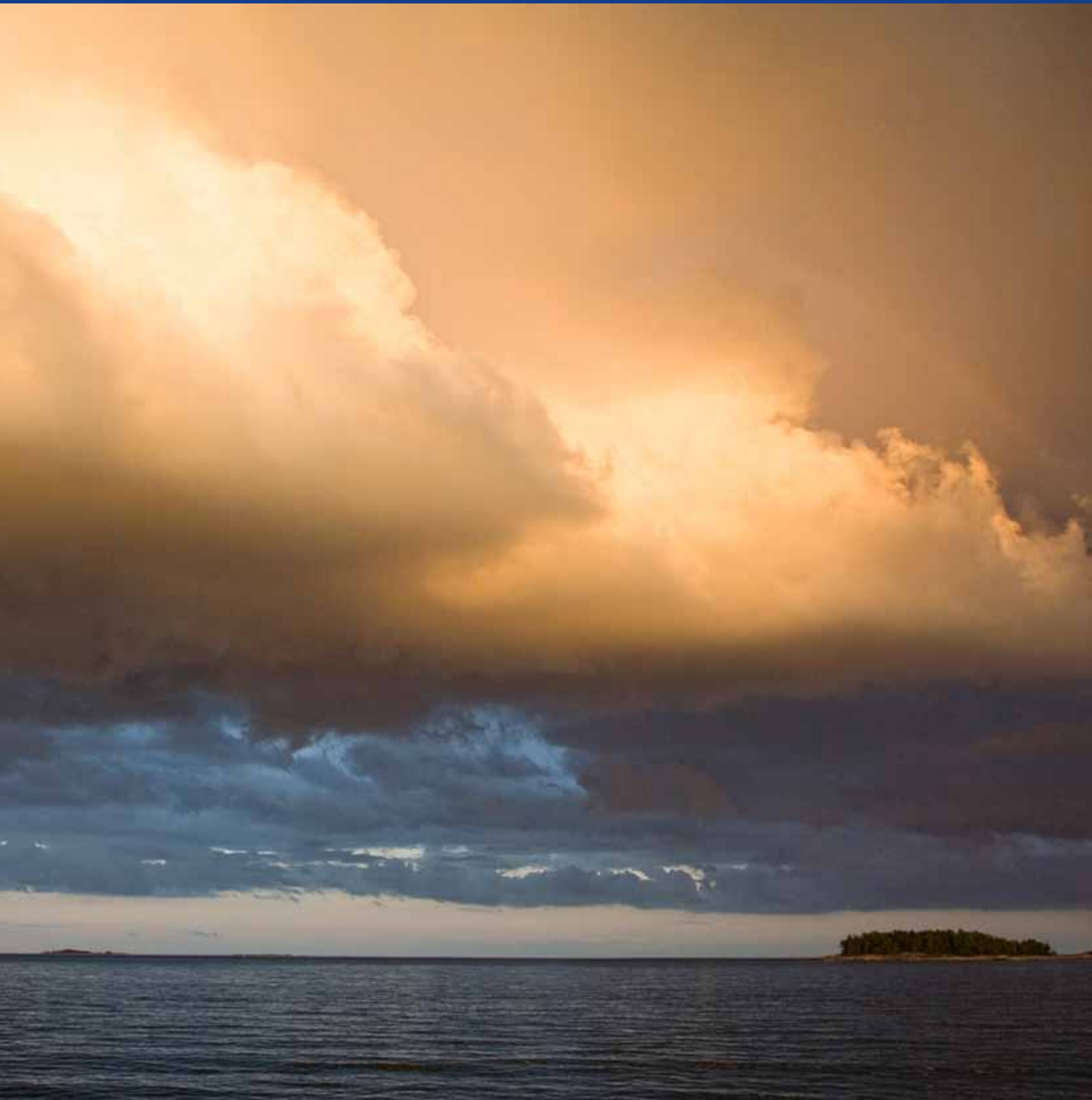




Ilmastonmuutoksen vaikutus

Nilsin reitin säännöstelyjen järvien vedenkorkeuksiin ja virtaamiin sekä säännöstelyjen kehittämistarpeeseen

JUHO JAKKILA | TANJA DUBROVIN | TUULIKKI MIETTINEN | MIKA MARTTUNEN | BERTEL VEHVILÄINEN





Ilmastonmuutoksen vaikutus

Nilsin reitin säännöstelyjen järvien vedenkorkeuksiin ja virtaamiin sekä säännöstelyjen kehittämistarpeeseen

JUHO JAKKILA

TANJA DUBROVIN

TUULIKKI MIETTINEN

MIKA MARTTUNEN

BERTEL VEHVILÄINEN

RAPORTEJA RAPORTEJA 119/2014

**ILMASTONMUUTOKSEN VAIKUTUS
NILSIÄN REITIN SÄÄNNÖSTELYJEN JÄRVIEŒ VEDENKORKEUKSIIN JA
VIRTAAMIIN SEKÄ SÄÄNNÖSTELYJEN KEHITTÄMISTARPEESEEN**

Pohjois-Savon elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus

Taitto: Juvenes Print Oy

Kansikuva: Station MIR

ISBN 978-952-314-192-6 (PDF)

ISSN-L 2242-2846

ISSN 2242-2854 (verkkajulkaisu)

URN:ISBN:978-952-314-192-6

www.doria.fi/ely-keskus

Sisältö

Yhteenveto ja johtopäätökset	2
Johdanto	5
Lämpötilan ja sademäärän muutokset ilmastoskenaarioissa	7
Säännöstelyohjeet	8
Ilmastonmuutoksen ja säännöstelytavan vaikutukset	10
Vedenkorkeudet ja virtaamat jaksoilla 2010-39 ja 2040-69	10
Ääriskenaariot jaksolla 2040-69	13
Sopeutuva säännöstely jaksolla 2040-69	19
Vaikutukset alapuoliseen vesistöön	22
Vaikutusten arviointi	23
Viitteet	35

Yhteenveto ja johtopäätökset

Tässä raportissa on selvitetty erilaisten ilmastoskenaarioiden hydrologisia vaikutuksia Nilsiän reitin säännöstelyillä järvillä ja sopeutumismahdollisuuksia säännöstelykäytäntöjä muuttamalla sekä tarvetta muuttaa säännöstelyn lupaehtoja ilmastomuutoksen vaikutusten johdosta. Tulosten perusteella ilmastomuutos lisää valuntaa ja järvien tulovirtaamia syksyisin ja talvisin ja nykyisin keväälle ajoittuvat valunta- ja virtaamahuiput pienenevät ja siirtyvät noin kuukautta aiempaan ajankohtaan kuin mihin on totuttu. Tämän vuoksi nykyiset säännöstelyn kalenteriin sidotut lupaehdot, jotka määräävät järvien vedenkorkeuden laskun tietyille tasolle ennen kevättä, ovat tulevaisuudessa monilta osin liian tiukkoja. Vedenkorkeuden laskeminen keväällä aiheuttaa erityisesti vesistöalueen yläosan säännöstelyissä järvissä ongelmia nostaa vedenkorkeus kesällä järvelle suositellulle tavoitetasolle.

Nykyisten säännöstelyn lupaehtojen toimivuutta on arvioitu tarkastelemalla ilmastoskenaarioiden vaikutuksia vedenkorkeuksiin ja virtaamiin sekä niistä laskettuihin vesiluontoa, virkistyskäyttöä ja taloudellisia tekijöitä kuvaaviin mittareihin. Taulukossa 1 on esitetty näihin tarkasteluihin perustuva järvi-kohtainen yhteenveto ilmastomuutoksen kielteisistä vaikutuksista 19 globaalin ilmastomallin keskiskenaariolla sekä alustava arvio sopeutumistarpeesta. Skenaariopaksoja 2010-39 ja 2040-69 on verrattu referenssijaksoon 1971-2000. Eri vuosien välisen vaihtelun sekä skenaarioiden epävarmuuden vuoksi vaikutukset voivat kuitenkin ilmetä aikaisemmin tai myöhemmin. Sopeutumistarvetta on arvioitu kolmiportaisella asteikolla (vähäinen, melko suuri, suuri) sen mukaan, kuinka useita ja minkä suuruisia kielteisiä vaikutuksia eri järvillä esiintyy. Sopeutumistarpeen arvioimiseen vaikuttaa eri mittareiden arvostus. Ilmastomuutoksen myönteisten vaikutusten ei ole katsottu vaikuttavan sopeutumistarpeeseen eikä niitä ole mainittu taulukossa, vaikka niitä on kielteisten vaikutusten lisäksi.

Virkistyskäytön kannalta keskeisimmät kesän tavoitekorkeudet voidaan tarkastelluissa skenaarioissa vielä saavuttaa lähes kaikilla järvillä jaksolla 2010 – 39 nykyisten lupaehtojen mukaisella säännöstelyllä, mutta jaksolle 2040-69 tultaessa nykyiset lupaehdot

aiheuttavat ongelmia. Yksittäisten vuosien välisen vaihtelun vuoksi ongelmia voi esiintyä aikaisemminkin. Erityisesti Laakajärvellä ja Kiltuanjärvellä on vaikeuksia saavuttaa kesän tavoitevedenkorkeuksia ja noudattaa säännöstelyn alarajaa. Myös Syvärin tavoitevedenkorkeuksia voi olla vaikea saavuttaa. Raportissa esitetty vaihtoehto sopeutuvasta säännöstelystä, jossa kevätkuoppaa loivennetaan ja aikaistetaan, helpottaisi kesän tavoitekorkeuksien saavuttamista. Useimmilla järvillä sopeutuva säännöstely parantaa vedenkorkeuksia virkistyskäytön kannalta eikä millään järvellä muuta tilannetta referenssijaksoa huonommaksi.

Järvien vesiluontovaikutuksia kuvaavista kuudesta mittarista osan arvoissa tapahtuu ilmastomuutoskenaarioissa paranemista ja osan huononemista. Lähitulevaisuudessa kielteiset vaikutukset ovat enimmäkseen vielä lieviä, mutta myöhemmällä jaksolla ne voivat kasvaa suuriksikin. Vaikutuksia pystytään kuitenkin lieventämään sopeutuvalla säännöstelyllä.

Tulvariskiä ilmastomuutos näyttäisi ennemmin pienentävän kuin suurentavan. Esimerkiksi Atron voimalaitoksen ohijuoksutukset Kalliokosken padon kautta tulevat tulosten mukaan pienenevään, koska ohijuoksutuksia aiheuttavien Tiilikanjoelta tulevien kevään virtaamahuippujen ennustetaan pienenevän. Toisaalta nykyistä suurempiin talviviltaamiin on säännöstelyssä varauduttava entistä paremmin.

Energiantuotantoon ilmastomuutoksella on lisäävä vaikutus keskiviltaamien kasvaessa. Sopeutuva säännöstely vielä hieman lisää tuotantoa tasoittamalla virtaamia. Vuotjärven ja sen yläpuolisten järvien kevätkuoppien loiventaminen sekä vedenkorkeuksien pitäminen syksyllä ja alkutalvella nykyistä alemmalla tasolla vähentäisi tarvetta ohijuoksutuksiin Vuotjärven alapuolisilla voimalaitoksilla. Ilmastoskenaarioissa Vuotjärven yläpuolisilla järvillä ohijuoksutukset vähenevät ilmastomuutoksen myötä, koska kevään suuret tulovirtaamat pienenevät. Nykyisten säännöstelylupien mukaisten kevätkuoppien muokkaaminen joustavammaksi ja ilmastomuutoksen aiheuttaman talven tulovirtaamien kasvu huomioiden sopeutuvalla säännöstelyllä voidaan vähentää ohijuoksutuksia myös Vuotjärven yläpuolisilla järvillä. Lisäksi eroosiota

aiheuttavat vedenkorkeudet vähenevät jälkimmäiseen skenaariojaksoon mennessä kaikilla järvillä säännöstelytavasta riippumatta.

Ilmastomuutoksen seurauksena kasvavat talvivirtaamat voivat lisätä Nurmijoella hyhydeongelmia, joita

sopeutuva säännöstely virtaamia tasoittamalla vähentää. Myöhemmässä skenaariossa kovien pakkasten tullessa harvinaisemmiksi hyhydetilanteet vähenevät eikä sopeutuvalla säännöstelyllä ole enää yhtä merkittävää vaikutusta hyhyderisktiin.

Taulukko 1. Yhteenveto ilmastomuutoskenaarioiden kielteisistä vaikutuksista (suluissa arvio vaikutuksen suuruudesta) jaksoon 1971-2000 verrattuna ja arvio säännöstelyn sopeutumistarpeesta vaikutustarkastelujen perusteella. Taulukossa ei ole mainittu ilmastomuutoksen myönteisiä vaikutuksia. Esimerkiksi vesiluonnolle on kielteisten vaikutusten lisäksi myönteisiä vaikutuksia.

Järvi	Jakso		Edellyttääkö sopeutuminen säännöstelyluvan muuttamista?
	2010-39	2040-69	
Laakajärvi	<p>Kielteiset vaikutukset:</p> <ul style="list-style-type: none"> Vesiluonto (vähäinen) Kesän alarajaa voi olla vaikeuksia noudattaa <p>Arvio sopeutumistarpeesta: Melko suuri</p>	<p>Kielteiset vaikutukset:</p> <ul style="list-style-type: none"> Vesiluonto (suuri) Virkistyskäyttö (melko suuri) Kesän alarajaa vaikeuksia noudattaa <p>Arvio sopeutumistarpeesta: Suuri</p>	Kyllä
Kiltuanjärvi	<p>Kielteiset vaikutukset:</p> <ul style="list-style-type: none"> Vesiluonto (melko suuri) Hyyteen riski kasvaa Nurmijoella <p>Arvio sopeutumistarpeesta: Melko suuri</p>	<p>Kielteiset vaikutukset:</p> <ul style="list-style-type: none"> Vesiluonto (suuri) Virkistyskäyttö (melko suuri) Kesän alarajaa vaikeuksia noudattaa <p>Arvio sopeutumistarpeesta: Suuri</p>	Kyllä
Sälevä	<p>Kielteiset vaikutukset:</p> <ul style="list-style-type: none"> Vesiluonto (vähäinen/melko suuri) <p>Arvio sopeutumistarpeesta: Vähäinen</p>	<p>Kielteiset vaikutukset:</p> <ul style="list-style-type: none"> Vesiluonto (suuri) <p>Arvio sopeutumistarpeesta: Melko suuri</p>	Kyllä
Korpinen	<p>Kielteiset vaikutukset:</p> <ul style="list-style-type: none"> Vesiluonto (vähäinen) <p>Arvio sopeutumistarpeesta: Tarvittava sopeutuminen on mahdollista toteuttaa nykyisten säännöstelyrajojen puitteissa.</p>	<p>Kielteiset vaikutukset:</p> <ul style="list-style-type: none"> Vesiluonto (melko suuri) <p>Arvio sopeutumistarpeesta: Tarvittava sopeutuminen on mahdollista toteuttaa nykyisten säännöstelyrajojen puitteissa.</p>	Ei
Syväri	<p>Kielteiset vaikutukset:</p> <ul style="list-style-type: none"> Vesiluonto (vähäinen) <p>Arvio sopeutumistarpeesta: Vähäinen</p>	<p>Kielteiset vaikutukset:</p> <ul style="list-style-type: none"> Vesiluonto (suuri) <p>Arvio sopeutumistarpeesta: Melko suuri</p>	Kyllä
Vuotjärvi	<p>Kielteiset vaikutukset:</p> <ul style="list-style-type: none"> Vesiluonto (vähäinen) Erosio (vähäinen) <p>Arvio sopeutumistarpeesta: Vähäinen</p>	<p>Kielteiset vaikutukset:</p> <ul style="list-style-type: none"> Vesiluonto (melko suuri/suuri) Ohijuoksutukset lisääntyvät <p>Arvio sopeutumistarpeesta: Melko suuri</p>	Kyllä

Ilmastomuutoksen vaikutusarviossa on otettu huomioon ilmastonmuutokseen liittyvää epävarmuutta valitsemalla 3 ääriskenaariota 19 globaalin ja alueellisen ilmastoskenaarion joukosta. Mikäli ääriskenaarioista kaikkein suurimmat lämpötilan muutokset omaava skenaario toteutuu, ilmastonmuutoksen kielteiset vaikutukset kasvavat ja samalla sopeutumistarve aikaisuu. Jaksolla 2040-69 kesävedenkorkeuksien saavuttaminen vaikeutuu keskiarvoskenaariota enemmän ja Laakajärven ja Kiltuanjärven lisäksi myös Syvärillä voi tulla vaikeuksia noudattaa luvassa määrättyä kesän vedenkorkeuden alarajaa. Kylmässä skenaariossa taas kielteiset vaikutukset ovat keskiarvoskenaariota lievempiä ja ne alkavat esiintyä myöhemmin. Siten säännöstelyjen muuttamisen tarve pienenee tai siirtyy myöhempään ajankohtaan. Märkä skenaario hieman helpottaa kesävedenkorkeuksien saavuttamista ja lisää energiantuotantoa muita enemmän. Jotkut muut myönteiset vaikutukset ovat määrässä skenaariossa keskiarvoskenaariota pienempiä, mutta kielteiset vaikutukset eivät ole merkittävästi suurempia.

Kiltuanjärven alapuolella oleville säännöstelemättömälle Haapajärvelle ja Nurmijoelle ei ole tehty varsinaista vaikutustarkastelua, vaikka ilmastonmuutoksella ja järvien säännöstelyllä on vaikutusta vedenkorkeuksien ja virtaamien vaihteluun. Haapajärven kesävedenkorkeudet madaltuvat keskiarvoskenaari-

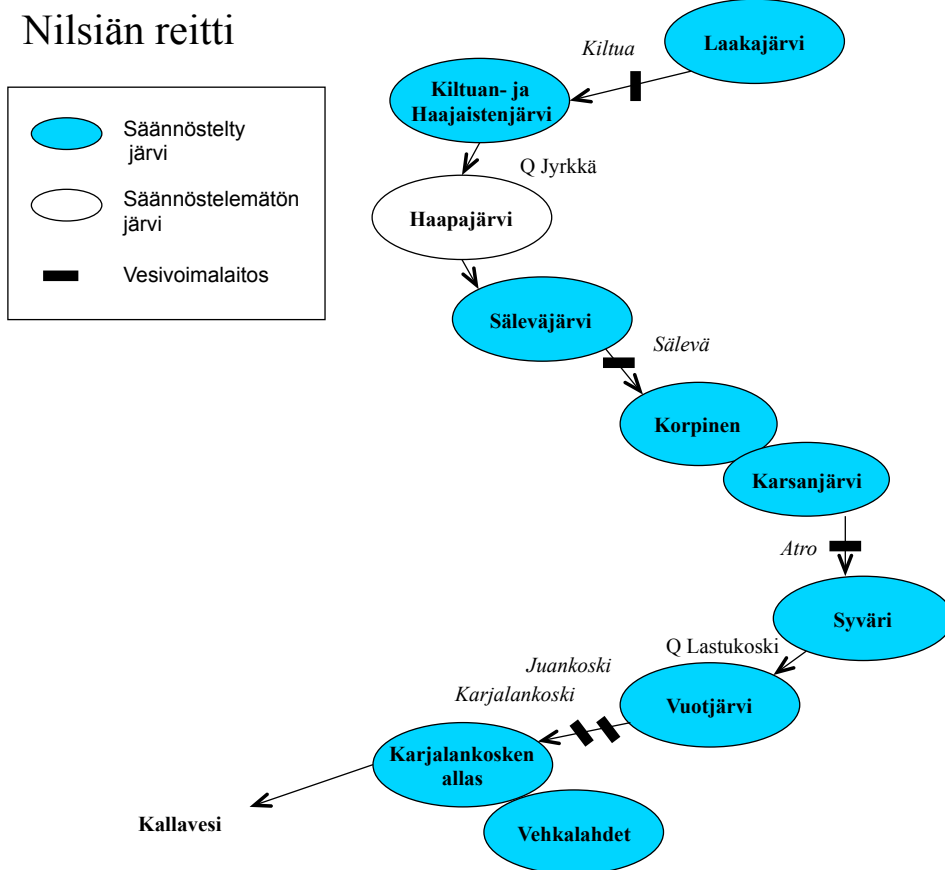
ossa merkittävästi ja yläpuolisten järvien sopeutuvalla säännöstelyllä on niitä nostava vaikutus. Säännöstelytapoja ja -lupia mahdollisesti uusittaessa tulisikin ottaa huomioon vaikutukset koko järviketjussa myös säännöstelemättömät järven huomioon ottaen.

