 32 %:ssa vuosista. Touko–kesäkuun virtaamahuipun ajankohdan keskihajonta on noin 11 päivää eli vaihtelu eri vuosien välillä on melko pientä. Suurin kuukausikeskivirtaaman vaihtelu koko havaintojaksolla oli 53 % elokuussa ja pienin 19 % maaliskuussa.

#### 5.3.4

### Virtaaman vaihtelut säännöstelyillä järvillä ja joilla

Säännöstelyjen järvien ja altaiden luusuiden virtaamat voivat vaihdella hyvinkin paljon lyhyellä aikavälillä juoksutuksista riippuen. Säännöstelyjen järvien luusuiden ja jokien virtaaman tilastotietoja esitetään taulukossa 9. Taulukon muuttujat ovat samat kuin edellisen kappaleen taulukossa 8. Kuvissa 10 ja 11 esitetään virtaaman keski- ja ääriarvokäyrät tarkasteltavilla luonnontilaisilla järvillä ja joilla.

Taulukko 9. Joitakin virtaaman tilastotietoja säännöstelyiltä järviltä ja joilta.  
Table 9. Some statistics of discharge from regulated lakes and rivers.

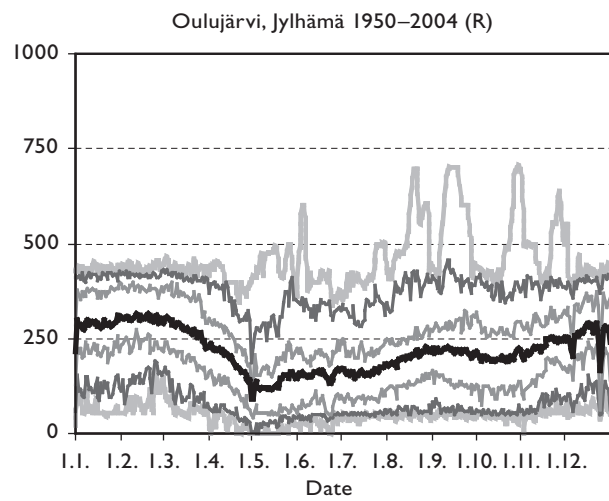
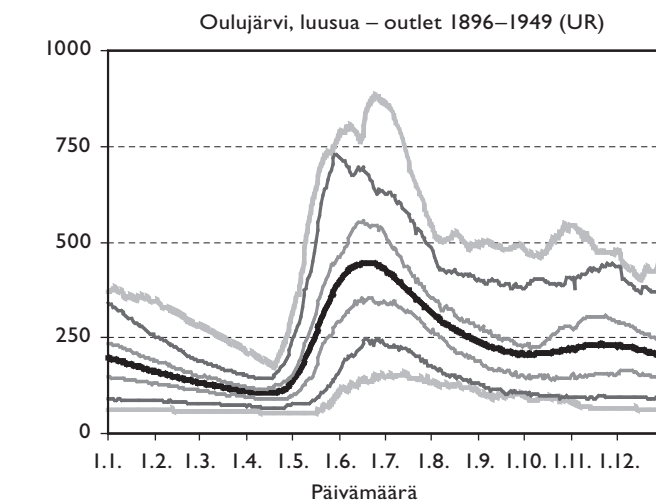
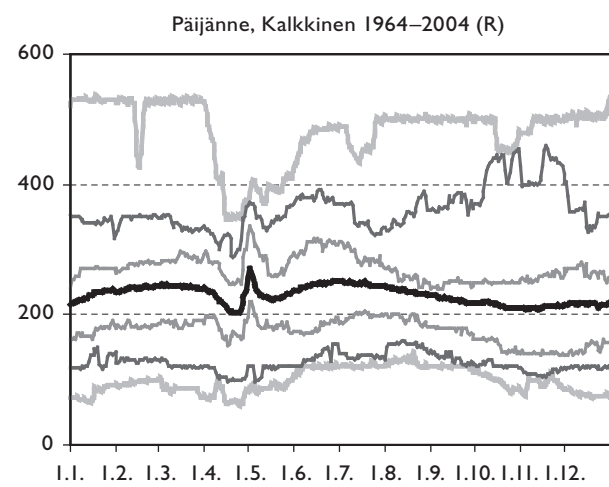
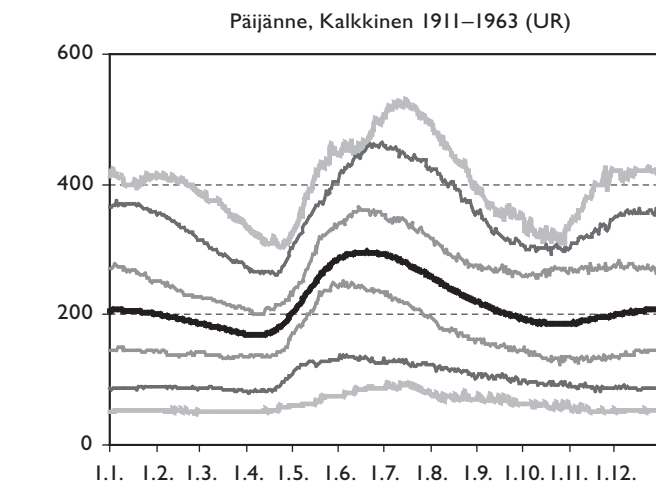
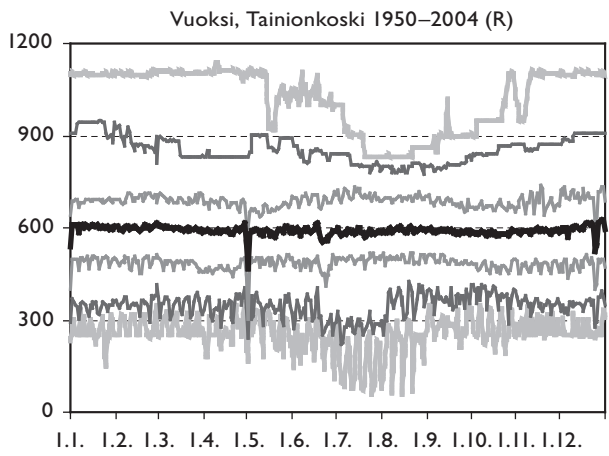
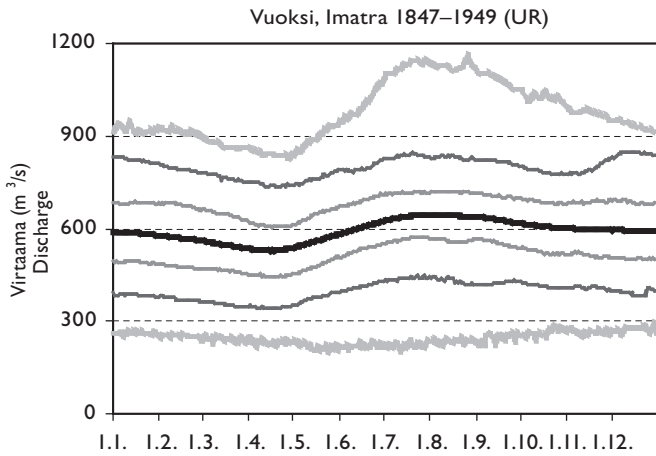
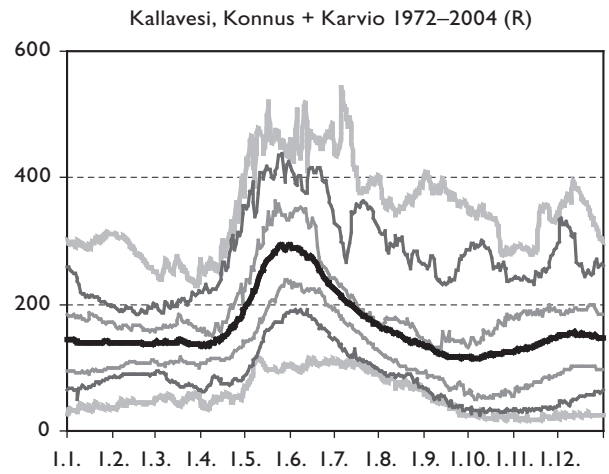
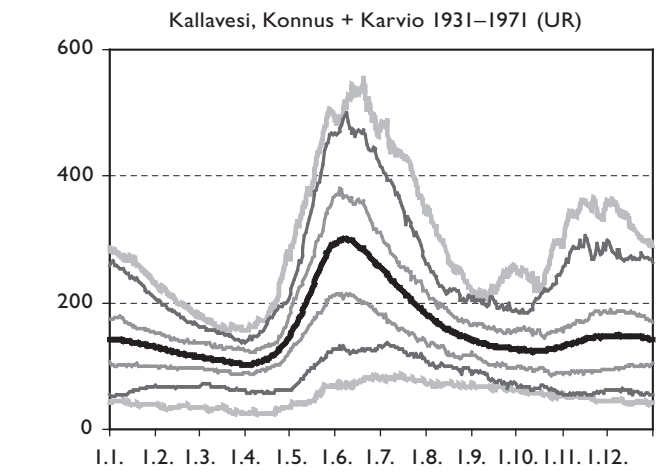
Paikka ja jakso Site and period	MQ(m <sup>3</sup> /s) HMQ (year) NMQ (year)	s/MQ (%)	HQ (date) NQ (date) m <sup>3</sup> /s	MHQ MNQ m <sup>3</sup> /s	TR (5 a) TR (20 a) m <sup>3</sup> /s
Kallavesi, Konnus + Karvio 1931–1971 (UR)	160 218 (1935) 67 (1941)	26	554 (6/1955) 24 (4/1942)	334 84	412 536
Kallavesi, Konnus + Karvio 1972–2004 (R)	164 260 (1974) 105 (1978)	22	543 (7/1981) 17 (10/2002)	357 64	425 533
Vuoksi, Imatra 1847–1949 (UR)	593 954 (1924) 246 (1942)	20	1 170 (8/1899) 200 (5/1942)	696 487	798 957
Vuoksi, Tainionkoski 1950–2004 (R)	591 847 (1955) 373 (1960)	19	1 137 (4/1955) 56 (7/1954)	776 302	871 1 068
Päijänne, Kalkkinen 1911–1963 (UR)	217 351 (1924) 77 (1941)	29	531 (7/1924) 49 (2/1942)	331 132	398 505
Päijänne, Kalkkinen 1964–2004 (R)	230 382 (1981) 131(2003)	23	535 (1/1975) 61 (4/2003)	350 133	410 501
Oulujärvi, luusua 1896–1949 (UR)	232 357 (1898) 114 (1941)	23	881 (6/1899) 52 (5/1902)	485 97	596 774
Oulujärvi, Jylhämä 1896–1949 (R)	217 312 (1962) 116 (1960)	18	700 (useita) 0 (useita)	445 29	508 610
Pielisjoki, Jakokoski 1911–1957 (UR)	232 318 (1924) 137(1941– 1942)	19	621 (6/1924) 75 (4/1942)	378 134	447 557

Paikka ja jakso Site and period	MQ(m <sup>3</sup> /s) HMQ (year) NMQ (year)	s/MQ (%)	HQ (date) NQ (date) m <sup>3</sup> /s	MHQ MNQ m <sup>3</sup> /s	TR (5 a) TR (20 a) m <sup>3</sup> /s
Pielisjoki, Kaltimo 1959–2004 (R)	237 352 (1962) 118 (1960)	20	584 (7/1981) 45 (11/1976)	378 126	438 536
Kymijoki, Anjala 1938–2004 (R)	279 455 (1981) 102 (1941)	27	712 (1/1975) 49 (4/1942)	429 154	510 640
Kokemäenjoki, Harjavalta 1931–2004 (R)	220 378 (1981) 88 (1942)	29	918 (5/1966) 2 (6/1975)	588 53	701 880
Kyrönjoki, Skatila 1911–1960 (UR)	55 79 (1953) 15 (1941)	35	528 (4/1922) 1 (3/1942)	303 3	358 447
Kyrönjoki, Skatila 1961–2004 (R)	43 83 (1974) 24 (1964)	30	493 (4/1984) 0,4 (8/1976)	298 3,7	356 450
Lapuanjoki, Keppo 1931–2004 (R)	32 61 (1974) 9 (1941)	33	320 (4/1984) 0,8 (8/1975)	197 3,4	245 318
Kalajoki, Hihnalakoski 1911–1970 (UR)	26 48 (1932) 7 (1941)	32	469 (5/1924) 0 (1–3/1941)	248 1,4	309 405
Kalajoki, Niskakoski 1971–2004 (R)	30 46 (1981) 17 (1990)	26	427 (4/2000) 1,1 (7/1973)	243 4	301 394
Iijoki, Merikoski 1911–1960 (UR)	169 231 (1955) 94 (1941)	20	1 391 (5/1955) 14 (3/1942)	809 45	972 1 232
Iijoki, Merikoski + Raasakka 1961–2004 (R)	172 237 (1998) 107 (1978)	20	1 429 (1982) 17 (1976)	892 34	1 067 1 346
Kemijoki, Taivalkoski 1911–1948 (UR)	525 830 (1932) 323 (1941)	21	4 131 (6/1917) 90 (3/1942)	2 841 145	3 363 4 153
Kemijoki, Isohaara 1949–2004 (R)	563 806 (1992) 351 (1960)	19	4 824 (5/1973) 62 (4/1957)	3 055 128	3 688 4 696

Kallavesi on suurehko järvi, joka sijaitsee Vuoksen vesistön pohjoisosassa. Virtaamavainantoja järveltä sisältäen Konnuksen ja Karvion kautta (bifurkaatio) purkautuvista vesimääristä on vuodesta lähtien 1931. Kallaveden–Unnukan säännöstely aloitettiin 1972. Säännöstelyä harjoitetaan tulvasuojelun, vesivoiman ja vesiliikenteen vuoksi, ja se onkin melko lievää voimataloudellisiin säännöstelyihin verrattuna. Kallaveden yläpuolisen valuma-alueen koko on 16 270 km<sup>2</sup> ja järvisyys 15,3 %. Säännöstelyjaksolla vuoden yli- ja alivirtaaman suhde on kasvanut selvästi. Keskivirtaamissa suuria muutoksia jaksojen välillä ei ollut. Säännöstelemättömällä jaksolla vuoden alimmat virtaamat olivat talvella, mutta säännöstelyjaksolla kesävirtaamat ovat olleet pienimpiä. Säännöstelyn myötä talvivirtaamat ovat nousseet selvästi, samoin kylläkin kesän ylivirtaamat. Vuoden virtaamahuippu saavutetaan yleensä kesäkuussa. Säännöstelyn myötä kevävirtaamat ovat kasvaneet, loppukesän ja alkusyksyn virtaamat laskeneet ja alivirtaamat pienentyneet (taulukko 9, kuva 10).

Kuva 10 (seuraava sivu). Virtaaman minimi-, keskiarvo- ja maksimikäyrä sekä 5, 25, 75 ja 95 % fraktiilit Kallavedellä, Vuoksessa, Päijänteellä ja Oulujärvellä säännöstelemättömällä (UR) ja säännöstellyllä (R) jaksolla.

Figure 10 (on the following page). Annual mean, minimum, and maximum hydrographs, and the 5, 25, 75, 95 % fractile curves of discharge, in the lakes Kallavesi, Vuoksi, Päijänne and Oulujärvi during the unregulated period (UR) and the regulated (R) period.



Päivämäärä

Date

Vuoksen virtaamasarja on Suomen pisin, havaintoja on vuodesta 1847 lähtien. Vuokseen laskevan valuma-alueen pinta-ala on 61 061 km<sup>2</sup> ja järvisyys 20 %. Vuoksi valjastettiin vesivoiman tuotantoon jo 1800-luvun lopulla. Enson voimalaitos otettiin käyttöön helmikuussa 1889 (Suurpadot – Suomen osasto ry. 1991). Imatrankosken vesivoimalaitos lähempänä Saimaan luusuaa valmistui kolmessa vaiheessa. Ensimmäiset koneistot rakennettiin 1922–1930 ja otettiin käyttöön 1928, toiset koneistot jaksolla 1934–1937 ja kolmas rakennusvaihe oli vuosina 1948–1951. Tainionkosken voimalaitos Imatrankoskesta ylävirtaan otettiin käyttöön 1949. Tainionkoskelta virtaamahavaintoja on vuodesta 1960 lähtien ja tähän saakka virtaamat ovat Imatralta. Koko havaintojakso jaettiin kahteen tarkastelujaksoon 1847–1949 ja 1950–2004, sillä vasta jälkimmäisellä jaksolla säännöstely näkyy virtaamasarjassa selvästi. Jälkimmäisellä jaksolla näkyy selvästi lyhytaikaissäännöstelyn aiheuttama vaikutus. Luonnontilaisella jaksolla suurin vaihteluväli oli loppukesällä ja pienin talvella, säännöstelyssä tilanteessa on päinvastoin (kuva 10).

Päijänne on Kymijoen vesistöalueen pääallas ja pinta-alaltaan toiseksi suurin Suomessa (1 081 km<sup>2</sup>). Päijänteen Kalkkisista virtaamahavaintoja on vuodesta 1911 alkaen. Järveä on säännöstely vuodesta 1964 alkaen tulvasuojelullisin perustein. Kalkkisten yläpuolisen valuma-alueen ala on 26 459 km<sup>2</sup> ja järvisyys 18,9 %. Luonnontilaisella jaksolla Päijänteen lähtövirtaama saavutti vuoden suurimman arvonsa tyypillisesti kesä–heinäkuussa ja virtaama oli pienimmillään yleensä keväällä ennen lumen sulamisen alkua. Säännöstelyjaksolla virtaama on keskimäärin melko samansuuruinen ympäri vuoden, mutta virtaaman vaihtelurajat ovat touko–kesäkuussa pienemmät kuin muina vuoden aikoina. Säännöstelyjaksolla keväthuipun ajankohta on aikais- tunut sekä kevään ja kevättalven virtaamat kasvaneet, tosin lähinnä aikaisemman lumen sulamisen takia (kuva 10).

Oulujärvi on Oulujoen vesistöalueen pääallas, pinta-alaltaan järvi on 887 km<sup>2</sup>. Järven luusuassa on Jylhämän voimalaitos, joka valmistui vuonna 1949. Oulujärven säännöstely hoidetaan Jylhämästä, joten virtaamat ovat muuttuneet selvästi voimalaitoksen käyttöönoton myötä 1950. Vedenkorkeushavaintoja järveltä on olemassa jo vuodesta 1896 lähtien. Luonnontilaisen luusuasta tapahtuvan purkautumisen ja Jylhämän virtaamissa on hyvin suuri ero. Luonnontilaisena virtaamat olivat suurimmillaan kesä–heinäkuussa ja pienimmillään talvella, kun taas säännöstelyn aloittamisen jälkeen talvikuukausina virtaamat ovat tyypillisesti suurimmillaan ja kesällä pienimmillään (kuva 10). Luonnontilaisella jaksolla vuoden ylivirtaama sattui lähes aina joko keväällä tai kesällä, ja vain muutamana vuotena syksyllä ja ainoastaan kerran talvella, tammikuussa 1930.

Säännöstelyissä joissa virtaama riippuu vaihtelevassa määrin vesivoimalaitoksen tai säännöstelypatojen juoksutuksista, eikä yleensä ole lähellä luonnontilaista. Säännöstelyn tavoitteet aiheuttavat erilaisia säännöstelyrytmejä. Vesivoiman tuotantoon tähtäävä säännöstely on usein lyhytaikaissäännöstelyä joko vuorokausi- tai viikkotasolla. Tällöin vuorokauden ja viikon sisäiset virtaaman vaihtelut ovat hyvin suuria. Tulvasuojelussa, vesiliikenteen ja virkistyskäytön takia tehtävässä säännöstelyssä käytetään yleensä pitkäaikaissäännöstelyä, jossa virtaaman muutokset lyhyellä aikavälillä ovat pieniä. Tämä säännöstely on lähempänä luonnonmukaista vedenpurkautumista verrattuna lyhytaikaissäännöstelyyn. Erityisesti lyhytaikaissäännöstelyjen jokien tapauksessa virtaaman ääriarvoja ei ole hyödyllistä tarkastella, sillä virtaaman ylimpiä arvoja rajoittaa voimalaitoksen teho ja alimmat arvot voivat olla nollassa patoluukkuja kiinni pidettäessä. Vesivoimatuotannon takia säännöstelyjen jokien virtaamia on siis järkevämpi tarkastella lähinnä ainoastaan vuositasolla ja kuukausitasolla.

Pielisjoki sijaitsee Pohjois-Karjalassa Vuoksen vesistöalueen itäosassa. Jokea kanavoitiin jo 1870-luvulla ja myöhemmin siihen rakennettiin vesivoimalaitoksia. Vuonna 1958 valmistui Kaltimon voimalaitos Enon kohdalle. Pielisjoen Jakokoskelta purkautumiskäyrään perustuvia virtaamahavaintoja on vuodesta 1911 lähtien aina vuoteen

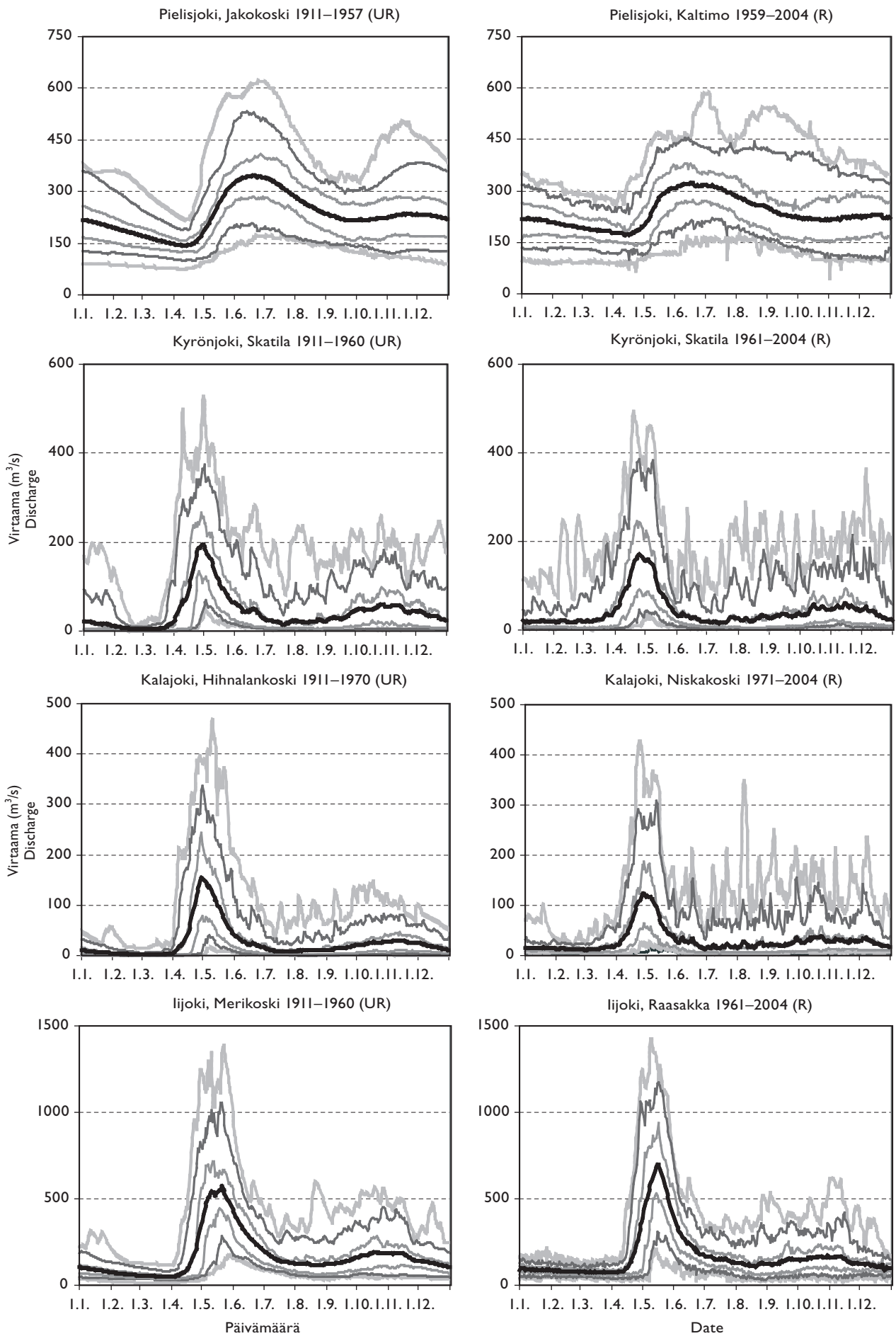


1970 saakka. Jakokosken yläpuolisen valuma-alueen ala on 21 081 km<sup>2</sup> ja järvisyys 13,2 %. Kaltimon voimalaitos sijaitsee noin 5 km ylävirtaan Jakokoskesta. Kaltimon voimalaitoksen yläpuolisen valuma-alueen ala on hieman pienempi, 20 816 km<sup>2</sup> ja järvisyys lähes sama 13,3 %. Havaintopisteiden valuma-alueen välinen ero on suhteellisen pieni, 1,2 %, joka menee jo voimalaitoksen virtaaman määrittämisen virherajoihin, joten havaintosarjoja käsitellään yhtenäisenä. Jakokosken virtaamia käytettiin tarkastelussa vuoteen 1957 saakka ja Kaltimon 1959 alkaen. Jakokosken virtaamat ovat olleet yleensä pienimmillään kevättalvella ja huipussaan kesällä. Säännöstelyjakson ääriarvot ovat pienempiä kuin luonnontilaisen kauden ennätykset. Säännöstelyn seurauksena kevätvirtaamat ovat nousseet Pielisjoella (kuva 11).

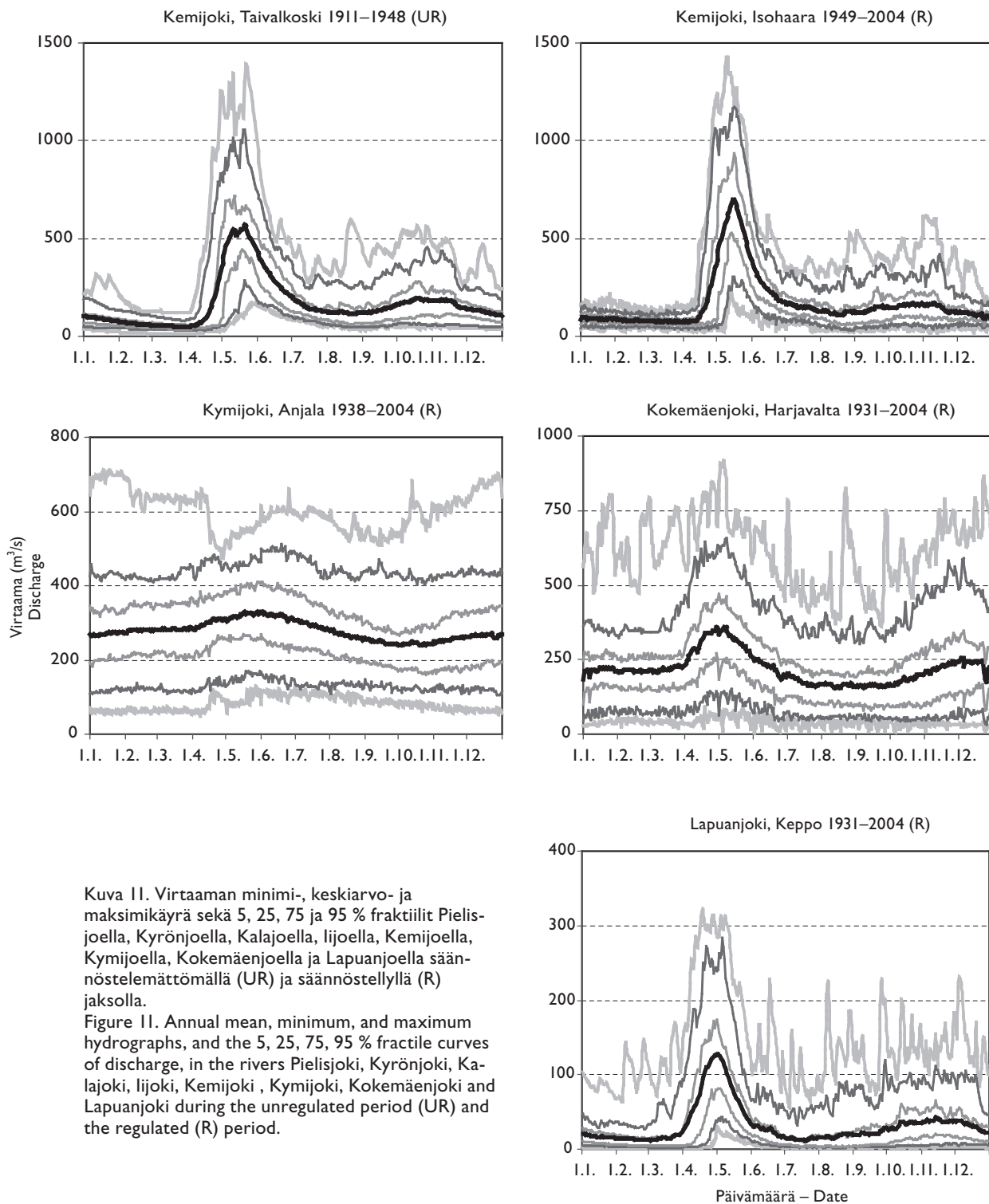
Kymijoen virtaamaa on mitattu jo Pernoonkoskella joen itähaarassa 1900-luvun alusta saakka. Koko Kymijoen virtaamaa ylempänä Anjalan voimalaitoksilla on mitattu 1930-luvun lopulta lähtien. Anjalankosken ensimmäinen vesivoimalaitos valmistui 1923 ja uusi vesivoimalaitos valmistui 1983. Vuonna 1994 otettiin vielä käyttöön Inkeröisten uusittu voimalaitos. Päijänne-tunnelin juomaveden otto on pienentänyt muutamalla kuutiolla Kymijokeen tulevaa virtaamaa 1980-luvulta alkaen. Anjalan voimalaitoksen yläpuolisen valuma-alueen koko on 36 275 km<sup>2</sup> ja järvisyys 18,7 %. Anjalasta havaintoja on vuodesta 1938 alkaen. Säännöstelyn takia Anjalan virtaamissa ei ole nähtävissä selvää vuoden aikaisvaihtelua, vaan virtaaman keskiarvo-, minimi- ja maksimikäyrät ovat vuodenaikasta riippumatta melko samalla tasolla. Jaksolla 1938–2004 virtaamat ovat olleet keskimäärin suurimmillaan kesällä ja pienimmillään syksyllä. Kesällä virtaama vaihteli vähiten, talvella eniten. Jaksolla 1938–2004 aikana talvi- ja kevätvirtaamat ovat kasvaneet, keväthuippu aikaistunut sekä vuosikeskivirtaama ja ylivirtaama kasvaneet (kuva 11).

Kokemäenjoen Harjavallasta virtaamahavaintoja on vuodesta lähtien 1931. Kokemäenjoen pääuomaa on säännöstelty jo 1800-luvun lopulta (Nokia) asti. 1920-luvulta valmistui Äetsän voimalaitos. Itse Harjavallan vesivoimalaitospato otettiin käyttöön vuonna 1939. Vuonna 1945 valmistui Kolsin voimalaitos 15 kilometriä Harjavallasta ylävirtaan (Suurpadot – Suomen osasto ry. 1991). Kokemäenjoen vesistöalueella aloitettiin lukuisia järvien säännöstelyjä 1950- ja 1970-luvulla, mutta ensimmäiset järvien säännöstelyt alueella aloitettiin jo 1800-luvulla. Harjavallan virtaaman tarkasteluajaksi valittiin koko jakso 1931–2004. Harjavallan yläpuolisen valuma-alueen ala on 26 117 km<sup>2</sup> ja järvisyys 11,3 %. Harjavallan vuotuisen keskiarvovirtaaman käyrä on melko samanlainen kuin Kymijoen Anjalan edellä esitetty; vuodenaikojen välillä ei ole suuria vaihteluita ja vaihteluväli on melko suuri, pienimmillään kuitenkin kesällä (kuva 11). Suurimmillaan virtaamat ovat keskimäärin huhti–toukokuussa, aiemmin siis kuin Anjalassa, Kokemäenjoen koko vesistöalueen eteläisemmästä sijainnista johtuen.

Kyrönjoen Skatilasta virtaamahavaintoja on vuodesta 1911 alkaen. Skatilan yläpuolisen valuma-alueen ala on 4 833 km<sup>2</sup> ja järvisyys 1,3 %. Kyrönjoen vesistön latvoilla sijaitsevilla tekoaltailla harjoitetaan sekä tulvasuojelun tarpeisiin tapahtuvaa vuosisäännöstelyä että toisaalta Kalajärven, Kyrkösjärven ja Pitkämön voimalaitoksien vuorokausi- ja viikkosäännöstelyä. Säännöstely aloitettiin ja tekojärvet rakennettiin 1960–1970-luvulla. Skatilan osalta tarkasteltiin virtaamia jaksoilla 1912–1960 ja 1961–2004. Virtaamat eivät yleisesti eroa kovin suuresti säännöstely- ja luonnontilaisella kaudella. Kummallakin jaksolla vuoden suurimmat virtaamat havaitaan huhti–toukokuussa. Luonnontilaisella kaudella alimmat virtaamat ovat olleet yleensä talvella, säännöstelyjaksolla myös talvi- ja kesävirtaamat ovat lähempänä toisiaan. Lyhytaikaisäännöstely ei näy keskivirtaamissa, mutta näkyy pieninä alivirtaamarvoina. Tekoaltaiden käyttö on osittain kasvattanut talven virtaamia. Altaiden tyhjentäminen on kasvattanut myös alkukevään virtaamia, mikä selittää osin tulvan aikaistumista. Tekoaltaiden avulla on myös hieman onnistuttu tasaamaan virtaamia ja nostamaan kesän alimpia virtaamia. Vuoden alimmat virtaamat saavutetaan yleensä talvella ja kesällä ja suurimmat keväällä huhti–toukokuussa (kuva 11).



Kuva II jatkuu seuraavalla sivulla.  
 Figure II continues on the following page.



Kuva 11. Virtaaman minimi-, keskiarvo- ja maksimikäyrä sekä 5, 25, 75 ja 95 % fraktiilit Pielisjoella, Kyrönjoella, Kalajoella, Iijoenjoella, Kemijoenjoella, Kymijoenjoella, Kokemäenjoella ja Lapuanjoella säännöstelemättömällä (UR) ja säännöstellyllä (R) jaksolla.

Figure 11. Annual mean, minimum, and maximum hydrographs, and the 5, 25, 75, 95 % fractile curves of discharge, in the rivers Pielisjoki, Kyrönjoki, Kalajoki, Iijoki, Kemijoki, Kymijoki, Kokemäenjoki and Lapuanjoki during the unregulated period (UR) and the regulated (R) period.

Lapuanjoen Kepon virtaamahavaintoja on vuodesta lähtien 1931. Vuoteen 1956 havaintoja on tehty Alahärmän kohdalla, siitä eteenpäin 15 km alavirtaan päin Kepossa. Virtaamapisteen yläpuolisen valuma-alueen ala on 3 949 km<sup>2</sup> ja järvisyys 3,0 %. Lapuanjoen vesistöalueella tehtiin jo 1800-luvulla paljon vesistötöitä. Heinämaiden lisäämiseksi 1800-luvun lopulla tehtiin lukuisia järvenlaskuja. Tulvasuojelullisia ja voimataloudellisia säännöstelyjä on tehty vesistöalueella jo virtaamahavaintojakson alusta alkaen. Hourunkosken voimalaitos otettiin käyttöön vuonna 1923 ja Mäkelänkosken voimalaitos 1938. Kuortaneenjärven säännöstelypatto sekä uoman perkaus valmistuivat vuonna 1939. Useiden muiden pienten järvien ja tekoaltaiden säännöstely aloitettiin vesistöalueen latvoilla 1960- ja 1970-luvuilla. Perkauksilla pyrittiin laskemaan kevät- ja kesätulvakorkeuksia. Lapuanjoen tarkastelujaksoksi

valittiin 1931–2004, sillä säännöstelyä on tapahtunut koko jakson ajan, tosin se on lisääntynyt selvästi alueen latva-alueilla 1960–1970-luvuilla. Säännöstelyn myötä vuodensisäiset erot ovat pienentyneet ja talvivirtaamat kasvaneet. Vuoden alimmat virtaamat kevättalvella tai kesällä, huippuvirtaamat saavutetaan yleensä keväällä huhti–toukokuussa. (kuva 11).