Saatujen tulosten perusteella nykyisillä säännöstelyluvilla voidaan pärjätä vielä lähitulevaisuudessa, mutta ennen pitkää muutokselle on tarvetta niillä järvillä, joiden luvassa on määrätty pakollinen kevätalennus. Vuosien väliset vaihtelut talven ja kevään sääoloissa voivat olla hyvin suuria ja vaihtelu voi kasvaa nykyisestä, joten nykyisten lupien mukaisten kalenteriin sidottujen kevätalennusten noudattaminen voi aiheuttaa hankaluuksia jo aikaisemminkin. Suurin ja aikaisin muutostarve on reitin yläosassa Laakajärvellä ja Kiltuanjärvellä. Korpisella tarkastelluista järvistä ainoana ei ole pakollista kevätalennusta ja siellä tarvittava säännöstelyn sopeuttaminen voitaneen tehdä nykyisen luvan puitteissa. Säännöstelyluvan ja -tavan muutoksia suunniteltaessa järviketjua tulisi käsitellä kokonaisuutena ja ilmastonmuutosskenaarioihin liittyvät epävarmuudet ottaa huomioon siten, että lupamääräykset olisivat riittävän joustavia toimiakseen vesioloiltaan erilaisina vuosina. Myös totutun kaltaisiin runsaslumisiin vuosiin kevättulvineen tulisi pystyä edelleen varautumaan säännöstelyssä.

Johdanto

Tässä raportissa selvitetään sopeutumistarpeita ilmastomuutoksen vaikutuksiin Nilsin reitin säännöstelyillä järvilla. Nilsin reitti on Vuoksen vesistöön kuuluvan Kallaveden reitin itäinen haara. Reitillä on kahdeksan säännösteltyä järveä tai järviryhmää (ku-

va 1). Säännöstelyjen pääasiallinen tarkoitus on vesivoiman lisääminen, mutta toteutuksessa on otettu huomioon myös tulvasuojelun tavoitteet. Tarkastelussa mukana olevilla säännöstelyillä järvilla Korpinen-Karsanjärveä lukuun ottamatta säännöstelyluvuissa on



Kuva 1. Kaaviokuva Nilsin reitistä.

määrätty keväisin pakollinen vedenkorkeuden alen taminen lumen sulamistulviin varautumiseksi, eli ns. kevätkuoppa. Vielä 2000-luvun alussa järvien sää nöstely on onnistunut verrattain hyvin lupaehtojen puitteissa, mutta esimerkiksi talven 2013-14 kaltaisten poikkeuksellisen suurien talviviltaamien yleistyminen ja kevään aikaistuminen ilmastonmuutoksen vaikutuk sesta tulee aiheuttamaan säännöstelyyn uusia haas teita, mikä voi johtaa tarpeeseen muuttaa lupaehtoja jo lähitulevaisuudessa.

Ilmastokenaarioiden perusteella lämpötilat Nilsin reitin valuma-alueella nousevat keskimäärin 2-4 °C ja sademäärät kasvavat 5-20 % tämän vuosisadan puo liväliin mennessä. Lämpötilan ja sademäärien muu tokset vaikuttavat valuntaan ja säännöstelyjen järvien tulovirtaamien suuruuteen ja ajankohtaan. Nykyiset säännöstelyn lupaehtot voivat johtaa ilmastonmuu toksen seurauksena epätarkoituksenmukaisiin juok sutableisiin kuten myös tulvan torjunnan, vesivoiman tuotannon, järvien ja jokien virkistyskäytön sekä järvi en ekologian kannalta epäsuotuisiin tilanteisiin. Lisäksi lupaehtojen noudattaminen voi muuttua joinain vuosi na vaikeaksi tai jopa mahdottomaksi. Tämän raportin keskeisimpänä tarkoituksena on kuvata ilmastonmuu toksen vaikutuksia Nilsin reitin säännöstelyjen järvi en vedenkorkeuksiin ja lähtövirtaamiin, tarkastella ny kyisten säännöstelykäytäntöjen soveltuvuutta ilmaston muuttuessa sekä sopeutumismahdollisuuksia sään nöstelykäytäntöjä muuttamalla. Raportissa käytetyt menetelmät vastaavat suurelta osin Suomen ympäris tökeskuksen julkaisemaa raporttia ”Suomen vesivarat ja ilmastonmuutos – vaikutukset ja muutoksiin sopeu tuminen” (Veijalainen ym. 2012).

Ilmastonmuutoksen hydrologisten vaikutusten tar kastelussa on käytetty Suomen ympäristökeskuksen Vesistömallijärjestelmää, jolla on simuloitu 30 vuoden aikasarjoja vedenkorkeuksille ja virtaamille. Referens sijaksona on käytetty jaksoa 1971-2000 ja ilmaston muutoksen vaikutus on arvioitu jaksoille 2010-39 ja 2040-69 niin sanotulla deltachange-menetelmällä. Ra portissa tarkastellaan tuloksia pääasiassa 19 globaa lin ilmastomallin keskiarvoskenaariolla, mutta tämän lisäksi ilmastonmuutokseen liittyvää epävarmuutta on huomioitu käyttämällä myös kolmea ääriskenaario ta. Sopeutumismahdollisuuksia ilmastonmuutoksen negatiivisiin vaikutuksiin on tarkasteltu muuttamalla järvien säännöstelyä tarvittaessa nykyisistä lupae hdoista poikkeavalla tavalla ja laatimalla tällä tavoin sopeutuvat säännöstelyohjeet kullekin järvelle.

Ilmastonmuutoksen ja säännöstelytavan vesiluon toon, virkistyskäyttöön ja taloudellisiin tekijöihin koh distuvia vaikutuksia on arvioitu laskemalla kunkin skenaarion päivittäisten vedenkorkeus- ja virtaama tietojen perusteella joukko numeerisia mittareita. Mit tareiden taustalla on pitkäaikainen kehitystyö Suomen ympäristökeskuksessa ja niitä on käytetty useissa eri säännöstelyn kehittämiselvityksissä (esim. Marttu nen & Järvinen 1999, Tarvainen ym. 2006). On huo mattava, että mittareilla arvioidaan ainoastaan veden korkeuksien ja virtaamien muuttumisesta aiheutuvaa vaikutusta. Ilmaston muuttuessa muillakin tekijöillä ja niiden yhteisvaikutuksella vedenkorkeus- ja virtaama vaihtelun kanssa voi olla suuri vaikutus.

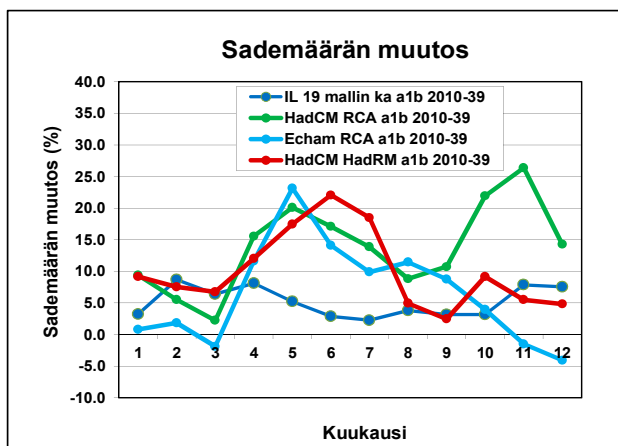
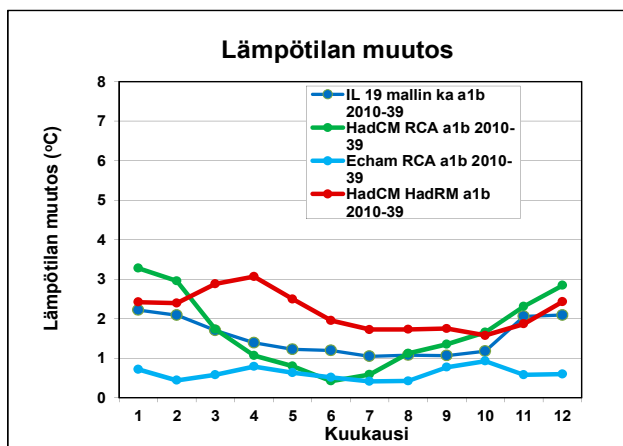
Lämpötilan ja sademäärän muutokset ilmastoskenaarioissa

Tässä raportissa käytetyn hydrologisen mallin lähtötiedot: lämpötilat ja sademäärät jaksoilla 2010-39 ja 2040-69 perustuvat referenssijakson 1971-2000 havaintoihin sekä ilmastoskenaarioista laskettuihin keskimääräisiin kuukausittaisiin lämpötilan ja sademäärän muutoksiin referenssijaksolta tulevaisuusjaksoille. Keskimääräisten muutosten lisäksi menetelmässä huomioidaan myös lämpötilan jakaumassa tapahtuvaa muutosta. Näin muutettujen lämpötilojen ja sademäärien 30 vuoden aikasarjaa käytetään hydrologisen mallin lähtötietoina tulevaisuusjakson vedenkorkeuksien, virtaamien ja muiden hydrologisten muuttujien arvioimiseksi.

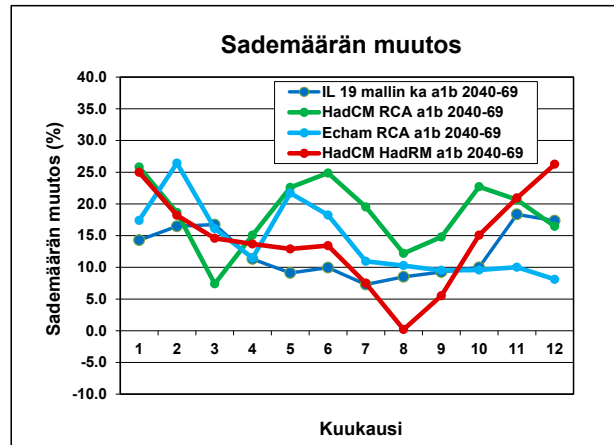
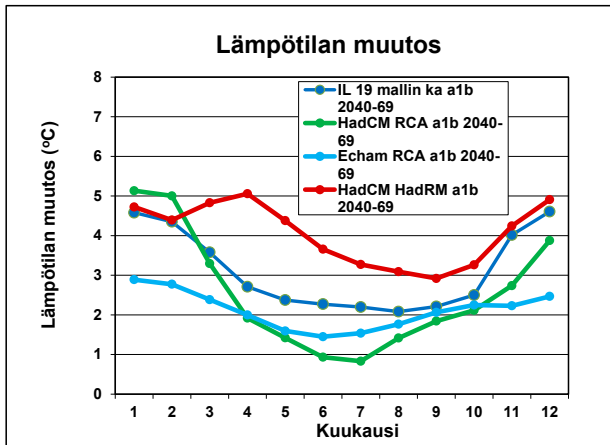
Ilmastonmuutoksen vaikutus lämpötiloihin ja sademääriin on laskettu 19 globaalin ilmastomallin keskiarvoskenaarion mukaisesti ja ilmastoskenaarioihin liittyvää epävarmuutta on arvioitu yhteensä 19 globaalista ja alueellisesta ilmastoskenaariosta valikoitujen ääriskenaarioiden avulla. Keskiarvoskenaario kuvaa kaikkien ilmastoskenaarioiden keskimääräistä muutosta. Ääriskenaarioiksi on valittu kolme skenaariota: 1) märkä skenaario, jossa on suuret sademäärän muutokset, 2) lämmin skenaario, jossa on suuret lämpötilan muutokset sekä 3) kylmä skenaario, jossa on pienet lämpötilan muutokset. Tässä raportissa käytetyt globaalit ilmastoskenaariot perustuvat IPCC:n vuonna 2007 julkaiseman neljännen arviointiraportin tuloksiin (IPCC, 2007) ja alueelliset skenaariot ENSEMBLES-projektin tuloksiin (van

der Linden ja Mitchell, 2009). Vuonna 2013 julkaistun IPCC:n viidennen arviointiraportin tulosten perusteella (IPCC, 2013) lämpötilan ja sademäärän muutokset Suomessa tämän vuosisadan puoliväliin mennessä eivät ole muuttuneet edellisen raportin tuloksista kesäkuukausien hieman aiempaa voimakkaampaa lämpenemistä lukuun ottamatta (Ruosteenoja, 2013).

Lämpötilan ja sademäärän muutokset eri skenaarioille on esitetty kuvissa 2 ja 3. Vuoden keskilämpötilat nousevat eri skenaarioissa 0,5-2,0 °C referenssijaksolta 1971-2000 jaksolle 2010-39 ja 2,0-4,0 °C jaksolle 2040-69. Sademäärät kasvavat keskimäärin 5-15 % jaksolle 2010-39 ja 10-20 % jaksolle 2040-69. Ääriskenaariot on valittu alueellisista ilmastoskenaarioista vertailemalla eri skenaarioiden lämpötilojen ja sademäärien muutoksia jaksolle 2040-69. Kylmää skenaariota edustaa Echam RCA-skenaario, lämmintä skenaariota HadCM HadRM-skenaario ja märkää skenaariota HadCM RCA-skenaario. Keskiarvoskenaarioissa erityisesti sademäärän muutokset vaihtelevat vähemmän kuukaudesta toiseen, mikä johtuu siitä, että yksittäisiä alueellisia ilmastoskenaarioita käytettäessä sademäärän luonnollinen vaihtelu vaikuttaa sademäärän muutosten kuukausittaiseen vaihteluun. Tämän vuoksi yksittäisten skenaarioiden sademäärän muutosten kuukausittaista vaihtelua on tasoitettu laskemalla muutokset kolmen kuukauden liukuvalla keskiarvolla.



Kuva 2a ja 2b. Lämpötilan ja sademäärän muutokset referenssijaksolta 1971-2000 jaksolle 2010-39 neljällä eri skenaariolla, keskiarvoskenaariolla (IL 19 mallin ka a1b) sekä kylmällä (Echam RCA a1b), lämpimällä (HadRM HadCM a1b) ja märällä skenaariolla (HadCM RCA a1b).



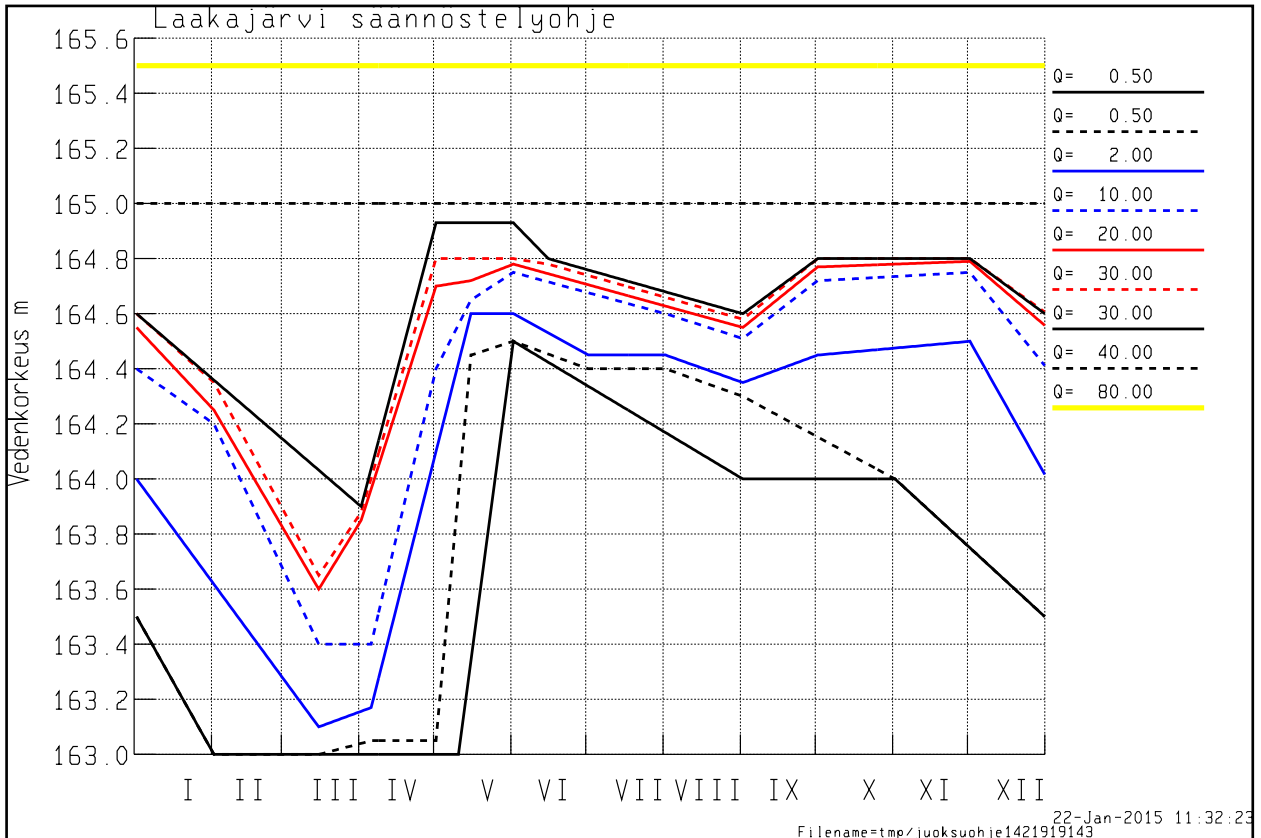
Kuva 3a ja 3b. Lämpötilan ja sademäärän muutokset referenssijaksolta 1971-2000 jaksolle 2040-69 neljällä eri skenaariolla, keskiarvoskenaariolla (IL 19 mallin ka a1b) sekä kylmällä (Echam RCA a1b), lämpimällä (HadRM HadCM a1b) ja määrällä skenaariolla (HadCM RCA a1b).