Kalajoen virtaamahavaintoja on vuodesta 1911 lähtien. 1970-luvulle saakka havainnot ovat Hihnalankoskelta ja vuodesta 1971 alkaen Niskakoskelta melko läheltä vesistöalueen suuosaa. Niskakosken havaintopiste sijaitsee noin 3 kilometriä Hihnalankoskelta ylävirtaan. Niskakosken virtaamapisteen yläpuolisen valuma-alueen ala on 3 065 km<sup>2</sup> ja järvisyys 2,0 %. Hihnalankosken havaintopisteen yläpuolisen valuma-alueen ala on 3 080 km<sup>2</sup> ja järvisyys 2,0 %. Kalajoen säännöstelyt aloitettiin 1970-luvulla vesistöalueen latvajärvillä ja tekoaltailla. Hautaperän allas ja Hinkuan ja Oksavan voimalaitokset valmistuivat 1975 ja keskijuoksulla Padingin ja Hamarin voimalaitokset 1970–1980-luvun vaihteessa (Suurpadot – Suomen osasto ry. 1991). Näin ollen virtaama-aineistoa tarkastellaan kahdella jaksolla: 1911–1970 (säännöstelemätön) ja 1971–2004 (säännöstelty). Säännöstelyjaksolla kesän ja talven maksimi- ja keskivirtaamat ovat olleet selvästi suurempia kuin säännöstelemättömällä jaksolla. Kesän alivirtaamat ovat myöhemmällä jaksolla selvästi suurempia. Myös kevään virtaamahuippu on pienentynyt säännöstelyjen myötä. Sen sijaan vuoden keskivirtaamassa muutokset eri jaksojen välillä ovat pieniä (taulukko 9, kuva 11).

Iijoen virtaamahavaintoja on lähes jokisuulla sijaitsevilta Merikoskelta vuodesta 1911 lähtien ja Raasakan vesivoimalaitokselta sen valmistuttua 1971 lähtien. Iijoen siirtyminen voimatalouskäyttöön tapahtui 1950-luvun lopulla. Joen alaosa on rakennettu 70 km:n matkalta ja joessa on viisi voimalaitosta. Vesistön keski- ja yläosat on suojeltu koskiensuojelulailla. Pahkakosken voimalaitos otettiin käyttöön 1961, Haapakoski 1963, Kierikin voimalaitos 1965 ja Maalismaan voimalaitos 1967. Taivalkosken voimalaitos ylempänä vesistössä otettiin käyttöön jo 1951. Virtaamien tarkastelu on jaettu kahteen erillisjaksioon 1911–1960 ja 1961–2004 havaintojaksojen mukaan. Raasakan voimalaitoksen yläpuolisen valuma-alueen ala on 14 191 km<sup>2</sup> ja järvisyys 5,7 %. Iijoen suulla suurimmat virtaamat ajoittuvat yleensä toukokuulle, mutta aina huhti–kesäkuulle. Vuoden alimmat virtaamat mitataan yleensä aina talvella. Säännöstelyjaksolla talven ja keväänvirtaamat ovat olleet hieman suurempia ja kesävirtaamat puolestaan pienempiä kuin ensimmäisellä jaksolla. Keskivirtaamissa suuria eroja ei ole havaittavissa (taulukko 9, kuva 11).

Kemijoen Taivalkoskelta purkautumiskäyrään perustuvia virtaamahavaintoja on vuodesta 1911 alkaen vuoteen 1971 saakka ja Isohaaran voimalaitokselta Kemijoen suulta Kemistä havaintoja on vuodesta 1949 lähtien. Taivalkoskelta ylävirtaan ensimmäinen vesivoimalaitos valmistui vuonna 1957 Petäjäkoskelle Rovaniemelle. Valajaskosken voimalaitos valmistui vuonna 1960 hieman Rovaniemeltä alavirtaan, Ossauskosken voimala valmistui 1965 Tervolaan ja Taivalkosken vesivoimapato Kemimaalla otettiin käyttöön 1975. Taivalkosken virtaamapisteen yläpuolisen valuma-alueen ala on 50 599 km<sup>2</sup> ja järvisyys 4,3 % ja Isohaaran valuma-alue 50 683 km<sup>2</sup> ja järvisyys 4,3 %. Valuma-alueiden erotus on suhteellisen pieni, vain 0,2 %, joka menee voimalaitoksen virtaaman määrityksen virherajoihin, joten virtaamahavaintoja voidaan käsitellä yhtenäisenä sarjana. Kemijoen virtaama on yleensä alimmillaan talvella ja suurimmillaan touko–kesäkuussa. Säännöstelyjaksolla talvivirtaamat ovat selvästi suurempia kuin ensimmäisellä jaksolla ja virtaamahuippu on siirtynyt selvemmin aiemmaksi toukokuulle, muina vuoden aikoina erot ovat pieniä. Myös kesän alivirtaamat ovat pienentyneet säännöstelyjaksolla (taulukko 9, kuva 11).

## Yksittäisten virtaamasarjojen trendejä

Virtaamasarjojen pitkäaikaismuutoksia silmällä pitäen analysoitiin vuoden keskivirtaamat, vuoden yli- ja alivirtaamat, kevään ylivirtaaman ajankohta, kuukausittaiset keskivirtaamat sekä vuoden aikaiset keskivirtaamat: talvi (joulu–helmikuu, DJF), kevät (maaliskuu–toukokuu, MAM), kesä (kesä–elokuu, JJA) ja syksy (syys–marraskuu, SON). Trendien testaaminen ja suuruuden arviointi tehtiin samoin periaattein kuin kappaleen 5.2 esitettyjen alueellisten trendien eli Mann-Kendallin ei-parametrisella testillä vähintään 5 % luotettavuustasolla sekä Senin menetelmällä trendin suuruuden määrittämiseksi. Autokorreloituneiden aineistojen osalta havaintosarja valkaistiin (prewhitening) ennen analyysia Wangin ja Swailin (2001) esittämällä tavalla. Autokorreloituneiden sarjojen osalta trendien merkitsevyydet eivät muuttuneet valkaisun myötä. Bayazit ja Önöz (2007) toteavatkin, että tarpeeksi pitkien ja voimakkaiden trendien osalta valkaistujen ja ei-valkaistujen trendien tulokset ovat yleensä samat. Luonnontilaisten trendien määrittämiseksi valittiin koko havaintojakso vuoteen 2004 saakka ja sen lisäksi jakso 1961–2004. Säännöstelyjen virtaamien tapauksessa analyysit tehtiin koko jakson lisäksi säännöstelemättömälle ja säännöstellylle jaksolle. On huomattava, että trendi riippuu suuresti tarkasteltavasta havaintojaksosta, ja jopa muutaman vuoden muutos havaintojaksossa voi muuttaa trendin suuruutta.

### 5.4.1

#### Luonnontilaisten virtaamasarjojen aikasarjoja ja trendejä

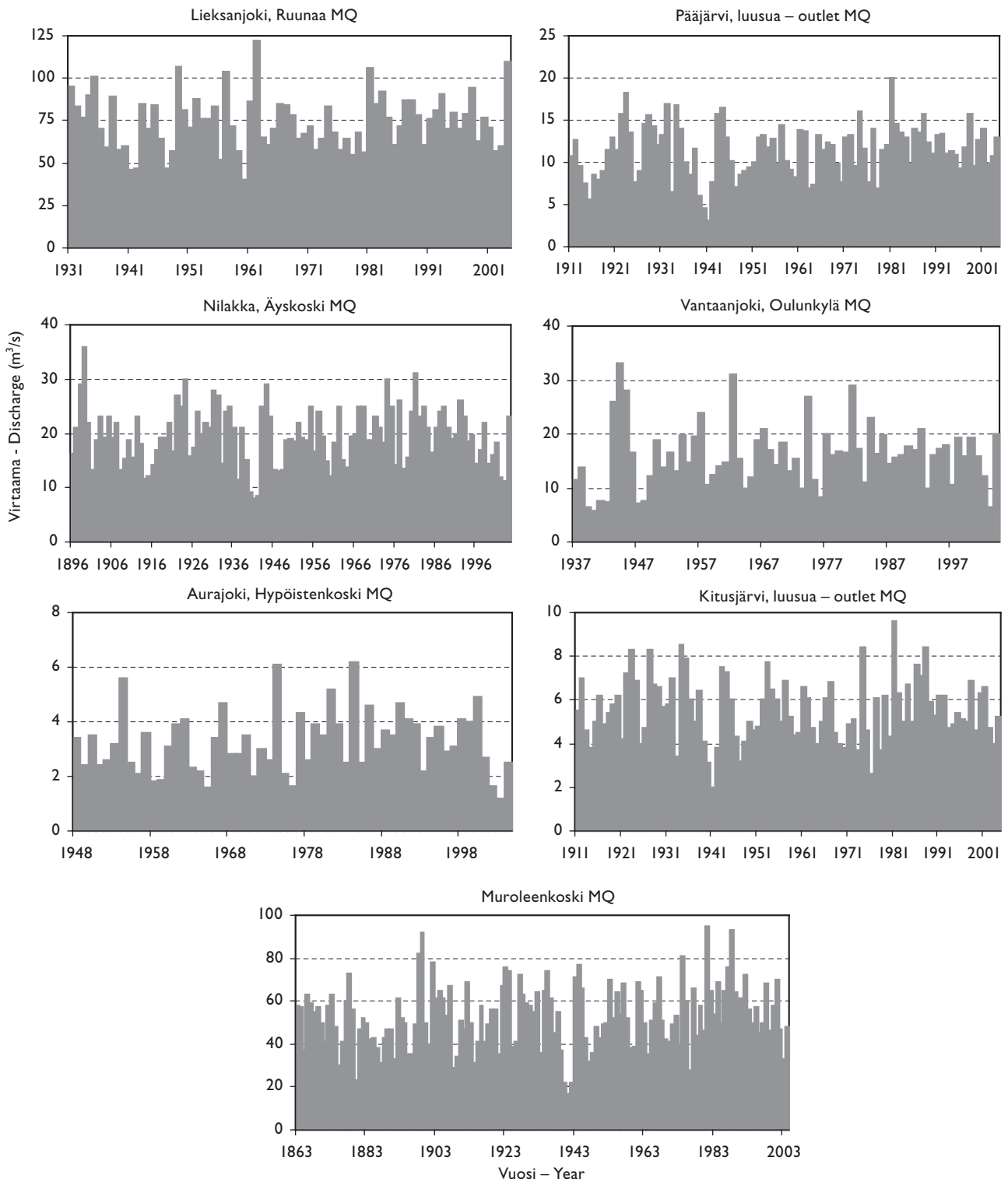
Taulukossa 10 esitetään luonnontilaisten virtaamasarjojen trendit koko havaintojaksolla sekä jaksolla 1961–2004. Muutokset ilmoitetaan kymmentä vuotta kohden sekä kuutiometreinä sekunnissa että prosentuaalisena osuutena kyseessä olevan jakson keskivirtaamasta, jotta erisuuruisten jokien virtaamien vertailu olisi helpompaa. Kahdesta havaintosarjasta, Kitusjärvestä ja Pielisjoen Ruunaasta, ei löytynyt tilastollisesti merkitseviä trendejä yhdestäkään muuttujasta. Kaikkien sarjojen osalta eniten tilastollisesti merkitseviä trendejä löytyi kevätkuukausien keskivirtaamista. Kymmenessä kolmestatoista (77 %) havaintosarjasta oli havaittavissa jokin trendi kevään virtaamisissa. Yhdeksällä havaintopaikalla trendit olivat kasvavia (Pääjärvi, Nilakka Äyskoski, Vantaanjoki, Aurajoki, Muroleenkoski, Lestijärvi, Lentua, Ounasjoki ja Tornionjoki) ja ainoastaan yhdellä laskeva (Utsjoki). Kevään virtaamien kasvu selittyi keväiden aikaistumisella ja talvivirtaamien kasvulla. Itse kevään ylivirtaamat eivät olleet yleisesti nousseet. Toiseksi eniten tilastollisia trendejä löytyi talvivirtaamista. Kahdeksalla asemalla kolmestatoista (62 %) löytyi jokin trendi talvikuukausien virtaamisissa. Kuudella havaintopaikalla trendi oli kasvava (Pääjärvi, Vantaanjoki, Aurajoki, Muroleenkoski, Lentua ja Tornionjoki) ja kahdella laskevia (Pohjois-Lapin Utsjoki ja Juutuanjoki). Myös vuoden alivirtaamisissa löytyi tilastollisesti merkitsevä trendi yli puolella havaintopaikoista. Kuudessa kolmestatoista (46 %) havaintosarjasta trendi oli kasvava (Pääjärvi, Vantaanjoki, Muroleenkoski, Lentua, Ounasjoki ja Tornionjoki) ja yhdellä laskeva (Utsjoki). Kesäkuukausissa tilastollisesti merkitseviä trendejä löytyi neljällä havaintopaikalla, kolmella kasvavia (Pääjärvi, Vantaanjoki ja Aurajoki) ja yhdellä pienenevä (Muroleenkoski). Ainakin Vantaanjoella kesän 2004 rankkasateet vaikuttivat kesäsateiden trendiin, sillä vuosi 2004 oli jakson viimeinen vuosi. Syyskuukausista nouseva trendi löytyi vain yhden havaintopaikan virtaamisista (Tornionjoki). Vuoden keskivirtaamisissa tilastollisia trendejä ei yleisesti näkynyt, ainoastaan yhden havaintopaikan (Tornionjoki) vuosivirtaamat olivat kasvaneet tilastollisesti merkitsevästi. Tornionjoen vesistöalueesta yli puolet on Ruotsin puolella, joten tulos on sopusoinnussa sen asian kanssa, että Ruotsin alueen vuosisadannassa on havaittu kasvua, mutta Suomen alueen ei. Kevään ylivirtaamisissa ei yleisesti

löytynyt tilastollisia trendejä, ainoastaan yhden havaintopaikan (Vantaanjoki) tämä muuttuja oli pienentynyt merkitsevästi jaksolla 1961–2004. Keväthuipun ajankohta oli aikaistunut neljällä (31 %) havaintopaikalla (Muroleenkoski, Ounasjoki, Tornionjoki ja Juutuanjoki) tilastollisesti merkitsevästi. Trendien jakautumisessa maantieteellisesti ei tullut esiin selviä eroja, tosin Pohjois-Lapin (Utsjoki ja Juutuanjoki) osalta talven ja kevään trendit erosivat hieman muusta Suomesta. Eniten eri muuttujien trendejä löytyi Tornionjoen havaintosarjasta. Tyypillisesti kaikki muutokset olivat suuruudeltaan muutamien prosenttien luokkaa kymmentä vuotta kohden, harvat yli 10 %. Keväthuippujen aikaistumisessa trendit olivat pääosin 1...3 vuorokautta kymmentä vuotta kohden. Kuvissa 12 ja 13 esitetään luonnontilaisten havaintopaikkojen aikasarjoja ja trendejä vuoden keskivirtaamisissa (MQ) ja kevätkuukausien (MAM) keskivirtaamisissa. Kuviin on merkitty trendiviivalla tilastollisesti merkitsevät muutokset.

Taulukko 10. Luonnontilaisten virtaamasarjojen tilastollisesti merkitsevät trendit. Muutokset prosentteina on laskettu 10 vuotta kohden, trendin osuutena kyseisen havaintojakson keskiarvosta.  
Table 10. Statistically significant discharge trends at unregulated observation sites. Trends are presented as percentages of the mean values of the decades.

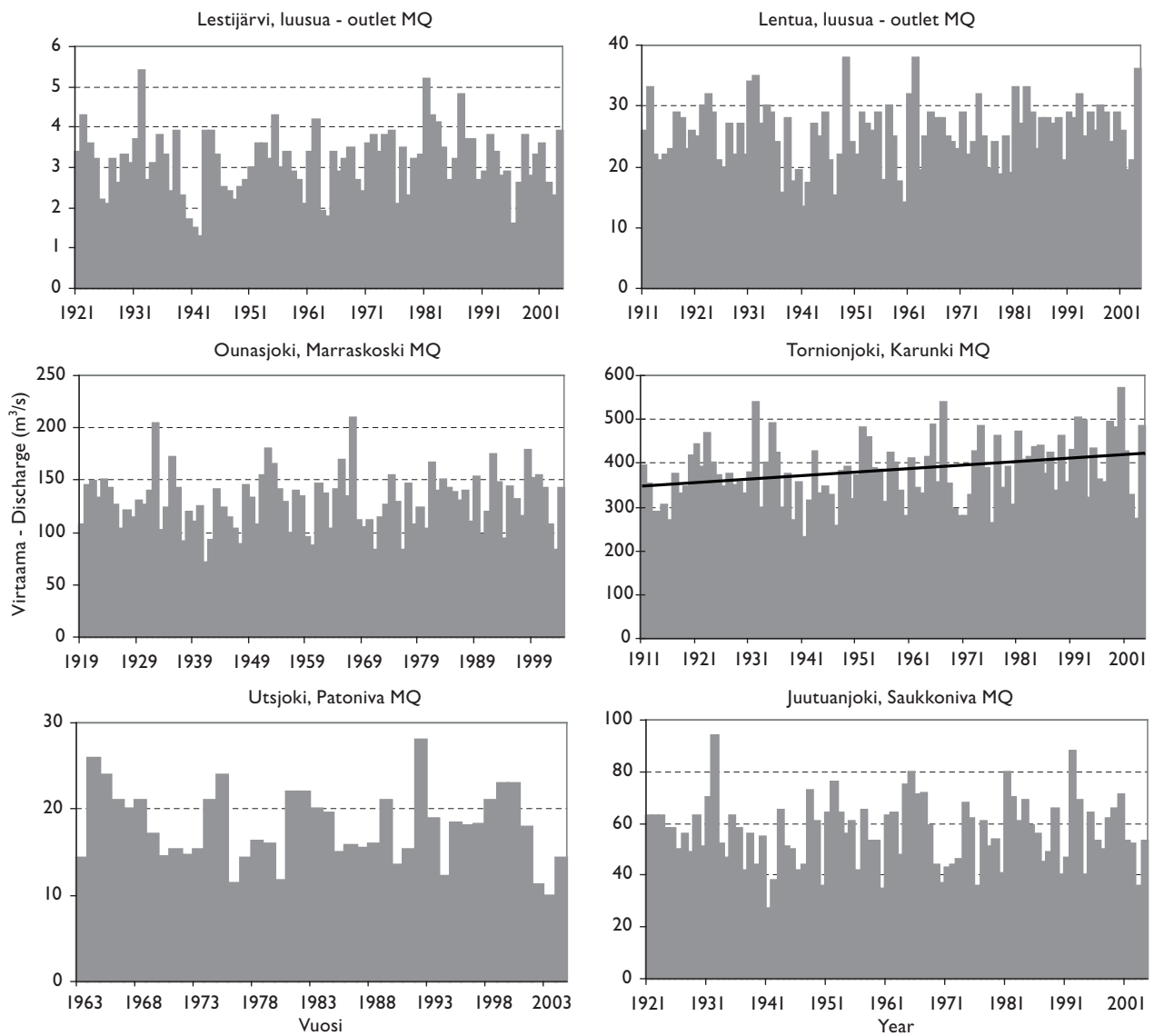
Havaintopaikka ja jakso Observation site and period	Muuttuja ja jakso Variable and period	+/-	p<	Trendi, m <sup>3</sup> /s /10 a (%) Trend
Lieksanjoki, Ruunaa 0400600 1931–2004	Ei merkitseviä trendejä No trends			
Pääjärvi, luusua (outlet) 1401500 1911–2004	II-MQ 1911–2004	+	0,001	0,3 m <sup>3</sup> /s (5,9 %)
	III-MQ 1911–2004	+	0,001	0,3 m <sup>3</sup> /s (7,3 %)
	IV-MQ 1911–2004	+	0,01	0,5 m <sup>3</sup> /s (5,1 %)
	NQ 1911–2004	+	0,001	0,2 m <sup>3</sup> /s (7,1 %)
	VII-MQ 1961–2004	+	0,05	0,8 m <sup>3</sup> /s (9,1 %)
	MAM-MQ 1911–2004	+	0,05	0,5 m <sup>3</sup> /s (3,0 %)
Nilakka, Äyskoski 1402710 1896–2004	IV-MQ 1896–2004	+	0,05	0,3 m <sup>3</sup> /s (2,2 %)
Vantaanjoki, Oulunkylä 2101700 1937–2004	I-MQ 1937–2004	+	0,05	0,9 m <sup>3</sup> /s (8,9 %)
	II-MQ 1937–2004	+	0,001	0,8 m <sup>3</sup> /s (9,0 %)
	III-MQ 1937–2004	+	0,01	1,0 m <sup>3</sup> /s (8,1 %)
	VII-MQ 1937–2004	+	0,001	0,5 m <sup>3</sup> /s (7,5 %)
	VIII-MQ 1937–2004	+	0,01	0,5 m <sup>3</sup> /s (6,6 %)
	NQ 1937–2004	+	0,001	0,2 m <sup>3</sup> /s (10,0 %)
	DJF-MQ 1937–2004	+	0,05	1,0 m <sup>3</sup> /s (8,2 %)
	JJA-MQ 1937–2004	+	0,01	0,5 m <sup>3</sup> /s (7,0 %)
	HQ (kevät/spring) 1961–2004	-	0,05	12,7 m <sup>3</sup> /s (10,8 %)
Aurajoki, Hypöistenkoski 2800300 1948–2004	II-MQ 1948–2004	+	0,05	0,1 m <sup>3</sup> /s (5,0 %)
	III-MQ 1948–2004	+	0,01	0,3 m <sup>3</sup> /s (9,1 %)
	VI-MQ 1948–2004	+	0,001	0,1 m <sup>3</sup> /s (12,5 %)
	VII-MQ 1948–2004	+	0,05	0,05 m <sup>3</sup> /s (4,5 %)
	III-MQ 1961–2004	+	0,05	0,5 m <sup>3</sup> /s (13,5 %)
	JJA-MQ 1948–2004	+	0,05	0,1 m <sup>3</sup> /s (9,1 %)
	DJF-MQ 1961–2004	+	0,05	0,5 m <sup>3</sup> /s (17,9 %)
Kitusjärvi, luusua (outlet) 3504800 1911–2004	Ei merkitseviä trendejä No trends			
Muroleenkoski 3506200 1863–2004	I-MQ 1863–2004	+	0,01	1,5 m <sup>3</sup> /s (3,3 %)
	II-MQ 1863–2004	+	0,001	1,6 m <sup>3</sup> /s (4,3 %)
	III-MQ 1863–2004	+	0,001	1,5 m <sup>3</sup> /s (4,8 %)
	IV-MQ 1863–2004	+	0,001	1,9 m <sup>3</sup> /s (4,9 %)
	VI-MQ 1863–2004	-	0,05	1,6 m <sup>3</sup> /s (1,7 %)
	NQ 1863–2004	+	0,001	0,9 m <sup>3</sup> /s (4,3 %)
	HQ-PVM (kevät/spring) 1863–2004	-	0,001	1,0 d
	DFJ-MQ 1863–2004	+	0,01	1,3 m <sup>3</sup> /s (2,9 %)
	MAM-MQ 1863–2004	+	0,001	1,6 m <sup>3</sup> /s (3,0 %)

Havaintopaikka ja jakso Observation site and period	Muuttuja ja jakso Variable and period	+/-	p<	Trendi, m <sup>3</sup> /s /10 a (%) Trend
Lestijärvi, luusua (outlet) 5100200 1921–2004	III-MQ 1921–2004	+	0,05	0,05 m <sup>3</sup> /s (2,3 %)
	IV-MQ 1921–2004	+	0,01	0,09 m <sup>3</sup> /s (3,6 %)
	MAM-MQ 1921–2004	+	0,05	0,09 m <sup>3</sup> /s (2,8 %)
Lentua, luusua (outlet) 5901710 1911–2004	II-MQ 1911–2004	+	0,01	0,3 m <sup>3</sup> /s (2,2 %)
	III-MQ 1911–2004	+	0,05	0,2 m <sup>3</sup> /s (1,8 %)
	V-MQ 1911–2004	+	0,05	1,5 m <sup>3</sup> /s (2,8 %)
	NQ 1911–2004	+	0,01	0,2 m <sup>3</sup> /s (2,1 %)
	MAM-MQ 1911–2004	+	0,05	0,6 m <sup>3</sup> /s (2,3 %)
	II-MQ 1961–2004	+	0,01	0,9 m <sup>3</sup> /s (6,5 %)
	III-MQ 1961–2004	+	0,001	0,8 m <sup>3</sup> /s (6,9 %)
Ounasjoki, Marraskoski 6503600 1919–2004	III-MQ 1919–2004	+	0,001	0,9 m <sup>3</sup> /s (2,7 %)
	NQ 1919–2004	+	0,01	0,7 m <sup>3</sup> /s (2,3 %)
	HQ-PVM (kevät/spring) 1961–2004	–	0,05	2,5 d
Tornionjoki, Karunki 6702200 1911–2004	I-MQ 1911–2004	+	0,001	5,6 m <sup>3</sup> /s (5,2 %)
	II-MQ 1911–2004	+	0,001	4,7 m <sup>3</sup> /s (5,3 %)
	III-MQ 1911–2004	+	0,001	4,3 m <sup>3</sup> /s (5,4 %)
	IV-MQ 1911–2004	+	0,05	3,3 m <sup>3</sup> /s (3,2 %)
	V-MQ 1911–2004	+	0,01	36,0 m <sup>3</sup> /s (3,7 %)
	XI-MQ 1911–2004	+	0,05	9,1 m <sup>3</sup> /s (4,0 %)
	XII-MQ 1911–2004	+	0,001	8,2 m <sup>3</sup> /s (5,6 %)
	MQ 1911–2004	+	0,01	7,7 m <sup>3</sup> /s (2,0 %)
	NQ 1911–2004	+	0,001	3,5 m <sup>3</sup> /s (4,7 %)
	DJF-MQ 1912–2004	+	0,001	6,4 m <sup>3</sup> /s (5,5 %)
	MAM-MQ 1911–2004	+	0,01	14,5 m <sup>3</sup> /s (3,7 %)
	HQ-PVM (kevät/spring) 1911–2004	–	0,01	1,4 d
	V-MQ 1961–2004	+	0,05	73,1 m <sup>3</sup> /s (6,9 %)
	HQ-PVM (kevät/spring) 1961–2004	–	0,05	2,9 d
MAM-MQ 1961–2004	+	0,05	29,6 m <sup>3</sup> /s (7,0 %)	
Utsjoki, Patoniva 6801100 1963–2004	II-MQ 1963–2004	–	0,05	0,3 m <sup>3</sup> /s (6,5 %)
	III-MQ 1963–2004	–	0,01	0,3 m <sup>3</sup> /s (7,7 %)
	NQ 1963–2004	–	0,001	0,3 m <sup>3</sup> /s (9,1 %)
Juutuanjoki, Saukkoniva 7100800 1921–2004	I-MQ 1921–2004	–	0,05	0,6 m <sup>3</sup> /s (2,7 %)
	HQ-PVM (kevät/spring) 1921–2004	–	0,05	1,2 d
	HQ-PVM (kevät/spring) 1961–2004	–	0,01	3,3 d

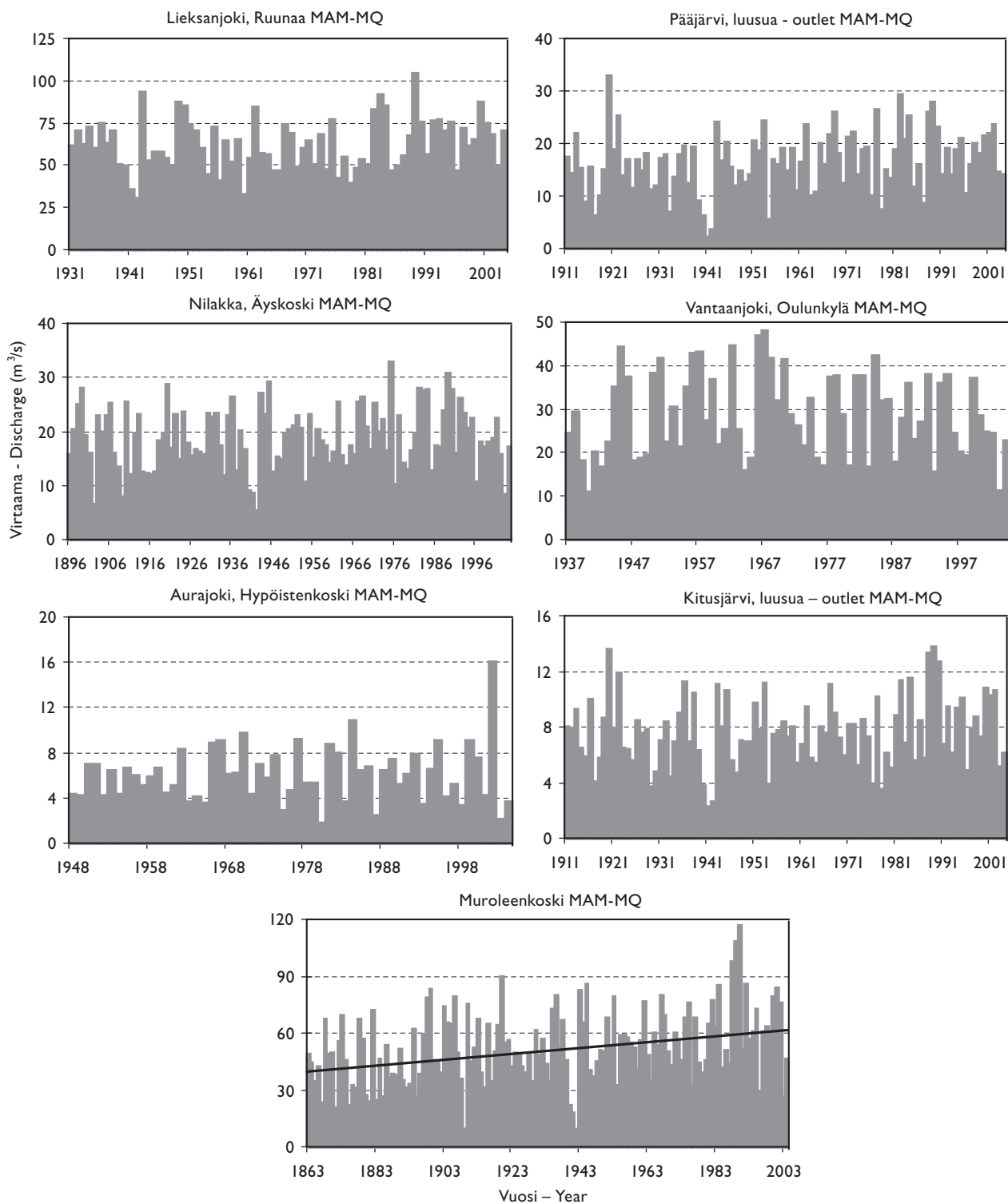


Kuva 12 jatkuu seuraavalla sivulla.  
Figure 12 continues on the following page.

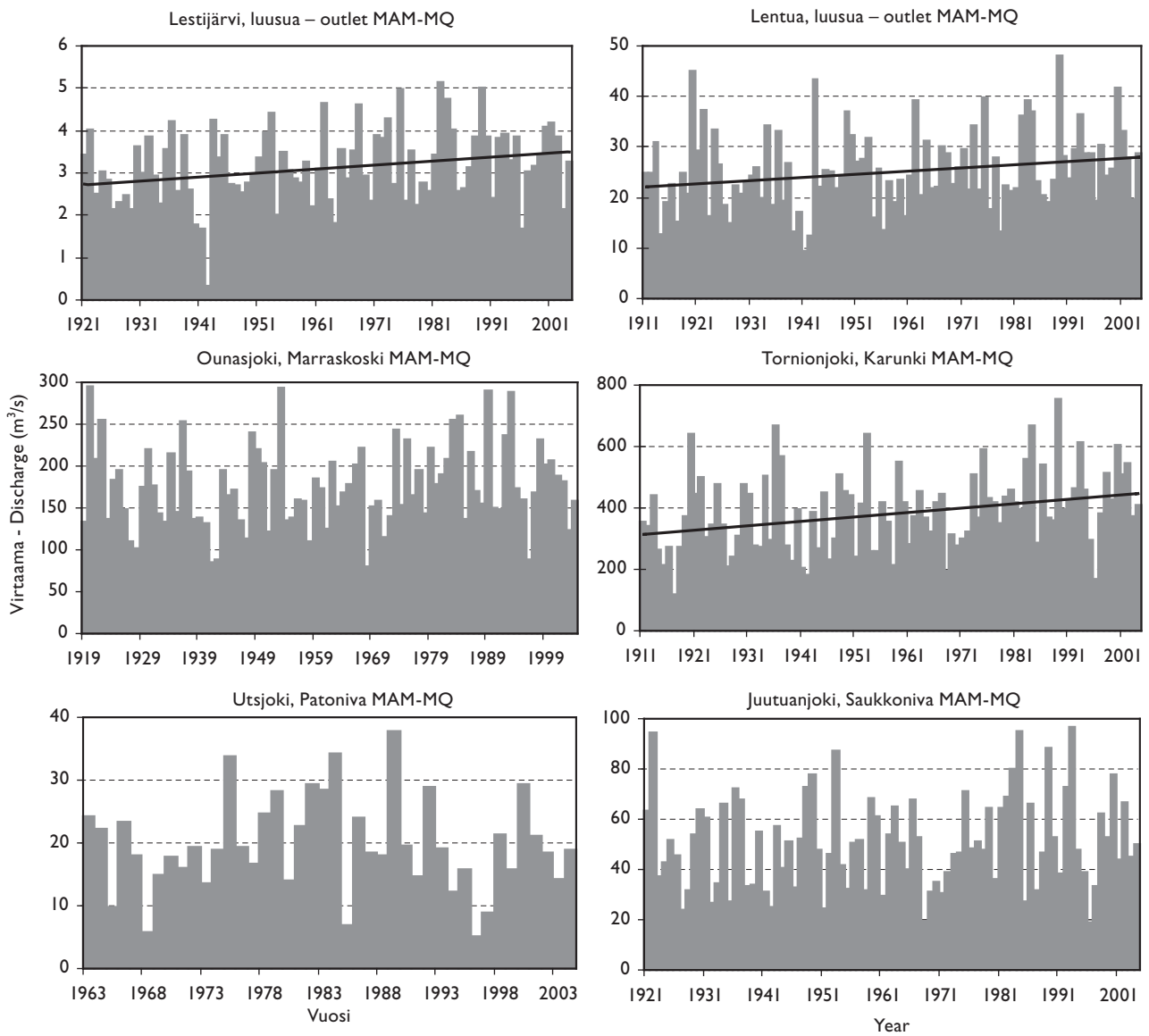




Kuva 12. Vuoden keskivirtaaman aikasarjoja ja trendejä luonnontilaisilla havaintopaikoilla.  
 Figure 12. Time series and trends of mean annual discharge at unregulated observation sites.



Kuva 13 jatkuu seuraavalla sivulla.  
Figure 13 continues on the following page.



Kuva 13. Kevään keskivirtaaman aikasarjoja ja trendejä luonnontilaisilla havaintopaikoilla.  
 Figure 13. Time series and trends of mean spring discharge at unregulated observation sites.

## Säännösteltyjen virtaamasarjojen aikasarjoja ja trendejä

Säännösteltyjen järvien ja jokien osalta trendit laskettiin koko havaintojakson lisäksi sekä säännöstelemättömällä että säännöstellyllä jaksolla. Trendi määritettiin samoin kuin aiemmin on kerrottu alueellisten sekä luonnontilaisten virtaamien osalta. Mahdollinen autokorrelaatio otettiin huomioon valkaisuodatuksella. Taulukossa 11 on listattu tilastollisesti merkitsevät virtaamatrendit säännöstellyillä havaintopaikoilla. Säännösteltyjen aikasarjojen osalta luonnontilaisella jaksolla, joka yleensä ulottui havaintojakso alusta 1950–1970-luvuille, löytyi vain muutamia tilastollisesti merkitseviä trendejä neljältä eri havaintopaikalta. Trendit jakautuivat kaikkien muuttujien kesken melko tasaisesti, ainoastaan kesävirtaamista ei löytynyt luonnontilaisella jaksolla merkitseviä trendejä. Viiden havaintopaikan luonnontilaisilla jaksoilla ei löytynyt yhtään tilastollisesti merkitsevää trendiä. Kolme havaintopaikkaa kahdestatoista oli säännösteltyjä koko havaintojakson, joten näiden osalta luonnontilaista jaksoa ei voitu analysoida. Säännösteltyjen jaksojen osalta lähes jokaisella havaintopaikalla, Vuoksea lukuun ottamatta, löytyi jokin tilastollisesti merkitsevä trendi. Säännöstelyjaksolla virtaamien kuukausikeskiarvot ovat kasvaneet eniten talvella ja keväällä. Keväthuiput eivät ole kuitenkaan kasvaneet, vaan keväiden aikaistumisen myötä kevään sekä talven alivirtaamat ovat kasvaneet ja osin myös talvijuoksutuksia on jatkettu kevääseen saakka. Kesävirtaamista löytyi sekä kasvua että laskua muutamilla paikoilla. Kun tarkastellaan säännösteltyjen havaintopaikkojen osalta koko olemassa olevaa havaintojaksoa, nähdään että tilastollisesti merkitseviä trendejä löytyy kaikilta havaintopaikoilta ja useiden eri suureiden osalta. Erityisesti talvi- tai kevätvirtaamien kasvua on havaittu lähes kaikilla havaintopaikoilla ainakin jonakin kuukautena. Ainoastaan Itä-Suomessa Kallavedellä ja Vuoksella ei talvivirtaamisissa ollut muutoksia minkään kuukauden osalta. Vuoksi oli ainoa havaintosarja, jonka kevätvirtaamisissa ei ollut tilastollisesti merkitseviä muutoksia, muiden paikkojen osalta merkitsevää kasvua oli joka sarjassa, ainakin jotakin kuukautta kohden. Kesävirtaamat ovat pienentyneet noin 40 %:lla havaintopaikoista, osin siksi että keväthuiput ovat aikaistuneet ja kesäkausi pidentynyt. Syyskuukausissa trendejä oli muutamia; sekä kasvua että pienenemistä. Joka kolmannessa säännöstellyssä havaintosarjassa kevätvirtaamahuippu on siirtynyt tilastollisesti merkitsevästi aiemmaksi koko havaintojakson aikana. Puolessa havaintosarjoista vuoden alivirtaama on pienentynyt merkitsevästi, mikä johtuu lähinnä siitä että säännöstelyjen myötä virtaama on voitu pysäyttää toisinaan kokonaan, kun taas luonnontilaisessa tilanteessa vettä on yleensä virrannut ainakin vähän. Toisaalta parilla havaintopaikalla, jotka eivät sijaitse aivan padon läheisyydessä, alivirtaamat ovat kasvaneet kesällä säännöstelyn myötä, mikä on ollut näiden säännöstelyjen tavoitteenakin. Yhdellä havaintopaikalla (Kymijoki) vuoden keskivirtaama oli kasvanut, ja kahdella paikalla vuoden ylivirtaamat olivat koko havaintojakson puitteissa kasvaneet (Vuoksi ja Kymijoki). Sekä Kymijoen että Vuoksen havainnot perustuvat voimalaitoksen antamiin virtaamiin, jotka ovat hie-man epävarmempia kuin purkautumiskäyriin perustuvat. Säännösteltyjen sarjojen trendit olivat pääasiassa voimakkaampia kuin luonnontilaisten. Kuvissa 14 ja 15 esitetään säännösteltyjen havaintopaikkojen talven ja kesän keskivirtaamien aikasarjoja sekä luonnontilaisella että säännöstellyllä jaksolla. Kuviin on merkitty trendiviivalla tilastollisesti merkitsevät muutokset.

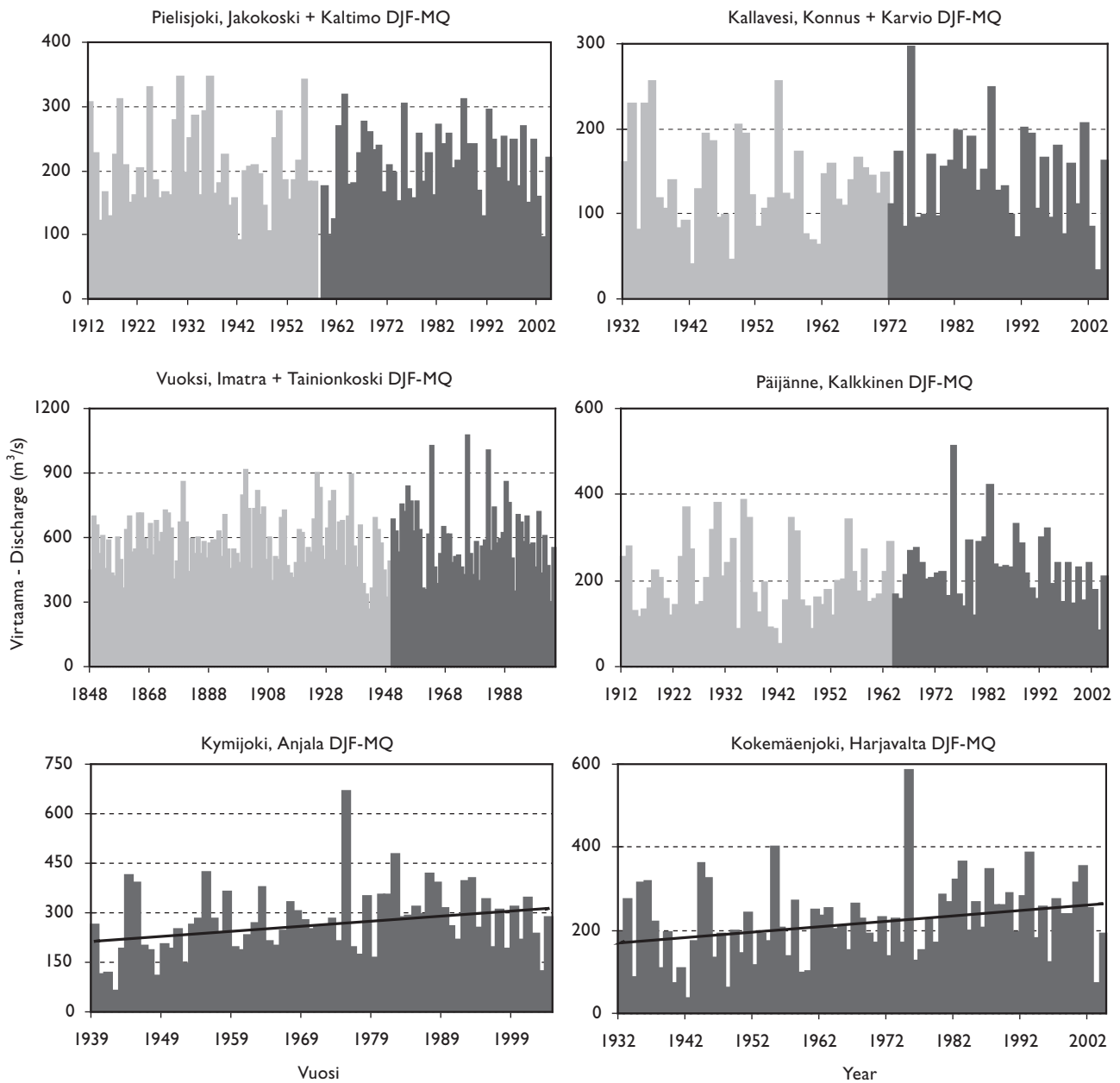
Taulukko II. Säätöselvitysten sarjojen tilastolliset trendit sekä luonnontilaisella (UR) että säännöstelyllä (R) jaksolla. Lisäksi on määritetty trendi koko havaintojaksolle eli mm. säännöstelyn vaikutusten aiheuttama muutos.

Table II. Statistically significant discharge trends at regulated observation sites. Trends for both the unregulated (UR) and the regulated (R) time periods, as well as for the whole observation period are presented. The impact of regulation is included in the trend.

Havaintopaikka Observation site	Muuttuja ja jakso Variable and period	+/-	p<	Trendi, m <sup>3</sup> /s /10 a (%) Trend
Pielisjoki, Jakokoski + Kaltimo 0403350 Luonnontilainen (UR) 1911–1957 Säätöselvitys (R) 1959–2004	Ei trendejä luonnontilaiselle No trends for UR			
	V-MQ 1959–2004	+	0,05	21,5 m <sup>3</sup> /s (8,1 %)
	VI-MQ 1959–2004	+	0,05	19,1 m <sup>3</sup> /s (6,0 %)
	JJA-MQ 1959–2004	+	0,05	16,9 m <sup>3</sup> /s (5,7 %)
	II-MQ 1911–2004	+	0,05	3,6 m <sup>3</sup> /s (1,9 %)
	III-MQ 1911–2004	+	0,001	5,0 m <sup>3</sup> /s (2,9 %)
	IV-MQ 1911–2004	+	0,01	4,2 m <sup>3</sup> /s (2,5 %)
	MAM-MQ 1911–2004	+	0,05	4,0 m <sup>3</sup> /s (2,0 %)
Kallavesi, Konnus + Karvio 0408087 Luonnontilainen (UR) 1931–1971 Säätöselvitys (R) 1972–2004	IV-MQ 1931–1971	+	0,05	11,8 m <sup>3</sup> /s (10,2 %)
	V-MQ 1931–1971	+	0,05	26,3 m <sup>3</sup> /s (11,8 %)
	MAM-MQ 1931–1971	+	0,05	13,0 m <sup>3</sup> /s (8,7 %)
	NQ 1972–2004	–	0,01	15,4 m <sup>3</sup> /s (24,0 %)
	HQ-PVM (kevät/spring) 1931–1971	–	0,01	4,7 d
	HQ-PVM 1931–1971	–	0,05	4,4 d
	III-MQ 1931–2004	+	0,001	7,4 m <sup>3</sup> /s (6,1 %)
	IV-MQ 1931–2004	+	0,001	7,9 m <sup>3</sup> /s (6,0 %)
	V-MQ 1931–2004	+	0,01	10,0 m <sup>3</sup> /s (4,2 %)
	VIII-MQ 1931–2004	–	0,05	6,4 m <sup>3</sup> /s (4,1 %)
	IX-MQ 1931–2004	–	0,05	6,7 m <sup>3</sup> /s (5,3 %)
	NQ 1931–2004	–	0,01	4,8 m <sup>3</sup> /s (6,4 %)
	MAM-MQ 1931–2004	+	0,001	9,0 m <sup>3</sup> /s (5,5 %)
HQ-PVM (kevät/spring) 1931–2004	–	0,01	2,4 d	
Vuoksi, Tainionkoski 0411450 Luonnontilainen (UR) 1847–1949 Säätöselvitys (R) 1950–2004	Ei trendejä luonnontilaiselle No trends for UR			
	VI-MQ 1950–2004	+	0,05	30,0 m <sup>3</sup> /s (5,1 %)
	VII-MQ 1950–2004	+	0,01	45,0 m <sup>3</sup> /s (7,6 %)
	VIII-MQ 1950–2004	+	0,01	36,9 m <sup>3</sup> /s (6,3 %)
	JJA-MQ 1950–2004	+	0,01	39,0 m <sup>3</sup> /s (6,6 %)
	IX-MQ 1847–2004	–	0,05	4,5 m <sup>3</sup> /s (0,7 %)
	X-MQ 1847–2004	–	0,05	4,8 m <sup>3</sup> /s (0,8 %)
	HQ 1847–2004	+	0,001	5,7 m <sup>3</sup> /s (0,8 %)
	NQ 1847–2004	–	0,001	16,5 m <sup>3</sup> /s (3,9 %)
	SON-MQ 1847–2004	–	0,05	4,6 m <sup>3</sup> /s (0,7 %)
Päijänne, Kalkkinen 1406510 Luonnontilainen (UR) 1911–1963 Säätöselvitys (R) 1964–2004	Ei trendejä luonnontilaisella tai säännöstelyllä jaksolla No trends for UR or R			
	II-MQ 1911–2004	+	0,01	8,5 m <sup>3</sup> /s (4,0 %)
	III-MQ 1911–2004	+	0,001	11,5 m <sup>3</sup> /s (5,5 %)
	IV-MQ 1911–2004	+	0,001	8,3 m <sup>3</sup> /s (4,2 %)
	VI-MQ 1911–2004	–	0,01	9,7 m <sup>3</sup> /s (3,6 %)
	HQ-PVM (kevät/spring) 1911–2004	–	0,001	4,2 d
	HQ-PVM 1911–2004	–	0,05	5,8 d
MAM-MQ 1911–2004	+	0,05	5,9 m <sup>3</sup> /s (2,7 %)	
Kymijoki, Anjala 1410050 Säätöselvitys (R) koko jakson 1938–2004	I-MQ 1939–2004	+	0,05	12,8 m <sup>3</sup> /s (4,7 %)
	II-MQ 1939–2004	+	0,001	22,9 m <sup>3</sup> /s (8,2 %)
	III-MQ 1939–2004	+	0,001	28,6 m <sup>3</sup> /s (10,1 %)
	IV-MQ 1938–2004	+	0,001	22,2 m <sup>3</sup> /s (7,4 %)
	MQ 1939–2004	+	0,05	10,3 m <sup>3</sup> /s (3,7 %)
	HQ 1939–2004	+	0,05	15,5 m <sup>3</sup> /s (3,6 %)
	DJF-MQ 1939–2004	+	0,05	15,6 m <sup>3</sup> /s (5,7 %)
	MAM-MQ 1939–2004	+	0,001	16,8 m <sup>3</sup> /s (5,6 %)
	HQ-PVM (kevät/spring) 1938–2004	–	0,001	7,9 d
Kokemäenjoki, Harjavalta 3410450 Säätöselvitys koko jakson (R) 1931–2004	I-MQ 1931–2004	+	0,05	11,9 m <sup>3</sup> /s (5,5 %)
	II-MQ 1931–2004	+	0,001	16,8 m <sup>3</sup> /s (7,9 %)
	III-MQ 1931–2004	+	0,001	15,8 m <sup>3</sup> /s (7,2 %)
	NQ 1931–2004	–	0,001	5,1 m <sup>3</sup> /s (9,7 %)
	DJF-MQ 1932–2004	+	0,05	13,1 m <sup>3</sup> /s (5,9 %)

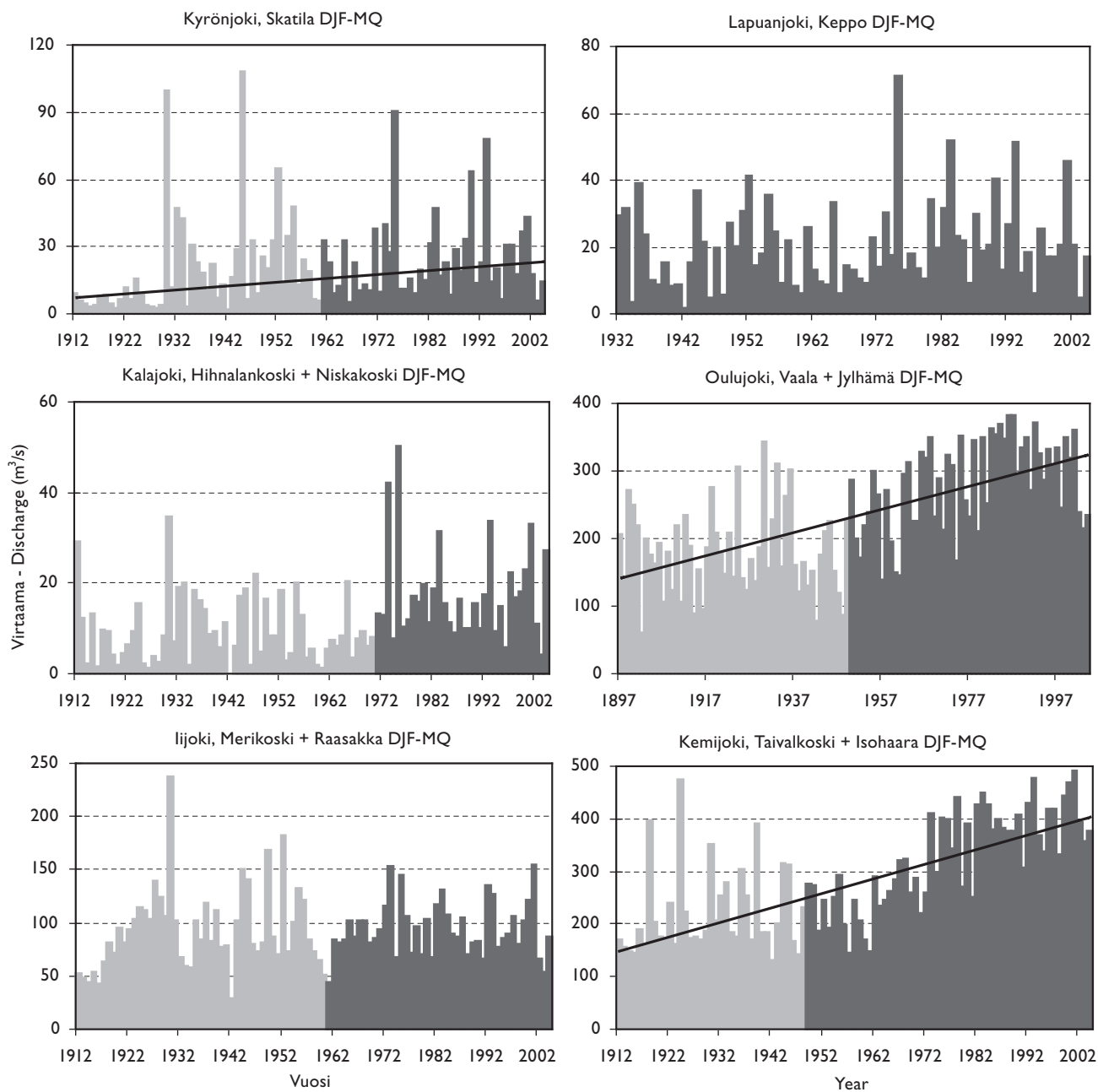
Havaintopaikka Observation site	Muuttuja ja jakso Variable and period	+/-	p<	Trendi, m <sup>3</sup> /s /10 a (%) Trend
Kyrönjoki, Skatila 4201000 Luonnontilainen (UR) 1911–1960 Säännöstelty (R) 1961–2004	I-MQ 1911–1960	+	0,001	2,5 m <sup>3</sup> /s (14,2 %)
	II-MQ 1911–1960	+	0,001	1,1 m <sup>3</sup> /s (16,2 %)
	III-MQ 1911–1960	+	0,01	1,0 m <sup>3</sup> /s (11,6 %)
	XII-MQ 1911–1960	+	0,01	6,5 m <sup>3</sup> /s (19,0 %)
	NQ 1911–1960	+	0,05	0,3 m <sup>3</sup> /s (9,7 %)
	DJF-MQ 1912–1960	+	0,01	3,4 m <sup>3</sup> /s (17,2 %)
	III-MQ 1961–2004	+	0,05	3,0 m <sup>3</sup> /s (11,3 %)
	V-MQ 1961–2004	–	0,01	12,6 m <sup>3</sup> /s (13,1 %)
	IX-MQ 1961–2004	–	0,05	3,6 m <sup>3</sup> /s (11,1 %)
	I-MQ 1911–2004	+	0,001	1,3 m <sup>3</sup> /s (7,2 %)
	II-MQ 1911–2004	+	0,001	1,4 m <sup>3</sup> /s (11,3 %)
	III-MQ 1911–2004	+	0,001	1,7 m <sup>3</sup> /s (10,1 %)
	V-MQ 1911–2004	–	0,01	5,4 m <sup>3</sup> /s (5,0 %)
	NQ 1911–2004	+	0,05	0,1 m <sup>3</sup> /s (2,9 %)
DJF-MQ 1912–2004	+	0,001	1,6 m <sup>3</sup> /s (7,3 %)	
Lapuanjoki, Keppo 4400610 Säännöstelty koko jakson (R) 1931–2004	II-MQ 1931–2004	+	0,001	1,5 m <sup>3</sup> /s (11,1 %)
	III-MQ 1931–2004	+	0,01	1,9 m <sup>3</sup> /s (12,0 %)
Kalajoki, Hihnalakoski + Niska- koski 5700740 Luonnontilainen (UR) 1911–1970 Säännöstelty (R) 1971–2004	NQ 1911–1970	–	0,01	0,2 m <sup>3</sup> /s (12,9 %)
	NQ 1971–2004	+	0,05	0,6 m <sup>3</sup> /s (15,0 %)
	I-MQ 1911–2004	+	0,001	1,0 m <sup>3</sup> /s (10,0 %)
	II-MQ 1911–2004	+	0,001	1,3 m <sup>3</sup> /s (18,8 %)
	III-MQ 1911–2004	+	0,001	1,2 m <sup>3</sup> /s (16,7 %)
	V-MQ 1911–2004	–	0,05	3,6 m <sup>3</sup> /s (4,0 %)
	VIII-MQ 1911–2004	+	0,001	0,8 m <sup>3</sup> /s (5,7 %)
	NQ 1911–2004	+	0,05	0,6 m <sup>3</sup> /s (3,3 %)
Oulujärvi, Vaala + Jylhämä 5903450 Luonnontilainen (UR) 1896–1949 Säännöstelty (R) 1950–2004	X-MQ 1896–1949	–	0,05	15,0 m <sup>3</sup> /s (7,1 %)
	HQ 1896–1949	–	0,05	31,7 m <sup>3</sup> /s (6,5 %)
	I-MQ 1950–2004	+	0,01	21,0 m <sup>3</sup> /s (7,3 %)
	II-MQ 1950–2004	+	0,001	22,5 m <sup>3</sup> /s (7,4 %)
	III-MQ 1950–2004	+	0,05	16,1 m <sup>3</sup> /s (5,9 %)
	VII-MQ 1950–2004	–	0,05	13,3 m <sup>3</sup> /s (8,2 %)
	XII-MQ 1950–2004	+	0,01	17,0 m <sup>3</sup> /s (6,6 %)
	HQ 1950–2004	+	0,01	11,2 m <sup>3</sup> /s (2,5 %)
	NQ 1950–2004	–	0,001	5,1 m <sup>3</sup> /s (17,7 %)
	DJF-MQ 1950–2004	+	0,01	18,1 m <sup>3</sup> /s (6,4 %)
	I-MQ 1896–2004	+	0,001	17,5 m <sup>3</sup> /s (7,5 %)
	II-MQ 1896–2004	+	0,001	25,0 m <sup>3</sup> /s (11,0 %)
	III-MQ 1896–2004	+	0,001	22,5 m <sup>3</sup> /s (11,4 %)
	IV-MQ 1896–2004	+	0,001	9,0 m <sup>3</sup> /s (6,0 %)
	V-MQ 1896–2004	–	0,001	17,1 m <sup>3</sup> /s (8,7 %)
	VI-MQ 1896–2004	–	0,001	38,8 m <sup>3</sup> /s (13,2 %)
	VII-MQ 1896–2004	–	0,001	31,4 m <sup>3</sup> /s (11,8 %)
	VIII-MQ 1896–2004	–	0,001	13,5 m <sup>3</sup> /s (5,7 %)
	XII-MQ 1896–2004	+	0,01	8,4 m <sup>3</sup> /s (3,5 %)
	NQ 1896–2004	–	0,001	9,6 m <sup>3</sup> /s (15,3 %)
DJF-MQ 1897–2004	+	0,001	17,0 m <sup>3</sup> /s (7,3 %)	
MAM-MQ 1896–2004	+	0,05	4,1 m <sup>3</sup> /s (2,2 %)	
JJA-MQ 1896–2004	–	0,001	26,9 m <sup>3</sup> /s (10,1 %)	
Iijoki, Merikoski + Raasakka 6101950 Luonnontilainen (UR) 1911–1960 Säännöstelty (R) 1961–2004	Ei trendejä luonnontilaiselle No trends for UR			
	IX-MQ 1961–2004	–	0,05	20,0 m <sup>3</sup> /s (14,3 %)
	HQ-PVM 1961–2004	–	0,05	2,9 d
	II-MQ 1911–2004	+	0,001	3,4 m <sup>3</sup> /s (4,6 %)
	III-MQ 1911–2004	+	0,001	4,0 m <sup>3</sup> /s (6,2 %)
	VI-MQ 1911–2004	–	0,05	9,6 m <sup>3</sup> /s (3,5 %)
	NQ 1911–2004	–	0,001	2,0 m <sup>3</sup> /s (5,0 %)
MAM-MQ 1911–2004	+	0,05	5,1 m <sup>3</sup> /s (2,1 %)	

Havaintopaikka Observation site	Muuttuja ja jakso Variable and period	+/-	p<	Trendi, m <sup>3</sup> /s /10 a (%) Trend
Kemijoki, Taivalkoski + Isohaara 6504450 Luonnontilainen (UR) 1911–1948 Säännöstelty (R) 1949–2004	Ei trendejä luonnontilaiselle No trends for UR			
	I-MQ 1949–2004	+	0,001	45,2 m <sup>3</sup> /s (14,1 %)
	II-MQ 1949–2004	+	0,001	52,4 m <sup>3</sup> /s (16,8 %)
	III-MQ 1949–2004	+	0,001	41,1 m <sup>3</sup> /s (15,5 %)
	IV-MQ 1949–2004	+	0,01	29,1 m <sup>3</sup> /s (9,5 %)
	VI-MQ 1949–2004	–	0,05	76,1 m <sup>3</sup> /s (7,3 %)
	XII-MQ 1949–2004	+	0,001	35,3 m <sup>3</sup> /s (10,0 %)
	HQ 1949–2004	–	0,05	175,1 m <sup>3</sup> /s (5,7%)
	DJF-MQ 1949–2004	+	0,001	42,8 m <sup>3</sup> /s (13,1 %)
	I-MQ 1912–2004	+	0,001	28,6 m <sup>3</sup> /s (10,3 %)
	II-MQ 1912–2004	+	0,001	31,8 m <sup>3</sup> /s (12,4 %)
	III-MQ 1912–2004	+	0,001	24,9 m <sup>3</sup> /s (11,2 %)
	IV-MQ 1912–2004	+	0,001	16,2 m <sup>3</sup> /s (6,0 %)
	VI-MQ 1911–2004	–	0,01	43,6 m <sup>3</sup> /s (3,9 %)
	XI-MQ 1911–2004	+	0,05	11,5 m <sup>3</sup> /s (2,6 %)
	XII-MQ 1911–2004	+	0,001	23,9 m <sup>3</sup> /s (7,4 %)
	NQ 1911–2004	–	0,05	2,9 m <sup>3</sup> /s (2,1 %)
	DJF-MQ 1912–2004	+	0,001	27,9 m <sup>3</sup> /s (9,8 %)
	JJA-MQ 1911–2004	–	0,05	16,7 m <sup>3</sup> /s (2,4 %)
	HQ-PVM 1911–2004	–	0,05	0,8 d

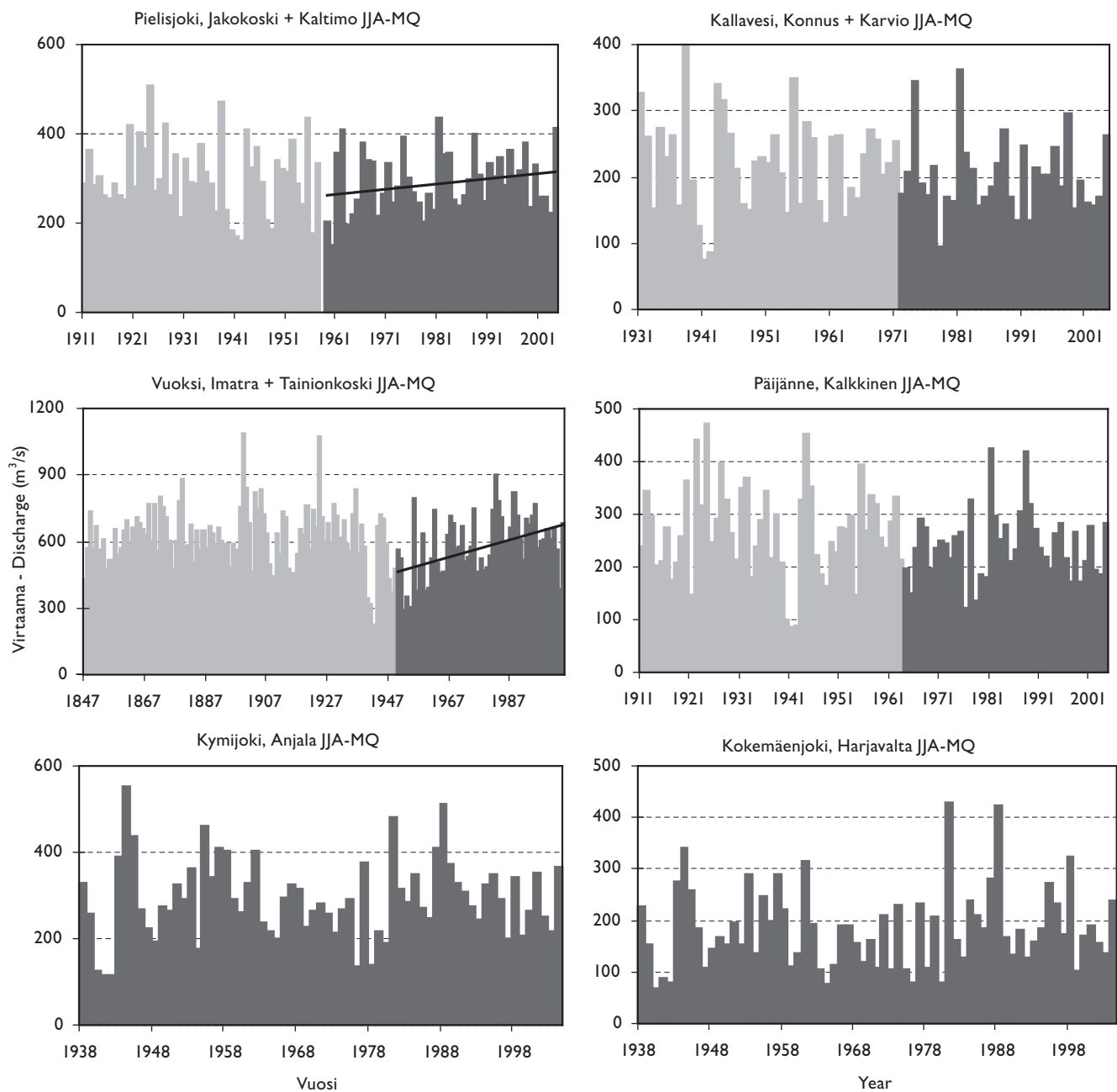


Kuva 14 jatkuu seuraavalla sivulla.  
Figure 14 continues on the following page.



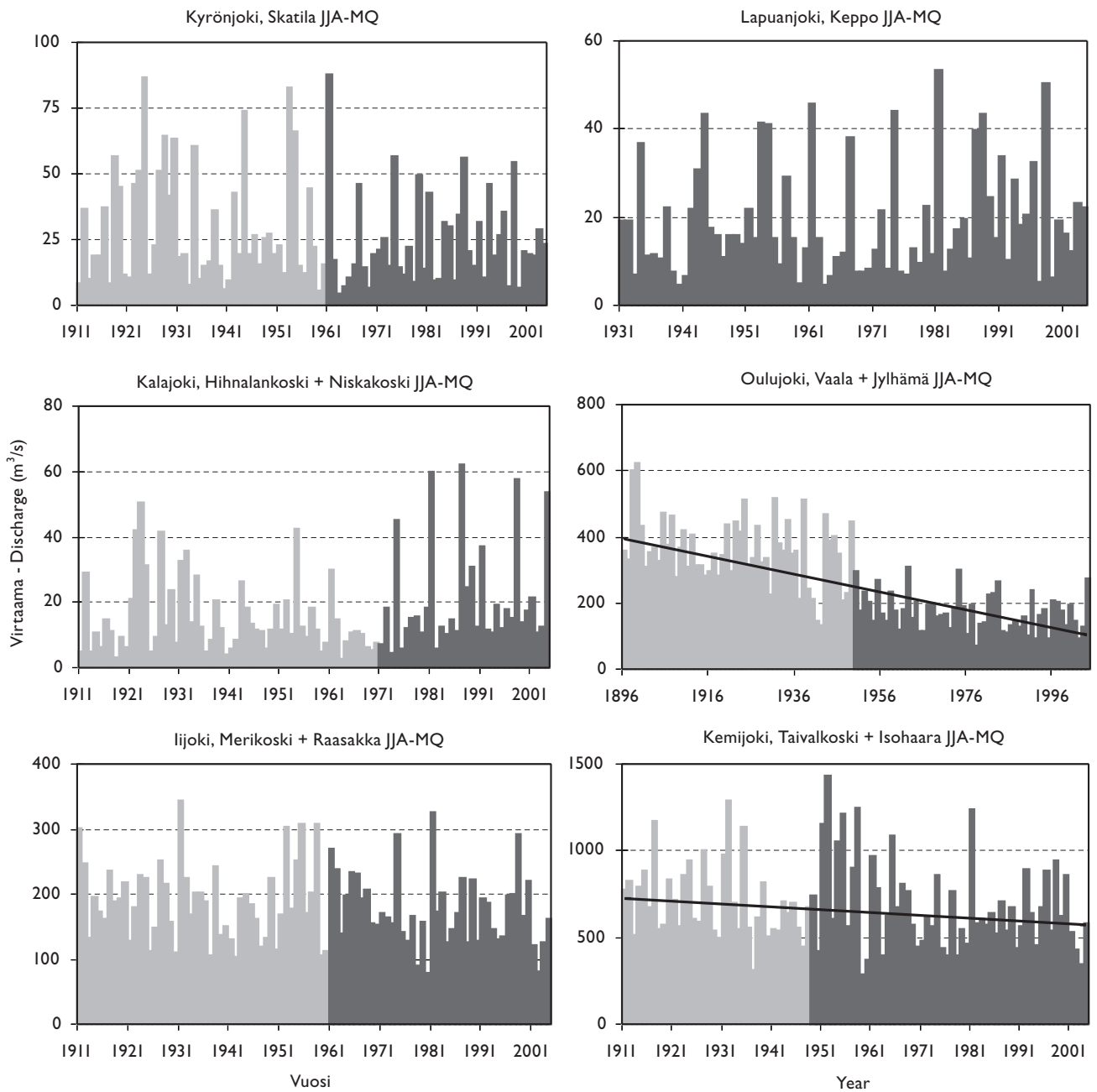


Kuva 14. Talven keskivirtaaman aikasarjoja ja trendejä säännöstellyillä havaintopaikoilla.  
 Figure 14. Time series and trends of mean winter discharge at regulated observation sites.