Säännöstelyohjeet

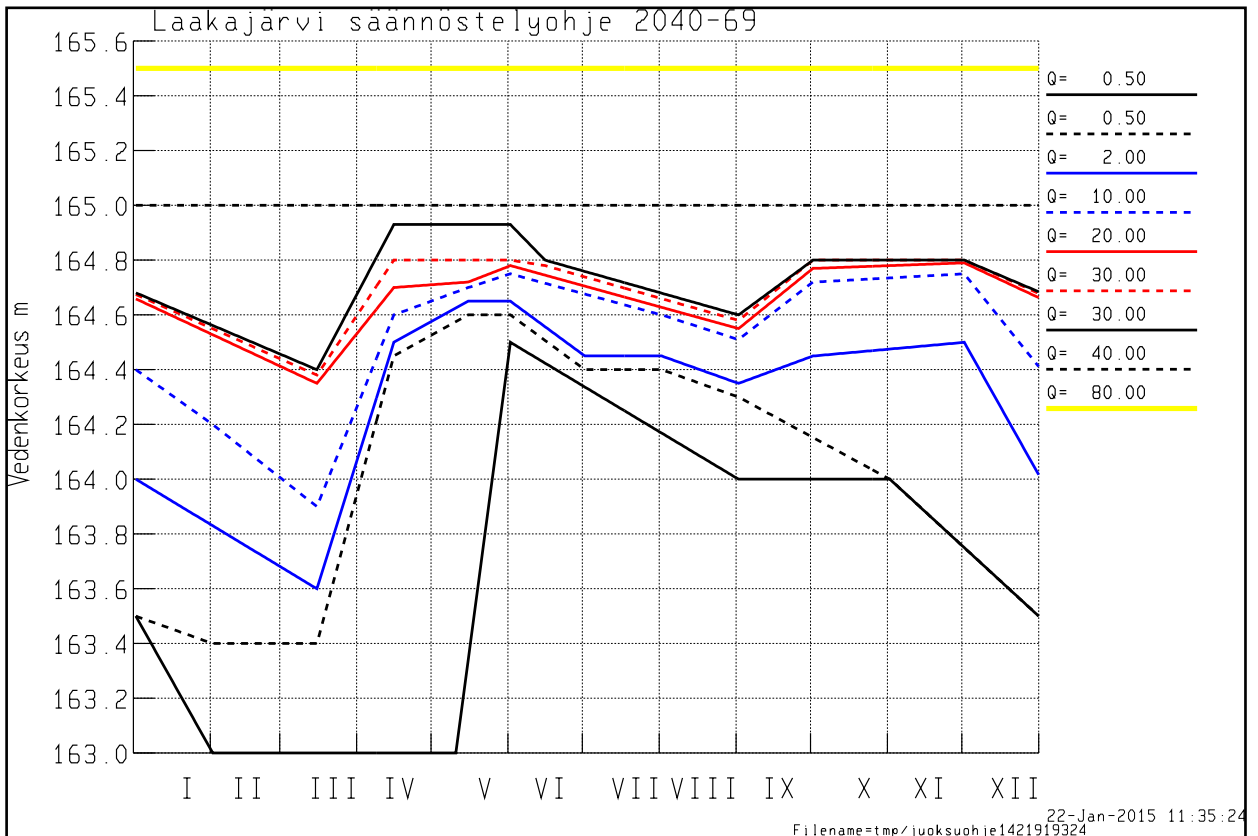
Vesistömallijärjestelmässä säännöstelyjen järvien lähtövirtaama noudattaa kullekin järvelle laadittua säännöstelyohjetta, jossa lähtövirtaama määräytyy vedenkorkeuden ja kalenterivuorokauden mukaan. Referenssijaksolla säännöstelyohje on muokattu siten, että järvien säännöstely on lupaehtojen mukaista ja keskimääräiset vedenkorkeudet sekä vedenkorkeuden vaihtelu vastaisi mahdollisimman hyvin havaittuja arvoja. Ilmastonmuutosjaksoille on laadittu kaksi erilaista säännöstelyohjetta. Vähän muokatussa säännöstelyohjeessa säännöstelyä on muokattu ilmastonmuutoksen vaikutuksia huomioiden, mutta nykyisiä lupaehtoja noudattaen, jotta voidaan arvioida nykyisten lupaehtojen toimivuutta tulevaisuudessa. Sopeutuvassa säännöstelyohjeessa ilmastonmuutoksen aiheuttamia negatiivisia vaikutuksia on pyritty minimoimaan joissakin tapauksissa noudattamalla nykyisiä lupaehtoja, jolloin tarkoituksena on ollut selvittää mahdollisuuksia sopeutua ilmastonmuutokseen säännöstelyn lupaehtoja muuttamalla. Kuvassa 4b on esi-

merkki tällaisesta sopeutuvasta säännöstelyohjeesta, jota on muokattu siten että kevättalven vedenkorkeuksia on nostettu ylemmäs, jotta järvien vedenkorkeudet eivät jäisi kesäisin alas kevättulvien heikkenemisen seurauksena. Tämän lisäksi syksyllä suurempia juoksutuksia tehdään alemmilla vedenkorkeuksilla, jotta järvien vedenkorkeuksien ja juoksutusten nousut saataisiin talven tulvahuippujen aikana pienemmiksi.

Referenssijakson sekä ilmastonmuutosjakson sopeutuvat säännöstelyohjeet on esitetty Laakajärvelle kuvassa 4a ja 4b ja muille tarkasteltaville järville liitteessä 4. Kuvissa esitetään, miten säännöstelyohjeilla määritetään mallissa järvien lähtövirtaamat vedenkorkeudesta ja vuodenajasta riippuen. Esimerkiksi kuvassa 4a referenssijakson lähtövirtaama vedenkorkeudella 163,60 m olisi 15. maaliskuuta 20,0 m³/s ja 1. helmikuuta 2,0 m³/s. Oikeanpuoleisessa sopeutuvan säännöstelyn kuvassa lähtövirtaama samalla vedenkorkeudella olisi 15. maaliskuuta 2,0 m³/s ja 1. helmikuuta 1,25 m³/s.



kuva 4a. Laakajärven säännöstelyohje referenssijaksolla 1971-2000.



kuva 4b. Laakajärven sopeutuva säännöstelyohje ilmastonmuutosjaksolla 2040-69.

Ilmastonmuutoksen ja säännöstelytavan vaikutukset

Vedenkorkeudet ja virtaamat jaksoilla 2010-39 ja 2040-69

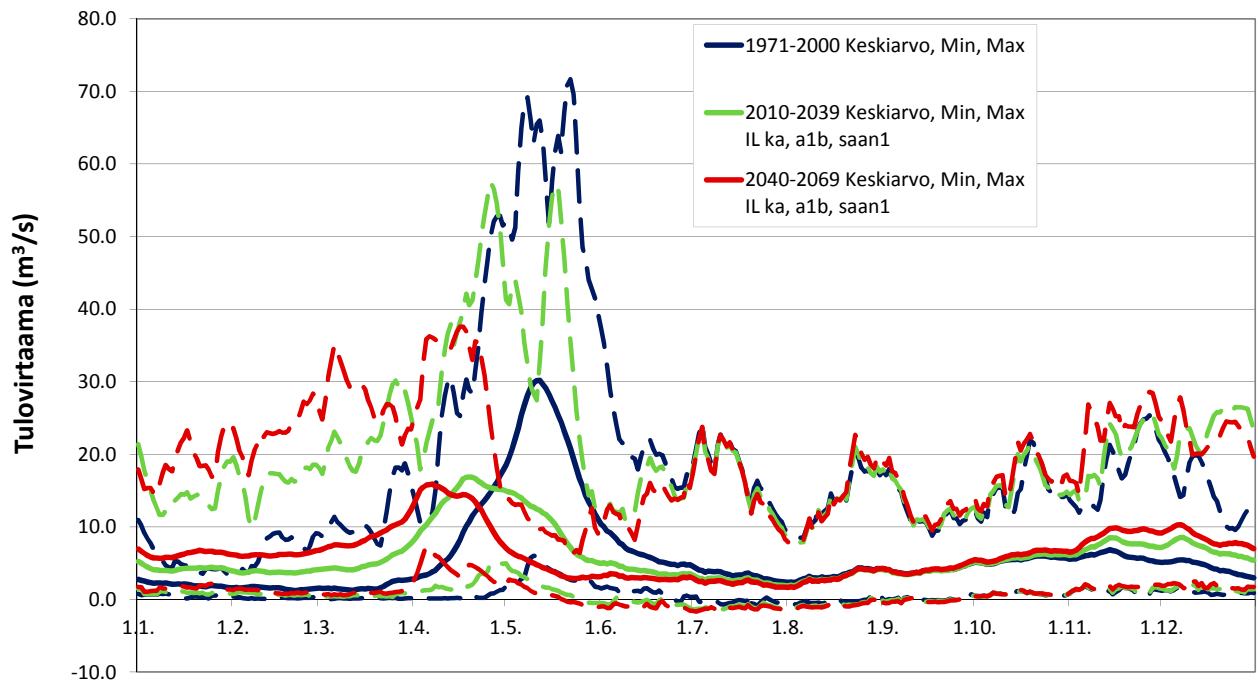
Ilmastonmuutoksen merkittävimmät vaikutukset valuntaan ja järvien tulovirtaamiin ovat talvivirtaamien kasvu sekä kevättulvien aikaistuminen ja pieneneminen. Myös vuoden keskivirtaamien ennustetaan kasvavan lisääntyvien sademäärien johdosta. Kuvassa 5 on esitetty Laakajärven tulovirtaaman 30 vuoden päivittäiset keski-, minimi- ja maksimiarvot referenssijaksolla 1971-2000 (sinisellä) sekä ilmastonmuutosjaksoilla 2010-39 (keltaisella) ja 2040-69 (punaisella) 19 globaalin ilmastomallin keskiskenaariolla. Kokonaisuudessa keskivirtaamat kasvavat tällä skenaariolla noin 7 prosenttia.

Tulosten perusteella vähän muokatut ja nykyisten säännöstelylupien mukaiset säännöstelyohjeet toimivat useimmilla järvillä kohtuullisen hyvin vielä lähitulevaisuuden jaksolla 2010-2039 (vihreät käyrät kuvissa 6-9 ja liitteessä 1). Suurimmat muutokset näkyvät syys- ja talvivirtaamien kasvussa, mikä voi joissakin tapauksissa lisätä ohijuoksutusten määrää. Tämän lisäksi kesän alimmat vedenkorkeudet jäävät erityisesti reitin pohjoisosan järvissä Laakajärvellä, Kiltuanjärvellä ja Haapajärvellä joinakin vuosina referenssijakson minimikorkeuksien alapuolelle. Laakajärvellä alimmat vedenkorkeudet saattavat jäädä joinakin vuosina jopa säännöstelyn alarajan alapuolelle (Kuva 6). Reitin alaosan järvissä kesän alimmat vedenkorkeudet eivät laske vielä jaksolla 2010-2039 kovin paljoa referenssijakson vedenkorkeuksia alemmaksi, mutta esimerkiksi Vuotjärvellä lisääntyvät talvivirtaamat (kuva 9) voivat lisätä ohijuoksutuksia jo lähitulevaisuudessa.

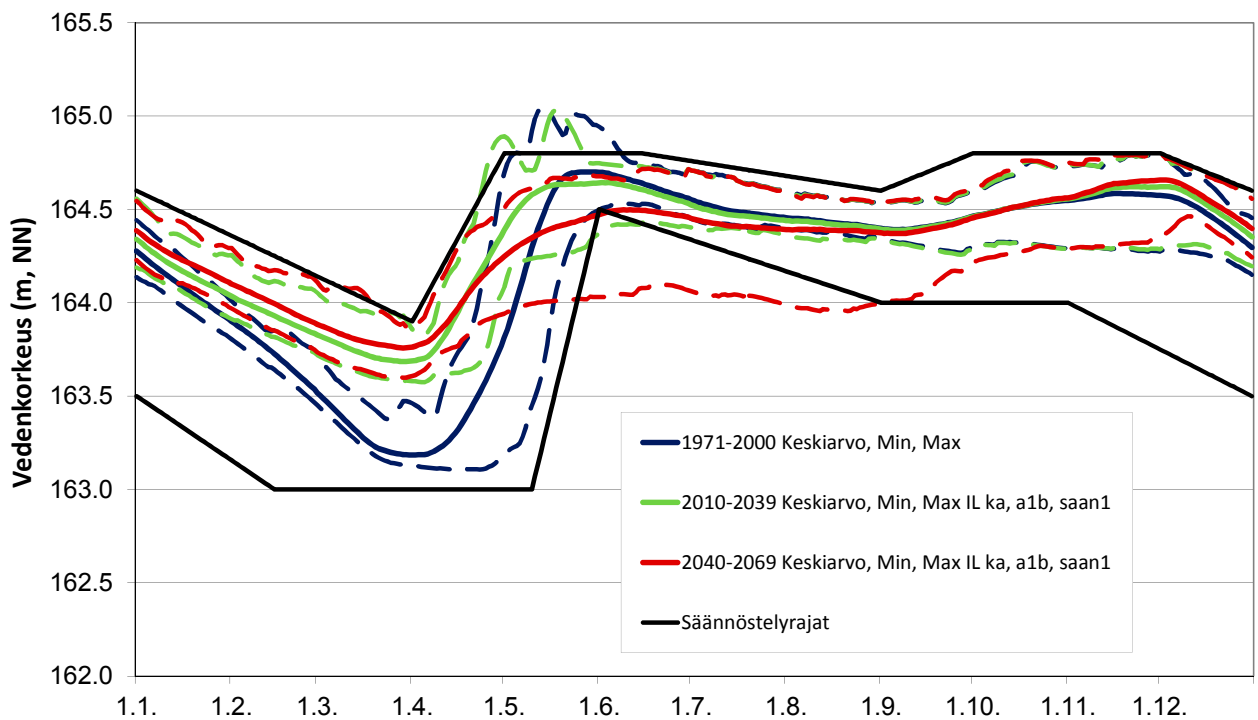
Jaksolle 2040-69 tehdyissä simuloinneissa syys- ja talvivirtaamien kasvu sekä kesän minimivedenkor-

keuden aleneminen näkyvät tuloksissa huomattavasti selkeämmin (punaiset käyrät kuvissa 6-9 ja liitteessä 1). Kesän minimikorkeudet laskevat merkittävästi referenssijakson alimmista vedenkorkeuksista Laaka-, Kiltuan- ja Haapajärvellä sekä Syvärillä. Sälevän, Korpisen ja Vuotjärven säännöstelyluvuissa kevätkuopan teko on joustavampi ja vedenkorkeudet saadaan nostettua kesän virkistyskäytön kannalta sopivalle tasolle myös vuosisadan puolivälille tehdyissä simuloinneissa.

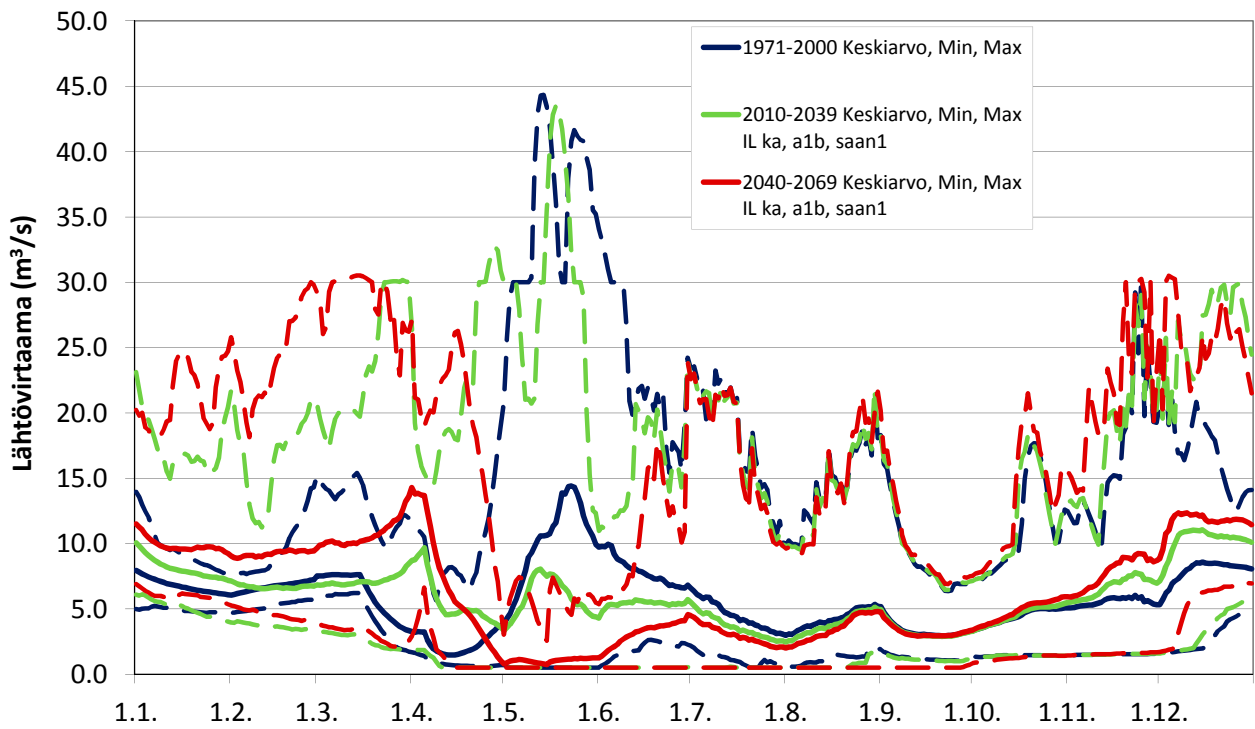
Referenssijaksoon verrattuna jakson 2040-69 suurimmat juoksutukset siirtyvät kaikilla järvillä loppukeväästä (toukokuulta) alkutalveen (joulukuulle) ja –kevääseen (maalis-huhtikuulle). Talven ja alkukevään maksimivirtaamat kaksinkertaistuvat referenssijaksoon verrattuna. Tämä voi aiheuttaa haasteita säännöstelylle sekä mahdollisesti lisätä suppojään aiheuttamia ongelmia. Suurimmat virtaamat keväällä jäävät referenssijakson huippuvirtaamia pienemmiksi. 30 vuoden jaksoille laskettujen ohijuoksutusten määrä todennäköisesti kasvaa Vuotjärven alapuolisissa voimalaitoksissa Juankoskella ja Karjalankoskella, koska syksyllä kasvavat sademäärät lisäävät tulovirtaamia koko alueella ja ilman lämpötilan noustessa talven alkamisen ajankohta viivästyy. Atron voimalaitoksella ohijuoksutukset puolestaan vähenevät, koska ne riippuvat pääasiassa Tiilikanjoesta tulevista suurista virtaamista, jotka ajoittuvat nykyisin pääasiassa kevääseen. Niinpä kevättulvien pienenemisen seurauksena Korpisen säännöstelytilavuus riittää tulevaisuudessa paremmin Tiilikanjoelta tulevien virtaamien varastointiin.



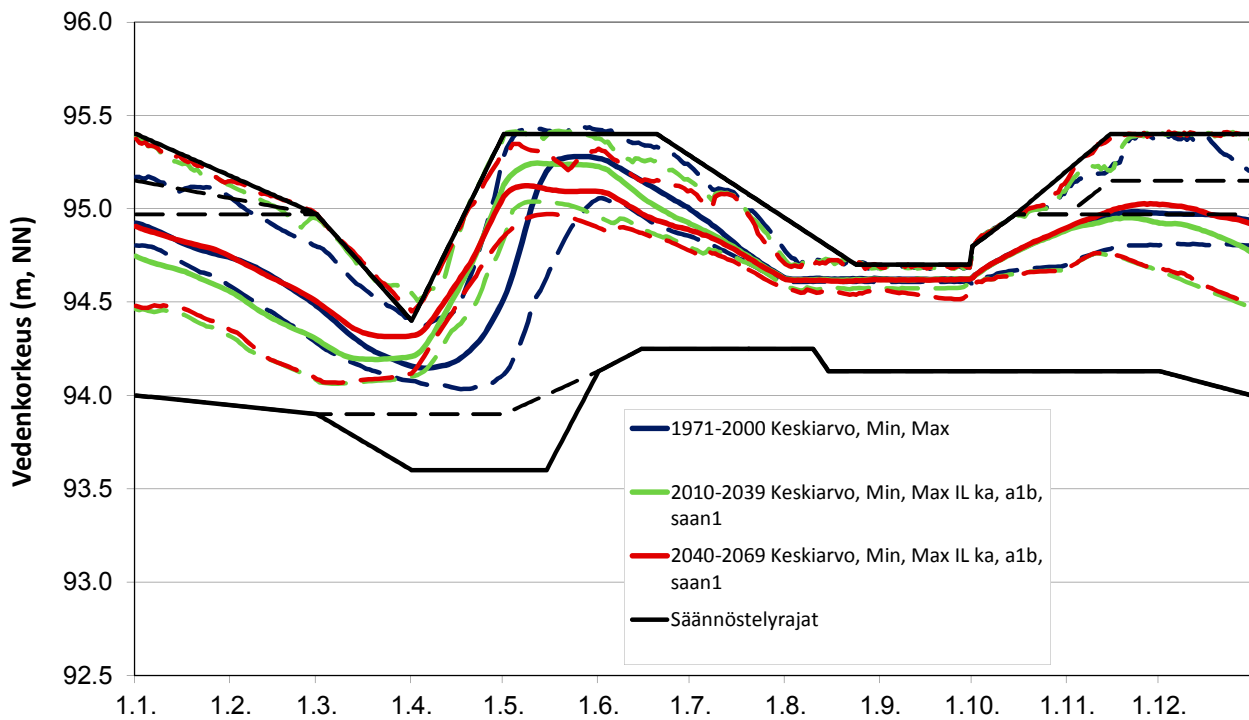
Kuva 5. Laakajärven tulovirtaamien päivittäiset maksimi-, minimi- ja keskiarvot jaksolla 2010-39 (vihreät käyrät), jaksolla 2040-69 (punaiset käyrät) verrattuna referenssijakson 1971-2000 (siniset käyrät) arvoihin.