Kuva 15 jatkuu seuraavalla sivulla.

Figure 15 continues on the following page.



Kuva 15. Kesän keskivirtaaman aikasarjoja ja trendejä säännöstellyillä havaintopaikoilla.  
 Figure 15. Time series and trends of mean summer discharge at regulated observation sites.

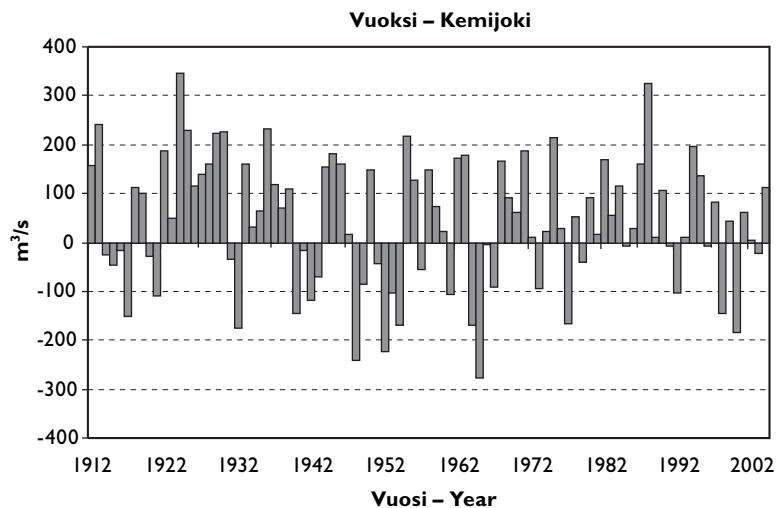
## Eri vesistöjen välisiä vertailuja

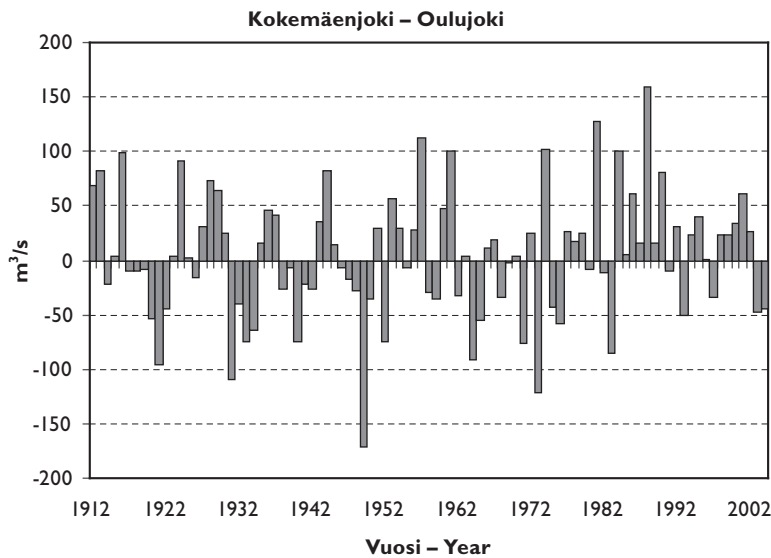
Viiden suurimman vesistöalueen pääuomien vuoden keskivirtaamia vertailtiin myös keskenään jaksolla 1912–2004. Vuokselta käytössä oli Imatran ja Tainionkosken virtaamat, Kemijoelta Isohaaran ja Taivalkosken sekä Oulujoelta Vaalan ja Jylhämän virtaamat. Kymijoen virtaama muodostettiin yhdistelemällä regression avulla Kymijoen nykyinen kokonaisvirtaama sekä Anjalan että Kuusankosken voimalaitosten havaintoja. Kokemäenjoen virtaama koko jaksolla puolestaan muodostettiin regressiolla Harjavallan ja Kiikan havainnoista. Näiden havaintoasemien vertailun perusteella suurin vuoden keskivirtaama jaksolla 1912–2004 oli Vuoksessa (n. 590 m<sup>3</sup>/s), toiseksi suurin Kemijoessa (n. 545 m<sup>3</sup>/s), kolmanneksi suurin Kymijoessa (n. 310 m<sup>3</sup>/s). Tämän jälkeen tulivat melko tasaväkinä Kokemäenjoki ja Oulujoki (n. 220 m<sup>3</sup>/s). On huomattava, että havaintopaikkojen sijainti mereen (tai Vuoksen tapauksessa Laatokkaan) nähden vaihtelee eri paikkojen välillä, joten todelliset mereen purkautuvat kuutiomäärät ovat hieman suurempia.

Vuoksen ja Kemijoen sekä toisaalta Kokemäenjoen ja Oulujoen vuosikeskivirtaamat ovat siis lähellä toisiaan. Niinpä näiden vesistöalueiden vuosivirtaamien erotuksia verrattiin jaksolla 1912–2004. Vuoksen vuosivirtaama oli 59 vuotena suurempi kuin Kemijoen ja 34 vuotena puolestaan pienempi. Suurimmillaan näiden välinen erotus oli vuonna 1924, jolloin Vuoksen vuosivirtaama oli lähes 350 m<sup>3</sup>/s suurempi kuin Kemijoen. Vuonna 1965 ero oli puolestaan suurimmillaan toisin päin eli tuolloin Kemijoen virtaama oli lähes 280 m<sup>3</sup>/s suurempi kuin Vuoksen. Yleensä erot ovat vaihdelleet melko tasaisesti kummankin hyväksi, eikä selvää trendiä tai jaksollisuutta ole havaittavissa. Pisin yhtenäinen jakso, jolloin toisen joen virtaama oli ollut useita vuosia suurempi on jakso 1922–1930. Tuolloin Vuoksen virtaama oli yhdeksän vuoden ajan Kemijoen virtaamaa suurempi eli kyseisellä jaksolla Itä-Suomessa oli selvästi märempää kuin Lapissa. Kuvassa 16 esitetään Vuoksen ja Kemijoen vuosivirtaamien erotukset.

Kokemäenjoen ja Oulujoen vuosivirtaamien erotukset ovat menneet melko lailla tasan kummankin hyväksi. Kokemäen virtaama jaksolla 1912–2004 oli 50 vuotena suurempi kuin Oulujoen, ja toisinpäin se oli 43 vuotena. Tosin Oulujoen virtaama on tässä yhteydessä määritetty Oulujärven luusuasta, joten todellinen virtaama Oulun tuntumassa olisi hieman suurempi. Suurin erotus Kokemäenjoen hyväksi oli 160 m<sup>3</sup>/s vuonna 1988, ja suurin erotus puolestaan Oulujoen hyväksi vuodelta 1949 reilut

Kuva 16. Vuoksen ja Kemijoen vuosivirtaamien erotukset jaksolla 1912–2004.  
Figure 16. Difference between annual discharges of the rivers Vuoksi and Kemijoki in 1912–2004.





Kuva 17. Kokemäenjoen ja Oulujoen vuosivirtaamien erotukset jaksolla 1912–2004.  
Figure 17. Difference between annual discharges of the rivers Kokemäenjoki and Oulujoki in 1912–2004.

170 m<sup>3</sup>/s. Selvää trendiä tai jaksollisuutta ei ollut nähtävissä. Pisin yhtenäinen jakso, jolloin jommankumman virtaama oli monena vuotena suurempi on 1984–1990. Tuolloin Kokemäenjoen virtaama oli suurempi kuin Oulujoen. (Kuva 17)

Viiden suurimman vesistöalueen aikasarjojen välille laskettiin myös Pearsonin korrelaatiokertoimet. Vahvimmat korrelaatiot saatiin maantieteellisesti toisiaan lähellä olevien vesistöalueiden kesken, kuten oli odotettavissakin. Kaikkien vesistöalueiden väliset korrelaatiot esitetään taulukossa 12. Korkein korrelaatio ( $r=0,88$ ) löytyi Kymijoen ja Kokemäenjoen väliltä, mutta Vuoksi ja Kymijoki yltyvät lähes samaan ( $r=0,87$ ). Heikoimmat korrelaatiot ( $r=0,37$ ) löytyivät Kemijoen ja Vuoksen sekä Kemijoen ja Kymijoen väliltä, jotka ovatkin maantieteellisesti kauimpana toisistaan. Kemijoen ja Kokemäenjoen korrelaatio oli kolmanneksi pienin ( $r=0,45$ ).

Taulukko 12. Suurimpien vesistöalueiden välisten vuosivirtaamien korrelaatiokertoimet.  
Table 12. Correlation coefficients between the annual mean discharges of the largest river basins.

Vesistöalue River basin	Vuoksi	Kemijoki	Kymijoki	Kokemäenjoki	Oulujoki
Kemijoki	0,37	I	0,37	0,45	0,63
Kymijoki	0,87	0,37	I	0,88	0,58
Kokemäenjoki	0,72	0,45	0,88	I	0,47
Oulujoki	0,63	0,63	0,58	0,47	I

## 5.6

### Virtaaman ja vedenkorkeuden aikasarjojen jaksollisuudesta

Muutamalle pisimmälle luonnontilaiselle vedenkorkeus- ja virtaamasarjalle tehtiin aikasarja-analyysi käyttäen ITSM-ohjelmistoa. Analyysissä tutkittiin mm. sarjojen jaksollisuutta eli löytyykö vuoden sisäisen tyyppillisen vaihtelun lisäksi joitakin pidempiä jaksollisuuksia. Analyysit tehtiin Lauritsalan ja Tornionjoen vedenkorkeushavaintosarjalle sekä Muroleenkosken ja Nilakan virtaama-aikasarjoille. Analysoitaviksi otettiin vuoden keskivedenkorkeus sekä vuoden keskivirtaama vuoteen 2004 saakka. Aikasarjaohjelmistolla tarkasteltiin mm. havaintosarjojen spektrejä ja autokorrelaatioita. Tiedyt jaksollisuudet ilmenevät selvinä piikkeinä spektrissä ja syklin pituus saadaan selville jakamalla arvo  $2\pi$ , kyseistä piikkiä vastaavalla taajuudella. Trendit näkyvät spektrin kuvaajassa eli periodogrammissa lähellä nollaa olevina taajuuksina, jolloin jakso tulee äärettömäksi. Autokorrelaatiokaaviosta jaksollisuudet erottuvat tilastollisesti merkitsevinä autokorrelaatioina.

Saimaan keskivedenkorkeuksia on jo vuodesta 1847 saakka eli aikasarjan pituus on yli 150 vuotta. Saimaan vedenkorkeuden vuosisarjan spektrissä on nähtävissä selvä 6,3 vuoden jaksollisuutta vastaava piikki. Samoin hieman lievempänä aikasarjan spektrissä näkyy myös 31 vuoden jaksollisuutta vastaava piikki, mikä tosin voi myös heijastella pientä trendiä. Kun differentioimalla poistetaan trendin vaikutus, jäljelle jäävässä spektrissä nousee kuuden vuoden syklin lisäksi esille neljän vuoden jakso. On myös selvää, että niinkin suuressa järvessä kuin Saimaa märkien ja kuivien vuosien vaikutukset näkyvät useiden vuosien ajan. Kun tarkastellaan autokorrelaatiokaaviota, merkitseviä viiveitä ovat kahden ja kolmen vuoden viiveet. ITSM-ohjelmisto antaa Saimaan vedenkorkeuden parhaimmaksi malliksi ARMA(4,6) mallin, eli kunkin vuoden keskimääräisen vedenkorkeuteen näyttäisi vaikuttavan kuusi edellistä vuotta, kuten spektrikuvaajastakin oli havaittavissa.

Tornionjoen vedenkorkeuksia on havaittu vuodesta 1911 lähtien joten sieltä on saatavissa yli 90 vuoden aikasarja. Tornionjoen aikasarjan spektrissä on selvimpänä 31 vuoden jakso. Trendin poistamisen jälkeen spektristä nousee esille noin kolmen vuoden piikki. Autokorrelaatiot ovat voimakkaimmat yhden ja viiden vuoden viiveellä. Paras aikasarjamalli kyseiselle vuositiedalle on ARMA(1,5)-muotoa, eli Tornionjoen vedenkorkeuksiin vaikuttaa eniten edellisvuoden vesitilanne, mutta myös viiden edellisen vuoden vedenkorkeudet.

Muroleenkoskelta virtaamahavaintoja on yli 140 vuodelta, vuodesta 1863 lähtien. Vuosikeskivirtaamien spektrissä on suurin piikki 29 vuoden jaksoa vastaavassa kohdassa. Kun trendi poistetaan differentioimalla, jäljelle jäävässä spektrissä suurin piikki on noin 3,3 vuoden jaksolla, mutta se ei ole muuhun kohinaan nähden suuri. Autokorrelaatioissa tilastollisesti merkitseviä viiveitä ovat yhden ja kahden vuoden viiveet eli kyseisen vuoden keskivirtaamaan vaikuttavat negatiivisesti kahden edellisvuoden keskivirtaamat. Paras aikasarjamalli kyseiselle datalle on ARMA(0,2).

Nilakan virtaamia on olemassa vuodesta 1896 alkaen eli 108-vuotinen jakso. Kun vuosivirtaamia tarkastellaan aikasarja-analyysillä, spektristä erottuu suurimpana huippuna 6,5 vuoden jakso, joka on aika samansuuruinen kuin Lauritsalankin sarjasta. Sykli ei ole kuitenkaan niin selvä, että sitä huomaisi silmämääräisesti sarjasta kuuden vuoden välisinä huippuina eikä tämän autokorrelaatio ole merkitsevä. Spektrissä on myös huippu 27 vuoden jaksolle. Autokorrelaatioanalyysissä havaitaan negatiivista riippuvuutta kahden edellisvuoden havaintojen suhteen eli paras aikasarjamalli kyseisellä virtaamadatalla on ARMA(0,2).

Tarkasteltavista neljästä eri aikasarjasta löytyi sekä lyhytaikaista jaksollisuutta (3...6 vuotta) sekä jaksollisuutta noin 30 vuoden syklillä. Äkkiseltään kyseisille jaksolle ei löydy mitään itsestään selvää selittäjää, mutta eivät ne välttämättä ole täysin satunnaisiakaan sillä samoja taajuuksia löytyi useista eri sarjoista; Saimaan ja Nilakan osalta kuuden vuoden jaksoja ja Tornionjoen ja Muroleenkosken osalta kolmen vuoden jaksoja. Lisäksi kaikille sarjoille löytyi yli kolmenkymmenen vuoden jaksollisuutta. Auringonpilkkuihin viittaavaa (11 vuotta) jaksollisuutta ei löytynyt mistään näistä sarjoista. Vedenkorkeuden ja virtaaman sarjojen vaihtelut liittyvät tietenkin suuresti sadannan vaihteluun, joka taas liittyy ilmakehän yleiseen kiertoliikkeeseen. Grotzner ym. (1999) ovat löytäneet 30...40 jaksollisuutta Pohjois-Atlantin kiertoliikkeessä, joten tässä suhteessa hieman yli 30 vuoden jaksollisuus vedenkorkeus- ja virtaama-aikasarjoissa voisi hyvin olla todenperäinen, vaikuttaahan kiertoliike selvästi sadantaan matalapaineiden kautta.

## Virtaaman sekä ilmastollisten muuttujien yhteyksiä

Virtaaman vaihteluiden aiheuttajana ovat pääasiassa ilmastolliset olosuhteet. Tämän vuoksi ilmastollisten aikasarjojen vertaaminen virtaama-aikasarjoihin on mielekästä. Tässä työssä vertailuja tehtiin eri alueiden virtaamien sekä lämpö- sadantaolojen välillä. Koko Suomen, maan etelä- ja pohjoisosan vuoden keskivirtaamia sekä vuosisadantoja, keskilämpötiloja ja vuoden NAO-indeksejä vertailtiin myös keskenään korrelaation ja regression avulla. Maa jaettiin virtaamien osalta etelä- ja pohjoisosaan siten, että pohjoisosaan kuuluivat vesistöalueet, jotka virtaavat Perämereen tai Jäämereen. Muut vesistöalueet kuuluivat eteläosaan. Aluevirtaamat perustuvat kappaleessa 4.1. esitettyihin virtaamiin. Vuoden keskilämpötilat sekä sademäärät maan etelä- ja pohjoisosalle vuoteen 2002 saakka saatiin Ilmatieteen laitokselta. NAO-indeksit perustuvat Jim Hurrellin tekemiin vuositaulukoihin, jotka ovat vapaasti saatavilla internetistä: <http://www.cgd.ucar.edu/cas/jhurrell/indices.html>.

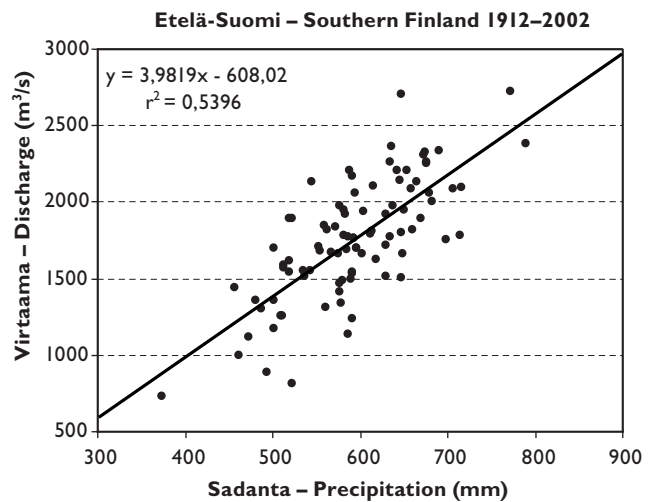
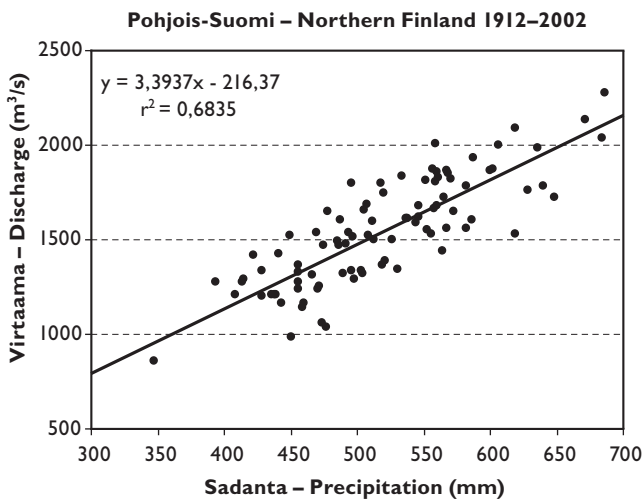
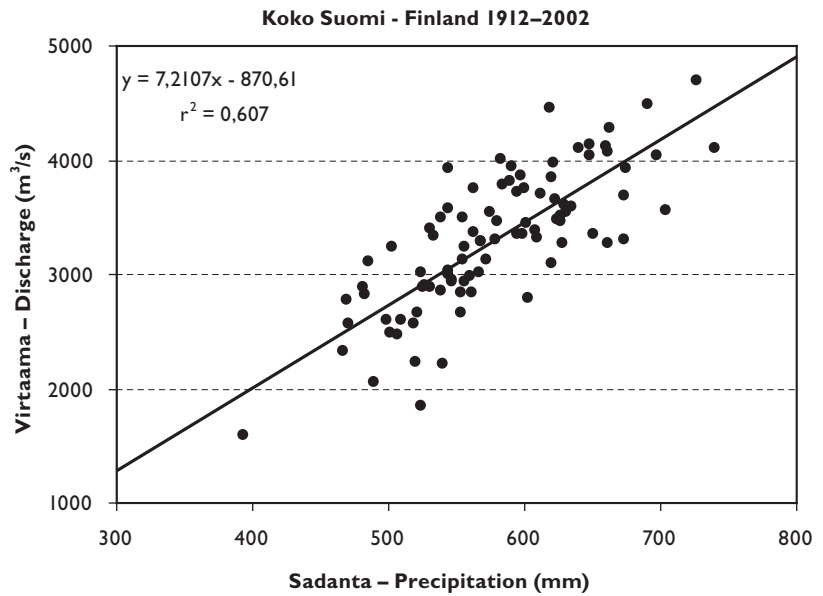
### 5.7.1

#### Virtaaman ja sadannan korrelaatiot

Sadanta vaikuttaa luonnollisesti hyvinkin paljon virtaamaan. Koko Suomen keskiarvona noin puolet sadannasta päätyy valunnaksi ja noin puolet haihtuu. Eri vuosien välillä on selvää vaihtelua; valunnan osuus vuosisadannasta vaihtelee kolmanneksen ja kahden kolmasosan välillä. Runsassateisina vuosina valunnaksi päätyy yleensä suurempi prosenttiosuus kuin kuivempina vuosina. Tämä selittyy sillä, että kuivina vuosina maaperä ja kasvit imevät osansa vähäisestäkin sateesta, eikä vesistöihin jää vettä valuttavaksi niin paljoa. Yleensä myös vähäsateisina kesinä on lämmintä ja vettä haihtuu runsaasti, paitsi hyvin kuivina kausina, silloin kun maasto kuivuu niin, että maa-alueilla ei ole juuri vettä joka voisi haihtua. Toisaalta on huomioitava myös se, että loppuvuoden lumisadanta varastoituu seuraavan vuoden valunnaksi, ja tällä on luonnollisesti vaikutusta vuotuiseen sadanta–valunta–suhteeseen. Myös maan eri osien välillä on eroa sadanta–valuntasuhteissa. Maan eteläosassa haihtuu selvästi enemmän kuin maan pohjoisosassa. Maan eteläosassa sadanta on myös suurempi kuin pohjoisessa. Valunnan suhteellinen osuus vuoden sadannasta on maan pohjoisosassa suurempi kuin maan eteläosassa.

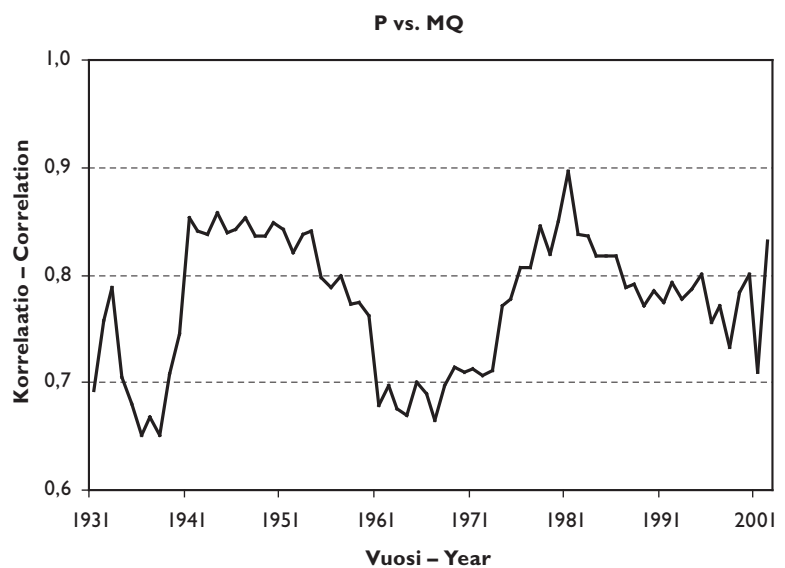
Koko maan keskivirtaaman ja vuoden sademäärän välillä on selvä korrelaatio. Jaksolla 1912–2002 korrelaatiokerroin oli 0,78 ja se oli erittäin merkitsevä ( $p < 0,001$ ). Koko maan vuosisadannan ja vuosivirtaaman välinen regressio esitetään kuvassa 18. Kun maa jaettiin etelä- ja pohjoisosaan, eri osien välillä oli selvä ero. Tässä työssä Pohjois-Suomeen kuuluivat Perämereen ja Jäämereen laskevat alueet, muut Suomen vesistöalueet kuuluivat eteläosaan. Pohjoisen korrelaatiokerroin oli 0,83 ja etelän 0,73. Molemmat korrelaatiokertoimet olivat tilastollisesti erittäin merkitseviä ( $p < 0,001$ ). Kuvassa 19 esitetään regressiot sekä etelä- että pohjoisosalle. Korrelaatiota tarkasteltiin myös 20-vuoden liukuvalla ikkunalla, jotta voidaan nähdä eroja eri ajanjaksojen välillä. Kuvassa 20 kunkin vuoden kohdalla oleva arvo vastaa edellisen 20 vuoden korrelaatiota, esimerkiksi vuoden 1931 korrelaatio on jakson 1912–1931 korrelaatiokerroin. Koko maan osalta korrelaatioissa ei kovinkaan suuria eroja eri jaksojen välillä. Parhaimmillaan korrelaatio on 1980-luvun alussa noin 0,9 ja heikoimmillaan 1930-luvulla eli ensimmäisten 20 vuoden aikana noin 0,65. Kuvassa 21 vastaava asia esitetään etelä- ja pohjoisosaan jaettuna. Kuvasta nähdään, että maan pohjoisosalla keskivirtaaman ja sadannan korrelaatio on lähes koko jakson ajan parempi kuin eteläosalla. Ainoastaan 1970-luvun loppuvuosien arvoilla etelän korrelaatio on samaa suuruusluokkaa kuin pohjoisen. Korkeimmillaan pohjoisen korrelaatio on jopa hie- man yli 0,9 ja pienimmillään noin 0,7. Etelässä 20 vuoden liukuvan korrelaation suurin arvo on 0,86 ja pienin 0,55. Koska pohjoisessa haihtuu vuodessa vähemmän kuin etelässä, on pohjoisessa korrelaatio sadannan ja virtaaman välillä parempi etelässä.

Kuva 18. Koko maan vuosisadannan ja vuosivirtaaman välinen regressio jaksolla 1912–2002.  
Figure 18. Regression between annual precipitation in Finland and annual mean discharge from the territory of Finland in 1912–2002.

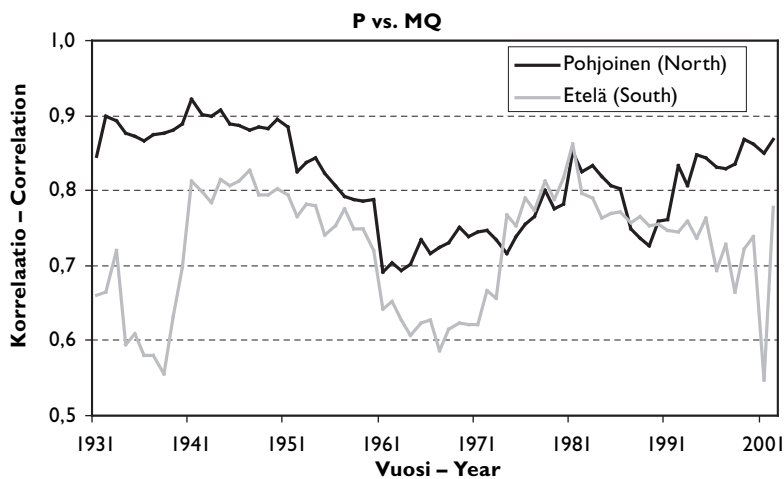


Kuva 19. Maan etelä- ja pohjoisosan vuosisadannan ja vuosivirtaaman välinen regressio jaksolla 1912–2002.  
Figure 19. Regression between annual precipitation and total annual mean discharge in the southern and northern parts of Finland in 1912–2002.

Kuva 20. Koko maan vuosisadannan ja vuosivirtaaman välinen liukuva korrelaatio 20 vuoden ikkunalla.  
Figure 20. Sliding correlation (20-year window) between annual precipitation and total annual mean discharge from Finland.







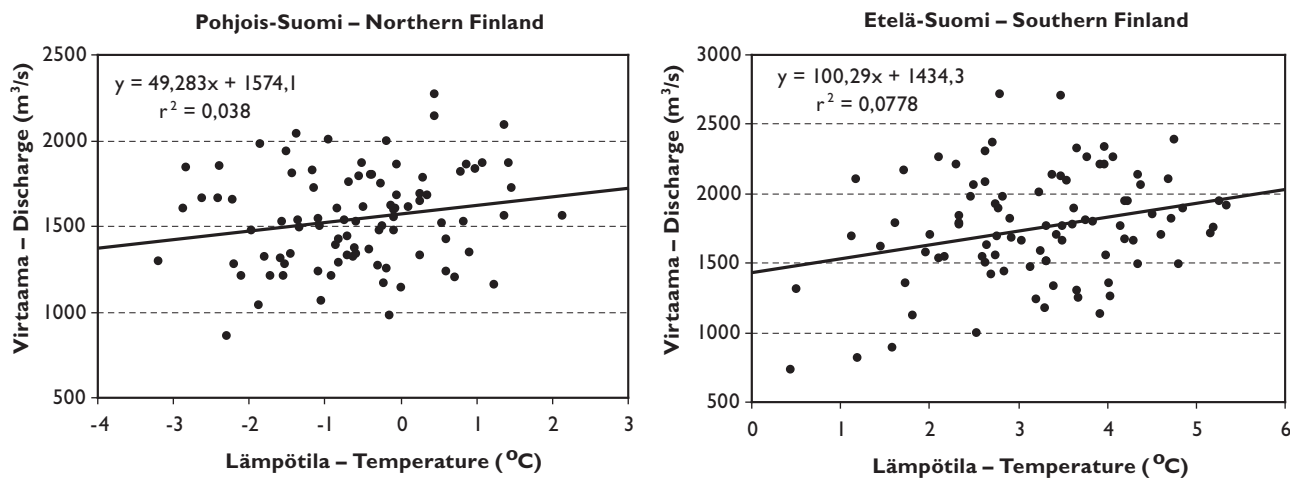
Kuva 21. Maan etelä- ja pohjoisosan vuosisadannan ja vuosivirtaaman välinen liukuva korrelaatio 20 vuoden ikkunalla.  
Figure 21. Sliding correlation (20-year window) between annual precipitation and total annual mean discharge in the southern and northern parts of Finland.

### 5.7.2

## Virtaaman ja lämpötilan korrelaatiot

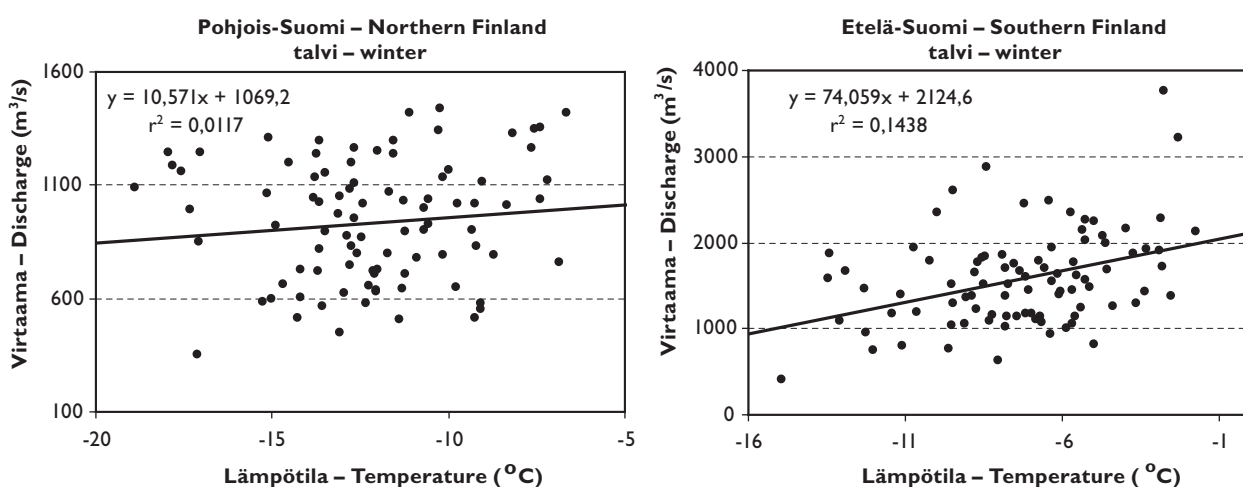
Lämpötilalla ei itsessään ole vaikutusta virtaamiin, mutta välillisesti sillä on merkitystä. Hyvin kuumina kesinä haihdunta kasvaa, ja tällöin virtaamat pienenevät vedenkorkeuksien aletessa. Talvilämpötiloilla puolestaan on suurikin merkitys virtaamiin, sillä nolla-asteen rajan ylityksellä ja tätä kautta lumen sulamisella on selvä yhteys virtaamaan. Talviolosuhteissa lämpimät säät tarkoittavat usein matalapaineita, jotka tuovat myös vesisateita. Kesäolosuhteissa toisaalta lämpimät säät ovat yhteydessä korkeapaineisiin, jolloin sademäärät ovat vähäisiä. Näistä ristiriitaisista kesän ja talven lämpötilariippuvuuksista johtuen vuoden keskilämpötilan ja virtaaman välillä ei välttämättä ole selvää korrelaatiota, mutta kesän ja talven osalta tilanne pitäisi olla selkeämpi.

Maan pohjoisosan ja eteläosan alueellinen jako on sama kuin aiemmin tässä työssä koko Suomen virtaamia tarkastellessa ja edellisen kappaleen sadannan korrelaatioita tutkittaessa. Vuoden keskilämpötilan ja keskivirtaaman välinen korrelaatio oli eteläosassa vahvempi kuin pohjoisessa. Maan eteläosalla korrelaatiokerroin oli 0,28 jaksolla 1912–2002, ja se oli tilastollisesti merkitsevä ( $p < 0,01$ ). Pohjoisosalla korrelaatiokerroin oli 0,19, joka ei ole tilastollisesti merkitsevä, mutta lähellä melkein merkitsevää ( $p < 0,1$ ). Maan eteläosassa vuoden keskilämpötilan yhden asteen nousu kasvatti vuoden keskivirtaamaa keskimäärin  $100 \text{ m}^3/\text{s}$ , kun taas pohjoisessa yhden asteen nousun vaikutus virtaamaan oli vain puolet pienempi eli keskimäärin  $50 \text{ m}^3/\text{s}$ . Kuvassa 22 esitetään keskivirtaaman ja keskilämpötilan välinen regressio maan etelä- ja pohjoisosassa.

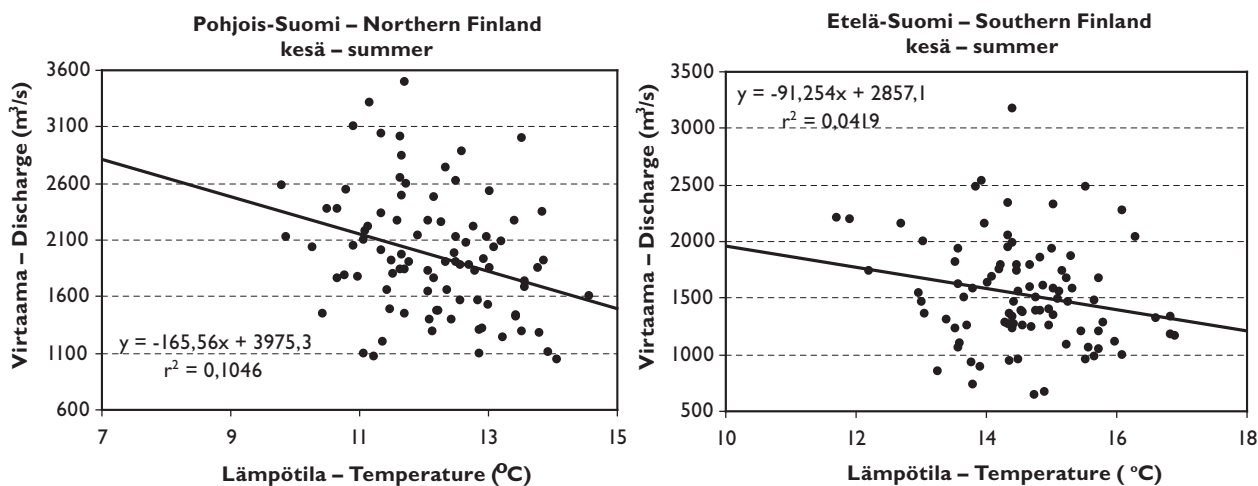


Kuva 22. Ilman keskilämpötilan ja vuoden keskivirtaaman regressio maan etelä- ja pohjoisosassa jaksolla 1912–2002.  
Figure 22. Regression between annual mean air temperature and total annual mean discharge in the southern and northern parts of Finland in 1912–2002.

Vuoden keskilämpötilalle korrelaatiot olivat siis melko heikkoja, mutta talvilämpötilojen ja talviviltaamien välillä yhteyden pitäisi olla voimakkaampi. Kun tarkastellaan talvilämpötilojen ja talviviltaamien korrelaatiota, huomataan että maan eteläosassa jaksolla 1913–2002 korrelaatio on erittäin merkitsevä ( $p < 0,001$ ), korrelaatiokerroin on 0,38. Maan pohjoisosassa korrelaatio on heikko ( $r = 0,11$ ) ja se ei ole tilastollisesti merkitsevä. Maan eteläosassa yhden asteen kasvu talvilämpötiloissa kasvattaa alueen talviviltaamaa reilut  $70 \text{ m}^3/\text{s}$ . Pohjoisen osalta virtaaman kasvu asteen nousulla on vain  $10 \text{ m}^3/\text{s}$ , joka ei ole tilastollisesti merkitsevä muutos. Pohjois-Suomen huono talvikorrelaatio selittyy sillä, että pohjoisessa lämpötila käy talvella harvoin plussan puolella eikä sadetta tule yleensä vetenä vaan se varastoituu lumena eikä pääse vapautumaan vesistöihin ennen kevättä. Kuvassa 23 esitetään etelän ja pohjoisen talviviltaamien ja talvilämpötilojen korrelaatiot jaksolla 1913–2002. Etelän osalta on havaittavissa pari hyvinkin suurta talviviltaamaa, jotka eivät asetu regressioon hyvin, mutta nämä arvot kuitenkin parantavat korrelaation arvoa.

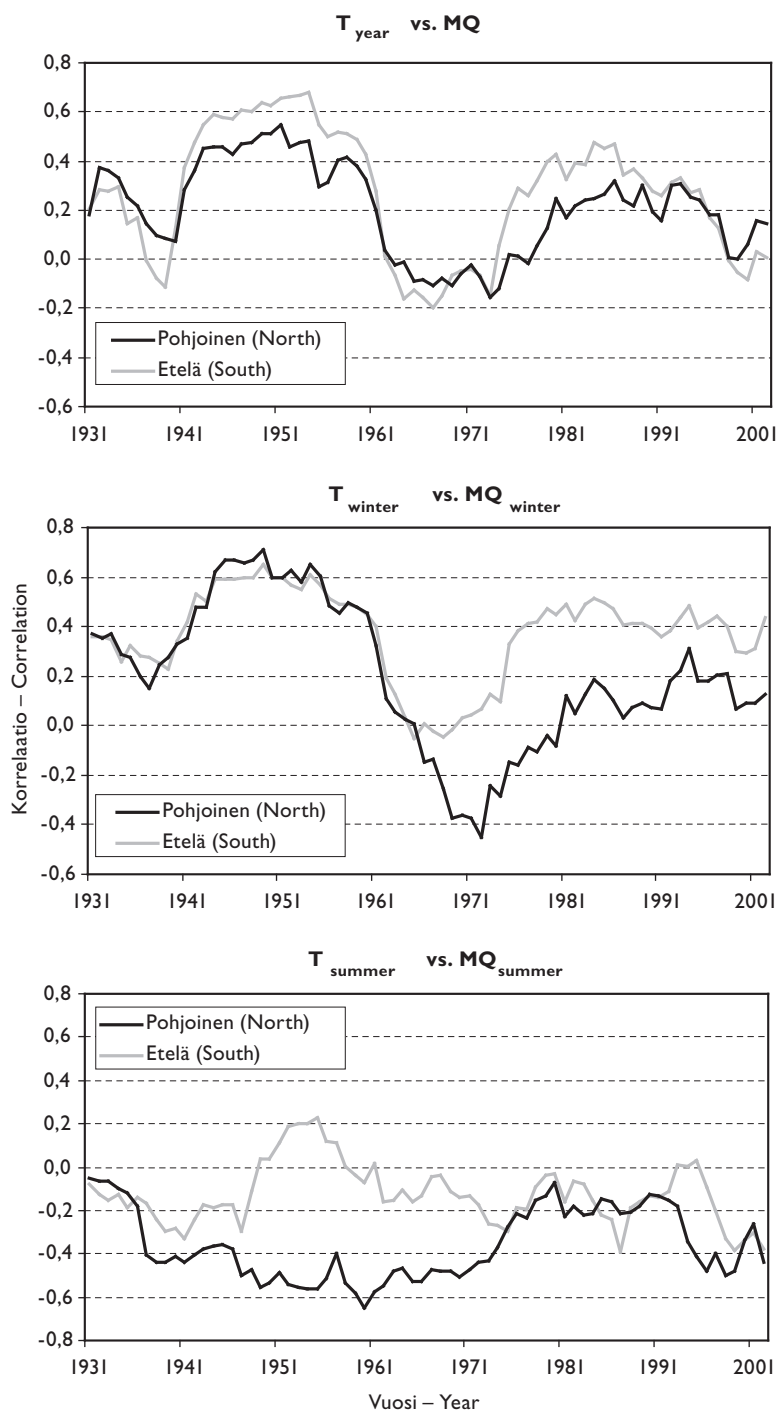


Kuva 23. Talven keskilämpötilojen ja talviviltaamien regressio maan etelä- ja pohjoisosassa jaksolla 1913–2002.  
Figure 23. Regression between mean winter air temperature and mean total winter discharge in the southern and northern parts of Finland in 1913–2002.



Kuva 24. Kesän keskilämpötilojen ja kesävilitaamien regressio maan etelä- ja pohjoisosassa jaksolla 1912–2002.  
Figure 24. Regression between mean summer air temperature and mean total summer discharge in the southern and northern parts of Finland in 1912–2002.

Kesälämpötilojen ja kesävirtaamien välinen korrelaatio jaksolla 1912–2002 oli maan pohjoisosassa selvästi parempi kuin eteläosassa (kuva 24). Maan pohjoisosan korrelaatiokerroin oli 0,32 ja eteläosassa 0,20. Pohjoisen korrelaatio oli tilastollisesti merkitsevä ( $p < 0,01$ ) ja etelän puolestaan juuri ja juuri melkein merkitsevä ( $p < 0,05$ ). Etelän selvästi heikompi korrelaatio selittyy sillä, että hellesäässä maan etelä- ja keskiosassa voi kehittyä helposti kumpupilvisyyttä ja kuurosateita. Näin ollen hyvinkin lämpimässä ilmassa sadetta voi tulla runsaasti. Pohjoisessa kuuropilvien muodostuminen on selvästi vähäisempää. Kesälämpötilojen kasvu yhdellä asteella merkitsee maan pohjoisosassa kesävirtaaman pienenemistä  $165 \text{ m}^3/\text{s}$ . Etelässä asteen nousu puolestaan pienentää kesävirtaamaa noin  $90 \text{ m}^3/\text{s}$ .



Kuva 25. Vuoden keskilämpötilan ja kesävirtaaman, talven keskilämpötilan ja talvivirtaaman sekä kesän keskilämpötilan ja kesävirtaaman väliset liukuvat korrelaatiot 20 vuoden ikkunalla maan etelä- ja pohjoisosassa. Figure 25. Sliding correlation (20-year window) between annual mean air temperature and total annual mean discharge, between mean winter air temperature and mean total winter discharge, and between mean summer air temperature and mean total summer discharge, in the southern and northern parts of Finland.

Myös lämpötilan ja virtaamien korrelaatioille tarkasteltiin pitkän 1912–2002 jakson lisäksi liukuvaa korrelaatiota 20 vuoden ikkunalla. Kuvassa 25 esitetään liukuvat korrelaatiot maan etelä- ja pohjoisosassa 20 vuoden ikkunalla koko vuoden, talven ja kesän keskilämpötilojen ja keskivirtaamien suhteen. Koko vuoden keskilämpötilan osalta etelän ja pohjoisen liukuvan korrelaation käyrät kulkevat melko samalla tavoin. Etelän korrelaatiot ovat pääosin hieman voimakkaampia kuin pohjoisen. Vahvimmat korrelaatiot ovat 1940–1950-luvuilla (eli jaksojen 1921–1940 ja 1941–1960 välillä olevilla jaksoilla). Etelässä korkein korrelaatio on lähes 0,7 ja pohjoisessa 0,55. Heikoimmat korrelaatiot ovat pienimmillään lähellä nollaa sekä pohjoisessa että etelässä. 1960-luvulta 1970-luvun puoliväliin korrelaatio käy negatiivisena, mutta vain heikosti.

Talvilämpötilojen ja -virtaamien osalta etelän ja pohjoisen 20 vuoden liukuvan korrelaation käyrät kulkevat myös melko samankaltaisesti, itse asiassa pohjoisen ja etelän korrelaatiot ovat hyvin samansuuruisia aina 1960-luvun puoliväliin saakka, jolloin ne menevät nollaan. Tämän jälkeen pohjoisen korrelaatio on negatiivinen (jopa  $-0,4$ ) 1980-luvulle saakka, ja siitä lähtien korrelaatio pysyy heikkona. Etelän osalta korrelaatio on 1970-luvun puolivälistä lähtien noin 0,4 tuntumassa. Erot johtunevat säännöstelyjen aiheuttamasta muutoksesta talvivirtaamisissa.

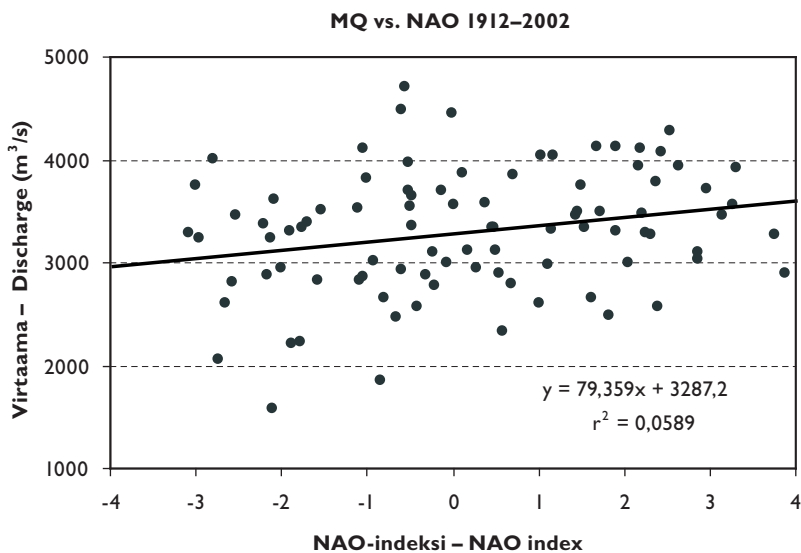
Kesälämpötilojen ja virtaamien osalta etelän ja pohjoisen 20 vuoden liukuvan korrelaation käyrät kulkevat aika eri reittejä 1970-luvulle saakka. Alkujaksolla pohjoisen osalta korrelaatio on negatiivinen, suurimmillaan  $-0,65$ . Etelän osalta korrelaatio on pääosin lievästi negatiivinen, käyden positiivisella puolella 1950-luvulla, suurimmillaan hieman yli 0,2. 1970-luvulta eteenpäin pohjoisen ja etelän korrelaatiokäyrät ovat enemmän samankaltaiset.

### 5.7.3

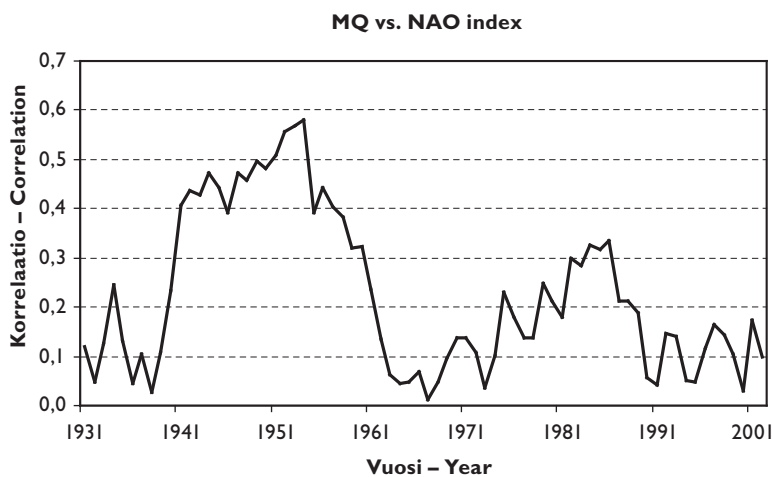
#### Virtaaman ja NAO-indeksin korrelaatiot

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. Myös Pohjois-Atlantille on olemassa oma oskillaatioindeksinsä (NAO), joka perustuu Azorien ja Islannin väliseen ilmanpaine-eroon (Hurrell 1995). NAOlla on selviä vaikutuksia Euroopan säähän. Korkean ja positiivisen NAO-indeksin talvena Euroopassa puhaltavat voimakkaat länsituulet, jotka aiheuttavat leutoja ja sateisia talvia. Vastaavasti suuret negatiiviset NAO-indeksit aiheuttavat kylmiä talvia, jolloin länsivirtaukset ovat heikkoja. NAOlla on havaittu vaikutuksia mm. ilman lämpötiloihin (Chen ja Hellström 1999) ja talvisateisiin Euroopassa (Hurrell ja Van Hool 1997). NAO-oskillaatiolla on havaittu myös vaikutuksia Euroopan virtaamaoloihin (esim. Peterson ym. 2002).

Koska NAOlla on havaittu olevan vaikutusta sääoloihin, voidaan sen ajatella vaikuttavan myös virtaamaoloihin. Niinpä tässä työssä tarkasteltiin myös koko maan virtaama-aineiston ja NAO-indeksin välisiä korrelaatiota ja regressioita. Koko maan keskivirtaaman ja NAO:n vuosi-indeksin välinen korrelaatio oli 0,24 jaksolla 1912–2002 ja se oli tilastollisesti melkein merkitsevä ( $p < 0,05$ ). NAO-indeksin kasvu yhdellä yksiköllä kasvattaa keskivirtaamaa keskimäärin  $80 \text{ m}^3/\text{s}$  eli  $7 \text{ mm}/\text{a}$ . NAO-indeksin ja koko maan vuosivirtaaman välinen regressio esitetään kuvassa 26. Kuten aiemmissa tutkimuksissa jäähavaintoaineiston ja NAO-indeksin välillä huomattiin, vaihtelee korrelaatio selvästi ajanjaksojen mukaan (Korhonen 2005). NAO-indeksin ja keskivirtaaman välistä korrelaatiota tarkasteltiin myös liukuvalla 20-vuoden ikkunalla, jotta voidaan seurata korrelaation voimakkuuden vaihtelua ajan suhteen. Kuvassa 27 on havainnollistettu 20 vuoden liukuva korrelaatio samoin



Kuva 26. NAO-indeksin ja Suomen alueelta lähtevän vuosikeski-virtaaman välinen regressio jaksolla 1912–2002.  
Figure 26. Regression between the NAO index and the annual mean discharge from the territory of Finland in 1912–2002.

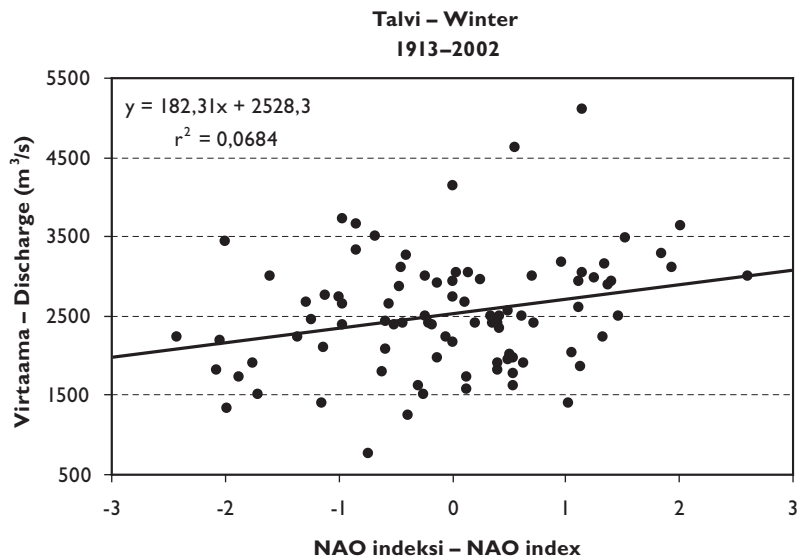


Kuva 27. NAO-indeksin ja Suomen alueelta lähtevän vuosikeskivirtaaman välinen liukuva korrelaatio 20 vuoden ikkunalla.  
Figure 27. Sliding correlation (20-year window) between the NAO index and the annual mean discharge from the territory of Finland.

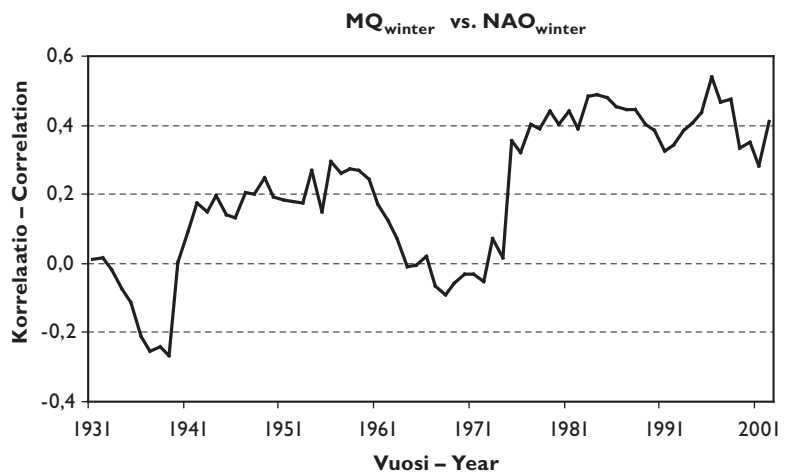
kuin aiemmin esitettiin sadannan ja lämpötilan yhteydessä. Korrelaatio vaihtelee paljon eri jaksosten kesken. Korkein 20-vuoden korrelaatio saatiin jaksolla 1935–1954, jolloin kerroin oli jopa 0,58. Joillakin 20-vuoden jaksoilla korrelaatiota ei ole olemassa laisinkaan.

Koko maan talven keskivirtaaman ja NAO:n talvi-indeksin välinen korrelaatio oli 0,26 jaksolla 1912–2002 ja se oli tilastollisesti melkein merkitsevä ( $p < 0,05$ ). Talven NAO-indeksin kasvu yhdellä yksiköllä kasvattaa talven keskivirtamaa noin  $180 \text{ m}^3/\text{s}$ . NAO-indeksin ja koko maan talvivirtaaman välinen regressio esitetään kuvassa 28. 20 vuoden liukuva korrelaatio talvi-NAO:n ja talvivirtaamien välillä vaihteli selvästi eri jaksoilla. 1930-luvulla se oli negatiivinen ja 1960- sekä 1970-luvulla lähellä nol- laa. 1980-luvulta eteenpäin korrelaatio vaihteli 0,3 ja 0,5 välillä. Kuvassa 29 esitetään 20-vuoden liukuva korrelaatio talvi-NAO:n ja talvivirtaamien suhteen.

Kuva 28. Talven NAO-indeksin ja Suomen alueelta lähtevän talvi-  
virtaaman välinen regressio jaksolla  
1913–2002.  
Figure 28. Regression between the  
winter NAO index and the winter  
mean discharge from the territory  
of Finland in 1913–2002.



Kuva 29. Talven NAO-indeksin ja Suomen alueelta lähtevän talvivi-  
irtaaman välinen liukuva korrelaatio  
20 vuoden ikkunalla.  
Figure 29. Sliding correlation  
(20-year window) between the  
winter NAO index and the winter  
mean discharge from the territory  
of Finland.



#### 5.7.4

### Virtaaman ja lumen vesiarvon korrelaatiot

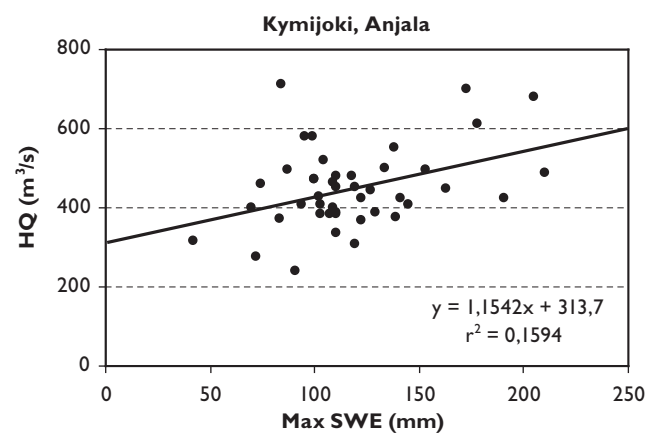
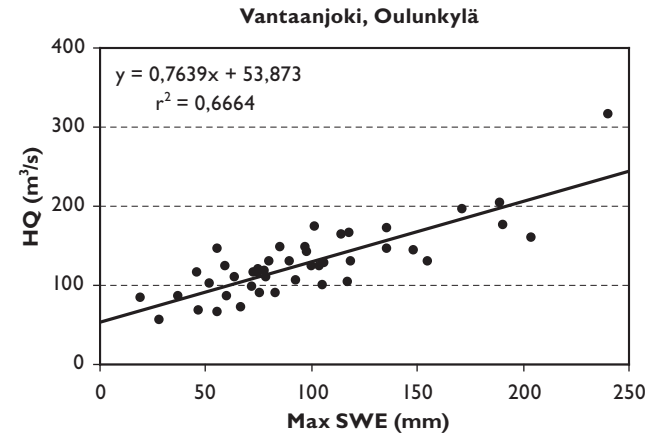
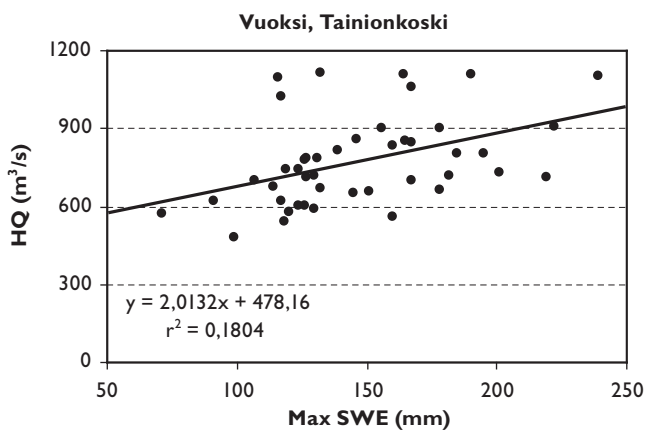
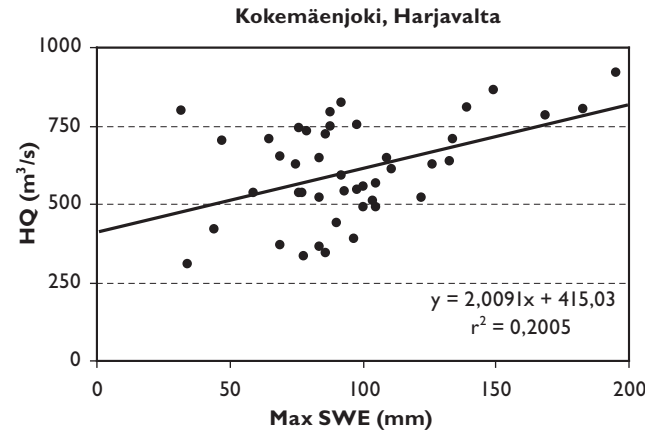
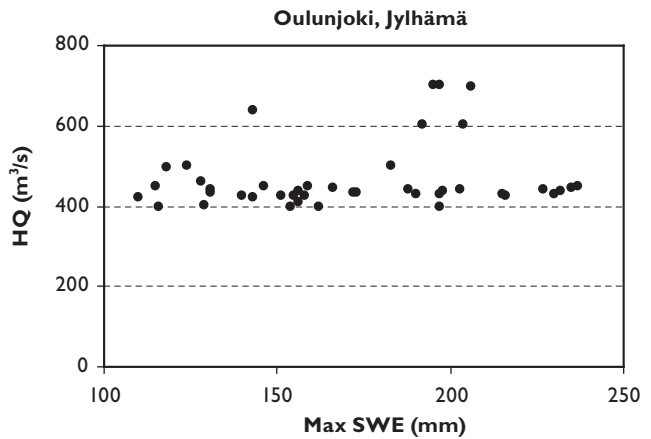
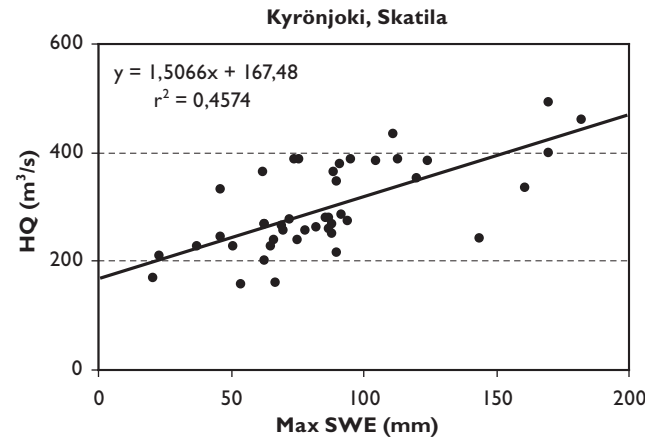
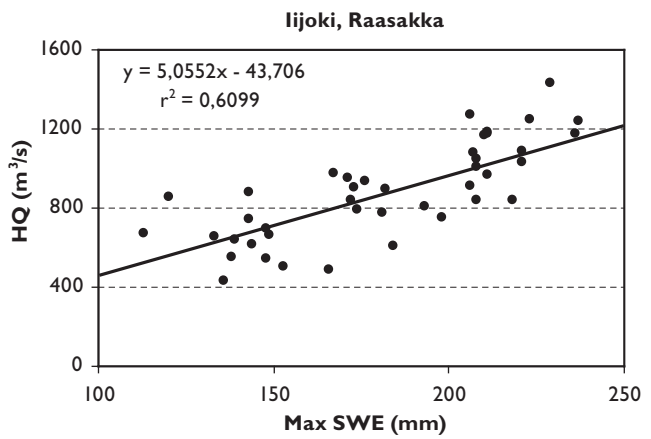
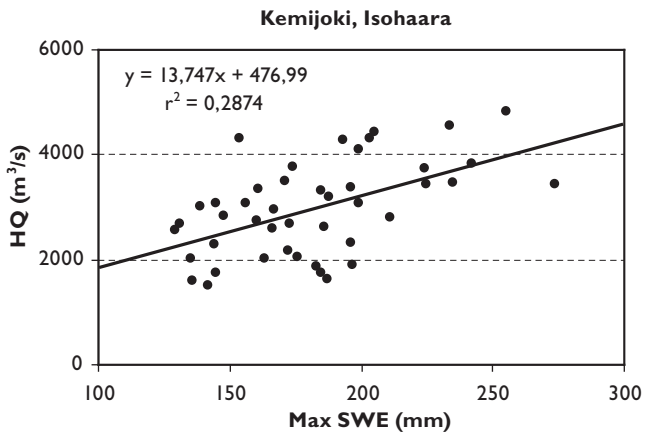
Muutamille suurimmille tai tärkeimmille vesistöalueille, jotka sijaitsevat pääosin Suomen alueella, tutkittiin myös keskimääräisten lumen maksimivesiarvojen sekä vuosi-, kuukausi- ja maksimivirtaamien välisiä korrelaatioita. SYK:ssä on laskettu useiden vuosikymmenten ajan lumilinjoihin perustuvia lumen aluevesiarvoja, joita tässä vertailussa käytettiin. Valitut vesistöalueet olivat Vuoksi, Kymijoki, Vantaanjoki, Kokemäenjoki, Kyrönjoki, Oulujoki, Iijoki ja Kemijoki. Lähes kaikki suurimmista vesistöalueista ovat ainakin jollakin tavoin säännösteltyjä, mikä vaikuttaa selvästi korrelaatioihin. Säännöstelyt aloitettiin yleisesti 1950–1970-luvuilla. Lumen vesiarvon aikasarjoja on saatavilla SYK:n rekisterissä 1940-luvun puolivälistä alkaen. Korrelaatiolaskelmien jaksoksi valittiin 1961–2004, sillä tältä jaksolta talven maksimivesiarvot olivat joka alueelta saatavissa. Taulukossa 13 esitetään korrelaatiot eri vesistöalueille. Lumen talvinen maksimivesiarvo korreloi kullakin alueella voimakkaimmin saman vuoden ylivirtaaman tai toukokuun keskivirtaaman kanssa. Vuoksella ja Kymijoella vahvimmat korrelaatiot löytyivät kuitenkin kesäkuukausille, sillä siellä vuoden virtaamahuippu siirtyy tyypillisesti laajasta valuma-

alueesta johtuen kesälle. Vain lievästi säännöstellyn Vantaanjoen korrelaatio oli selvästi vahvempi kuin muilla vesistöalueilla. Vähäjärviden jokivesistöjen, mm. Vantaanjoen ja Kyrönjoen, alueilla lumen vesiarvon maksimi ja tulvahuipun välinen korrelaatio on vahvempi kuin runsasjärvisillä alueilla, esim. Vuoksen ja Kymijoen alueilla. Vahvin korrelaatio löytyi Vantaanjoen lumen maksimivesiarvojen ja vuoden ylivirtaaman välille ( $r = 0,82$ ). Vuoksella ja Kymijoella tämä korrelaatio oli vain  $0,40 \dots 0,42$ . Kuvassa 30 esitetään talven lumen maksimivesiarvojen ja vuoden ylivirtaaman väliset korrelaatiot kahdeksalla eri vesistöalueella. Säännösteltyjen virtaamien tapauksissa on selvästi nähtävissä tietyt rajoittavat virtaaman ylä- tai alarajat, jotka vääristävät korrelaatiota. Erityisen selvästi tämä on nähtävissä sellaisilla virtaamahavaintopaikoilla, jotka ovat voimalaitoksen tuntumassa. Huonoin korrelaatio näistä tarkastelluista paikoista löytyi Oulujoelta, siellä vuoden säännöstelty ylivirtaama on joka vuosi ollut vähintään  $400 \text{ m}^3/\text{s}$  lumen vesiarvosta riippumatta. Säännöstelemättömien virtaamien tapauksessa (Vantaanjoki) virtaamat ja vesiarvot asettuvat melko siististi ja tasaisesti suoralle. Vuoden ylivirtaama siis korreloi lumen maksimivesiarvon kanssa huonommin säännöstellyissä vesistöissä kuin säännöstelemättömissä. Kuvassa 31 esitetään vielä kevään keskivirtaaman ja lumen maksimivesiarvon välinen regressio. Vuoksen ja Kymijoen osalta regressio esitetään kesäkuukausien keskivirtaamalle, sillä se korreloi lumen maksimivesiarvon kanssa paremmin suurten valuma-alueiden takia.

Taulukko 13. Muutamien Suomen vesistöalueiden keski- (MQ) ja ylivirtaamien (HQ) ja kausikeskivirtaamien MQ (MAM, JJA) sekä lumen maksimivesiarvojen ( $\text{SWE}_{\text{max}}$ ) välisiä korrelaatiokertoimia jaksolla 1961–2004.

Table 13. Correlation coefficients between annual mean discharge (MQ) and maximum snow water equivalent ( $\text{SWE}_{\text{max}}$ ), between annual high discharge (HQ) and  $\text{SWE}_{\text{max}}$ , and between seasonal mean discharges MQ (MAM, JJA) and  $\text{SWE}_{\text{max}}$  for some river basins in Finland.

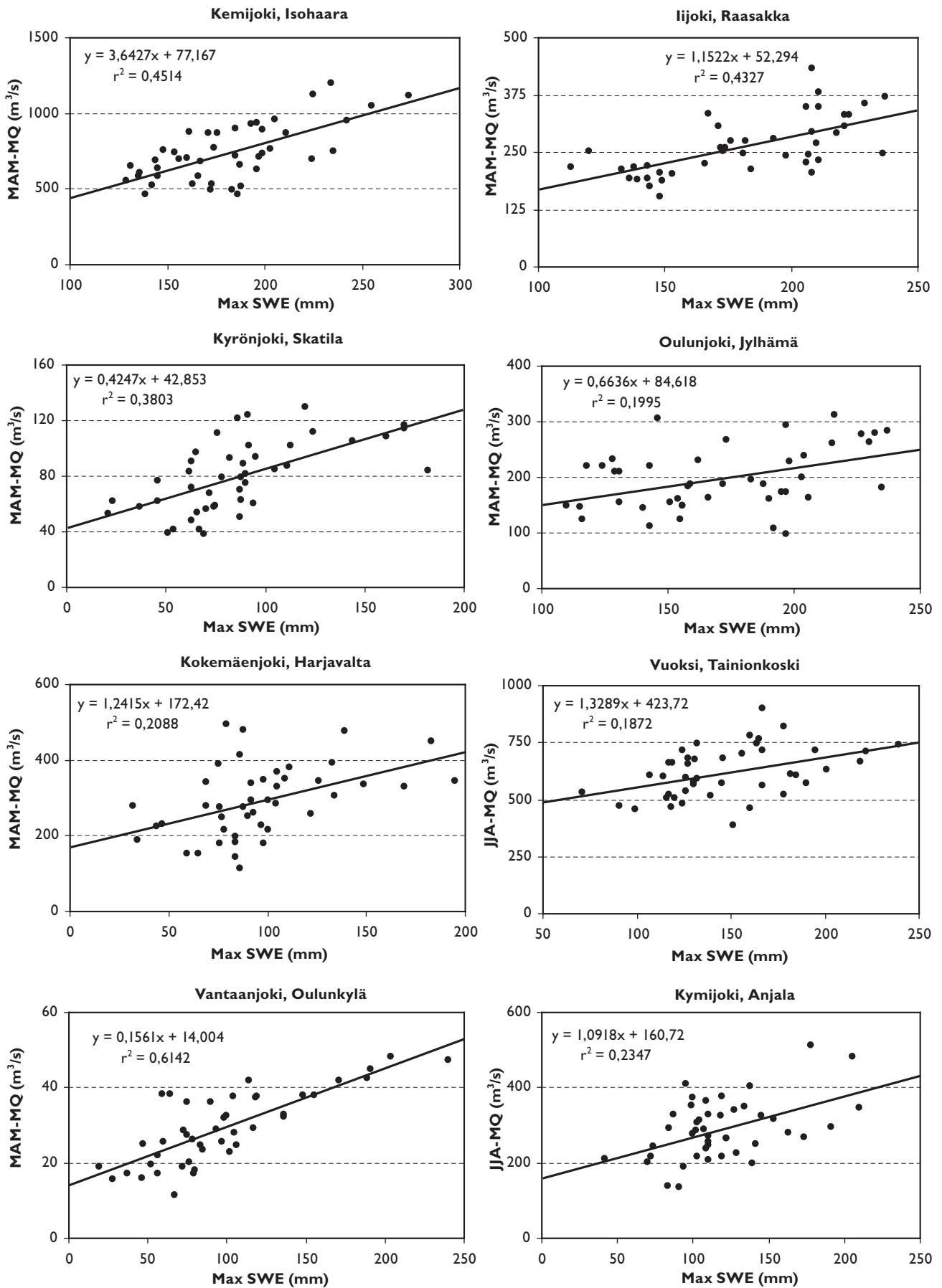
Vesistöalue River basin	MQ vs. $\text{SWE}_{\text{max}}$	HQ vs. $\text{SWE}_{\text{max}}$	MQ (MAM) vs. $\text{SWE}_{\text{max}}$	MQ (JJA) vs. $\text{SWE}_{\text{max}}$	MQ (V) vs. $\text{SWE}_{\text{max}}$
Vuoksi	0,40	0,42	0,18	0,43	0,24
Kymijoki	0,46	0,40	0,24	0,48	0,41
Vantaanjoki	0,61	0,82	0,78	0,08	0,65
Kokemäenjoki	0,48	0,45	0,46	0,41	0,63
Kyrönjoki	0,53	0,68	0,62	0,21	0,53
Oulujoen	0,35	0,15	0,45	0,30	0,59
Iijoki	0,49	0,78	0,66	0,34	0,69
Kemijoki	0,52	0,54	0,67	0,39	0,65



Kuva 30. Lumen vuotuisen maksimivesiarvon ja vuoden ylivirtaaman välinen korrelaatio jaksolla 1961–2004 muutamilla vesistöalueilla.