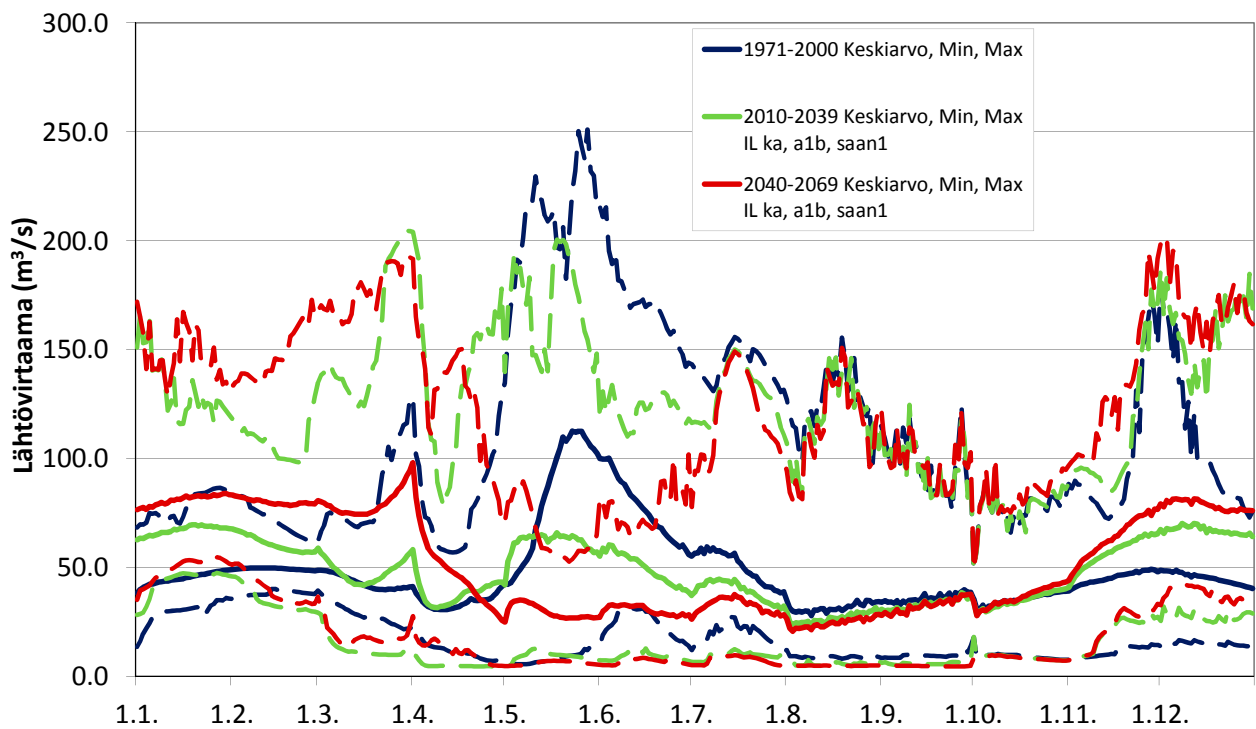
Kuva 6. Laakajärven vedenkorkeuden päivittäiset maksimi-, minimi- ja keskiarvot jaksolla 2010-39 (vihreät käyrät), jaksolla 2040-69 (punaiset käyrät) lupaehtojen mukaisella säännöstelyllä verrattuna referenssijakson 1971-2000 (siniset käyrät) arvoihin.



Kuva 7. Laakajärven lähtövirtaamien päivittäiset maksimi-, minimi- ja keskiarvot jaksolla 2010-39 (vihreät käyrät), jaksolla 2040-69 (punaiset käyrät) lupaehtojen mukaisella säännöstelyllä verrattuna referenssijakson 1971-2000 (siniset käyrät) arvoihin.



Kuva 8. Vuotjärven vedenkorkeuden päivittäiset maksimi-, minimi- ja keskiarvot jaksolla 2010-39 (vihreät käyrät), jaksolla 2040-69 (punaiset käyrät) lupaehtojen mukaisella säännöstelyllä verrattuna referenssijakson 1971-2000 (siniset käyrät) arvoihin.

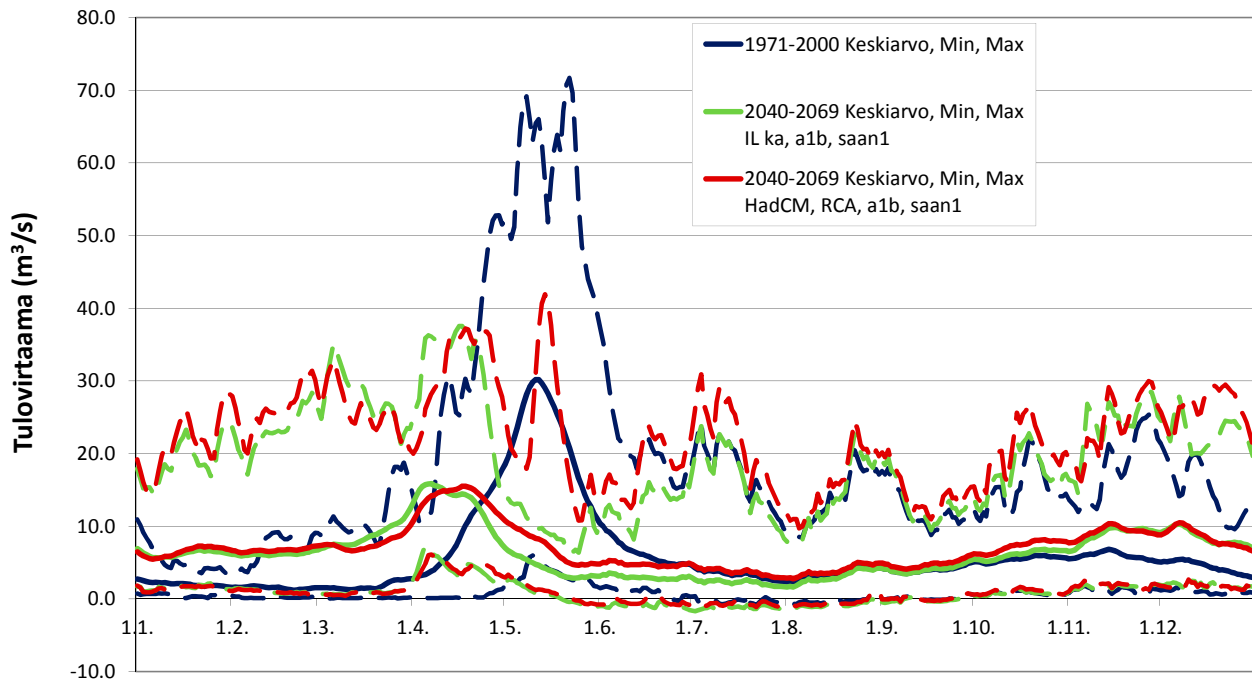


Kuva 9. Vuotjärven lähtövirtaamien päivittäiset maksimi-, minimi- ja keskiarvot jaksolla 2010-39 (vihreät käyrät), jaksolla 2040-69 (punaiset käyrät) lupaehtojen mukaisella säännöstelyllä verrattuna referenssijakson 1971-2000 (siniset käyrät) arvoihin.

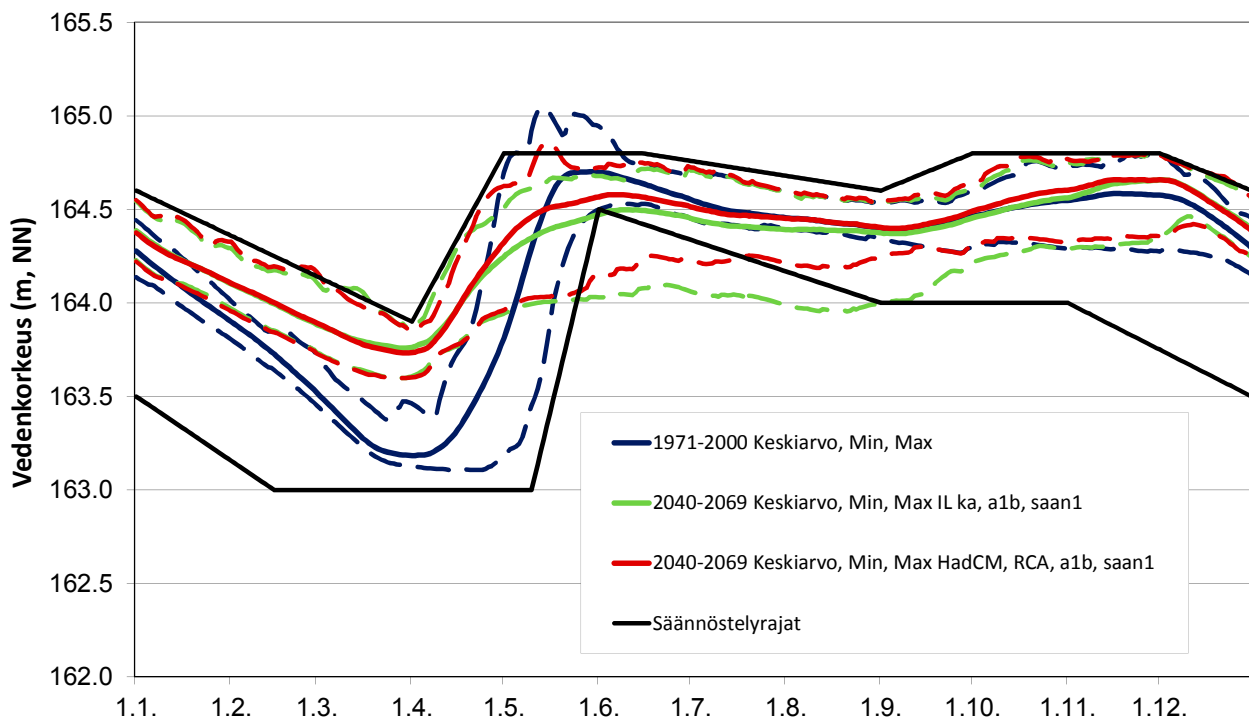
Ääriskenaariot jaksolla 2040-69

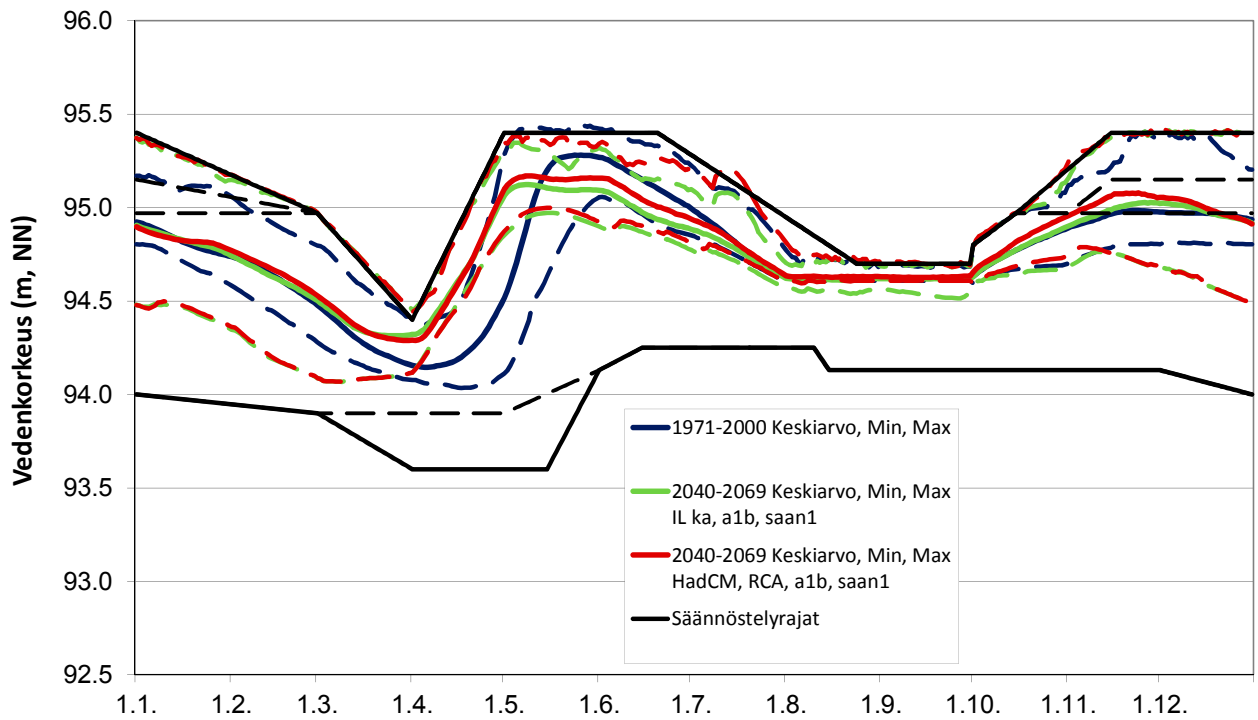
Ilmastoskenaarioihin liittyvä epävarmuus ja erot eri ilmastoskenaarioiden välillä aiheutuvat ilmastosuureiden luonnollisesta vaihtelusta, erilaisesta fysiikan kuvauksesta eri ilmastomallien välillä sekä päästöskenaarioihin liittyvistä epävarmuuksista. Tässä raportissa epävarmuutta on pyritty selvittämään tekemällä simuloinnit 19 erilaisella ilmastoskenaariolla. Näistä skenaarioista on valittu kolme ääriskenaariota 1) märkä skenaario, jossa on suuret sademäärän muutokset, 2) lämmin skenaario, jossa on suuret lämpötilan muutokset sekä 3) kylmä skenaario, jossa on pienet lämpötilan muutokset. Kuvissa 10-15 on esitetty miten ääriskenaarioilla lasketut tulokset Laakajärvellä ja Vuotjärvellä poikkeavat keskiarvoskenaariosta jaksolla 2040-69 ja liitteissä 2A-C on esitetty ääriskenaarioiden tulokset muissa tarkastelluissa järvisä.

Märän skenaarion erot keskiskenaarioon ovat suhteellisen pieniä. Kesän alimmat vedenkorkeudet Laakajärvellä nousevat 10-20 cm keskiskenaariota korkeammalle, mutta jäävät selvästi säännöstelyrajan alapuolelle. Kiltuanjärvellä ja Haapajärvellä alimmat vedenkorkeudet jäävät myös märällä skenaariolla tavoitetason alapuolelle. Tulovirtaamat kasvavat märällä skenaariolla keskimäärin 10-15 prosenttia keskiskenaarion virtaamia suuremmiksi ja noin 20 prosenttia referenssijakson virtaamista. Vuotjärven alapuolisilla voimalaitoksilla Juankoskella ja Karjalankoskella ohjuksutukset lisääntyisivät tällä skenaariolla 30-40 % referenssijaksosta, mikäli Vuotjärven pinta nostetaan syksyisin nykyisten säännöstelykäytäntöjen tapaan ja lupaehtojen mukainen kevätkuoppa tehdään.

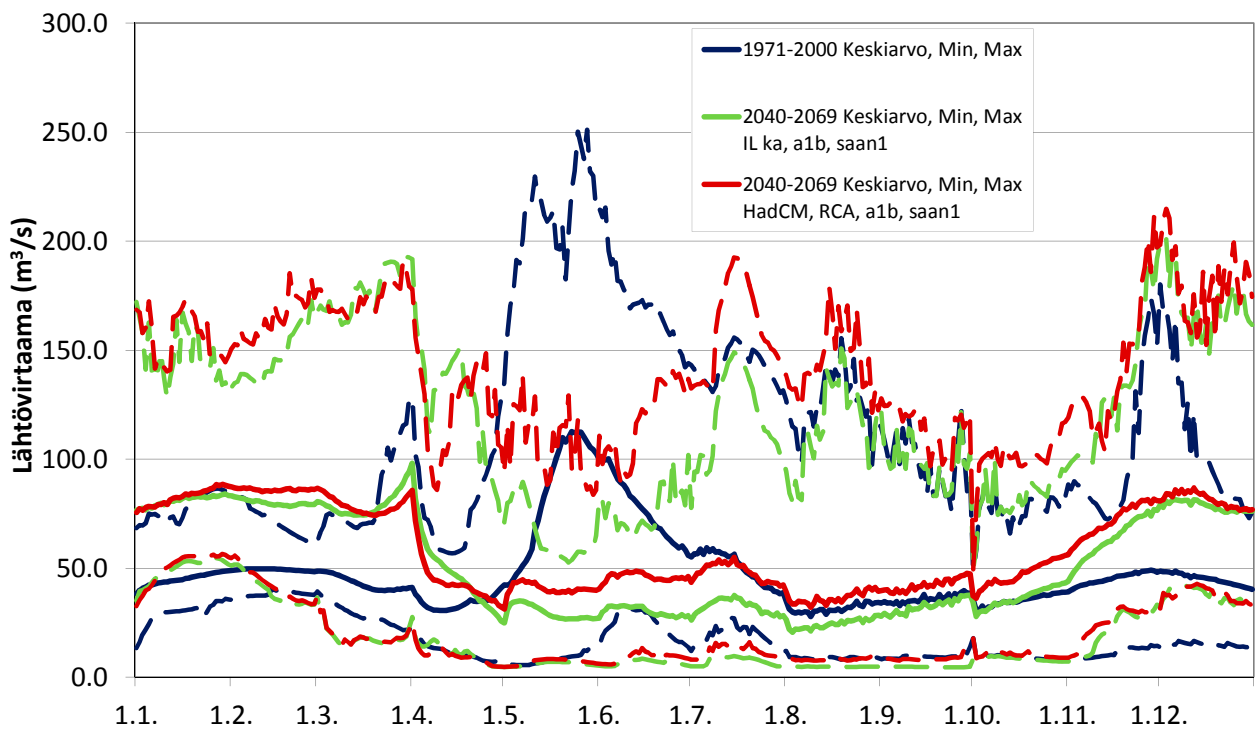


Kuva 10. Märän skenaarion (HadCM RCA) lämpötilan ja sademäärän muutoksilla simuloitujen Laakajärven tulovirtaamien ja vedenkorkeuksien päivittäiset maksimi-, minimi- ja keskiarvot jaksolla 2040-69 (punaiset käyrät) verrattuna keskiarvoskenaarion (vihreät käyrät) ja referenssijaksen (siniset käyrät) arvoihin.



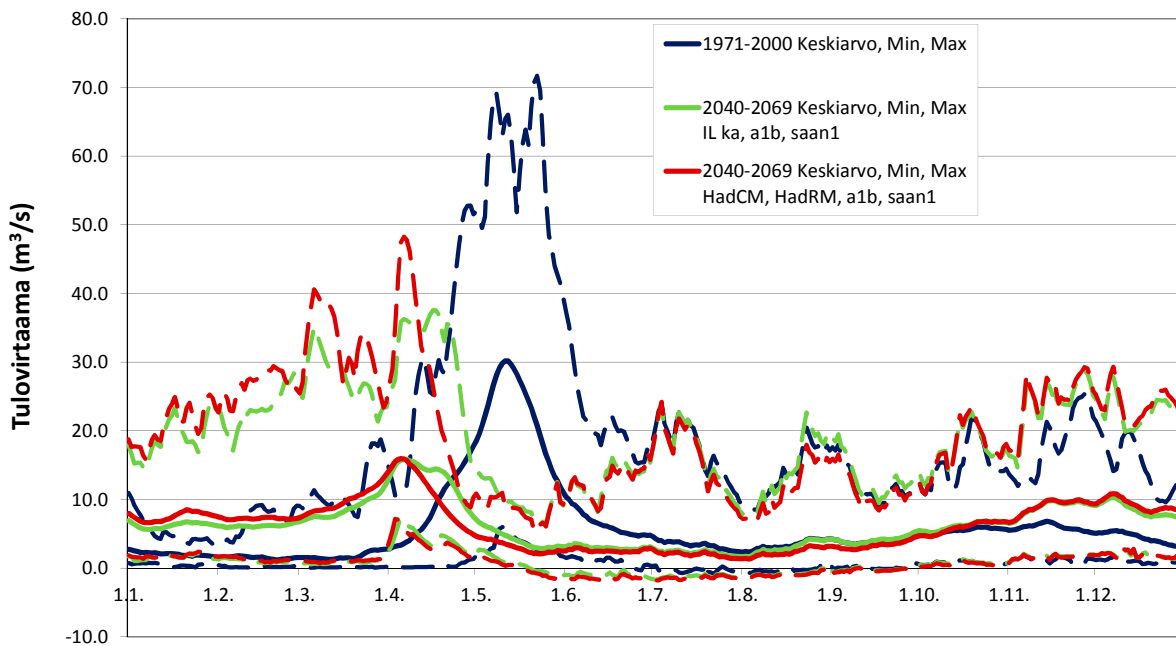


Kuva 11. Märän skenaarion (HadCM RCA) lämpötilan ja sademäärän muutoksilla simuloitujen Vuotjärven vedenkorkeuksien ja lähtövirtaamien päivittäiset maksimi-, minimi- ja keskiarvot jaksolla 2040-69 (punaiset käyrät) verrattuna keskiarvoskenaarion (vihreät käyrät) ja referenssijakson (siniset käyrät) arvoihin.

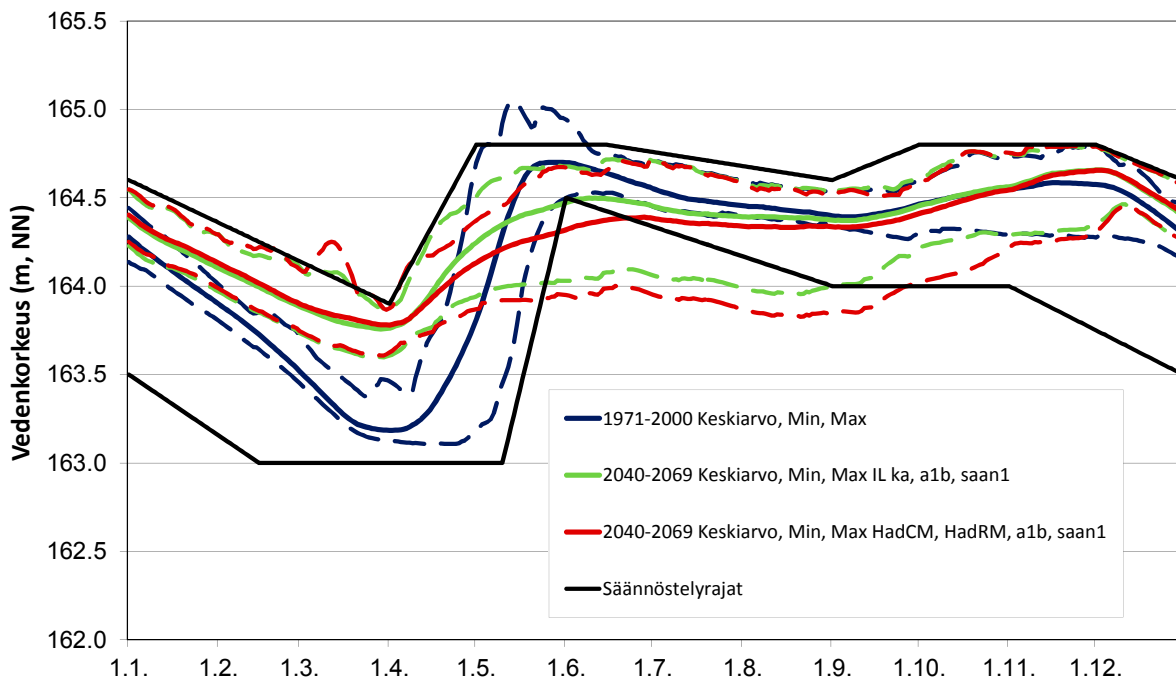


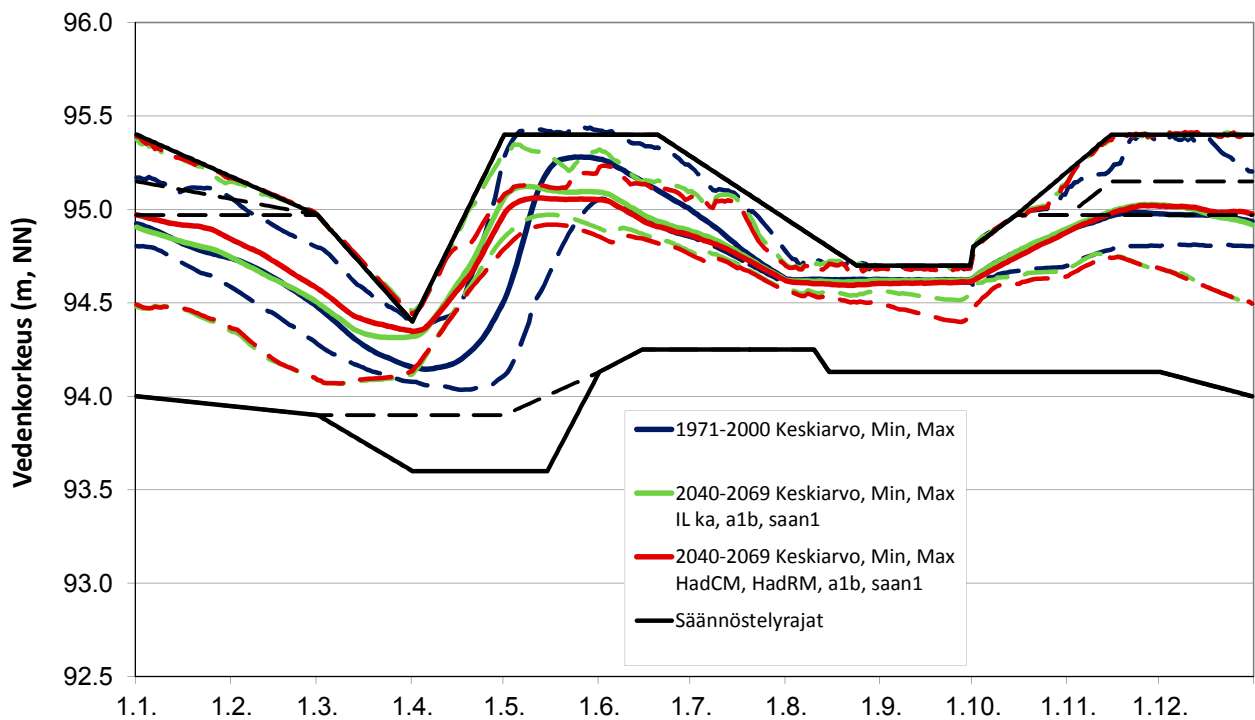
Lämpimässä skenaariossa kevät tulee huomattavasti muita skenaarioita aiemmin. Tämä aiheuttaa suurempia vaikeuksia saavuttaa kesän tavoitevedenkorkeudet erityisesti järvilla, joiden lupaehto määrää tiukan kevätkuopan. Ongelmia kevään tavoitekorkeuden saavuttamisessa tulee Laaka-, Kiltuan- ja Haapajärven lisäksi Korpisessa ja Syvärillä. Myös Sälevällä tavoitekorkeuden saavuttaminen voi pahimpina vuosina tehdä tiukkaa. Muutokset keskivirtaamassa ovat pienempiä kuin muissa skenaarioissa ja kasvavat vain noin 4 % referenssijakson virtaamista. Ohjjuoksutus-

ten määrät Juankoskella ja Karjalankoskella kasvavat 20-35 %, koska lämpimässä skenaariossa erityisesti talvivirtaamien määrä kasvaa. Nykyiset säännöstelykäytännöt pakottavat laskemaan Vuotjärven pintaa loppusyksyn vedenkorkeudesta riippuen 0,5-1,0 metriä huhtikuun alkuun mennessä. Koska suurimmat tulovirtaamat lämpimässä skenaariossa ajoittuvat maaliskuun vaihteeseen, niin ohjjuoksutukset kasvavat merkittävästi. Kevätkuopan teko pakottaa myös muilla skenaarioilla epätarkoituksenmukaisen suuriin juoksutuksiin talven ja alkukevään aikana.

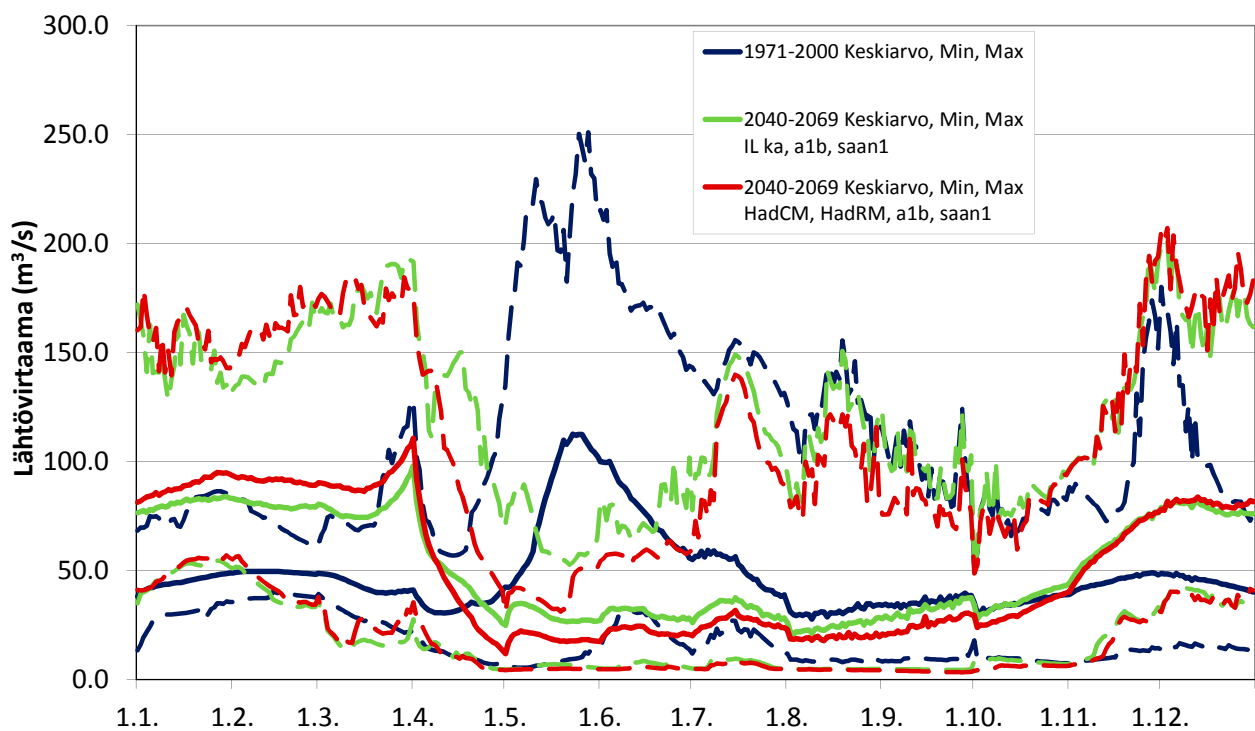


Kuva 12. Lämpimän skenaarion (HadCM HadRM) lämpötilan ja sademäärän muutoksilla simuloitujen Laakajärven tulovirtaamien ja vedenkorkeuksien päivittäiset maksimi-, minimi- ja keskiarvot jaksolla 2040-69 (punaiset käyrät) verrattuna keskiarvoskenaarion (vihreät käyrät) ja referenssijakson (siniset käyrät) arvoihin.



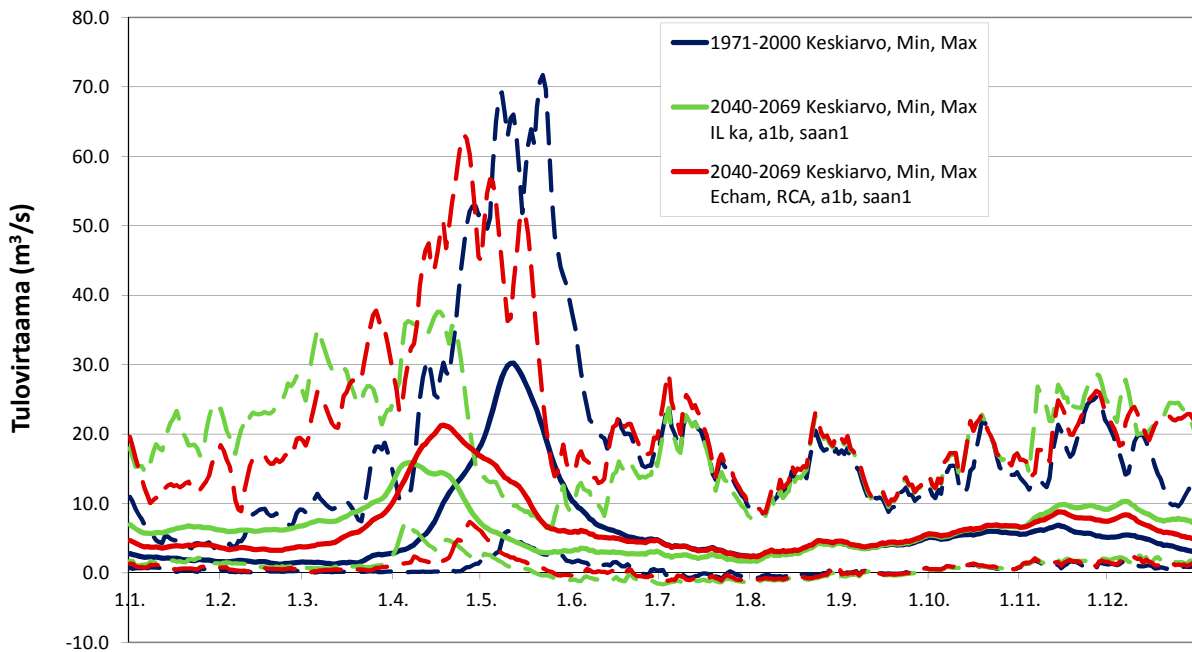


Kuva 13. Lämpimän skenaarion (HadCM HadRM) lämpötilan ja sademäärän muutoksilla simuloitujen Vuotjärven vedenkorkeuksien ja lähtövirtaamien päivittäiset maksimi-, minimi- ja keskiarvot jaksolla 2040-69 (punaiset käyrät) verrattuna keskiarvoskenaarion (vihreät käyrät) ja referenssijakson (siniset käyrät) arvoihin.

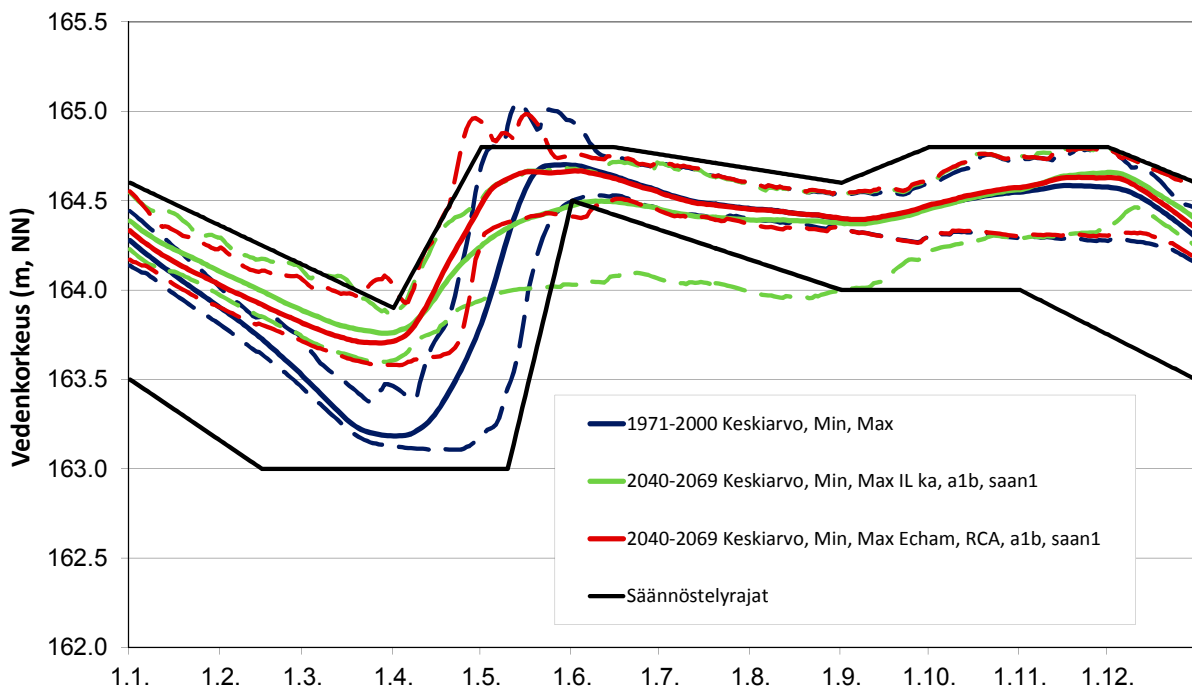


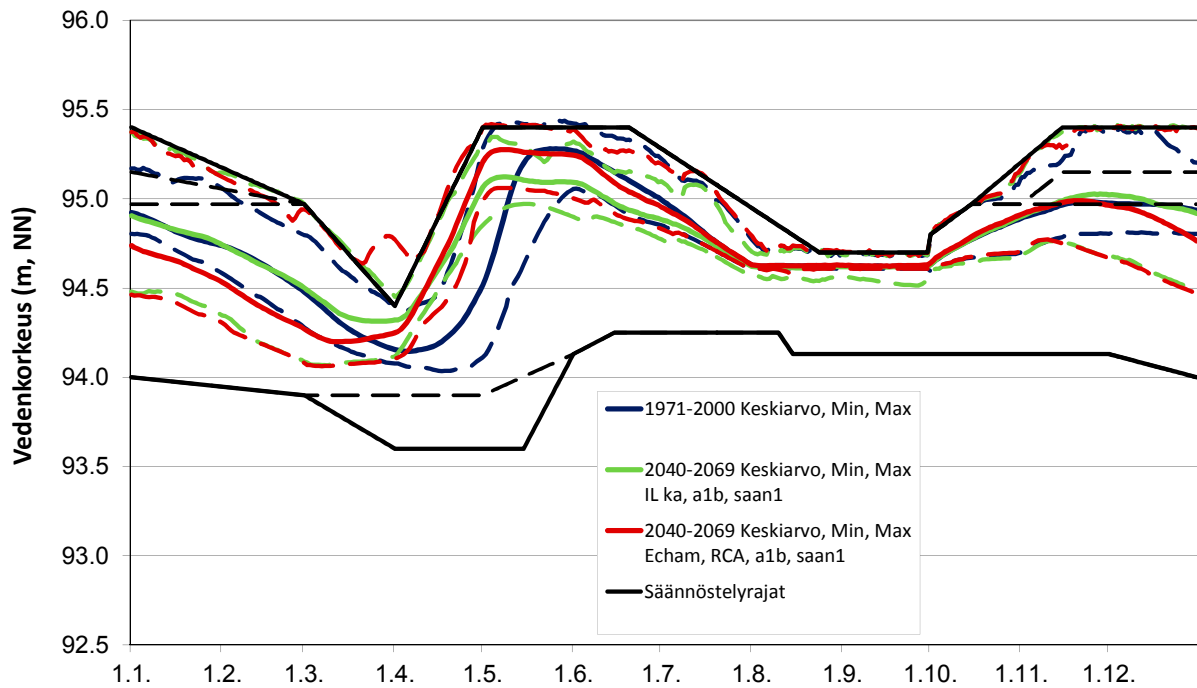
Kylmässä skenaariossa lämpötilan muutokset ovat pienimmät. Kevätvirtaamat nousevat suurimmillaan referenssijakson suurimpien virtaamien tasolle. Syksyn ja talven virtaamat kasvavat kuitenkin myös tässä skenaariossa merkittävästi referenssijaksosta, syksyllä noin 15-20 % ja talvella 40-70 %. Koska keväällä lumien sulannan aiheuttamat virtaamahuiput ovat muita skenaarioita suurempia ja ajoittuvat 1-2 viikkoa myöhempään, kesän tavoitekorkeudet saavutetaan muuta skenaarioita paremmin. Selvästi referenssijakson

alimpien kesävedenkorkeuksien alapuolelle jäädään vain Kiltuan- ja Haapajärvellä. Alhaisien kesävedenkorkeuksien välttämiseksi Kiltuanjärven sekä yläpuolisen Laakajärven lupaehtojen mukaista kevätkuoppaa olisi siis syytä muuttaa kaikkien tarkasteltujen skenaarioiden perusteella joustavammaksi viimeistään tarkastelujakson 2040-69 alkuun mennessä. Tässä skenaariossa ohjauksutusten määrä ei juurikaan muutu referenssijaksoon verrattuna, koska suurimpien tulovirtaamien ajankohta ei muutu ratkaisevasti.