Figure 30. Correlation between annual maximum snow water equivalent and annual maximum discharge for some river basins in 1961–2004.





Kuva 31. Lumen maksimiviesiarvon ja kevät- tai kesäkuukausien keskivirtaaman välinen korrelaatio jaksolla 1961–2004 muutamilla vesistöalueilla.

Figure 31. Correlation between maximum snow water equivalent and spring or summer mean discharges for some river basins in 1961–2004.

## Virtaaman sekä valuma-alueen koon ja järvisyyden yhteyksistä

Kuten aiemmissa kappaleissa on käynyt ilmi, valuma-alueen koolla ja järvisyydellä on selvä vaikutus vedenkorkeuksien ja virtaamien käyttäytymiseen. Pienellä valuma-alueella vaihtelut ovat nopeampia ja suurempia kuin laajalla valuma-alueella, samoin vähäjärvisellä alueella vedenpinnan ja virtaaman vaihtelut ovat nopeampia ja suurempia kuin runsasjärvisellä.

Tässä työssä tarkasteltaville 13 luonnontilaisille virtaamasarjalle laskettiin yläpuolisen valuma-alueen koon, järvisyyden sekä virtaaman suhdelukujen välisiä yhteyksiä. Tarkastelujaksoksi valittiin 1961–2004, joka oli lähes kokonaisuudessaan saatavilla kaikille havaintopaikoille. Taulukossa 14 esitetään jakson 1961–2004 vuoden yli- ja alivirtaaman suhde ja vuoden yli- ja keskipvirtaaman suhde sekä havaintopaikan yläpuolisen valuma-alueen ala ja järvisuus.

Taulukko 14. Vuoden yli- (HQ) ja alivirtaaman (NQ) sekä yli- ja keskipvirtaaman (MQ) keskimääräinen suhde jaksolla 1961–2004 sekä virtaamapaikan yläpuolisen valuma-alueen ala (F, km<sup>2</sup>) ja järvisuusprosentti (L, %).

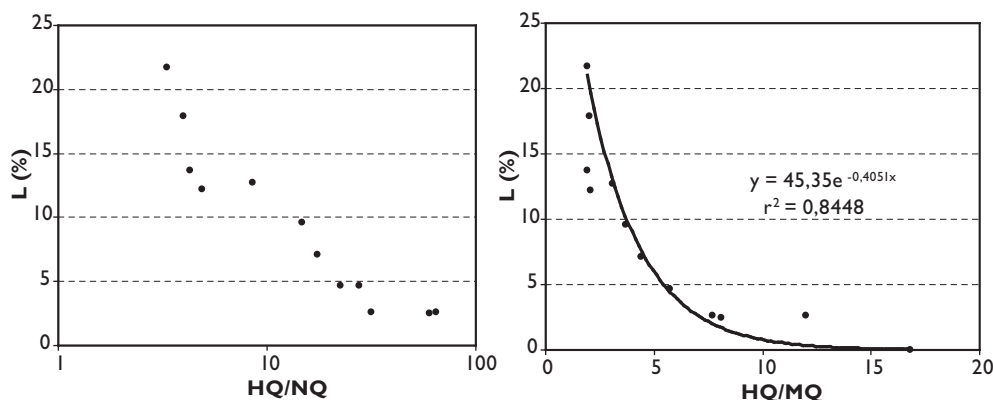
Table 14. Mean ratio between annual high flow (HQ) and low flow (NQ), mean ratio between annual high flow (HQ) and annual mean flow (MQ) in 1961–2004, and the area (F, km<sup>2</sup>) and the lake percentage (L, %) of the catchment of the discharge station.

Havaintopaikka Observation site	HQ/NQ 1961–2004	HQ/MQ 1961–2004	F (km <sup>2</sup> )	L (%)
Lieksanjoki, Ruunaa 0400600	4,3	1,9	6 259	13,7
Pääjärvi – luusua 1401500	17,5	4,4	1 214	7,1
Nilakka, Äyskoski 1402710	4,0	2,0	2 157	17,9
Kitusjärvi, luusua 3504800	14,8	3,7	546	9,6
Muroleenkoski 3506200	4,9	2,1	6 102	12,2
Vantaanjoki, Oulunkylä 2101700	60,4	8,1	1 680	2,5
Aurajoki, Hypöistenkoski 2800300	55,4	16,8	351	0,0
Lestijärvi – luusua 5100200	3,3	1,9	363	21,7
Lentua –luusua 5901710	8,5	3,1	2 045	12,7
Ounasjoki, Marraskoski 6503600	31,5	7,7	12 303	2,6
Tornionjoki, Karunki 6702200	27,6	5,7	39 010	4,7
Juutuanjoki, Saukkoniva 7100800	22,5	5,7	51,6	4,7
Utsjoki, Patoniva 6801100	64,4	12,0	1 520	2,6

Järvisyyden ollessa suuri on ylivirtaaman ja alivirtaaman suhde pieni ja päinvastoin. Yhteys ei ole lineaarinen vaan pikemminkin puolilogaritminen, kuten kuvasta 32 nähdään. Ylivirtaaman ja keskipvirtaaman suhde käyttäytyy samantapaisesti, mutta eksponenttimalli antaa suuremman selitysasteen kuin logaritminen.

Kuva 32. Keskimääräisen yli- ja alivirtaaman suhteen sekä keskimääräisen yli- ja keskipvirtaaman suhteen ja järvisyyden väliset kuvaajat.

Figure 32. Relationship between mean HQ/NQ and lake percentage, and between mean HQ/MQ and lake percentage.



## 6 Vertailu muihin tutkimuksiin

Tämän tutkimuksen tulokset sopuoinnussa aiempien Suomen virtaamaoloja käsittelevien tutkimuksien kanssa. Vedenkorkeuden ja virtaaman vaihtelut noudattavat edelleenkin vuotuista kulkuaan ja vaihteluaan eri vuosien välillä. Tosin talven ja kevään virtaamissa muutosta on havaittu, mutta tämä asia oli jo tuotu ilmi monissa aiemmissa virtaamaoloja käsittelevissä tutkimuksissa. Virtaaman ja valuman pitkäaikaismuutoksista on tehty aiemmin useita tutkimuksia sekä Suomessa että Pohjoismaissa. Hyvärinen ja Vehviläinen (1980) esittivät ensimmäisenä huomionsa talvivirtaamien kasvusta maan etelä- ja keskiosassa. Myöhemmät havainnot ja analyysit ovat päätyneet samanlaisiin tuloksiin (Hyvärinen 1988; Hyvärinen ja Leppäjärvi 1989; Hiltunen 1994; Hyvärinen 1998; 2003). Tässä työssä talvivirtaamien kasvua havaittiin myös Pohjois-Suomen vesistöissä Pohjois-Lappia lukuun ottamatta. Itse asiassa Pohjois-Lapissa talven virtaamat olivat jopa pienentyneet.

Virtaamat riippuvat luonnollisesti suuresti sadannasta ja haihdunnasta. Sadannan osalta tilastollisesti merkitseviä pitkäaikaismuutoksia ei ole havaittu Suomessa (Tuomenvirta 2004), vaikka muissa pohjoismaissa vuosisadannat ovatkin kasvaneet (Hisdal ym. 2003; Jónsdóttir ym. 2005). Myös Venäjän Karjalassa sadanta on kasvanut (Filatov ym. 2005). Haihduntahavainnot alkoivat Suomessa vasta 1950-luvun lopussa, joten sadannan ja virtaaman pituisia aikasarjoja ei Class A -astiahaihdunnasta ole olemassa. Jaksolla 1961–1990 haihdunnasta ei löytynyt trendejä (Järvinen ja Kuusisto 1995). Vaikka sadanta ja haihdunta osoita pitkäaikaismuutoksia Suomessa, virtaamaoloissa on havaittu muutoksia. Tässä tutkimuksessa vuoden keskivirtaamissa ei ole havaittavissa yleisesti muutoksia tarkastelluilla havaintosarjoilla, mutta Hyvärisen ym. (1995) analyysin mukaan vuoteen 1994 saakka oli nähtävissä keskivirtaaman kasvua useilla havaintopaikoilla. Hyvärisen ym. (1995) tutkimuksen kaikki havaintopaikat olivat mukana myös tässä tutkimuksessa. Syy Hyvärisen (1995) ja käsillä olevan tutkimuksen välisiin eroihin lienee yksinkertainen: vuoteen 2004 ulottuvat havaintojakson loppupää oli vähävetisempi kuin Hyvärisen (1995) tuloksiin voimakkaasti vaikuttanut vetinen 1980-luku. Käsillä olevassa tutkimuksessa virtaaman vuodenaikaisrytmissä havaittiin selviä muutoksia; talvi- ja kevätvirtaamat ovat kasvaneet ja keväthuipun ajankohta on aikaistunut. Säännöstelyjen virtaamien osalta talvi- ja kevätvirtaamien kasvun lisäksi kesävirtaamissa havaittiin pienenemistä. Säännöstelyjen myötä virtaaman vuodenaikaisvaihtelussa on paikoin tapahtunut huomattaviakin muutoksia luonnontilaiseen verrattuna.

Pohjoismaiset tutkimukset virtaamista ovat osoittaneet suuria alueellisia vaihteluita Fennoskandiassa (Hisdal ym. 1995; 2003; 2004) ja (Roald 1998). Vuoden keskivirtaamat ovat kasvaneet etenkin Tanskassa ja Ruotsissa. Positiivisia trendejä löydettiin myös Norjassa ja Suomessa tietyillä jaksoilla (Hisdal ym. 2004). Hisdalin analyysin jakson 1941–2002 tilastollisesti merkitsevät trendit ovat Suomen osalta merkitseviä luultavasti siksi, että jakson ensimmäinen vuosi (1941) oli monin paikoin ennätyskellisen kuiva koko maamme havaintohistoriassa. Islannissa vuoden keskivirtaamissa ei ole havaittu selviä trendejä (Jónsdóttir 2005). Venäjän Karjalassa jokien virtaamien

mat ovat puolestaan pienentyneet 1900-luvun aikana (Filatov ym. 2005). Baltian maissa on havaittu sekä vuosi- että talvivirtaamien kasvua jaksoilla 1941–2003 and 1961–2003 (Reihan ym. 2006). Käsillä olevassa työssä vuosivirtaamien kasvua havaittiin luonnontilaisista havaintopaikoista Tornionjoella, jonka valuma-alueesta yli puolet on Ruotsin puolella. Tämä havainto sopii hyvin Ruotsissa havaittuun sadannan ja virtaamien kasvuun.

Tässä työssä tarkasteltiin myös vedenkorkeuden ja virtaaman aikasarjojen jaksollisuutta muutaman pitkän havaintosarjan avulla. Tulvakomitea (1939) esitti Saimaan vedenkorkeudessa näkyvän auringonpilkkuja vastaava jaksollisuus. Käsillä olevassa työssä ei löydetty viitteitä 11 vuoden jaksollisuudesta, mutta useissa sarjoissa löytyi jaksollisuutta 3...6 vuoden sekä hieman yli 30-vuoden frekvenssillä. Vedenkorkeuden ja virtaaman sarjojen vaihtelut liittyvät luonnollisesti suuresti sadannan vaihteluun, joka taas liittyy ilmakehän yleiseen kiertoliikkeeseen. Grotzner ym. (1999) ovat löytäneet 30...40 jaksollisuutta Pohjois-Atlantin kiertoliikkeessä, joten tässä suhteessa hieman yli 30 vuoden jaksollisuus vedenkorkeus- ja virtaama-aikasarjoissa käy hyvin yhteen näiden tutkimusten kanssa.

## 7 Johtopäätökset ja yhteenveto

Tässä työssä tutkittiin Suomen vesistöjen virtaama- ja vedenkorkeusoloja Suomen ympäristökeskuksen havaintosarjojen pohjalta vuoteen 2004 saakka. Tutkimuksessa tarkasteltiin vedenkorkeuden ja virtaaman tyypillistä vuotuista kulkua erilaisilla havaintopaikoilla, kokonaisvirtaamaa Suomen alueelta, virtaamaan vaikuttavia eri tekijöitä, virtaaman trendejä sekä ilmastonmuutoksen vaikutuksia virtaama- ja vedenkorkeusoloihin Suomessa. Tarkasteltavana oli Suomen alueelta lähtevän virtaaman lisäksi 25 yksittäistä virtaama-aikasarjaa ja 13 vedenkorkeuden havaintopaikkaa. Sekä luonnontilaisia että säännösteltyjä järviä ja jokia oli mukana tutkimuksessa. Pisimmät yhtenäiset vedenkorkeuden ja virtaaman havaintosarjat alkavat 1800-luvun puolivälistä, pisimpinä Saimaan Lauritsalan vedenkorkeus- ja Vuoksen virtaamasarja 1847 alkaen ja Näsijärveltä Muroleenkosken virtaamasarja vuodesta 1863 alkaen. Suurin osa työssä tarkasteltavista havaintosarjoista alkavat 1910–1930-luvuilta. Koko Suomen alueelta lähtevä virtaama määritettiin jaksolla 1912–2004.

Suomen vesistöt voidaan jakaa tyypillisten virtaamaolojensa perusteella kolmeen ryhmään. Yhtäältä ovat Sisä-Suomen järviolueen vesistöt, joissa useat suuret järvet tasoittavat vuotuisia virtaaman vaihteluita hyvin selvästi. Näihin kuuluvat Vuoksen, Kymijoen ja Oulujoen vesistöt, suurin osa Kokemäenjoen vesistöistä ja mm. Kuusamon seudun vedet, jotka laskevat Vienanmereen. Toisena ovat Suomenlahden ja Pohjanlahden rannikkoalueen pienet ja keskikokoiset joet, joiden valuma-alueilla järviä on vähän ja virtaaman ajallinen vaihtelu on hyvin voimakasta. Näissä joissa esiintyy herkästi tulvia ja toisaalta kuivia kausia. Kolmantena ryhmänä ovat Pohjois-Pohjanmaan ja Lapin suuret tai suurehkot joet, joissa vettä virtaa läpi vuoden suhteellisen runsaasti, vaikka niiden valuma-alueilla ei olekaan kovin paljon järviä.

Vuotuisen vedenkorkeuteen ja virtaamaan eniten vaikuttava tekijä on luonnollisesti sadanta. Suomen eteläosassa sataa pohjoisosaa enemmän. Etelän kasvukausi taas on pohjoista pidempi ja haihdunta suurempi. Pohjoisessa vettä haihtuu etelää vähemmän, ja pienemmästä sadannasta siellä riittää vettä valuntaan suhteellisesti enemmän. Näin ollen maan pohjoisosassa virtaaman osuus sadannasta on suurempi kuin etelässä. Sateen olomuodolla on myös selvä vaikutus virtaaman vuosikäyttäytymiseen. Talvella sadanta varastoituu lumena. Niinpä vedenkorkeudet ja virtaamat ovatkin tyypillisesti alimmillaan loppupalvesta ennen lumen sulamisen alkua ja suurimmillaan keväällä tai kevätkesällä lumen sulamisvesien purkautuessa. Vedenpinnat ja virtaamat laskevat yleensä kesän aikana, kun haihdunta on sadantaa suurempi. Toisinaan vähäsateisina lämpiminä kesinä vedenpinnat voivat laskea kesällä talvisia korkeuksia alemmaksi. Suomen pohjoisosassa vuoden alimmat vedenkorkeudet sattuvat yleensä talvella, eteläosissa etenkin nykyisin talvivirtaamien kasvettua, useimmiten kesällä. Syksyllä haihdunnan vähetessä, sateet kasvattavat jälleen vedenkorkeuksia ja virtaamia. Pienissä etelä- ja länsirannikon joissa vuoden ylivesi tai -virtaama voi sattuakin myös syksyn, kesän tai talven aikana kevään sijaan. Pohjoisen luonnontilaisissa joissa suurimmat vedenkorkeudet ja virtaamat saavutetaan lähestulkoon aina keväällä tai kesällä. Loppusyksystä pysyvän talven tultua vedenpinnat ja virtaamat alkavat

taas laskea, kun vesistöihin ei pääse purkautumaan vettä, sadannan varastoituessa lumeksi ja maan ollessa jäässä.

Valuma-alueen koko, muoto ja järvisyys vaikuttavat myös virtaamaoloihin. Suurella ja runsasjärvisellä valuma-alueella virtaaman ja vedenkorkeuden vaihtelut ovat maltillisempia ja pienempiä kuin vähäjärvisellä pienellä valuma-alueella. Suurissa järvissä vedenkorkeuden vaihtelut ovat verkkaampia kuin pienissä järvissä. Suurten järvien kohdalla kevään ylivesi tavataan usein vasta loppukesällä, esimerkiksi Saimaalla, kun yläpuolinen valuma-alue on hyvin suuri. Pienivaluma-alueisten jokien vedenkorkeuden ja virtaaman vaihtelut ovat hyvinkin nopeita järviin verrattuna. Pienissä joissa keskimääräinen vuoden yli- ja -alivirtaaman välinen suhde voi olla jopa monisatakertainen, kun järvien luusuoissa se on yleisesti alle kymmenen. Samoin yli- ja keskivirtaaman suhde suurista järvistä lähteivissä vesissä voi olla jopa vain kaksinkertainen, kun taas pienessä joessa yli 15. Virtaamat vaihtelevat luonnollisesti eri vuosien välillä. Tyypillinen vuosikeskivirtaaman vaihtelu oli 20...40 %. Virtaama vaihtelee eniten etelän vähäjärvisissä joissa ja vähiten pohjoisessa. Suurin Suomessa havaittu vedenkorkeuden vaihteluväli jokihavaintopaikalla on ollut lähes seitsemän metriä Kyrönjoella Munakassa. Vielä tätä suurempia vaihteluita on havaittu Kemi-järven ja Porttipahdan tekojärvillä.

Koko Suomen alueelta lähtevä kuukausittainen virtaama sekä vuoden keskivirtaama määritettiin jaksolla 1912–2004. Virtaama laskettiin useiden eri asemien kombinaatioina kaikilta vesistöalueilta, joilta on olemassa virtaamahavaintoja. Koska eri havaintoasemien jaksojen pituudet vaihtelevat hyvinkin paljon, virtaamat jouduttiin laskemaan monenlaisten asemien yhdistelmästä. Suomen alueelta tuleva virtaama jaksolla 1912–2004 oli keskimäärin noin 3 300 m<sup>3</sup>/s. Vuosien välinen vaihtelu oli keskimäärin 18 %. Koko maan virtaaman vaihtelu on pienempi kuin yksittäisten paikkojen, sillä laajan maan takia eri alueiden erot tasaavat toisiaan. Suomen alueelta lähteväksi havaittu pienin yksittäisen vuoden keskivirtaama oli noin 1 600 m<sup>3</sup>/s vuonna 1941. Suurin vuoden keskivirtaama oli puolestaan noin 4 700 m<sup>3</sup>/s vuonna 1981. Näin ollen suurimman ja pienimmän vuoden keskivirtaaman suhde on lähes kolme. Suurimmat kuukausivirtaamat on mitattu yleensä toukokuussa kevättulvien myötä. Eniten Suomen alueelta vettä virtasi havaintojen mukaan toukokuussa 1920, keskimäärin 10 350 m<sup>3</sup>/s. Pienin kuukauden keskivirtaama oli maaliskuussa 1942, vain 640 m<sup>3</sup>/s. Suurimman ja pienimmän kuukausivirtaaman välinen suhde on yli kuusitoista. Yleisesti virtaama on pienimmillään talvella ja nousee selvästi huippuunsa keväällä tai alkukesästä. Kuukausikeskivirtaamien pienin vuotuinen vaihtelukerroin oli toukokuussa 22 ja suurin syyskuussa 35.

Virtaamaolot ovat muuttuneet vuosikymmenten aikana sekä ilmastollisten tekijöiden muuttuessa että ihmistoiminnan, lähinnä säännöstelyn, vaikutuksesta. Ilmastolliset muutokset ovat vaikuttaneet selvimmin vuoden sisäiseen kulkuun, vuoden keskivirtaamissa ei ole nähtävissä merkitseviä muutoksia käsillä olevan julkaisun perusteella. Suurimmat muutokset ovat nähtävissä talven ja kevään hydrologisissa oloissa. Talvet ja kevät ovat jo lauhtuneet 1900-luvun aikana, minkä johdosta loppupalven ja alkukevään keskivirtaamat ovat kasvaneet ja kevätylivirtaamat aikaisuneet. Kevätylivirtaamat eivät ole kuitenkaan muuttuneet suuruudeltaan yleisesti. Säännöstelyt ovat myös paikoin kasvattaneet talvi- ja kevätvirtaamia. Säännöstelyillä havaintopaikoilla on paikoin havaittu kesävirtaamien pienenemistä. Koko Suomen alueen vuosikeskivirtaama jaksolla 1912–2004 ei ole muuttunut tilastollisesti merkitsevästi, mutta sekä talvi- että kevätvirtaamat ovat kasvaneet ja kesävirtaamat puolestaan pienentyneet. Talvi- ja kevätkuukausivirtaamat koko Suomen alueelta ovat kasvaneet jaksolla 1912–2004 100...150 m<sup>3</sup>/s kymmentä vuotta kohden. Kesä- ja heinäkuun keskivirtaamat Suomesta ovat pienentyneet 85...195 m<sup>3</sup>/s kymmentä vuotta kohden. Hyvin suuri osa maamme vesistöistä on jonkinlaisen säännöstelyn piirissä, joten koko Suomen virtaamien trendeihin säännöstelyillä on suuri merkitys,

etenkin maan pohjoisosan ja Pohjanmaan osalta. Vuodenaikaismuutokset painottuivat eri alueille. Talvi- ja kevätvirtaamien kasvu painottui lähinnä Pohjois-Suomeen, kesävirtaamien pieneneminen puolestaan eteläiseen Suomeen.

Yksittäisten virtaamasarjojen pitkäaikaismuutokset olivat melko samanlaisia kuin koko maan yhteisvirtaamankin osalta, mikä on luonnollista, sillä koko maan virtaama-aineistohan koostuu näistä yksittäisistä havaintosarjoista. Suurimmalla osalla havaintopaikoista talven sekä kevään keskivirtaamat ovat kasvaneet sekä luonnontilaisten että säännösteltyjen aikasarjojen osalta. Pohjois-Lapissa talvivirtaamat eivät kuitenkaan ole kasvaneet, vaan pikemminkin laskeneet. Talvivirtaamien nousu painottui kevättalveen ja kevätvirtaamien kasvu alkukevääseen. Näin ollen talvi- ja kevätvirtaamien kasvu selittyy talvien ja keväiden lämpenemisestä ja lumen sulamisen aikaistumisesta. Joillakin säännöstelyillä havaintopaikoilla talven ja alkukevään juoksutuksia on lisätty sulamisvesivarastojen saamiseksi, mikä selittää säännösteltyjen havaintosarjojen luonnontilaisia voimakkaampia talvi- ja kevättrendejä. Kevätvirtaaman ajankohta on aikaistunut noin kolmasosalla kaikista havaintopaikoista. Luonnontilaisilla paikoilla varhaistuminen oli yleensä 1...3 päivää kymmentä vuotta kohden, säännöstelyillä hieman enemmän. Kevätvirtaaman suuruudessa ei sen sijaan ole yleisesti näkyvissä muutoksia. Luonnontilaisilla paikoista noin kolmasosalla kesän kuukausivirtaamat ovat kasvaneet, säännöstelyillä puolestaan hieman alle puolella paikoista pienentyneet joinakin kuukausina. Kesävirtaamien pienentyminen säännöstelyillä paikoilla johtuu ainakin osin kevään ja talven suuremmista juoksutuksista. Noin puolella luonnontilaisista havaintopaikoista alivirtaamat ovat kasvaneet, säännöstelyillä noin puolella sarjoista puolestaan pienentyneet. Luonnontilaisten alivirtaamien kasvu selittyy alivirtaamakausion, talven ja kesän, kasvaneilla virtaamilla. Säännöstelyillä paikoilla alivirtaamien pieneneminen selittyy sillä, että juoksutukset mahdollistavat lähes nollavirtaamat, mitkä luonnontilaisessa tapauksessa eivät olisi mahdollisia. Vuoden keski- tai ylivirtaamasta ei löytynyt yleisesti tilastollisesti merkitseviä trendejä, paria yksittäistapausta lukuun ottamatta. Tyypillisesti kuukausi- tai jaksovirtaamien muutokset olivat kymmentä vuotta kohden muutamia prosentteja jakson keskivirtaamasta, enimmillään tyypillisesti 10 %. Säännösteltyjen aikasarjojen trendit olivat voimakkaampia kuin luonnontilaisten.

Jatkossa ilmastomuutoksen seurauksena ilman keskilämpötila tulee nousemaan ja sadanta kasvamaan Suomessa. Tästä seuraa muutoksia vedenkorkeuden ja virtaaman vuotuisen kulkuun. Vuosivalunnan odotetaan hieman kasvavan, mutta tärkein vaikutus hydrologisiin oloihin on muutos valunnan, virtaamien ja vedenkorkeuksien vuodenaikaiseen jakaumaan. Ilmaston muuttuessa valunta kasvaa talviaikana merkittävästi lumen sulamisen ja vesisateen lisääntymisen vuoksi. Vastaavasti kevätulvat pienenevät etenkin maan etelä- ja keskiosassa, kun lumipeitettä ei enää kerry lämpimien talvien aikana. Pohjois-Suomessa kevätulvien odotetaan kuitenkin vielä kasvavan muutamana vuosikymmenen aikana lisääntyneen sadannan takia, mutta pienenevän myöhemmin lämpenemisen edetessä ilmastoskenaarioiden mukaisesti. Valunta kasvaa sadannan kasvun myötä. Maan etelä- ja keskiosan runsasjärvisillä vesistöalueilla vuosivalunnan arvioidaan vähenevän jonkin verran järvihaihdunnan kasvun myötä. Talvella lisääntyvä lumen sulanta ja vesisateet lisäävät talvitulvia; etenkin suurten keskusjärvien vedenkorkeudet tulevat nousemaan talvella nykyistä ylemmäksi. Sadetulvien arvioidaan yleistyvän rankkasateiden kasvun myötä myös kesällä varsinkin pienissä vesistöissä. Toisaalta pidentynyt kesäkausi tuo tullessaan myös kuivien kesien mahdollisuuden etenkin maan etelä- ja keskiosassa. Edellä mainittuja ilmastomuutoksen vaikutuksia on jo nähtävissä havaintosarjoista, kuten aiemman kappaleen trendianalyysit kertovat. Talvivirtaamat ovat jo kasvaneet ja kevätthiiput aikaistuneet. Kesävirtaamien osalta muutoksia on havaittu kumpaankin suuntaan, ja jatkossahan sekä kesätulvien että kuivuuksien on ennustettu yleistyvän. Vuoden keskivirtaamien odotetaan kasvavan ilmaston lämmitessä, mutta tässä työssä tarkastelluista sarjoista vain kahdella vuosivirtaamat olivat toistaiseksi kasvaneet.

## 8 Summary in English

### **Discharge and water level variations in lakes and rivers in Finland**

In this study, the water level and flow regimes in the lakes and rivers of Finland until year 2004 were investigated using the records of the Finnish Environment Institute. The typical annual regime and variation of water levels and discharges, the total outflow from the territory of Finland, factors affecting the flow regime in Finland (including the climate change), and discharge trends, are the themes discussed in this publication. Besides the outflow from the entire territory of Finland, 25 discharge time series and 13 water level time series were analyzed. Both unregulated and regulated rivers and lakes were examined. The longest continuous records date back to the mid-1800s. The lake Saimaa water level time series and the corresponding discharge time series for the river Vuoksi are available since 1847 and the discharge time series at Muroleenkoski since 1863. Most of the observation series examined in this study started in the 1910s-1930s. The outflow from the territory of Finland was determined for the period 1912-2004.

River systems in Finland can be divided into three groups by their discharge regimes. The first group comprises the watersheds of lake regions mostly in southern and central Finland. There are lots of lakes that smooth away annual discharge variations. The river systems of Vuoksi, Kymijoki and Oulujoki, as well as a large part of the Kokemäenjoki river system, are included in this category. Moreover, the waters of the Kuusamo region, which flow into the White Sea, and a few other lake-rich regions, belong to this group. The second group, small and medium-sized river basins with few lakes, is mostly found in the coastal regions along the Gulf of Finland and Gulf of Bothnia. Due to the scarcity of lakes, discharge fluctuations are very rapid. In these rivers, both floods and drought periods are common. The third group includes large rivers in northern Ostrobothnia and Lapland. In these rivers, water flows around the year, even though there are not so many lakes.

Precipitation is of course the primary factor that affects the water levels and discharges. In southern Finland the precipitation is higher than in the north. In the south the growing season is longer, and evaporation is higher. Therefore, the proportion of precipitation that ends up as runoff is higher in the north than in the south. The form of precipitation has a huge effect on the annual discharge regime. In the winter, precipitation is stored as snow. Consequently, water levels and discharges are typically on the lowest level at the end of winter before the snowmelt begins. After that, the highest water levels and discharges are recorded in springtime or in early summer, due to snowmelt. Water levels and discharges usually decrease during summer when the evaporation is normally larger than the precipitation. Sometimes, when the summer is dry and warm, water levels can drop even below the winter minimum. In northern Finland the lowest water levels are normally reached in wintertime, but in the south, especially now that winter discharges have increased, the



lowest levels are often recorded in the summer. In autumn, evaporation decreases, and rains raise water levels and discharges. In the small rivers of the southern and western coast, the annual high flow can also occur in autumn, summer, or winter, instead of in spring. In the unregulated rivers in northern Finland the highest flow almost always happens in spring or in summer. When the winter period starts, water levels begin to recede again, because there is no runoff when the soil is frozen and the precipitation falls as snow.

The runoff regime of a drainage basin is affected by its area, shape and lake percentage. In large and lake-rich drainage basins, water level and discharge variations are moderate, and small compared to small drainage basins with low lake percentage. In large lakes, water level variations are slower than in small lakes. In large lakes with large drainage areas, the annual maximum water level often occurs as late as in the end of the summer, e.g. in Saimaa, the largest lake in Finland. Water level and discharge fluctuations in rivers with small drainage basins are very rapid compared to those in lakes. The ratio between the mean annual high flow and mean annual low flow can be several hundreds in small rivers, whereas in lake outlets it can be less than ten. The ratio between the mean annual high flow and mean annual flow in outlets of large lakes can be as low as two, while in small river it can be more than fifteen. There are of course variations between the years. The typical variation range of annual mean discharge is 20...40 %. It is largest in small southern rivers and smallest in the north. The largest water level range ever recorded in a river in Finland is almost seven meters, in Kyrönjoki at Munakka. Even larger ranges have been observed in the reservoirs Kemijärvi and Porttipahta.

The monthly and annual mean discharges from the territory of Finland were determined for the period 1912-2004. The total discharge was calculated by combining many different discharge records from all available drainage basins. Since there were very different periods of records from the stations, the discharge was calculated by using several combinations of stations. The mean discharge from the territory of Finland in 1912-2004 was about 3 300 m<sup>3</sup>/s. The variation of mean annual discharge was 18 %. The variation percent for the total discharge from Finland was lower than for the individual stations. This is because regional differences even out. The lowest annual outflow from Finland was about 1 600 m<sup>3</sup>/s in 1941 and the highest annual outflow about 4 700 m<sup>3</sup>/s in 1981. Thus, the ratio between the highest and lowest annual outflow until now is almost three. The highest monthly discharges have normally been recorded in May, due to spring floods. The highest monthly mean discharge from the territory of Finland has been about 10 350 m<sup>3</sup>/s in May 1920. The lowest monthly mean discharge has been only 640 m<sup>3</sup>/s, in March 1942. The ratio between the highest and the lowest monthly discharge is more than 16. Normally the outflow is lowest in wintertime and peaks up in spring or in early summer. The variation percent of monthly mean discharge was lowest in May (22 %) and highest in September, 35 %.

The discharge regime has changed over the decades on account of both climatic and human impacts (predominantly water regulation). Climate change has affected the annual cycle of flow, particularly the seasonal distribution of flow. This publication shows that statistically significant overall changes have not been observed in the mean annual discharges. The most significant change has occurred in the hydrological regimes of winter and spring. Winters and springs have already become milder during the 20th century – and in consequence of it – the late-winter and the early-spring mean discharges have increased. However, the magnitudes of spring high flow have not changed. Regulation has increased the winter and spring mean discharges in some places. In addition, the regulation has in some cases decreased the summer flow. There is no statistically significant change in the annual mean outflow from Finland in 1912-2004, but both winter and the spring mean discharges have

increased, and summer mean discharges have decreased. Winter and spring monthly mean discharges from the territory of Finland have increased by 100...150 m<sup>3</sup>/s per decade during 1912-2004. June and July monthly mean discharges from the territory of Finland have decreased by 85...195 m<sup>3</sup>/s per decade. Most drainage basins in Finland are affected by regulation. Thus the trends of monthly outflow from Finland are clearly influenced by regulation, especially in northern Finland and in Ostrobothnia. Changes in seasonal discharges were different in the different regions. Winter and spring discharges have increased mostly in the north, whereas the decrease in summer discharges was found in southern Finland.

Long-term changes in the individual discharge time series were similar to the changes in the outflow from Finland. This is obvious since the total outflow from Finland consist of these individual time series. At most sites the winter and spring mean discharges have increased at both unregulated and regulated sites. In northern Lapland it seems more likely that winter discharges have decreased. The increase of winter discharges focused on late winter and the increase of spring discharges on early spring. Therefore, the rise of winter and spring discharges can be accounted for by the warming in winter and spring and the earlier snowmelt. At some regulated sites the release of water has been increased in winter and in early spring in order to increase the storage capacity for the snowmelt water. This explains the stronger winter and spring discharge trends at some regulated sites. The timing of spring high flow has moved earlier at about one third of the observation sites. At unregulated sites the change has in most cases been 1...3 days per decade, at regulated sites somewhat more. There is no overall change in the magnitude of spring high flow. At one third of the unregulated sites, summer discharge has increased, whereas there has been a decrease in some monthly discharges at slightly less than one half of the regulated sites. The decrease of summer discharges at regulated sites can be at least partly explained by higher water release in winter and spring. At about a half of the unregulated observation sites the low flows have increased, at about a half of the regulated observation sites they have decreased. Increase in the low flow at unregulated sites can be explained by increased discharges in the low flow periods (winter and summer). Decrease in the low flows at regulated sites is explained by zero flows when water gates are shut, but a similar situation is usually not possible in unregulated streams. Annual mean flow and annual high flow did not show statistically significant trends in general, apart from a couple of sites. Changes in the mean monthly or seasonal discharges were typically some percent of the period mean flow per decade, in most cases not higher than 10 %. Trends at the regulated sites were stronger than at the unregulated ones.