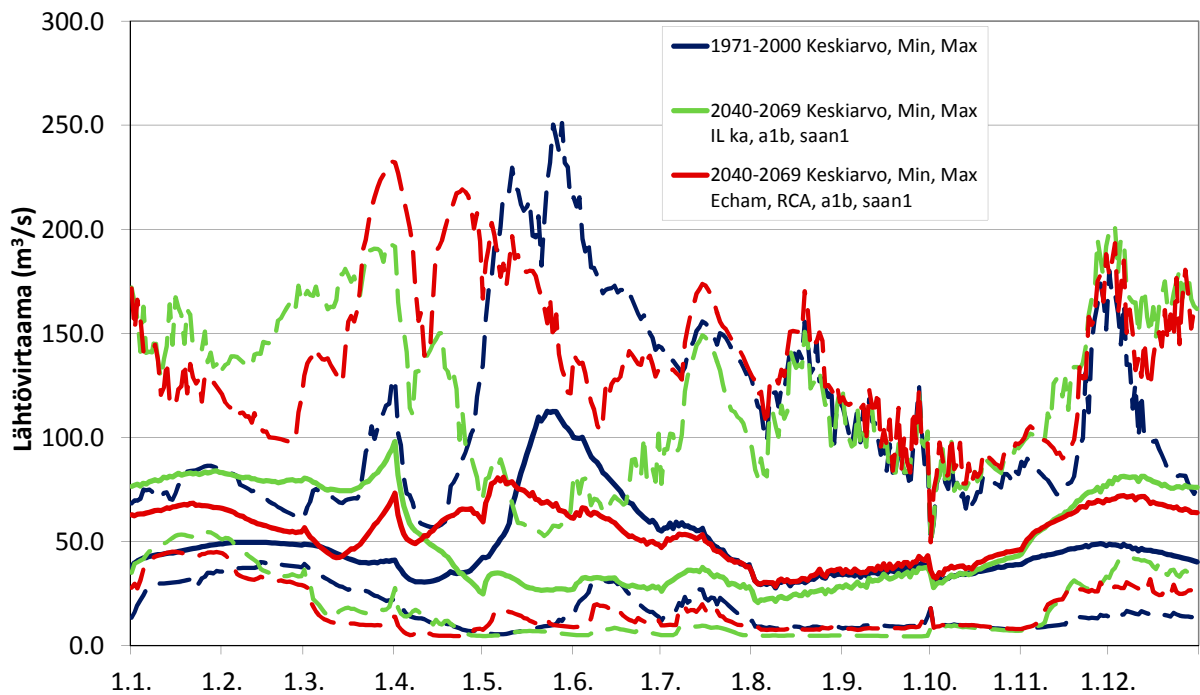


Kuva 14. Kylmän skenaarion (Echam RCA) lämpötilan ja sademäärän muutoksilla simuloitujen Laakajärven tulovirtaamien ja vedenkorkeuksien päivittäiset maksimi-, minimi- ja keskiarvot jaksolla 2040-69 (punaiset käyrät) verrattuna keskiarvoskenaariion (vihreät käyrät) ja referenssijakson (siniset käyrät) arvoihin.





Kuva 15. Kylmän skenaarion (Echam RCA) lämpötilan ja sademäärän muutoksilla simuloitujen Vuotjärven vedenkorkeuksien ja lähtövirtaamien päivittäiset maksimi-, minimi- ja keskiarvot jaksolla 2040-69 (punaiset käyrät) verrattuna keskiarvoskenaarion (vihreät käyrät) ja referenssijaksen (siniset käyrät) arvoihin.



Sopeutuva säännöstely jaksolla 2040-69

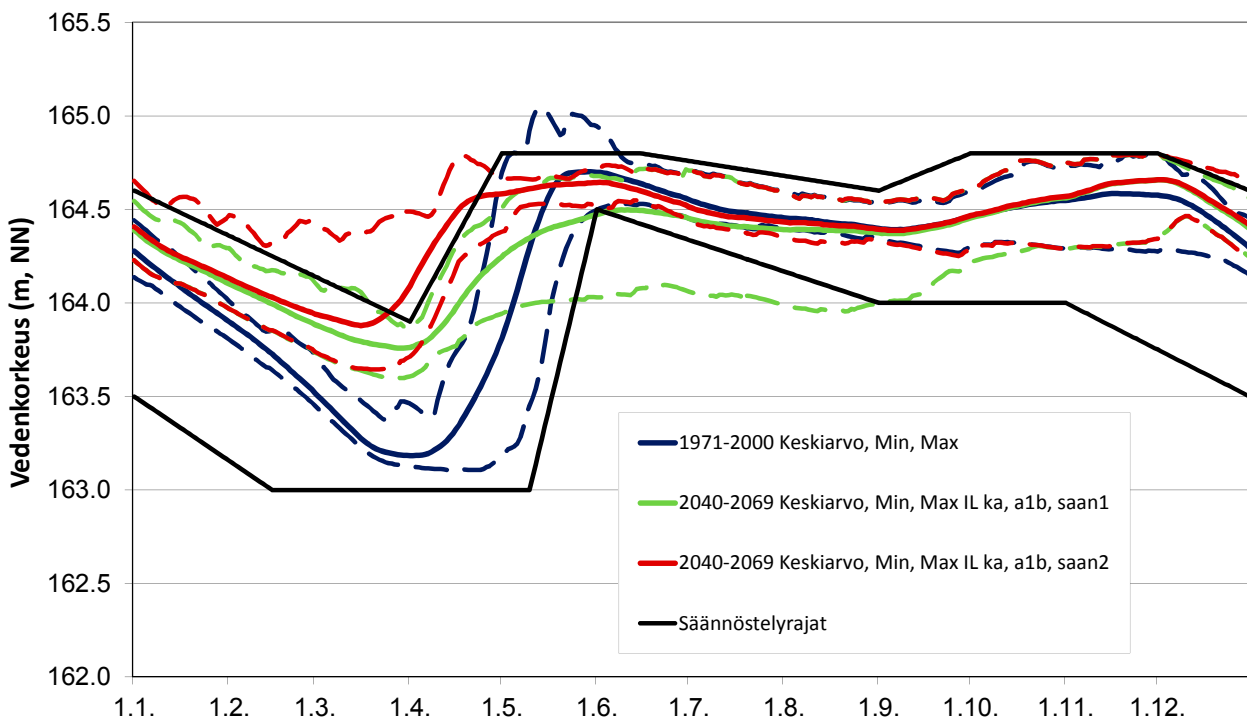
Ilmastonmuutoksen negatiivisiin vaikutuksiin Nilsin reitin säännöstelyllä järvillä voidaan pyrkiä sopeutamaan säännöstelykäytäntöjä muuttamalla. Osassa järvistä sopeutuminen vaatii lupaehtojen muuttamista, toisissa jo säännöstelykäytäntöjen muuttaminen pienentää riskiä haittaa aiheuttaviin vedenkorkeuksiin tai virtaamiin. Säännöstelyn lupaehtoja joudutaan tulevaisuudessa muokkaamaan todennäköisesti sellai-

sisä tapauksissa, joissa säännöstellylle järvelle on laadittu lupaehtoihin liian tiukka kevätkuoppa. Säännöstelykäytäntöjen muokkaaminen tulee kyseeseen yleisimmin syksyllä ja alkutalvella, jolloin suuret virtaamat voivat aiheuttaa vedenkorkeuden nousun säännöstelyrajan yläpuolelle, mikä pakottaa voimalaitokset ohjauksutuksiin.

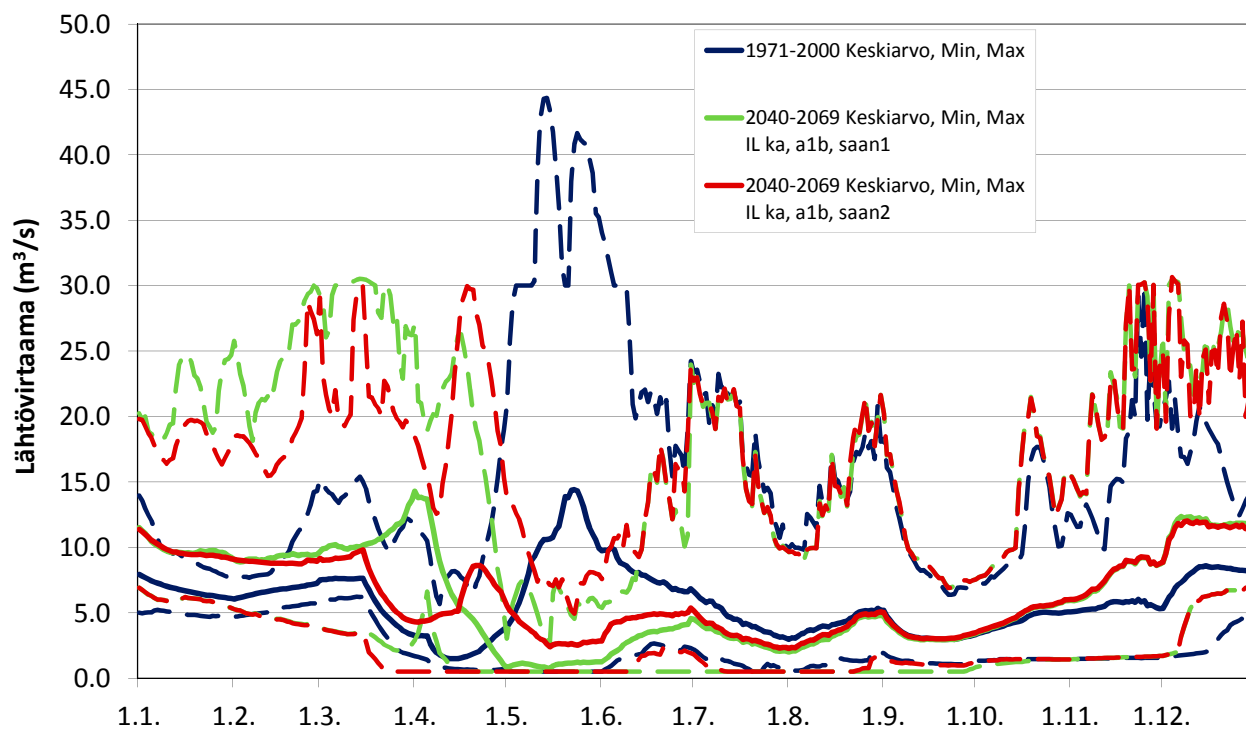
Sopeutuvan säännöstelyn vaikutuksia 19 globaalin ilmastomallin keskiarvoskenaarioiden vedenkorkeuksiin ja lähtövirtaamiin Laakajärvellä ja Vuotjärvellä jaksolla 2040-69 on esitetty kuvissa 16-19. Muiden järvien osalta vastaavat tulokset on esitetty liitteessä 3. Laakajärvellä, Kiltuanjärvellä, Haapajärvellä ja Syvärillä tulevaisuudessa ongelmia aiheuttavia kesän alimpia vedenkorkeuksia pystytään sopeutuvalla säännöstelyllä nostamaan kaikilla näillä järvilla lähemmäs referenssijakson alimpia vedenkorkeuksia, mikäli säännöstelyn lupaehdot muutettaisiin kevätkuopan osalta joustavammiksi. Ainoastaan Kiltuanjärvellä vedenkorkeus laskee sopeutuvalla säännöstelyllä joinakin vuosina loppukesästä tavoitetason alapuolelle. Ongelmaksi muodostuu myös Kiltuanjärven alapuolisen Haapajärven vedenkorkeuden pitäminen referenssijakson vedenkorkeuksia vastaavalla tasolla. Haapajärven vedenkorkeus vaikuttaa myös Nurmijoen virtaamiin, jotka tulevat vastaavasti pieneneväksi keuhvimpina kesinä.

Syksyllä ja talvella kasvavat virtaamat lisäävät todennäköisesti ohijuoksutuksia erityisesti Vuotjärven alapuolisissa voimalaitoksissa Juankoskella ja Karjalankoskella sekä mahdollisesti myös hytteestä aiheutuvia ongelmia Nurmijoella. Talven suurimpia virtaamia

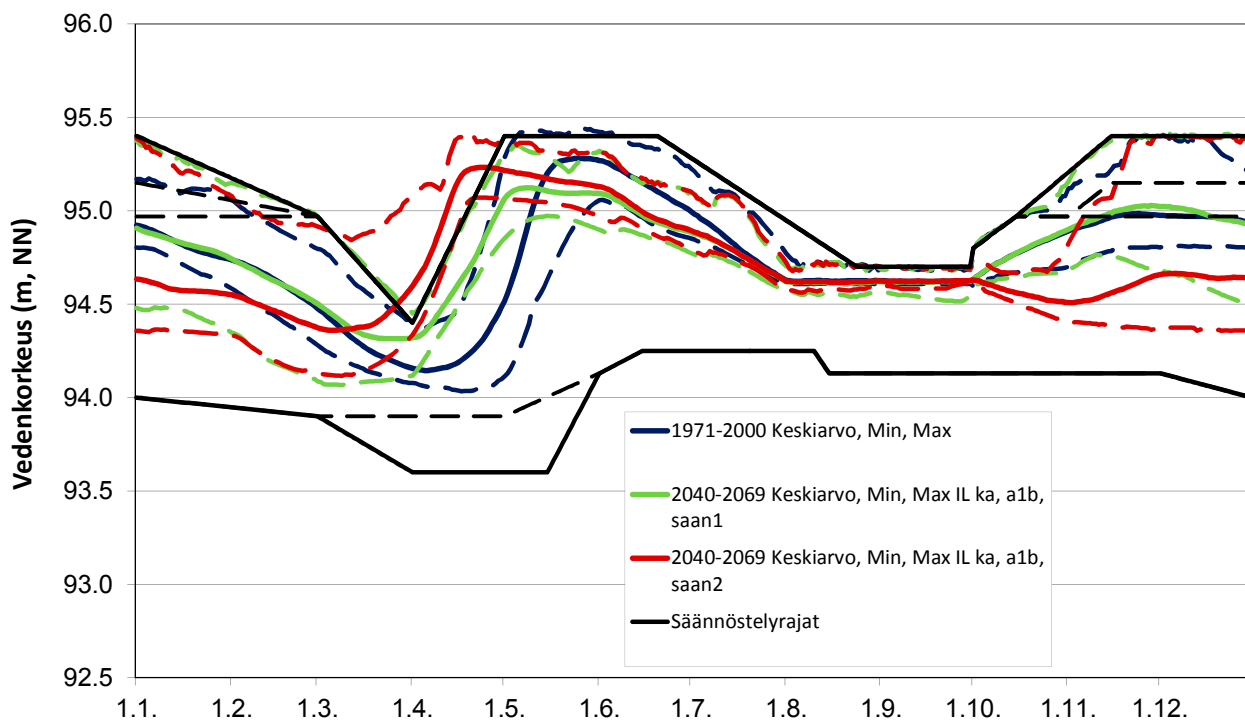
Nurmijoella pystytään pienentämään 10 % sopeutuvalla säännöstelyllä, jossa Kiltuanjärven pintaa pidetään loppuvuodesta noin 20 cm nykyistä alempana ja kevätkuoppaa loivennetaan, mikä vaatii lupaehdot muuttamista. Tästä huolimatta Nurmijoen keskivirtaama kasvaa 50 % referenssijaksosta ja suurimmat virtaamat kasvavat 80 %. Suurempi pienennys Nurmijoen virtaamiin vaatisi vedenkorkeuksien laskua loppuvuodesta myös Laakajärvellä. Vuotjärven alapuolisten voimalaitosten ohijuoksutuksia pystytään vähentämään tehokkaammin pitämällä Vuotjärven vedenkorkeus loppuvuonna nykyisin elo-syyskuussa tehtävää syyskuoppaa vastaavalla tasolla ja alentamalla vastaavasti Syvärin loppuvuoden vedenkorkeuksia, mikä toisi varastotilavuutta Syväriin ja Vuotjärven talvella kasvavia tulovirtaamia varten. Vuotjärven vedenkorkeuden pitäminen loppuvuodesta syyskuoppaa vastaavalla tasolla voi tosin aiheuttaa alhaisen vedenkorkeuden johdosta paikallisia ongelmia, mutta mikäli syys- ja talvivirtaamat kasvavat useimpien skenaarioiden mukaisesti, on säännöstelykäytäntöjen muuttamista syytä selvittää. Tämän lisäksi myös Vuotjärven ja Syvärin lupaehdot mukaisten kevätkuoppien loiventamista olisi syytä harkita, joilloin keväällä syntyvien turhien ohijuoksutusten vähentäminen helpottuisi.



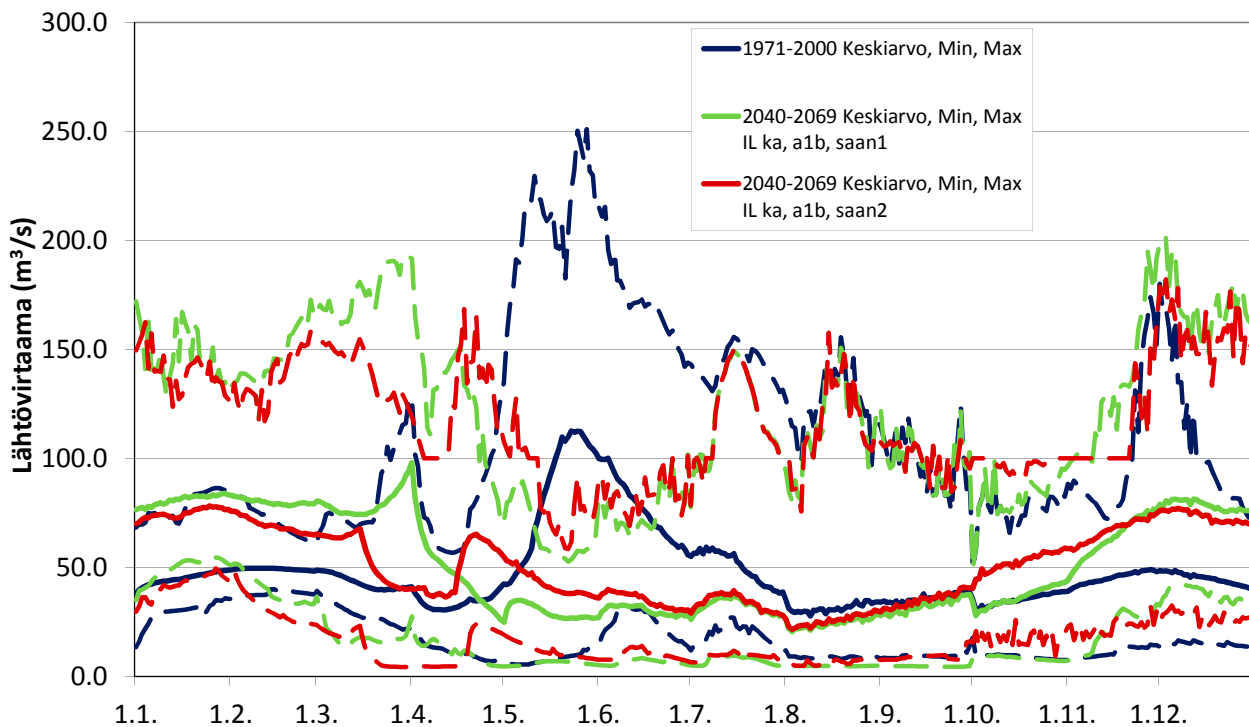
Kuva 16. Laakajärven vedenkorkeuden päivittäiset maksimi-, minimi- ja keskiarvot jaksolla 2040-69 lupaehdot mukaisella (vihreät käyrät) sopeutuvalla säännöstelyllä (punaiset käyrät) verrattuna referenssijakson 1971-2000 (siniset käyrät) arvoihin.



Kuva 17. Laakajärven lähtövirtaaman päivittäiset maksimi-, minimi- ja keskiarvot jaksolla 2040-69 lupaeh-
tojen mukaisella (vihreät käyrät) sopeutuvalla säännöstelyllä (punaiset käyrät) verrattuna referenssijakson
1971-2000 (siniset käyrät) arvoihin.



Kuva 18. Vuotjärven vedenkorkeuden päivittäiset maksimi-, minimi- ja keskiarvot jaksolla 2040-69 lupaeh-
tojen mukaisella (vihreät käyrät) sopeutuvalla säännöstelyllä (punaiset käyrät) verrattuna referenssijakson
1971-2000 (siniset käyrät) arvoihin.

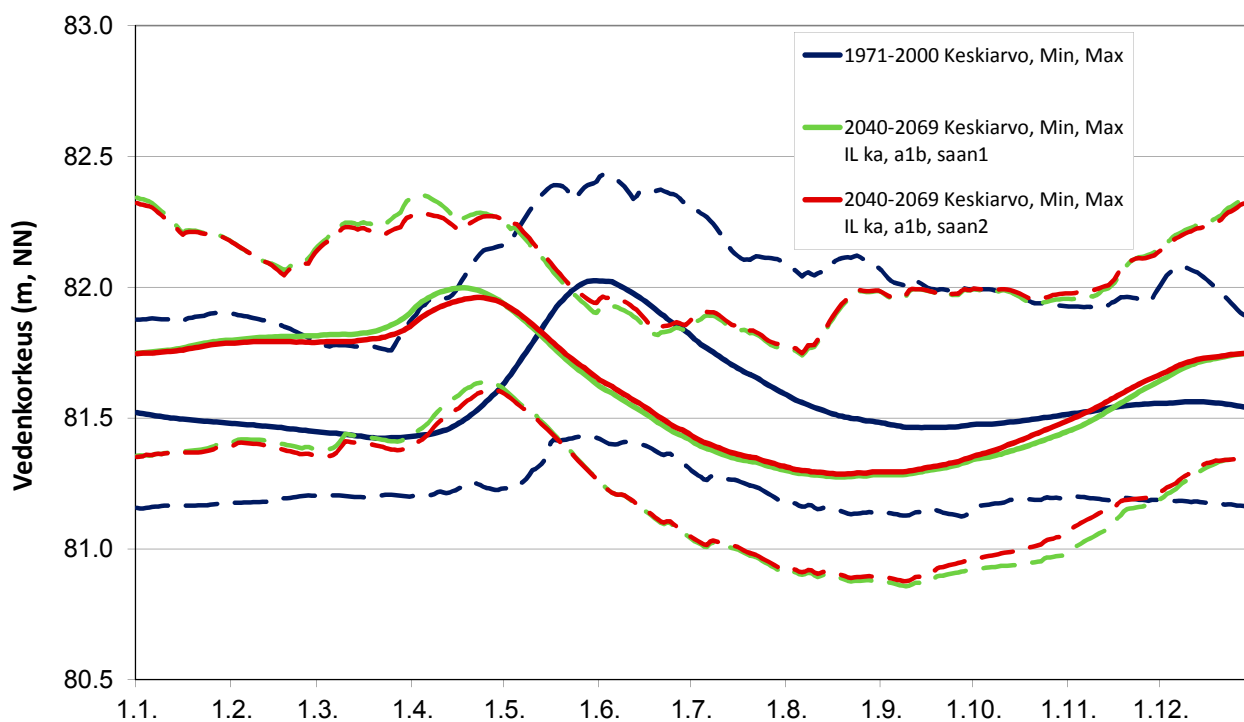


Kuva 19. Vuotjärven lähtövirtaaman päivittäiset maksimi-, minimi- ja keskiarvot jaksolla 2040-69 lupaeh-
tojen mukaisella (vihreät käyrät) sopeutuvalla säännöstelyllä (punaiset käyrät) verrattuna referenssijaks-
son 1971-2000 (siniset käyrät) arvoihin.

Vaikutukset alapuoliseen vesistöön

Nilsin reitin säännöstelykäytäntöjen muuttamisella sopeutuvan säännöstelyn kaltaiseksi on vaikutuksia alapuolisessa vesistönosassa lähinnä Kallaveden vedenkorkeuteen. Kuvassa 20 on esitetty Kallaveden vedenkorkeuden minimi, maksimi ja keskiarvot referenssijaksolla 1971-2000 (siniset käyrät) ja 19 globaalin ilmastomallin keskiskenaariolla jaksolla 2040-69 Nilsin reitin järvien lupaeh-
tojen mukaisella säännöstelyllä (vihreät käyrät) sekä sopeutuvalla säännöstelyllä (punaiset käyrät). Ilmastonmuutoksen vaikutuksesta suurimmat tulvat ajoittuvat Kallavedellä vuosisadan puolivälissä talveen ja kevääseen. Nykyiset touko-kesäkuuhun ajoittuvat lumen sulamistulvat aikaistuvat 1-2 kuukaudella. Tämän lisäksi vedenkorkeudet laskevat kesäisin huomattavasti referenssijaksoa alemmaksi.

Nilsin reitin sopeutuvalla säännöstelyllä pyritään nostamaan järvien kesän alimpia vedenkorkeuksia ja vähentämään turhan suuria juoksutuksia keväisin loiventamalla ja aikaistamalla nykyisten lupaeh-
tojen mukaisia kevätkuoppia. Tällaisilla Kallaveden yläpuolisten järvien pitkäaikaissäännöstelyyn tehtävillä muutoksilla, joilla pyritään pienentämään kevään juoksutuksia, on Kallaveden vedenkorkeutta alentava vaikutus. Samoin Nilsin reitin sopeutuva säännöstely nostaisi hieman kesän alimpia vedenkorkeuksia, mutta muutos jää Kallavedellä kuitenkin häviävän pieneksi. Suurista muutoksista ei voida puhua myöskään kevään ylimpien vedenkorkeuksien osalta, jotka pienenisivät tällä skenaariolla 2-7 cm.



Kuva 20. Kallaveden vedenkorkeuden päivittäiset maksimi-, minimi- ja keskiarvot jaksolla 2040-69 Nilsin reitin järvien lupaehtojen mukaisella (vihreät käyrät) sekä sopeutuvalla säännöstelyllä (punaiset käyrät) verrattuna referenssijaksolle 1971-2000 (siniset käyrät) arvoihin.

Vaikutusten arviointi

Yleistä

Ilmastonmuutoksen ja säännöstelytavan vaikutusten arvioimiseksi tässä selvityksessä käytetyt mittarit ja niiden selitykset on esitetty liitteessä 5. Ilmastonmuutoksen vaikutuksia on arvioitu vertaamalla skenaariojaksot 2010-39 ja 2040-69 nykyisten lupaehtojen mukaisella säännöstelytavalla referenssijaksolle 1971-2000. Sopeutuvan säännöstelytavan vaikutuksia on arvioitu vertaamalla sopeutuvaa säännöstelyä nykyisten lupaehtojen mukaiseen säännöstelyyn skenaariojaksolla 2040-69.

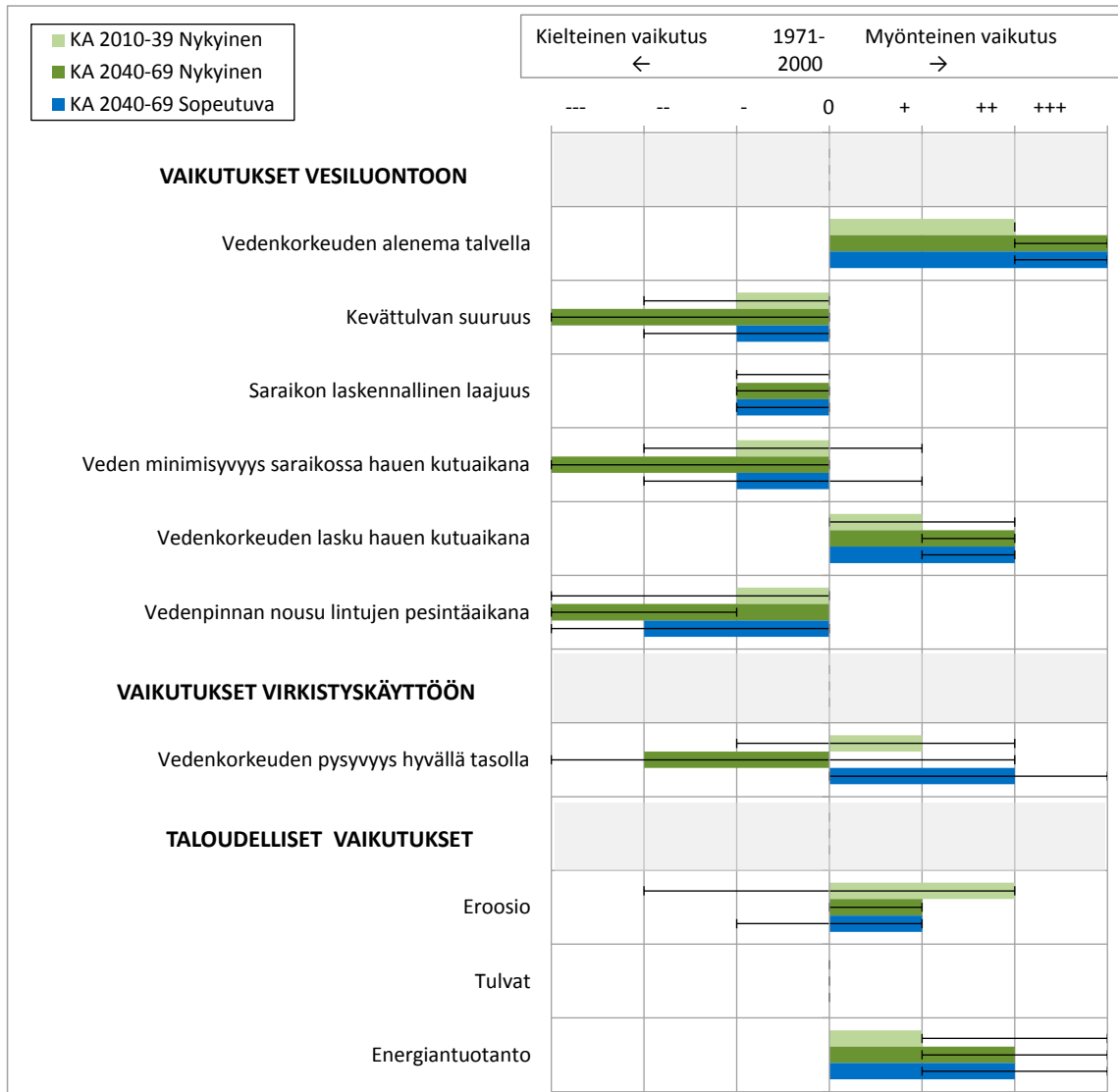
Mittareille on laskettu kunkin skenaarion päivittäisten vedenkorkeuksien ja virtaamien perusteella vuosiarvot, ja niistä vertailua varten 30 vuoden keskiarvot. Vaikutuksen suunnan ja suuruuden arvioimiseksi kunkin mittarin erotus referenssijaksolle nähden on luokiteltu seitsemänportaisen asteikon avulla. Energiantuotannossa on käytetty prosentuaalista muutosta. Luokitellut vaikutukset mittarikohtaisesti on esitetty Laakajärvelle ja Vuotjärvelle kuvissa 21 - 22 ja muille järville liitteessä 6. Kuvissa 23-24 on samojen luoki-

teltujen muutosten prosentuaaliset osuudet siten, että mittarit on ryhmitelty vaikutustyyppittäin kolmeen ryhmään ja ryhmissä on mukana kaikki neljä skenaariota (keskiarvo, kylmä, lämmin ja märkä). Vastaavat kuvat muille järville on esitetty liitteessä 6, jossa on kaikille järville myös luokitellut muutokset taulukkona. Teräväräjäläisluokittelun vaarana on, että pienikin muutos saattaa näyttää suurelta, jos se osuu luokkarajalle ja toisaalta hieman suurempikin muutos voi jäädä huomaamatta, jos arvot jäävät saman luokan sisälle. Mittareiden luokittelemattomia vuosikeskiarvoja kaikilla jaksoilla ja säännöstelytavoilla on esitetty erillisissä kuvissa. Näissä kuvissa on esitetty rinnakkain kaikki järvet, mutta kaikki mittarit eivät välttämättä ole vertailukelpoisia eri järvien välillä. Koko jaksolle keskiarvojen vertailun lisäksi joidenkin mittareiden vuosittaisien arvojen jakaumia on esitetty järviakohtaisesti liitteessä 7.

Korpisella näiden laskentatulosten perusteella ilmastonmuutoksen ja sopeutuvan säännöstelyn vaikutuksia ei ole mahdollista eritellä samalla tavalla

kuin muiden järvien kohdalla. Muista järvistä poiketen Korpisen säännöstelyluvassa ei ole pakollista kevätkuoppaa, joten nykysäännöstelykin mahdollistaa paremmin ilmastomuutokseen sopeutumisen. Sopeutuvassa säännöstelytavassa taas yläpuolisten järvien sopeutuva säännöstely vaikuttaa Korpisella joihinkin mittareihin käänteisesti. Erityisesti kevätkuoppa syvenee ja myöhentyy sopeutuvalla säännöstelyllä, kun

muilla järvillä kevätkuoppaa aikaistetaan. Myös kevätulvan nousu pitkittyy sopeutuvassa säännöstelyssä, mikä huonontaa osaa mittareista. Nämä ovat kuitenkin laskentamallista johtuvia ongelmia ja käytännössä Korpiselle on todennäköisesti mahdollista muodostaa nykyisen säännöstelyluvassa sopiva säännöstelykäytäntö tulevaisuuden ilmasto ja muiden järvien säännöstely huomioon ottaen.

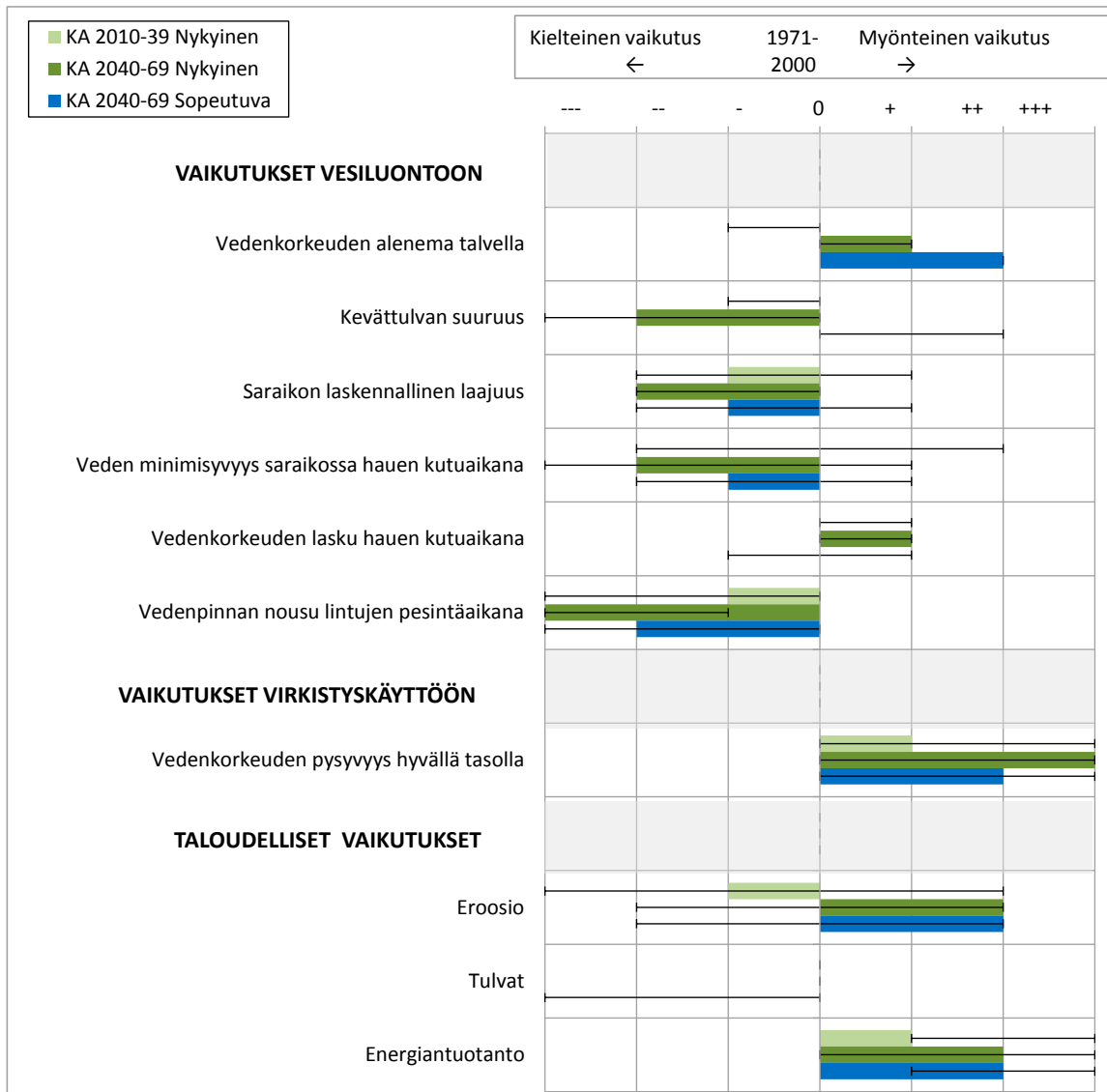


Kuva 21. Laakajärven mittareiden luokiteltu muutos referenssijakssoon 1971-2000 verrattuna keskiarvoskenaarioilla

- 2010-39 nykyisten lupaehtojen mukainen säännöstelytapa (vaaleanvihreä)
- 2040-69 nykyisten lupaehtojen mukainen säännöstelytapa (tummanvihreä)
- 2040-69 sopeutuva säännöstelytapa (sininen)

Arviointiasteikko: --- = suuri kielteinen vaikutus, -- = melko suuri kielteinen vaikutus, - = vähäinen kielteinen vaikutus, 0 = ei vaikutusta, + = vähäinen myönteinen vaikutus, ++ = melko suuri myönteinen vaikutus, +++ = suuri myönteinen vaikutus.

Virhepalkit kuvaavat eri skenaarioiden (keskiarvo, kylmä, lämmin, märkä) välistä vaihtelua.