In the future, mean air temperature will rise and precipitation will increase in Finland due to climate change. This will cause changes in the annual cycles of water level and discharge. Annual runoff is expected to grow slightly, but the most important change will occur in the seasonal distributions of runoff, water levels, and discharges. Runoff will notably increase in wintertime, due to snowmelt and increased precipitation in the form of rain. Accordingly, spring floods will diminish especially in the southern and central parts of the country, while the snow cover will be thinner because of warmer winters. In northern Finland, however, spring floods are expected to increase during the next couple of decades due to increased precipitation, but later they will diminish if the warming proceeds according to the climate model scenarios. Runoff will grow as the precipitation increases. In the lake-rich drainage basins of the southern and central parts of the country, the annual runoff is expected to decrease slightly as the evaporation from lakes will increase. In wintertime the increase of snowmelt and rain will scale up winter floods – particularly the wintertime water levels of large central lakes will in the future be higher than now. Floods caused by heavy rain are expected to become common, particularly in summer in small drainage

basins. On the other hand, the extended growing season makes droughts more likely especially in southern and central Finland. The foregoing effects of climate change are already observed in the discharge time series, as the trend analysis of this study shows. Winter discharges have already increased and the timing of spring peaks has moved earlier. Summer discharges have either decreased and increased, depending on site. In the future, both floods and droughts in the summer season are predicted to become more common. Annual mean discharges are expected to grow due to warming climate, but in this study only two time series showed an increase in the annual mean flow – so far.

## LÄHTEET

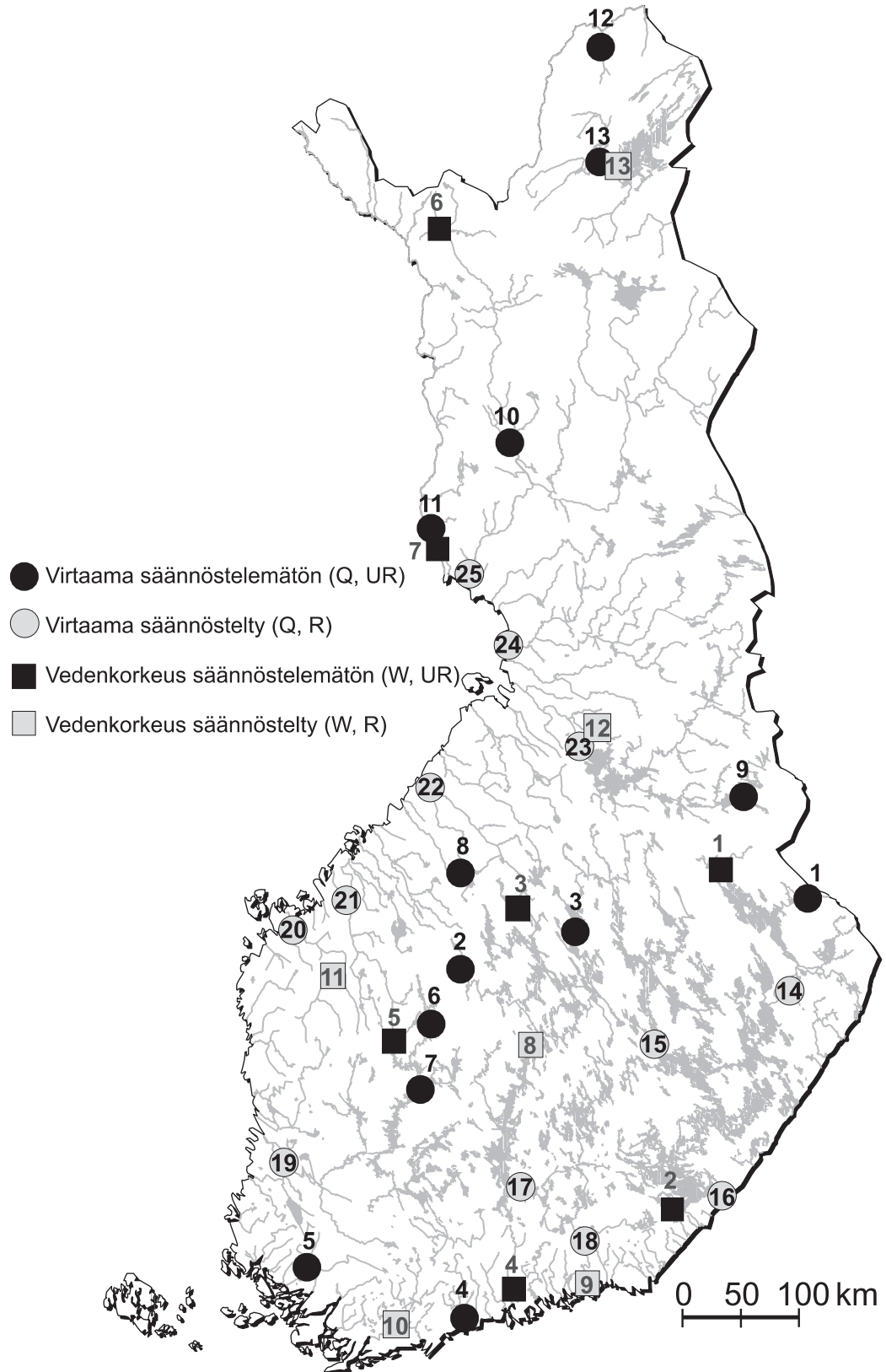
- Ahti, E. 1987. Water balance of drained peatlands on the basis of water table simulation during the snowless period. Finnish Forest Research Institute, Helsinki. *Communications Instituti Forestalis Fenniae* 141. 64 s. ISBN 951-40-0778-6.
- Bayazit, M. & Önöz, B. 2007. To prewhiten or not to prewhiten in trend analysis? *Hydrological Sciences* 52(4):611–624.
- Beldring, S., Andréasson, J., Bergström, S., Graham, L. P., Jónsdóttir, J. F., Rogozova, S., Rosberg, J., Suomalainen, M., Tonning, T., Vehviläinen, B. & Veijalainen, N. 2006. Mapping Water resources in the Nordic region under a changing climate. Hydrological Service – National Energy Authority, Reykjavik. Report no. CE-3. 125 s. ISBN 9979-68-190-X.
- Chen, D. & Hellström, C. 1999. The influence of the North Atlantic Oscillation on the regional temperature variability in Sweden: spatial and temporal variations. *Tellus* 51A:505–516.
- Ekholm, M. 1980. Kesäaikaisiin tulviin vaikuttavista tekijöistä Etelä- ja Keski-Suomessa. *Vesitalous* 21(5):13–15.
- Ekholm, M. 1993. Suomen vesistöalueet. Vesi- ja ympäristöhallitus, Helsinki. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja, sarja A 126. 166 s. ISBN 951-37-1087-4, 951-47-6860-4.
- Filatov, N., Salo, Y. & Nazarova, L. 2005. Effects of climate change variability on natural water bodies in Northwest Russia. Julk: Proc. 15th Northern Research Basins Symposium, Luleå to Kvikkjokk, Sweden, Aug 29 – Sep 2. S. 31–40.
- Grotzner, A., Latif, M., Timmermann, A. & Voss, R. 1999. Interannual to decadal predictability in a coupled ocean-atmosphere general circulation model. *Journal of Climate* 12(8):2607–2624.
- Heikurainen, L. 1980. Effect of forest drainage on high discharge. Julk: The Influence of Man on the Hydrological Regime with Special Reference to Representative and Experimental Basins. Proceedings of the Helsinki symposium, 23–26 June 1980. International Association of Hydrological Sciences, Wallingford. IAHS publication 130. S. 89–96.
- Hersch, R. (toim.) 2003. World catalogue of maximum observed floods. International Association of Hydrological Sciences, Wallingford. IAHS publication 284. 285 s. ISBN 1-901502-47-3.
- Hiltunen, T. 1992. Fluctuations of long discharge time series in Finland. Julk: Østrem, G. (red.) Nordisk hydrologisk konferanse 1992, Alta, Norge, 4.–6. august 1992. Koordineringskomiteén för Hydrologi i Norden (KOHYNO), Oslo. NHP-rapport 30. S. 59–64. ISBN 82-7216-763-8.
- Hiltunen, T. 1994. What do hydrological time series tell about climate change? National Board of waters and the environment, Helsinki. Publications of the Water and environment Research Institute 17:37–50. ISBN 951-47-9749-3.
- Hisdal, H., Erup, J., Gudmundsson, K., Hiltunen, T., Jutman, T., Ovesen, N. B. & Roald, L. (eds.) 1995. Historical runoff variations in the Nordic countries. The Nordic coordinating Committee for Hydrology (KOHYNO), Oslo. NHP report No 37. 99 s. ISBN 82-410-0243-2.
- Hisdal, H., Holmqvist, E., Hyvärinen, V., Jónsson, P., Kuusisto, E., Larsen, S. E., Lindström, G., Ovesen, N. B. & Roald, L. A. 2003. Long time series, A review of Nordic studies. CWE Long Time Series group. Report no. 2. 65 s. ISBN 9979-68-125-X.
- Hisdal, H., Holmqvist, E., Kuusisto, E. & Lindström, G. 2004. Has streamflow changed in the Nordic countries? Julk: Järvet, A. (ed.) XXIII Nordic hydrological conference, Vol 2. Tallinn, Estonia Aug 8–12. NHP Report 48. S. 633–643. ISBN 9985-56-921-0.
- Holm, R. 2003. Kuivuuden vaikutus Turun seudun pintavesilaitoksilla. *Vesitalous* 44(3):15–18.
- Hurrell, J. W. 1995. Decadal trends in the North Atlantic Oscillation: regional temperatures and precipitation. *Science* 269(4):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.
- Huttunen, M. & Vehviläinen, B. 1997. Neural networks in the ice-correction of discharge observations. *Nordic Hydrology* 28(4/5):283–296.
- Hydrologinen toimisto. 1961. Vesimäärän mittauksia vuosilta 1931–1960. Hydrologinen toimisto, Helsinki. Hydrologisen toimiston tiedonantoja 19. 75 s.
- Hyvärinen, V. 1974. Veden riittävyys vesihuollon tarpeisiin. *Vesitalous* 15(4):18–25.
- Hyvärinen, V. 1977. Virtaama-aineiston tilastoanalyysi III–V. Vesihallitus, Helsinki. Vesitutkimuslaitoksen julkaisuja 22. 247 s. ISBN 951-46-3166-8.
- Hyvärinen, V. 1980. Jään vaikutuksesta vesistöjen virtaamiin. *Vesitalous* 21(5):19–24.
- Hyvärinen, V. 1983. Kala-, Pyhä-, ja Siikajoen hydrologiset olot (liite). Julk: Turunen, H. Siika-, Pyhä- ja Kalajoen vesien käytön historia. Vesihallitus, Helsinki. Vesihallituksen monistesarja 1983:160. 202 s.
- Hyvärinen, V. 1984. Virtaamaoloista Suomessa. Vesihallitus, Helsinki. Vesihallituksen monistesarja 1984:278. 37 s. ISBN 951-46-8020-0.
- Hyvärinen, V. 1985. River discharge in Finland. National Board of Waters, Helsinki. Publications of the Water Research Institute 59:3–23. ISBN 951-46-8749-3.
- Hyvärinen, V. 1988. Effects of climatic changes on winter discharge in Finland. Julk: Rantajärvi, L. (red.) Nordisk hydrologisk konferens 1988, Rovaniemi, Finland 1–3 augusti 1988. Koordineringskomiteén för Hydrologi i Norden, KOHYNO, Helsinki. NHP-rapport nr. 22, del 1. S. 27–32. ISBN 951-715-216-7.
- Hyvärinen, V. 1996. Suomen virtaamaolojen muutokset 1800–1900 luvulla. *Ympäristökatsaus* 7(2): 9.
- Hyvärinen, V. 1997. Suomi on muuttunut sateisemmaksi ja suuri osa lumisemmaksi. *Vesitalous* 38(2):17–22.

- Hyvärinen, V. 1998. Observed trends and fluctuations in hydrological time series in Finland – a review. Julk: Lemmelä, R. & Helenius, N. (eds.). Proceedings of The Second International Conference on Climate and Water, Espoo, Finland, 17–20 August 1998. Helsinki University of Technology, Espoo. Volume 3. S. 1064–1070.
- Hyvärinen, V. 2003. Trends and characteristics of hydrological time series in Finland. *Nordic Hydrology* 34 (1/2):71–90.
- Hyvärinen, V. & Forsius, J. 1982. Purkautumiskäyrä – keskeinen osa käytännön hydrologiaa. *Vesitalous* 23(6):29–33.
- Hyvärinen, V. & Gürer, I. 1976. Virtaama-aineiston tilastoanalyysi, I virtaaman pysyvyyssäyrät, II virtaaman kuukausikeskiarvot ja ääriarvot. Vesihallitus, Helsinki. Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja 15. 208 s. ISBN 951-46-2038-0.
- Hyvärinen, V. & Leppäjärvi, R. 1989. Long-term trends of river flow in Finland. Julk.: Conference on climate and water. Government printing centre, Helsinki. The publications of the Academy of Finland 9/89. Vol. 1. S. 450–461. ISBN 951-861-668-X.
- Hyvärinen, V., Solantie, R., Aitamurto, S. & Drebs, A. 1995. Suomen vesitase 1961–1990 valuma-alueittain. Vesi- ja ympäristöhallitus, Helsinki. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja – sarja A 220. 68 s. ISBN 951-53-0256-0.
- Hyvärinen, V. & Vehviläinen, B. 1981. The effects of climatic fluctuations and man on discharge in Finnish river basins. National Board of Waters, Helsinki. Publications of the Water Research Institute 43. S. 15–23. ISBN 951-46-6067-6.
- Jónsdóttir, J. F., Jónsson, P. & Uvo, C. B. 2005. Trend analysis of Icelandic discharge, precipitation and temperature series. Proceedings of the 15th Northern Research Basins Symposium, Luleå to Kvikkjokk, Sweden, Aug 29 – Sep 2. S. 69–78.
- Jylhä, K., Tuomenvirta, H. & Ruosteenoja, K. 2004. Climate change projections for Finland during the 21st century. *Boreal Environmental Research* 9(2):127–152.
- Järvinen, J. & Kuusisto, E. 1995. Astiahaidunta Suomessa 1961–1990. Vesi- ja ympäristöhallitus, Helsinki. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja – sarja A 220. S. 71–157. ISBN 951-53-0256-0.
- Kaitera, P. 1939. Lumen kevätulamisesta ja sen vaikutuksesta vesiväylien purkautumissuhteisiin. Valtioneuvoston kirjapaino, Helsinki. Maataloushallituksen kulttuuriteknillisiä tutkimuksia 2. 255 s.
- Kaitera, P. 1949. On the melting of snow in springtime and its influence on the discharge maximum in streams and rivers in Finland. Teknillinen korkeakoulu, Helsinki. Suomen teknillisen korkeakoulun tutkimuksia 1:75–98.
- Korhonen, J. 2005. Suomen vesistöjen jääolot. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Suomen ympäristö 751. 145 s. ISBN 952-11-1954-3.
- Kotola, J. 2003. Kaupunkihydrologia ja hulevedet. *Vesitalous* 44(4):23–27.
- Kukkamäki, T. J. 1956. Korkeusmittausten lähtökorkeus. *Terra* 68(1):112–123.
- Kuusisto, E. 1984. Suomen vesistöjen bifurkaatiot. *Terra* 96(4):253–261.
- Kuusisto, E. 1986. On the winter and summer low flows in Finland. *Aqua Fennica* 16(2):181–186.
- Kuusisto, E. 1988. Säännöstelyn vaikutus vesistön hydrologiaan. *Vesitalous* 29(2):12–15.
- Kuusisto, E. 1992. Runoff from Finland in the period of 1931–1990. *Aqua Fennica* 22(1):9–22.
- Kuusisto, E. & Leppäjärvi, R. 1979. Vuotuisten ylivirtaamien jakautumisesta Suomessa. *Vesitalous* 20(2):38–41.
- Lammassaari, V. 1990. Uitto ja sen vesistövaikutukset. Vesi- ja ympäristöhallitus, Helsinki. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja – sarja A 54. 238 s. ISBN 951-47-3694-X.
- Leppäjärvi, R. 1992. Ice-reduction of winter discharges. Julk: Østrem, G. (red.) Nordisk hydrologisk konferanse 1992, Alta, Norge, 4–6 august, 1992. Koordineeringskomiteén for Hydrologi i Norden (KOHYNO), Oslo. NHP-rapport 30. S. 563–567. ISBN 82-7216-763-8.
- Leppäjärvi, R. & Vehviläinen, B. 1994. Ice reduction of winter discharge by watershed models. National Board of Waters and the Environment, Helsinki. Publications of the Water and Environment Research Institute 17:17–25. ISBN 951-47-9749-3.
- Lönnfors, F. 1936. Vesimäärän mittaukset Suomessa v. 1936 loppuun. Hydrografinen toimisto, Helsinki. Hydrografisen toimiston tiedonantoja 8. 65 s.
- Lönnfors, F. 1948. Vesimäärän mittaukset Suomessa v. 1946 loppuun. Hydrografinen toimisto, Helsinki. Hydrografisen toimiston tiedonantoja 11. 84 s.
- Metsäntutkimuslaitos. 2006. Metsätalastollinen vuosikirja 2006. <http://www.metla.fi/julkaisut/metsatallastollinen/vsk/index.htm>.
- Mustonen, S. 1971. Alivaluman vaihteluista pienillä alueilla. Vesihallitus, Helsinki. Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja 1. 64 s.
- Mustonen, S. (toim.). 1986. Sovellettu hydrologia. Vesiyhdistys, Helsinki. 503 s. ISBN 951-95555-1-X.
- Mustonen, S. & Seuna, P. 1971. Metsäojituksen vaikutuksesta suon hydrologiaan. Vesihallitus, Helsinki. Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja 2. 63 s.
- Mälkki, P. 1965. On the effects of various factors on the discharge of the Vantaa river region. Hydrografinen toimisto, Helsinki. Hydrografisen toimiston tiedonantoja 23. S. 173–181.
- Pajula, H. & Triipponen, J.-P. (toim.) 2003. Selvitys Suomen kastelutilanteesta, Esimerkkialueena Varsinais-Suomi. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Suomen ympäristö 629. 86 s. ISBN 952-11-1415-0.
- Peterson, B. J., Holmes, R. M., McClelland, J. W., Vörösmarty, C. J., Lammers, R. B., Shiklomanov, A. I., Shiklomanov, I. A. & Rahmstorf, S. 2002. Increasing River Discharge to the Arctic Ocean. *Science* 298(13): 2171–2173.

- Puupponen, M. 1984a. Measurement of flow rates at Finnish hydroelectric power stations. National Board of Waters, Helsinki. Publications of the Water Research Institute 60. S. 35–46. ISBN 951-46-8842-2.
- Puupponen, M. 1984b. Vesivoimalaitosten virtaaman ja hyötysuhteen mittaaminen. Vesihallitus, Helsinki. Vesihallituksen monistesarja 1984:263. 200 s. ISBN 951-46-8005-7.
- Puupponen, M. 1998. Structural development of the Finnish national hydrometric monitoring network. Finnish Environment Institute, Helsinki. Monographs of the Boreal Environment Research 12. 108 s. ISBN 952-11-0355-8.
- Pääkaupunkiseudun vesi Oy. Päijänne-tunneli. <http://www.psv-hrv.fi/> > Suomeksi > Päijänne-tunneli. [Viitattu 13.10.2006.]
- Reihan, A., Koltsova, T., Kriauciuniene, J., Meilutyte-Barauskiene, D. & Järvet, A. 2006. Changes in river runoff in baltic states in 20th century. Julk: Refsgaard, Jens Chr., Højberg, Anker Lajer (eds.) XXIV Nordic Hydrological Conference, Vingsted, Denmark, 6–9 August 2006. Nordic Water 2006: Experiences and challenges in implementation of the EU Water Framework Directive. Auning, Nordic Association for Hydrology. NHP Report nro 49. P. 639–640. ISBN 87-87656-11-6.
- Renqvist, H. 1951a. Inland waters of Finland. Hydrografinen toimisto, Helsinki. Hydrografisen toimiston tiedonantoja 13. S. 161–201.
- Renqvist, H. 1951b. Suomen sisävedet. Hydrografinen toimisto, Helsinki. Hydrografisen toimiston tiedonantoja 13. S. 145–180.
- Reuna, M. 1977. Vedenkorkeuden kymmenvuotiskeskisarvoja ja -ääriarvoja. Vesihallitus, Helsinki. Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja 21. 263 s. ISBN 951-46-3165-X.
- Reuna, M. 1979. Vedenkorkeuden aikakäyriä ja pysyvyyksiä. Vesihallitus, Helsinki. Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja 33. 87 s. ISBN 951-46-4444-1.
- Reuna, M. 1983. Vedenkorkeuden ääriarvojen toistuvuuksia. Vesihallitus, Helsinki. Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja 54. 231 s. ISBN 951-46-7493-6.
- Reuna, M. & Aitamurto, S. 1995. Tilastotietoja vedenkorkeuden vaihteluista Suomessa. Vesi- ja ympäristöhallitus, Helsinki. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja – sarja A 203. 306 s. ISBN 951-53-0016-9.
- Roald, L. A. 1998. Changes in runoff in the Nordic countries, a result of changing circulation pattern? Proceedings of the second international conference on climate and water. Espoo, Finland 17–20 Aug 1998. S. 1099–1109.
- Saaränen, V. 2005. Tarkkavaaituksilla määritetty vuosittainen maannousu Suomen alueella. Julk: Viljanen, A. & Mäntyniemi, P. (toim.) XXII Geofysiikan päivät Helsingissä 19.–20.5.2005. S. 201–206. Multiprint Oy, Helsinki. ISBN 951-97663-3-2.
- Saarinen, J. 1966. Virtaaman ja sademäärän keskiarvoja ajanjaksolta 1931–60 sekä virtaamanmittauksia vuosilta 1961–65. Hydrologinen toimisto, Helsinki. Hydrologisen toimiston tiedonantoja 26. 51 s.
- Saarinen, J. 1979. Virtaamanmittauksia vuosilta 1966–1975. Vesihallitus, Helsinki. Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja 31. 49 s. ISBN 951-46-3755-0.
- Sallantaus, T. 1986. Soiden metsä- ja turvetalouden vesistövaikutukset – kirjallisuuskatsaus. Maa- ja metsätalousministeriö, Helsinki. Luonnonvarajulkaisuja 11. 203 s. ISBN 951-46-9524-0.
- Salmi, T., Määttä, A., Anttila, P., Ruoho-Airola, T. & Amnell, T. 2002. Detecting trends of annual values of atmospheric pollutants by the Mann-Kendall test and Sen's slope estimate – The Excel template application MAKESENS. Finnish Meteorological Institute, Helsinki. Publications on air quality No. 31. 35 s. ISBN 951-697-563-1.
- Saukko, P. 1960. Satavuotias Höytiäinen. Vesitalous 1(1).
- Saukkonen, S. & Kenttämies, K. (toim.) 1995. Metsätalouden vesistövaikutukset ja niiden torjunta: MET-VE-projektin loppuraportti. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Suomen ympäristö 2. 420 s. ISBN 952-11-0007-9.
- Sen, P. K. 1968. Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. Journal of the American Statistical Association 63(324):1379–1389.
- Seuna, P. 1981. Long-term influence of forestry drainage on the hydrology of an open bog in Finland. National Board of Waters, Helsinki. Publications of the Water Research Institute 43. 47 s. ISBN 951-46-6067-6.
- Seuna, P. 1982a. Influence of forestry draining on runoff and sediment discharge in the Ylijoki basin, North Finland. Aqua Fennica 12:3–16.
- Seuna, P. 1982b. Pienten alueiden valuman toistuvuusanalyysi. Vesihallitus, Helsinki. Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja 48. 77 s. ISBN 951-46-6721-2.
- Seuna, P. 1990. Metsätalouden toimenpiteet hydrologisina vaikuttajina. Vesitalous 31(2):38–41.
- Shahin, M. 1977. Analysis of some stream flows in Finland. Part I – Statistical testing of discharge data. Aqua Fennica 1977:3–46.
- Simojoki, H. 1966. Suomen vesitaloudesta. Hydrologinen toimisto, Helsinki. Hydrologisen toimiston tiedonantoja 24. 21 s.
- Sirén, A. 1974. Hydrologinen toimisto 1908–1970. Aqua Fennica 1974:1. 41 s.
- Solantie, R. 1998. Suurten suo-ojitusten vaikutus pakkasetoman ajan pituuteen ja lämpötilan vuosimalliin 1961–1990 sekä lämpötilatrendeihin vuodesta 1990. Ilmatieteen laitos, Helsinki. Meteorologisia julkaisuja 38. 43 s. ISBN 951-697-477-5.

- Suomalainen, M., Vehviläinen, B., Veijalainen, N., Lepistö, A. & Mäkinen, R. 2006. Effects on the hydrological cycle – inland waters. *Julk: Silander, J., Vehviläinen, B., Niemi, J., Arosilta, A., Dubrovin, T., Jormola, J., Keskisarja, V., Keto, A., Lepistö, A., Mäkinen, R., Ollila, M., Pajula, H., Pitkänen, H., Sammalkorpi, I., Suomalainen, M. & Veijalainen, N. Climate change adaptation for hydrology and water resources. FINADAPT Working Paper 6. Finnish Environment Institute, Helsinki. Finnish Environment Institute Mimeographs 336. 52 s. ISBN 952-11-2108-4, 952-11-2109-2 (pdf).*
- Suurpadot – Suomen osasto ry. 1991. Voimaa koskesta: Suomen vesivoiman rakentamisen vaiheita. Helsinki. 356 s. ISBN 952-90-3231-2.
- Tulvakomitean mietintö. 1939. Valtioneuvosto, Helsinki. Komiteamietintö 14. 306 s.
- Tuomenvirta, H. 2004. Reliable estimation of climatic variations in Finland. *Finnish Meteorological Institute, Helsinki. Finnish Meteorological Institute Contributions 43. 75 s. ISBN 951-697-589-5.*
- Turun Seudun Vesi Oy. Päivitetty: 01.11.2004. [http://www.turunseudunvesi.fi/doc/Yleissuunnitelman-kooste\\_loppuraportti\\_300502\\_rev1\\_050802.pdf](http://www.turunseudunvesi.fi/doc/Yleissuunnitelman-kooste_loppuraportti_300502_rev1_050802.pdf) [Viitattu 13.10.2006.]
- Vehviläinen, B. 1979. Metsäojituksen vaikutuksesta suon ja vesistöalueen vesitalouteen. Pro gradu -tutkielma. Helsingin yliopisto, Helsinki.
- Vehviläinen, B. & Huttunen, M. 1997. Climate change and water resources in Finland. *Boreal Environment Research 2(1):3–18.*
- Vehviläinen, B. & Lohvansuu, J. 1991. The effects of climate change on discharges and snow in Finland. *Hydrological Sciences Journal 36(2):95–208.*
- Vesihallitus. 1984. Hydrologiset havainto- ja mittausmenetelmät. Vesihallitus, Helsinki. Vesihallituksen julkaisuja 47. 88 s. ISBN 951-46-7491-X.
- Virkkala, R., Korhonen, K. T., Haapanen, R. & Aapala, K. 2000. Metsien ja soiden suojelutilanne metsä- ja suokasvillisuusvyöhykkeittäin valtakunnan metsien 8. inventoinnin perusteella. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Suomen ympäristö 395. 49 s. ISBN 9521117419.
- Wang, X. L. & Swail, V. R. 2001. Changes of Extreme Wave Heights in Northern Hemisphere Oceans and Related Atmospheric Circulation Regimes. *Journal of Climate 14(10): 2204:2221.*
- Ympäristöhallinto. 16.12.2004 (Päivitetty). Metsäojitustoiminta. [www.ymparisto.fi](http://www.ymparisto.fi) > RiverLife-jokitietopaketti > Ihmisen vaikutus jokeen > Maankäytön vesistövaikutukset > Metsätalous > Metsäojitustoiminta. [Viitattu 1.11.2006.]
- Ympäristöhallinto. 18.10.2006 (Päivitetty). Suomen säännöstellyt järvet ja joet. [www.ymparisto.fi](http://www.ymparisto.fi) > Vesivarojen käyttö > Vesistöjen säännöstely. [Viitattu 1.11.2006.]
- Yue, S. & Wang, C. Y. 2002. Applicability of pre-whitening to eliminate the influence of serial correlation on the Mann-Kendall test. *Water Resource Research 38(6):1068.*

LIITE I. Kartta tässä työssä tarkasteltavista vedenkorkeuden ja virtaaman havaintopaikoista (katso taulukot 4 ja 5)  
 APPENDIX I. A map of water level and discharge observation sites of this study (see tables 4 and 5)





LIITE 2.Vedenkorkeuden ääri- ja keskiarvoja  
APPENDIX 2. Extreme and mean values of water level

Paikka ja jakso - Site and Period	cm	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	MW	HW	NW
<b>Luonnontilaiset - Unregulated</b>																
Saimaa, Lauritsala 0411200	min	220	214	207	203	213	224	230	236	234	232	227	224	228	262	201
0-piste = N60 + 72,37 m = NN + 72,31 m	ka	345	340	332	327	339	354	364	365	359	352	348	347	348	383	311
Jakso 1847-2004	max	453	447	434	425	438	485	517	524	511	495	479	467	466	534	417
Saimaa, Lauritsala 0411200	min	265	267	269	272	288	301	303	296	282	274	270	274	291	307	264
0-piste = N60 + 72,37 m = NN + 72,31 m	ka	340	338	334	333	345	357	361	358	350	343	340	342	345	380	311
Jakso 1961-2004	max	440	434	418	403	400	416	415	408	425	435	437	439	394	447	360
Pielinen, Nurmes 0401410	min	94	89	80	79	107	139	152	143	132	116	107	103	121	158	75
0-piste = N60 + 91,85 m = NN + 91,66 m	ka	179	166	152	145	199	235	228	206	188	182	188	190	189	250	133
Jakso 1911-2004	max	255	245	219	198	302	342	333	299	291	272	300	286	237	353	188
Pielinen, Nurmes	min	94	93	92	91	148	188	188	161	142	127	113	103	150	198	86
0-piste = N60 + 91,85 m = NN + 91,66 m	ka	180	168	154	146	205	237	228	207	190	184	190	193	190	251	132
Jakso 1961-2004	max	230	211	197	197	270	282	279	299	291	272	270	257	237	307	183
Keitele, Viitasaari 1401100	min	67	62	55	54	65	73	73	65	66	73	72	69	73	110	51
0-piste = N60 + 98,26 m = NN + 97,99 m	ka	128	123	117	115	141	157	152	140	131	126	128	130	132	167	103
Jakso 1886-2004	max	193	186	169	159	186	251	228	188	183	185	199	197	171	254	142
Keitele, Viitasaari 1401100	min	85	81	76	76	104	112	111	103	95	92	90	88	108	125	72
0-piste = N60 + 98,26 m = NN + 97,99 m	ka	125	121	116	116	144	155	148	136	128	123	125	127	130	164	103
Jakso 1961-2004	max	182	176	163	154	176	196	199	188	183	178	184	183	164	202	122
Porvoonjoki, Vakkola 1800500	min	44	47	48	109	76	52	39	40	43	45	50	47	71	186	30
0-piste = N43 + 14,64 m = N60 + 14,69 m	ka	81	77	86	174	124	74	69	74	79	99	114	97	96	273	49
Jakso 1963-2004	max	153	217	203	251	231	135	119	156	143	182	185	196	128	415	68
Toisvesi 3504400	min	213	199	163	203	201	224	207	196	198	197	197	214	215	247	144
0-piste = N60 + 95,44 m = 95,14 m	ka	250	244	240	258	294	273	256	249	248	254	258	257	257	320	227
Jakso 1903-2004	max	310	300	299	312	369	335	325	324	311	328	321	314	293	394	262
Toisvesi 3504400	min	227	228	209	205	201	224	224	213	198	197	197	214	230	275	192
0-piste = N60 + 95,44 m = 95,14 m	ka	260	257	253	267	289	274	261	253	253	259	263	267	263	318	234
Jakso 1961-2004	max	309	300	299	312	344	333	325	314	304	328	318	314	293	363	262
Ounasjärvi 6503000	min	83	80	77	75	102	108	94	91	94	93	90	88	97	140	74
0-piste = LN + 285,95 m	ka	99	97	96	97	132	131	115	113	113	112	107	102	110	176	93
Jakso 1950-2004	max	106	104	103	111	162	159	138	156	142	133	134	116	119	220	101
Ounasjärvi 6503000	min	83	80	77	75	102	108	94	91	94	93	90	88	97	140	74
0-piste = LN + 285,95 m	ka	98	97	96	97	132	130	115	114	113	112	108	102	110	177	93
Jakso 1961-2004	max	106	104	103	111	162	155	138	156	142	133	134	116	119	220	101
Tornionjoki, Kukkolankoski 6702200	min	41	21	44	40	73	132	93	63	61	40	49	61	86	171	6
0-piste = N60 + 19,91 m = NN + 19,54 m	ka	101	86	77	77	184	194	145	121	115	107	99	109	118	280	52
Jakso 1911-2004	max	145	127	114	178	259	269	213	199	192	163	169	163	154	365	94
Tornionjoki, Kukkolankoski 6702200	min	56	58	56	51	118	135	93	63	61	54	53	65	93	232	28
0-piste = N60 + 19,91 m = NN + 19,54 m	ka	104	94	83	82	188	191	144	124	115	107	103	113	121	281	57
Jakso 1961-2004	max	145	127	114	178	255	255	208	199	192	155	169	163	154	365	94

Paikka ja jakso - Site and Period	cm	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	MW	HW	NW
<b>Säännöstellyt - Regulated</b>																
Päijänne, pohj. 1404610 (luonnontilainen - UR)	min	129	130	129	128	132	138	136	125	118	113	107	108	126	146	105
0-piste = N60 + 76,46 m = NN + 76,22 m	ka	187	183	178	176	206	221	213	197	185	177	179	182	190	235	156
Jakso 1910-1963	max	261	243	242	217	267	283	297	270	251	233	256	270	241	302	204
Päijänne, pohj. 1404610 (säännöstelty - R)	min	138	135	128	123	143	152	152	162	157	149	139	140	150	176	118
0-piste = N60 + 76,46 m = NN + 76,22 m	ka	188	178	163	156	186	214	218	211	201	191	188	190	190	235	145
Jakso 1964-2004	max	292	282	244	218	244	280	265	267	260	252	262	285	220	295	180
Pernoo, ylä 1410400 (säännöstelty - R)	min	23	24	23	32	34	44	40	29	26	20	17	18	38	65	10
0-piste = N60 + 16,8 m = NN + 16,78 m	ka	115	112	102	99	106	109	105	97	91	88	92	104	101	160	65
Jakso 1900-2004	max	218	206	178	151	150	166	175	165	148	154	163	234	161	254	125
Lohjanjärvi, Lohja 2300900 (luonnontilainen - UR)	min	3081	3072	3067	3076	3126	3124	3102	3091	3089	3079	3080	3078	3112	3161	3064
0-piste = NN + 0,0 m	ka	3160	3150	3140	3158	3197	3183	3159	3137	3124	3124	3141	3157	3153	3218	3105
Jakso 1900-1951	max	3225	3199	3188	3250	3260	3244	3219	3191	3186	3196	3226	3232	3188	3276	3144
Lohjanjärvi, Lohja 2300900 (säännöstelty - R)	min	3105	3097	3091	3101	3137	3148	3142	3124	3104	3097	3094	3102	3124	3162	3089
0-piste = NN + 0,0 m	ka	3163	3152	3132	3145	3185	3180	3164	3146	3135	3135	3147	3161	3154	3200	3115
Jakso 1952-2004	max	3224	3200	3224	3190	3207	3191	3190	3208	3188	3179	3191	3210	3171	3235	3141
Kyrönjoki, Munakka 4200500 (luonnontilainen -UR)	min	86	81	83	137	161	79	61	60	64	67	83	86	118	440	47
0-piste = N60 + 32,37 m	ka	219	201	211	373	337	227	194	195	216	246	268	263	246	578	154
Jakso 1912-1960	max	404	377	315	629	533	400	398	364	401	409	447	415	348	738	259
Kyrönjoki, Munakka 4200500 (säännöstelty - R)	min	101	93	104	159	121	76	69	64	71	91	120	100	137	398	53
0-piste = N60 + 32,37 m	ka	156	155	169	329	275	129	110	126	154	185	209	194	182	565	68
Jakso 1961-1993	max	328	449	373	500	448	245	253	310	283	303	357	453	264	706	118
Oulujärvi, Vaala 5903500 (luonnontilainen - UR)	min	12175	12173	12171	12169	12175	12211	12216	12208	12198	12195	12180	12176	12201	12227	12166
0-piste = NN + 0,0 m	ka	12227	12217	12207	12203	12247	12289	12276	12253	12238	12235	12240	12237	12239	12300	12196
Jakso 1896-1950	max	12294	12282	12271	12270	12334	12346	12342	12302	12301	12298	12304	12301	12279	12373	12215
Oulujärvi, Vaala 5903410 (säännöstelty - R)	min	12090	12081	12067	12064	12108	12114	12124	12116	12100	12101	12108	12090	12100	12127	12045
0-piste = N60 + 0,38 m = NN + 0,0 m	ka	12208	12177	12142	12124	12190	12246	12261	12261	12252	12245	12243	12231	12215	12284	12109
Jakso 1951-2004	max	12279	12254	12222	12236	12286	12300	12315	12319	12319	12292	12295	12291	12264	12331	12212
Inari, Inari 7101400 (säännöstelty - R)	min	79	73	63	56	61	130	132	129	118	105	94	86	117	162	48
0-piste = N60 + 116,98 m = NN + 116,7 m	ka	195	173	149	126	141	214	232	234	233	232	227	216	198	256	111
Jakso 1948-2004	max	262	241	217	202	240	283	280	285	278	278	275	278	242	296	193

LIITE 3. Virtaaman ääri- ja keskiarvoja  
APPENDIX 3. Extreme and mean values of discharge

Paikka ja jakso - Site and period	m <sup>3</sup> /s	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	MQ	HQ	NQ
<b>Luonnontilaiset - Unregulated</b>																
Lieksanjoki, Ruunaa 0400600	min	25	22	20	22	42	55	46	41	29	28	30	29	40	63	17
	ka	58	49	41	43	106	123	100	79	71	75	77	70	74	146	35
Jakso 1931-2004	max	93	73	58	76	199	201	201	189	173	171	179	129	122	250	47
Lieksanjoki, Ruunaa 0400600	min	26	24	24	25	48	82	68	47	40	38	34	33	55	95	23
	ka	58	49	41	43	109	124	103	81	73	75	76	70	75	147	35
Jakso 1961-2004	max	88	68	58	76	189	191	201	189	173	142	131	129	122	219	47
Pääjärvi - luusua 1401500	min	1,2	0,9	0,7	1,3	5,0	6,8	3,7	1,8	1,4	1,2	1,7	1,8	3,1	8,1	0,6
	ka	7,4	5,1	4,1	9,9	36	18	8,8	6,3	6,8	10	13	11	11	51	2,8
Jakso 1911-2004	max	23	15	20	40	73	58	27	21	22	33	35	27	20	103	5,7
Pääjärvi - luusua 1401500	min	2,3	2,4	2,4	2,8	15	8,7	3,7	1,8	1,7	2,6	2,6	2,5	6,9	16	1,3
	ka	7,9	5,8	5,1	12	38	18	8,8	6,5	7,2	10	13	12	12	52	3,3
Jakso 1961-2004	max	23	15	20	34	73	34	27	17	22	28	31	27	20	103	5,7
Nilakka, Äyskoski 1402710	min	5,0	4,8	4,8	5,1	6,9	8,9	8,2	6,8	6,5	5,8	5,4	5,2	8,1	12	4,5
	ka	17	14	12	14	31	34	26	19	16	16	18	19	20	41	9,6
Jakso 1896-2004	max	43	36	27	28	54	83	57	46	46	41	42	43	36	92	16
Nilakka, Äyskoski 1402710	min	5,3	5,3	5,1	5,7	15	16	14	10	7,7	6,2	5,7	5,7	11	22	4,9
	ka	17	15	13	15	32	33	25	20	17	17	18	19	20	40	10
Jakso 1961-2004	max	43	36	27	28	51	55	50	46	46	41	41	43	31	60	16
Vantaanjoki, Oulunkylä 2101700	min	1,1	0,9	0,9	1,1	4,9	1,9	1,1	1,2	1,1	1,3	1,8	1,9	5,7	57	0,6
	ka	10	8,9	12	50	24	6,9	6,7	7,6	9,6	15	22	18	16	133	2,0
Jakso 1937-2004	max	39	82	70	98	99	33	37	43	66	53	69	96	33	317	5,8
Vantaanjoki, Oulunkylä 2101700	min	1,3	1,1	3,0	1,1	4,9	3,2	2,1	2,0	1,4	2,1	2,8	1,9	6,4	57	1,0
	ka	11	11	14	50	23	6,8	7,1	8,3	10	16	24	17	16	129	2,3
Jakso 1961-2004	max	39	82	70	98	99	25	37	43	66	53	56	75	31	317	6
Aurajoki, Hypöistenkoski 2800300	min	0,1	0,1	0,1	1,2	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,2	1,2	26	0,0
	ka	2,3	2,0	3,3	11	3,9	0,8	1,1	1,3	1,8	3,6	5,1	3,7	3,3	50	0,1
Jakso 1948-2004	max	11	24	32	27	18	6,6	8,2	7,9	9,4	13	17	15	6,2	135	0,3
Aurajoki, Hypöistenkoski 2800300	min	0,1	0,1	0,1	1,2	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	1,2	28	0,0
	ka	2,4	2,4	3,7	11,3	3,8	1,0	1,2	1,3	1,7	3,7	5,5	3,4	3,3	51	0,1
Jakso 1961-2004	max	11	24	32	27	18	6,6	8,2	7,9	7,6	13	17	15	6,2	135	0,3
Kitusjärvi — luusua 3504800	min	1,0	1,0	0,9	1,3	4,0	3,0	1,5	0,8	0,7	0,6	0,9	1,0	2,0	6,2	0,6
	ka	4,1	3,0	2,5	6,0	14,8	8,1	4,3	3,3	3,5	5,1	6,3	5,7	5,6	20	1,5
Jakso 1911-2004	max	12	8,1	11	17	31	22	16	11	11	14	17	15	9,6	37	2,8
Kitusjärvi — luusua 3504800	min	1,0	1,0	0,9	1,3	6,9	3,6	1,7	0,8	0,7	1,1	1,0	1,0	2,6	8,6	0,6
	ka	3,9	3,0	2,6	6,4	15	7,7	4,1	3,2	3,3	4,8	6,1	5,8	5,5	20	1,5
Jakso 1961-2004	max	12	6,8	11	17	30	18	16	9,1	8,7	14	15	15	9,6	37	2,8
Muroleenkoski 3506200	min	3,0	2,3	2,0	1,8	20	25	19	12	11	9,1	5,7	3,3	17	30	1,6
	ka	45	37	31	39	91	96	68	48	40	40	48	52	53	119	21
Jakso 1863-2004	max	138	116	93	134	177	244	150	125	117	130	130	138	95	269	46

Paikka ja jakso - Site and period	m <sup>3</sup> /s	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	MQ	HQ	NQ
Muroleenkoski 3506200	min	13	14	12	15	49	45	31	25	17	14	10	11	28	55	9
	ka	53	45	40	50	97	90	65	49	43	44	52	58	57	118	26
Jakso 1961-2004	max	138	116	93	134	177	208	144	125	112	118	126	138	95	231	46
Lestijärvi - luusua 5100200	min	0,2	0,0	0,0	0,3	0,7	1,7	1,5	1,3	1,1	1,0	1,0	0,7	1,3	2,3	0,0
	ka	2,8	2,5	2,2	2,5	4,8	4,7	3,5	2,8	2,6	2,8	3,1	3,1	3,1	6,1	1,8
Jakso 1921-2004	max	6,5	5,6	4,4	4,7	8,9	8,8	6,5	6,1	7,0	8,7	8,2	7,1	5,4	11	2,6
Lestijärvi - luusua 5100200	min	1,4	1,4	1,3	1,3	2,4	2,2	1,7	1,3	1,1	1,0	1,4	1,4	1,6	2,8	1,0
	ka	2,9	2,6	2,4	2,7	5,1	4,7	3,5	2,9	2,7	2,9	3,1	3,2	3,2	6,1	1,9
Jakso 1961-2004	max	6,5	5,6	4,4	4,7	8,9	7,8	6,5	6,1	7,0	8,0	7,2	6,6	5,2	11	2,5
Lentua – luusua 5901710	min	7,5	8,0	7,4	7,1	13	28	16	8,4	6,6	6,2	6,6	7,2	14	33	5,5
	ka	17	13	11	13	53	55	33	22	19	22	26	23	26	78	9,2
Jakso 1911-2004	max	36	28	18	28	106	93	63	52	52	67	56	49	38	142	15
Lentua – luusua 5901710	min	8,3	8,5	8,3	8,2	21	34	20	11	8,8	8,4	7,9	8,8	19	41	7,5
	ka	18	14	12	13	58	56	32	22	20	23	26	24	27	82	9,8
Jakso 1961-2004	max	27	20	18	28	106	93	63	52	52	47	47	49	38	132	15
Ounasjoki, Marraskoski 6503600	min	25	22	21	22	165	84	46	35	34	35	27	27	71	489	20
	ka	44	37	34	49	445	272	127	122	131	129	95	60	129	966	31
Jakso 1919-2004	max	80	59	49	223	783	637	354	367	387	285	377	131	210	1655	46
Ounasjoki, Marraskoski 6503600	min	25	22	21	23	165	84	53	37	46	47	36	33	83	535	20
	ka	42	37	35	51	460	267	129	125	131	134	103	58	132	988	32
Jakso 1961-2004	max	59	48	47	223	783	546	354	367	387	241	377	104	210	1380	43
Tornionjoki, Karunki 6702200	min	62	53	49	46	264	463	255	157	151	92	89	71	230	1188	45
	ka	107	89	80	104	985	1062	586	430	390	344	226	147	381	2156	74
Jakso 1911-2004	max	217	145	130	337	1839	1944	1216	1115	1029	693	753	378	572	3667	118
Tornionjoki, Karunki 6702200	min	75	64	63	59	375	495	255	157	153	133	96	85	263	1424	57
	ka	124	103	92	114	1060	1059	584	460	399	349	257	175	399	2206	83
Jakso 1961-2004	max	217	145	130	323	1839	1914	1207	1115	1029	673	753	378	572	3667	118
Utsjoki, Patoniva 6801100	min	3,4	2,8	2,6	2,6	6,6	11	8,6	7,0	8,5	7,4	5,1	4,0	9,9	83	2,2
	ka	5,5	4,6	3,9	4,5	50	49	22	21	20	16	11	7,2	18	208	3,3
Jakso 1963-2004	max	9,0	7,3	5,8	13	99	131	56	58	49	42	23	12	28	390	4,6
Juutuanjoki, Saukkoniva 7100800	min	11	8,8	7,3	11	21	41	33	21	23	21	14	13	27	131	7,1
	ka	22	19	17	18	118	146	77	66	66	58	41	28	56	311	15
Jakso 1921-2004	max	35	29	28	39	252	306	210	219	174	121	98	56	94	616	23
Juutuanjoki, Saukkoniva 7100800	min	13	12	11	11	21	41	34	25	28	23	17	15	36	131	10
	ka	21	18	16	18	123	149	77	69	68	58	41	28	57	329	15
Jakso 1961-2004	max	33	26	23	39	252	306	177	219	174	116	98	56	88	616	20

Paikka ja jakso - Site and period	m <sup>3</sup> /s	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	MQ	HQ	NQ
<b>Säännöstelty - Regulated</b>																
Pielisjoki, Kaltimo + Jakokoski 0403350, 0403700 Jakso 1911-2004	min ka max	89 212 356	86 192 341	79 172 276	79 165 294	114 263 518	143 329 592	153 311 557	153 262 503	134 228 519	111 219 439	100 227 481	97 227 429	118 234 352	175 378 621	45 130 196
Pielisjoki, Jakokoski (luonnontilainen - UR) 0403700 Jakso 1911-1957	min ka max	89 208 356	86 184 341	79 159 270	79 151 230	118 260 518	162 341 592	167 316 557	153 258 408	137 223 336	118 220 390	109 232 481	97 229 429	137 232 318	197 378 621	75 134 182
Pielisjoki, Kaltimo (säännöstelty - R) 0403350 Jakso 1911-2004	min ka max	93 216 325	92 200 300	91 186 276	92 179 294	114 267 445	143 317 446	153 305 489	160 266 503	134 234 519	111 218 439	100 221 388	100 227 366	118 237 352	175 377 584	45 126 196
Kallavesi, Konnus + Karvio 0408087 Jakso 1931-2004	min ka max	35 139 299	35 129 287	31 122 250	28 132 269	52 239 429	75 277 508	80 207 426	70 155 364	46 128 376	23 123 322	20 139 342	24 149 351	67 162 260	100 344 554	17 75 132
Kallavesi, Konnus + Karvio (luonnontilainen - UR) 0408087 Jakso 1931-1971	min ka max	42 137 262	35 122 204	31 108 161	28 115 181	52 224 368	75 286 508	80 219 426	70 159 278	66 132 214	58 126 225	50 141 342	44 146 323	67 160 218	100 334 554	24 84 131
Kallavesi, Konnus + Karvio (säännöstelty - R) 0408087 Jakso 1972-2004	min ka max	35 141 299	43 139 287	51 140 250	58 153 269	109 257 429	105 266 428	102 192 420	79 149 364	46 122 376	23 120 322	20 136 312	24 151 351	105 164 260	177 357 543	17 64 132
Vuoksi, Tainionkoski + Imatra 0411450 Jakso 1847-2004	min ka max	261 591 1101	251 581 1099	241 565 1106	232 552 1105	215 568 959	220 598 1001	219 620 1128	235 625 1151	246 615 1112	263 599 1047	264 595 1054	273 595 1097	246 592 954	333 726 1170	56 422 825
Vuoksi, Imatra (luonnontilainen - UR) 0411200 + 0411750 Jakso 1847-1949	min ka max	261 585 918	251 570 912	241 548 870	232 532 841	215 560 890	220 604 997	222 638 1128	235 642 1151	246 629 1112	263 608 1047	264 598 1003	273 594 958	246 593 954	333 699 1170	200 487 825
Vuoksi, Tainionkoski (säännöstelty - R) 0411450 Jakso 1950-2004	min ka max	301 602 1101	300 601 1099	297 598 1106	304 589 1105	297 584 959	282 585 1001	219 586 890	238 593 826	356 589 891	361 583 944	305 589 1054	301 597 1097	373 591 847	479 776 1137	56 302 612
Päijänne, Kalkkinen 1406510 Jakso 1911-2004	min ka max	53 216 529	52 214 509	51 206 529	54 196 394	67 242 400	84 273 475	90 264 514	73 237 500	68 213 500	60 200 476	53 201 494	53 210 504	77 223 382	100 339 535	49 133 239
Päijänne, Kalkkinen (luonnontilainen - UR) 1406510 Jakso 1911-1963	min ka max	53 205 397	52 194 405	51 178 363	54 177 314	67 248 400	84 294 458	90 277 514	73 238 443	68 205 362	60 188 318	53 193 383	53 205 418	77 217 351	100 331 531	49 132 239
Päijänne, Kalkkinen (säännöstelty - R) 1406510 Jakso 1964-2004	min ka max	79 230 529	96 241 509	85 243 529	74 221 394	90 233 391	120 246 475	121 247 446	127 236 500	121 223 500	97 215 476	95 211 494	78 216 504	131 230 382	186 350 535	61 133 198
Kymijoki, Anjala (säännöstelty - R) 1410050 Jakso 1938-2004	min ka max	60 271 694	62 280 641	62 283 632	81 300 558	90 320 543	109 318 598	116 294 590	100 266 550	87 249 527	78 243 571	67 255 602	63 266 669	102 279 455	169 429 712	49 154 293

Paikka ja jakso - Site and period	m <sup>3</sup> /s	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	MQ	HQ	NQ
Kokemäenjoki, Harjavalta (säännöstelty - R)	min	36	48	40	61	74	86	55	62	61	48	37	29	88	269	2,0
3510450	ka	215	212	219	309	314	222	176	164	162	183	226	234	220	588	53
Jakso 1931-2004	max	617	555	647	565	629	576	472	461	412	482	582	680	378	918	177
Kyrönjoki, Skatila	min	1,8	1,2	1,0	11	20	4,6	3,2	2,6	2,1	3,4	3,6	3,3	15	151	0,4
4201000	ka	18	12	17	112	108	38	21	23	32	49	51	35	43	300	3,4
Jakso 1911-2004	max	159	159	134	304	280	171	100	166	139	155	143	182	83	528	10
Kyrönjoki, Skatila (luonnontilainen - UR)	min	1,8	1,2	1,0	11,1	28,0	8,7	3,4	2,6	2,1	3,4	4,9	3,3	15,2	151,0	1,0
4201000	ka	18	6,8	8,6	109	120	47	21	22	32	52	51	34	44	303	3,1
Jakso 1911-1960	max	159	46	47	304	280	171	100	166	139	155	139	179	79	528	8,2
Kyrönjoki, Skatila (säännöstelty - R)	min	4,5	3,8	3,3	11	20	4,6	3,2	2,7	3,2	3,7	3,6	3,8	24	156	0,4
4201000	ka	19	19	27	116	96	28	21	25	33	45	51	36	43	298	3,7
Jakso 1961-2004	max	104	159	134	237	237	74	91	137	107	98	143	182	83	493	10
Lapuanjoki, Keppo	min	1,8	1,1	1,0	6,5	19	4,1	2,7	2,3	2,4	2,4	2,8	2,6	9,0	51	0,8
4400600+4400610	ka	17	13	16	79	80	25	14	18	22	33	38	31	32	197	3,4
Jakso 1931-2004	max	84	99	92	219	178	97	67	99	99	91	97	113	61	320	11
Kalajoki, Niskakoski + Hihnalankoski	min	0,0	0,0	0,0	1,2	11	4,4	1,5	0,5	1,8	1,9	0,9	0,2	7,0	64	0,0
5300740 + 5300800	ka	10	6,9	7,2	65	89	25	12	14	18	27	28	21	27	246	2,3
Jakso 1911-2004	max	65	24	44	176	216	128	64	101	122	118	103	100	48	469	8,1
Kalajoki, Hihnalankoski (luonnontilainen - UR)	min	0,0	0,0	0,0	1,2	11,2	4,4	1,8	0,5	1,8	1,9	0,9	0,2	7,0	66,0	0,0
5300800	ka	7,3	3,4	3,0	64	97	26	10	10	15	25	28	18	26	248	1,4
Jakso 1931-1970	max	29	19	14	176	216	128	44	69	74	118	78	67	48	469	3,0
Kalajoki, Niskakoski (säännöstelty - R)	min	4,1	4,7	4,0	6,4	20	4,5	1,5	2,2	2,6	2,4	5,7	4,0	17	64	1,1
5300740	ka	15	13	15	69	73	24	17	21	23	32	29	26	30	243	4,0
Jakso 1971-2004	max	65	24	44	168	182	81	64	101	122	75	103	100	46	427	8,1
Oulujärvi, luusua + Jylhämaa	min	61	59	57	55	42	59	56	78	60	54	68	63	114	178	0,0
5903500 + 5903450	ka	234	227	198	150	196	293	267	237	218	206	230	237	225	465	63
Jakso 1896-2004	max	402	410	402	362	588	734	712	498	559	478	486	404	357	881	166
Oulujärvi, Vaala (luonnontilainen - UR)	min	61	59	57	55	64	132	145	123	100	92	68	63	114	178	52
5903500	ka	180	147	121	110	261	434	373	272	219	212	229	218	232	485	97
Jakso 1896-1949	max	360	313	248	187	588	734	712	498	489	478	486	404	357	881	166
Oulujärvi, Jylhämaa (säännöstelty - R)	min	91	135	115	74	42	59	56	78	60	54	89	108	116	259	0,0
5903410	ka	287	304	274	190	132	156	163	202	218	200	231	256	217	445	29
Jakso 1950-2004	max	402	410	402	362	424	389	375	493	559	383	371	380	312	700	91
Iijoki, Raasakka + Merikoski	min	30	18	14	26	176	91	72	35	37	47	47	39	94	395	14
6101950, 6101900	ka	90	73	64	139	534	275	152	122	138	171	161	119	171	848	40
Jakso 1911-2004	max	258	147	125	470	921	552	305	360	422	491	427	308	237	1429	83
Iijoki, Raasakka + Merikoski (luonnontilainen - UR)	min	30	18	14	26	176	134	75	46	48	47	47	39	94	395	14
6101950, 6101900	ka	89	65	53	130	503	295	151	121	136	181	171	125	169	809	45
Jakso 1911-1960	max	258	147	122	470	755	552	302	360	368	491	374	308	231	1391	83
Iijoki, Raasakka (säännöstelty - R)	min	44	43	40	38	251	91	72	35	37	57	55	55	107	429	17
6101950	ka	91	83	77	150	569	253	152	123	139	161	150	113	172	892	34
Jakso 1961-2004	max	155	134	125	416	921	491	305	335	422	335	427	235	237	1429	70

Paikka ja jakso - Site and period	m <sup>3</sup> /s	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	MQ	HQ	NQ
Kemijoki, Isohaara + Taivalkoski 6504450 + 6504250	min	132	113	99	98	452	333	205	157	191	198	161	149	323	1496	62
	ka	276	257	221	272	1609	1110	522	446	503	530	440	322	544	2970	135
Jakso 1911-2004	max	484	480	434	745	3177	2561	1391	1489	1728	1479	1338	726	830	4824	210
Kemijoki, Taivalkoski (luonnontilainen - UR) 6504250	min	132	113	99	98	452	439	241	157	191	198	176	149	323	1544	90
	ka	210	174	155	222	1544	1201	506	424	486	544	423	280	515	2867	145
Jakso 1911-1948	max	465	279	217	688	2621	2561	1124	1119	1207	1479	1165	726	830	4131	190
Kemijoki, Isohaara (säätöaluetta - R) 6504450	min	134	139	130	104	772	333	205	170	193	223	161	154	351	1496	62
	ka	320	312	266	305	1653	1049	534	461	515	521	452	351	563	3055	128
Jakso 1949-2004	max	484	480	434	745	3177	2464	1391	1489	1728	1009	1338	542	806	4824	210

## KUVAILULEHTI

Julkaisija	Suomen ympäristökeskus (SYKE)			Julkaisu-aika
Tekijä(t)	Johanna Korhonen			Marraskuu 2007
Julkaisun nimi	<b>Suomen vesistöjen virtaaman ja vedenkorkeuden vaihtelut</b>			
Julkaisusarjan nimi ja numero	Suomen ympäristö 45/2007			
Julkaisun teema	Luonnonvarat			
Julkaisun osat/ muut saman projektin tuottamat julkaisut	Julkaisu on saatavana myös internetistä: <a href="http://www.ymparisto.fi/julkaisut">www.ymparisto.fi/julkaisut</a>			
Tiivistelmä	<p>Tässä työssä on tutkittu Suomen ympäristökeskuksen valtakunnallisia virtaama- ja vedenkorkeusaikasarjoja vuoteen 2004 saakka. Tarkastelun kohteena on 25 virtaamasarjaa ja lisäksi vedenkorkeuksia 13 havaintopaikalta eri puolilta maata. Mukana on sekä luonnontilaisia että säännösteltyjä jokia ja järviä. Lisäksi tutkimuksessa on tarkasteltu koko Suomen alueelta lähtevää virtaamaa vuodesta 1912 alkaen. Pisimmät työssä analysoidut havaintosarjat alkavat jo 1800-luvun puolivälistä, mutta useimmat 1910- tai 1930-luvulta.</p> <p>Julkaisu esittelee kattavasti Suomen vesistöjen vedenkorkeuksien ja virtaamien kulun piirteitä sekä pitkäaikaismuutoksia. Työssä on esitetty tietoja Suomen vedenkorkeus- ja virtaamaoloista tekstien lisäksi taulukoiden ja useiden eri kuvaajien avulla. Tilastojen ja aikasarjojen ohella työssä esitellään havaintomenetelmiä ja tarkastellaan erilaisten tekijöiden (mm. ilmastolliset sekä ihmisen toiminnasta aiheutuvat) vaikutuksia virtaamaoloihin.</p> <p>Trendianalyysin pohjalta on nähtävissä, että luonnontilaisilla havaintopaikoilla erityisesti talven ja kevään keskivirtaamat sekä alivirtaamat ovat kasvaneet tilastollisesti merkittävästi. Säännösteltyjen havaintopaikkojen osalta virtaamaolot ovat muuttuneet varsin merkittävästi, erityisesti talvivirtaamat ovat kasvaneet, mutta kesävirtaamat ja alivirtaamat pienentyneet. Kevätvirtaamahuipun aikaistumista on havaittavissa kolmasosalla kaikista työssä tarkastelluista havaintopaikoista.</p> <p>Vuoden keskivirtaamassa tai ylivirtaamassa muutoksia ei ollut yleisesti havaittavissa luonnontilaisilla eikä säännöstellyillä havaintopaikoilla. Selvä talvi- ja kevätkeskivirtaamien kasvu suurimmalla osalla havaintopaikoista kertoo talvien ja keväiden lämpenemisestä sekä keväiden aikaistumisesta, mikä on havaittavissa myös ilmastollisista aikasarjoista.</p>			
Asiasanat	järvet, joet, vesistöt, virtaama, vedenkorkeus, havainnot, aikasarjat, trendit, ilmastomuutokset, tilastot, hydrologia, Suomi			
Rahoittaja/toimeksiantaja				
	ISBN 978-952-11-2934-6 (nid.)	ISBN 978-952-11-2935-3 (PDF)	ISSN 1238-7312 (pain.)	ISSN 1796-1637 (verkkoy.)
	Sivuja 120	Kieli Suomi	Luottamuksellisuus Julkinen	Hinta (sis. alv 8 %) 15,00 €
Julkaisun myynti/jakaja	Edita Publishing Oy, PL 800, 00043 EDITA, vaihe 020 450 00 Asiakaspalvelu, puhelin 020 450 05, faksi 020 450 2380 Sähköposti: <a href="mailto:asiakaspalvelu@edita.fi">asiakaspalvelu@edita.fi</a> , <a href="http://www.edita.fi/netmarket">http://www.edita.fi/netmarket</a>			
Julkaisun kustantaja	Suomen ympäristökeskus (SYKE), PL 140, 00251 Helsinki puhelin 020 490 123			
Painopaikka ja -aika	Yliopistopaino, Helsinki 2007.			



## PRESENTATIONSBLAD

Utgivare	Finlands miljöcentral (SYKE)	Datum	November 2007	
Författare	Johanna Korhonen			
Publikations titel	<b>Suomen vesistöjen virtaaman ja vedenkorkeuden vaihtelut</b> (Variationer av vattenföring och vattenstånd i sjöar och vattendrag i Finland)			
Publikationsserie och nummer	Suomen ympäristö 45/2007 Miljön i Finland			
Publikationens tema	Luonnonvarat Naturtillgångar			
Publikationens delar/ andra publikationer inom samma projekt	Publikationen finns tillgänglig på internet: <a href="http://www.ymparisto.fi/julkaisut">www.ymparisto.fi/julkaisut</a>			
Sammandrag	<p>Publikationen är en analys av vattenförings- och vattenståndstidsserier i Finlands miljöcentralens riksomfattande nätverk fram till år 2004. Antalet vattenföringsserier som ingår i analysen är 25 och antalet vattenståndsserier 13. Serierna kommer från olika delar av landet, från såväl reglerade som oreglerade vattendrag och sjöar. Dessutom analyseras vattenföringen från hela Finlands territorium från och med år 1912. De längsta av de analyserade tidsserierna börjar redan i mitten av 1850-talet, de flesta dock på 1910- eller 1930-talet.</p> <p>Publikationen ger en översikt av vattenståndets och vattenföringens variationer i finländska sjöar och vattendrag samt om långtidsförändringar av dessa variabler. Vattenstånds- och vattenföringsförhållandena i Finland presenteras med både text och tabeller samt olika slags diagram. Förutom statistik och tidsserier presenteras också observationsmetoder samt hur olika slags faktorer (t.ex. klimatfaktorer och antropogena faktorer) påverkar flödesförhållandena.</p> <p>Trendanalysen visar att ökningen av särskilt vinterns och vårens medelvattenföring och minimivattenföring har varit statistiskt signifikant på de oreglerade mätställena. Vid de reglerade mätställena har förändringarna i vattenföring varit mycket betydliga: Särskilt vintervattenföringen har ökat medan sommarvattenföringen och minimivattenföringen har minskat. Vårens vattenföringsmaximum har blivit tidigare på en tredjedel av de analyserade mätställena.</p> <p>Årets medelvattenföring eller maximivattenföring har inte genomgått väsentliga förändringar vare sig på reglerade eller oreglerade mätställen. Den klara ökningen av vinterns och vårens medelvattenföring på de flesta mätställena berättar om varmare vintrar och vårar samt tidigare vårar, vilket också bekräfts av klimattidsserierna.</p>			
Nyckelord	sjöar, älvar, åar, vattendrag, vattenföring, vattenstånd, observationer, tidsserier, trender, klimatförändringar, statistik, hydrologi, Finland			
Finansier/ uppdragsgivare				
	ISBN 978-952-11-2934-6 (hft.)	ISBN 978-952-11-2935-3 (PDF)	ISSN 1238-7312 (print)	ISSN 1796-1637 (online)
	Sidantal 120	Språk Finska	Offentlighet Offentlig	Pris (inneh. moms 8 %) 15,00 €
Beställningar/ distribution	Edita Publishing Ab, PB 800, 00043 EDITA, växel 020 450 99, Postförsäljning: Telefon +358 20 450 05, fax +358 20 450 2380, Internet: <a href="http://www.edita.fi/netmarket">www.edita.fi/netmarket</a>			
Förläggare	Finlands miljöcentral, PB 140, 00251 Helsingfors Telefon +358 20 490 123			
Tryckeri/tryckningsort och -år	Universitetstryckeriet, Helsingfors 2007.			

## DOCUMENTATION PAGE

<i>Publisher</i>	Finnish Environment Institute (SYKE)			<i>Date</i> November 2007
<i>Author(s)</i>	Johanna Korhonen			
<i>Title of publication</i>	<b>Suomen vesistöjen virtaaman ja vedenkorkeuden vaihtelut</b> (Discharge and water level variations in lakes and rivers in Finland)			
<i>Publication series and number</i>	Suomen ympäristö 45/2007 (The Finnish Environment)			
<i>Theme of publication</i>	Luonnonvarat (Natural Resources)			
<i>Parts of publication/ other project publications</i>	The publication is available on the internet: <a href="http://www.ymparisto.fi/julkaisut">www.ymparisto.fi/julkaisut</a>			
<i>Abstract</i>	<p>In this study, the national discharge and water level time series of the Finnish Environment Institute until 2004 have been examined. The study includes 25 discharge and 13 water level observation sites in different parts of the country. Both unregulated and regulated river and lake sites are presented. In addition, the total discharge from the territory of Finland is determined for the period 1912-2004. The longest time series in this work date back to the mid-1800s, while most of the series begin from the 1910s or 1930s.</p> <p>This publication presents extensively the characteristics of water level and discharge fluctuations and the long-term changes in rivers and lakes in Finland. In addition to the texts, a number of tables and graphs illustrate the water level and discharge regimes. Besides statistics and time series, the publication presents observation methods and various factors (e.g. climatic and human impacts) affecting the discharge regime.</p> <p>Trend analysis shows that at unregulated sites there has been a statistically significant increase especially in winter and spring mean discharges and minimum discharges. At regulated sites, the discharge regimes have changed quite remarkably: Particularly winter discharges have increased, whereas summer discharges and low flows have decreased. The peak of spring flow has become earlier at one third of all studied observation sites.</p> <p>There were no overall changes in the annual mean discharges or high flows, neither at unregulated nor regulated sites. The distinct increase in the winter and spring mean discharges at most sites reflects warming in the winter and spring time as well as earlier springs. These trends are also visible from the climatic time series.</p>			
<i>Keywords</i>	lakes, rivers, discharge, water level, observations, time series, trends, climate changes, statistics, hydrology, Finland			
<i>Financier/ commissioner</i>				
	ISBN 978-952-11-2934-6 (pbk.)	ISBN 978-952-11-2935-3 (PDF)	ISSN 1238-7312 (print)	ISSN 1796-1637(online)
	No. of pages 120	Language Finnish	Restrictions Public	Price (incl. tax 8 %) 15,00 €
<i>For sale at/ distributor</i>	Edita Publishing Ltd, 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>			
<i>Financier of publication</i>	Finnish Environment Institute, P.O.Box 140, FIN-00251 Helsinki, Finland Phone +358 20 490 123			
<i>Printing place and year</i>	Helsinki University Printing House, Helsinki 2007.			



Vedenkorkeuden ja virtaaman havainnointi on oleellinen osa hydrologisen kiertokulun seurantaa. Tietoja käytetään hyväksi lukuisilla tahoilla, joista esimerkkeinä rakentamiskorkeuksien määritykset, vesi- ja rantarakenteiden mitoitus, sisävesiliikenne, vesivoiman tuotanto, vesistöjen säännöstely sekä monenlaiset vesialan tutkimukset.

Käsillä oleva julkaisu esittelee Suomen sisävesien vedenkorkeuksien ja virtaamien kulun ominaispiirteitä sekä pitkäaikaismuutoksia. Tutkimuksessa on mukana lukuisia virtaama- ja vedenkorkeusaikasarjoja vuoteen 2004 saakka. Tarkastelun kohteena on sekä järviä että jokia, luonnontilaisia sekä säännöstelyjä vesistöjä. Yksittäisten aikasarjojen lisäksi koko Suomen alueelta tuleva virtaama esitetään vuodesta 1912 alkaen. Julkaisussa kerrotaan Suomen vedenkorkeus- ja virtaamaoloista tekstien lisäksi myös taulukoiden ja useiden eri kuvaajien avulla. Tilastojen ja aikasarjojen ohella työssä esitellään havaintomenetelmiä ja tarkastellaan eri tekijöiden vaikutuksia virtaamaoloihin.

Tutkimus osoittaa, että virtaamissa on havaittavissa pitkäaikaismuutoksia. Vuoden keskivirtaamat tai ylivirtaamat eivät ole yleisesti muuttuneet, mutta sen sijaan talven ja kevään keskivirtaamat ovat kasvaneet useimmilla havaintopaikoilla. Tämä kasvu kertoo talvien ja keväiden lämpenemisestä sekä keväiden aikaistumisesta, mikä on havaittavissa myös ilmastoajaksarjoista.



S Y K E

Myynti: Edita Publishing Oy  
PL 800, 00043 EDITA  
Asiakaspalvelu: puh. 020 450 05, faksi 020 450 2380  
Edita-kirjakauppa Helsingissä:  
Annankatu 44, puh. 020 450 2566

**ISBN 978-952-11-2934-6 (nid.)**

**ISBN 978-952-11-2935-3 (PDF)**

**ISSN 1238-7312 (pain.)**

**ISSN 1796-1637 (verkkoj.)**

**ISBN 978-952-11-2934-6**