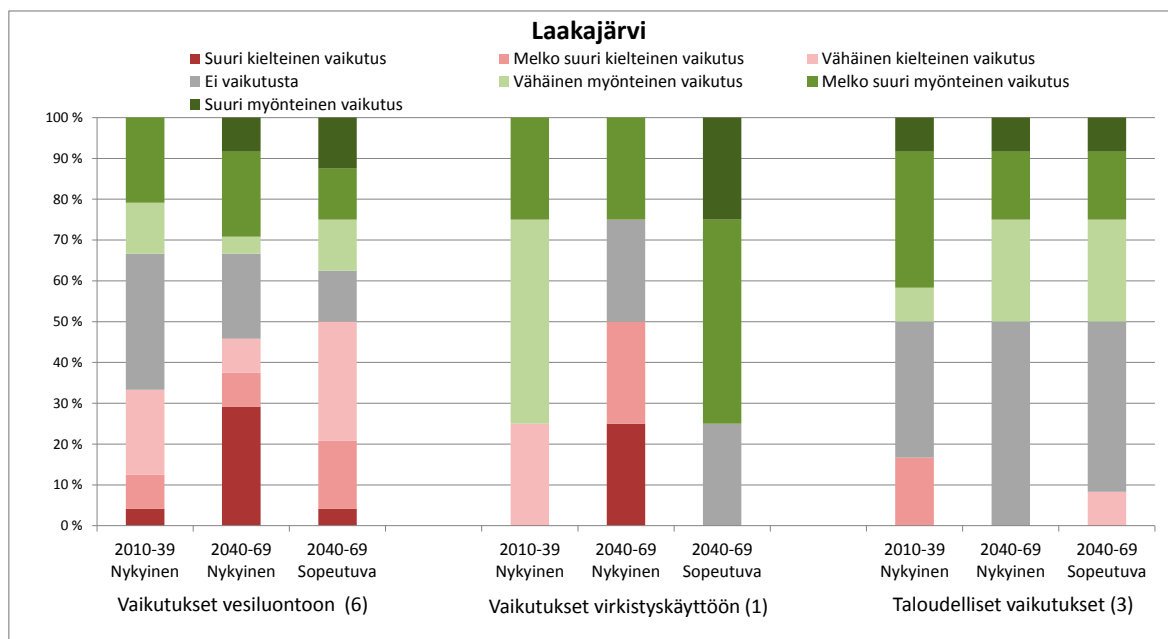


Kuva 22. Vuotjärven mittareiden luokiteltu muutos referenssijakssoon 1971-2000 verrattuna keskiarvoskenaarioilla

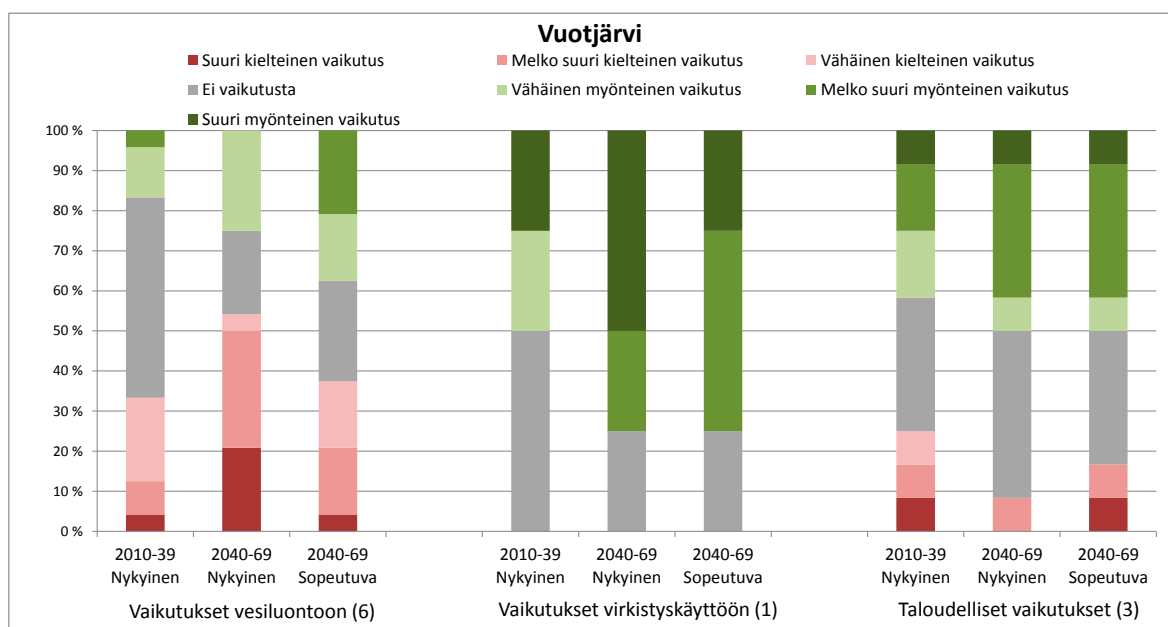
- 2010-39 nykyisten lupaehtojen mukainen säännöstelytapa (vaaleanvihreä)
- 2040-69 nykyisten lupaehtojen mukainen säännöstelytapa (tummanvihreä)
- 2040-69 sopeutuva säännöstelytapa (sininen)

Arviointiasteikko: --- = suuri kielteinen vaikutus, -- = melko suuri kielteinen vaikutus, - = vähäinen kielteinen vaikutus, 0 = ei vaikutusta, + = vähäinen myönteinen vaikutus, ++ = melko suuri myönteinen vaikutus, +++ = suuri myönteinen vaikutus.

Virhepalkit kuvaavat eri skenaarioiden (keskiarvo, kylmä, lämmin, märkä) välistä vaihtelua.



Kuva 23. Laakajärvi. Mittareiden muutosten (verrattuna referenssijaksoon 1971-2000) prosenttiosuudet vaikutustyypeittäin eri jaksoilla ja säännöstelytavoilla. Mukana on neljä ilmastonmuutoskkenaariota (keskiarvo, kylmä, lämmin ja märkä). Mittareiden lukumäärä on sulkeissa vaikutustyyppin perässä.



Kuva 24. Vuotjärvi. Mittareiden muutosten (verrattuna referenssijaksoon 1971-2000) prosenttiosuudet vaikutustyypeittäin eri jaksoilla ja säännöstelytavoilla. Mukana on neljä ilmastonmuutoskkenaariota (keskiarvo, kylmä, lämmin ja märkä). Mittareiden lukumäärä on sulkeissa vaikutustyyppin perässä.

Vaikutukset vesiluontoon

Kuuden lasketun luontomittarin arvoja on esitetty kuvissa 25-30. Niiden perusteella ilmastoskenaariot vaikuttavat pääsääntöisesti myönteisesti kahteen tarkasteltuun luontomittariin ja kielteisesti neljään. Myönteisiä vaikutuksia ovat vedenkorkeuden talvialemän pieneneminen ja hauen kutuaikana tapahtuvan vedenkorkeuden laskun pieneneminen. Kielteisiä vaikutuksia ovat yleensä kevättulvien pieneneminen, saraikon laskennallisen laajuuden pieneneminen, veden minimisyvyyden pieneneminen hauen kutuaikana ja vedenpinnan nousun lisääntyminen lintujen pesintäaikana. Useimmissa tapauksissa sopeutuva säännöstely jaksolla 2040-69 parantaa tilannetta vesiluonton kannalta.

Laakajärvellä tapahtuu jakson 2040-69 keskiskenaariossa suuri kielteinen muutos kevättulvan suuruuteen (kevättulva pienenee), veden minimisyvyyteen hauen kutuaikana ja vedenpinnan nousuun lintujen pesintäaikana. Kielteiset vaikutukset jakson 2010-39 skenaariossa ovat melko pieniä. Sopeutuva säännöstely jaksolla 2040-69 joko parantaa tai pitää tilannetta suunnilleen ennallaan kaikilla mittareilla.

Myös Kiltuanjärvellä ilmastomuutoksella on jakson 2040-69 keskiskenaarion mukaan suuri kielteinen vaikutus kevättulvan suuruuteen, veden minimisyvyyteen hauen kutuaikana ja vedenpinnan nousuun lintujen pesintäaikana. Melko suuria kielteisiä vaikutuksia esiintyy jo jakson 2010-39 skenaariossa kolmella mittarilla. Sopeutuva säännöstely jaksolla 2040-69 joko parantaa tai pitää tilannetta ennallaan lähes kaikilla luontomittareilla. Poikkeuksena tästä on vedenkorkeuden lasku hauen kutuaikana, joka suurenee sopeutuvalla säännöstelyllä huonontamatta tilannetta kuitenkaan jaksoon 1971-2000 nähden.

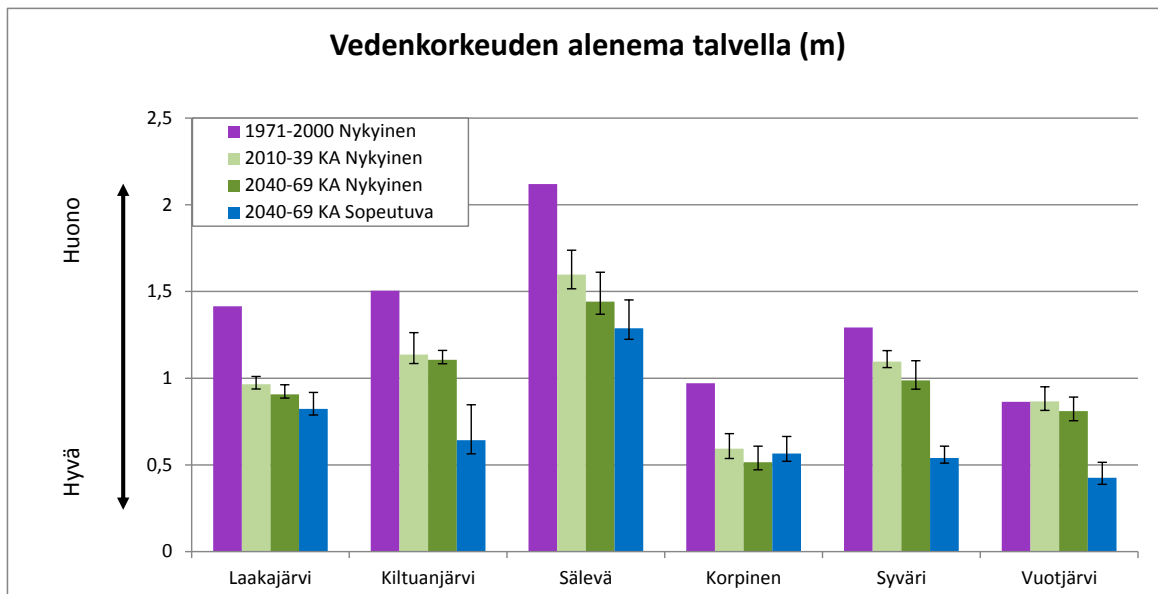
Myös Sälevällä ilmastoskenaariolla on jaksolla 2040-69 suuri kielteinen vaikutus kevättulvan suuruuteen, veden minimisyvyyteen hauen kutuaikana ja

vedenpinnan nousuun lintujen pesintäaikana. Melko suuria kielteisiä vaikutuksia esiintyy jaksolla 2010-39 yhdellä mittarilla. Saraikon laskennalliseen laajuuteen on muista järivistä poiketen myönteinen vaikutus jaksolla 2040-69. Sopeutuva säännöstely jaksolla 2040-69 huonontaa hieman kahta mittaria, huonontamatta niitä kuitenkaan merkittävästi jaksoon 1971-2000 nähden. Muiden luontomittareiden arvoa sopeutuva säännöstely parantaa - myös vedenpinnan nousua lintujen pesintäaikana, vaikka luokittelun mukaan kielteinen vaikutus on edelleen suuri.

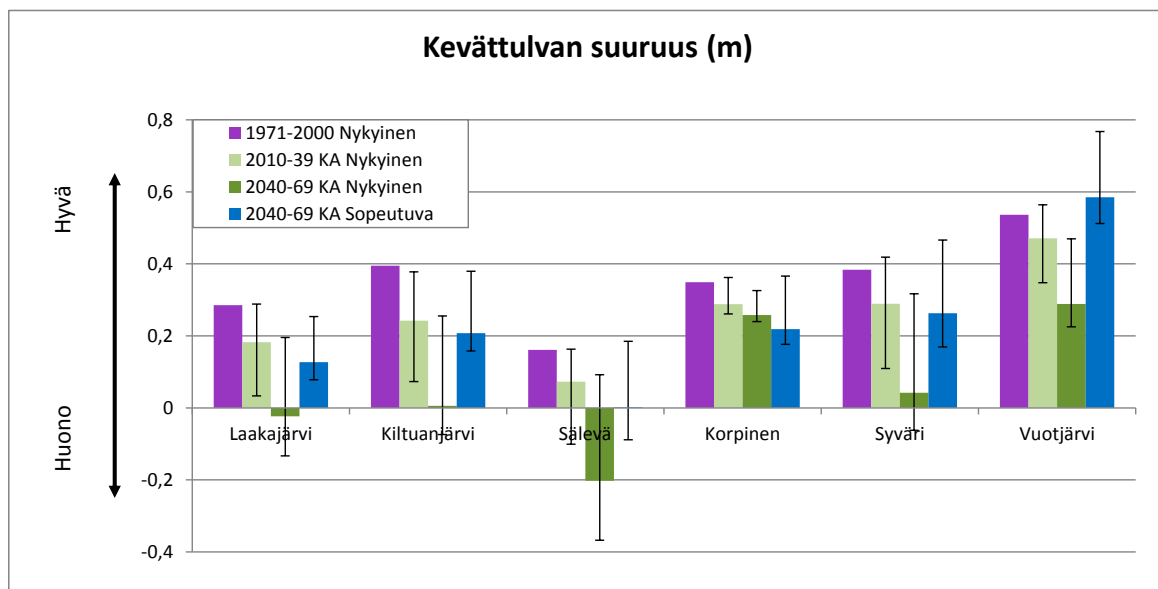
Korpisella ilmastomuutoksen vaikutukset skenaarioiden mukaan ovat melko lieviä. Sopeutuva säännöstely kuitenkin huonontaa tilannetta jaksolla 2040-69 neljällä mittarilla mitattuna. Linnustoon on jaksolla 2040-69 suuri kielteinen vaikutus jaksoon 1971-2000 verrattuna. Korpisen säännöstelyluvassa ei ole pakollista kevätkuoppaa, joten sopeutuminen on mahdollista jo nyky säännöstelylläkin eikä sopeutuva säännöstely siksi paranna tilannetta.

Syvillä tapahtuu jakson 2040-69 keskiskenaariossa suuri kielteinen muutos kolmella luontomittarilla arvioituna. Jaksolla 2010-39 kielteiset vaikutukset ovat enintään vähäisiä. Sopeutuva säännöstely parantaa tilannetta kaikilla muilla mittareilla paitsi vedenkorkeuden lasku hauen kutuaikana, mutta silläkin muutos pysyy edelleen positiivisena jaksoon 1971-2000 verrattuna.

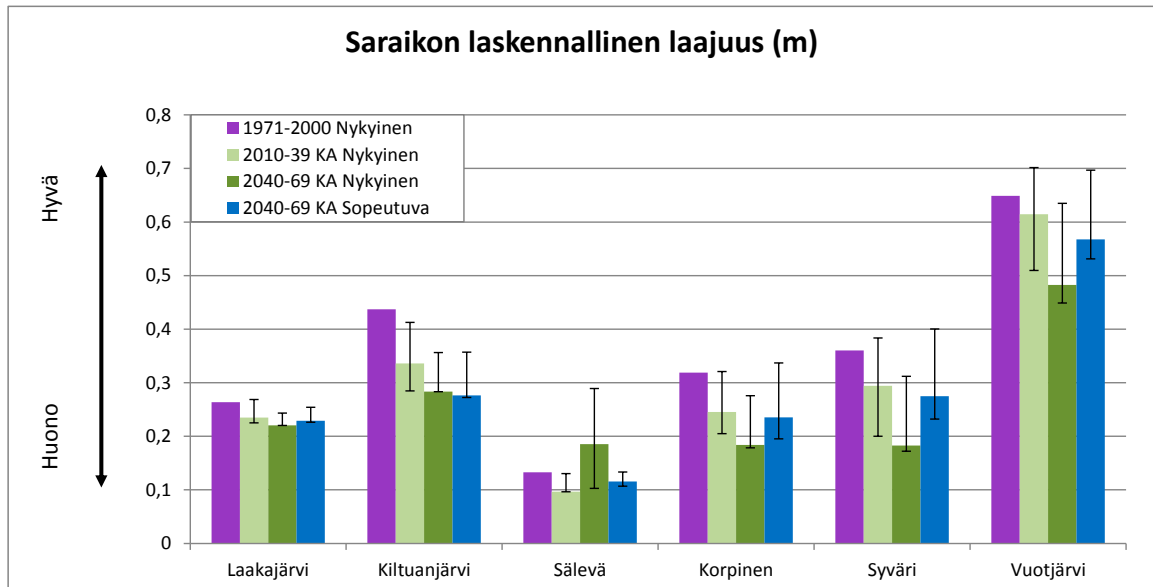
Vuotjärvellä ilmastomuutoksella on jakson 2040-69 keskiskenaarion mukaan suuri kielteinen vaikutus yhdellä luontomittarilla ja melko suuri kolmella mittarilla arvioituna. Jaksolla 2010-39 kielteiset vaikutukset ovat enintään vähäisiä. Sopeutuva säännöstely parantaa tilannetta kaikilla muilla mittareilla paitsi vedenkorkeuden lasku hauen kutuaikana, mutta silläkin tilanne huononee jaksoon 1971-2000 verrattuna ainoastaan kylmässä skenaariossa.



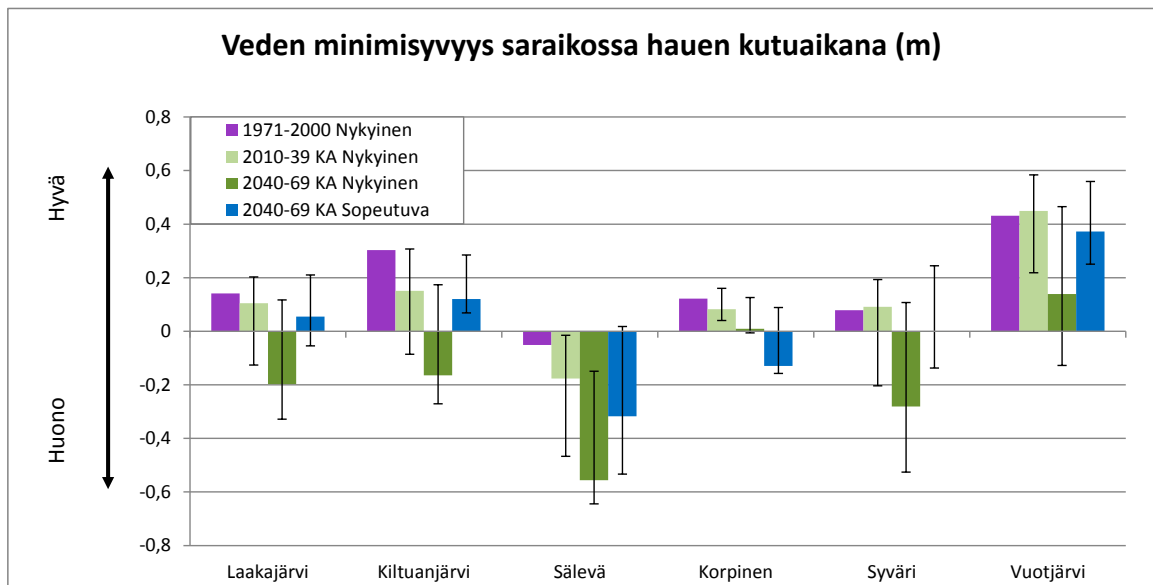
Kuva 25. Vedenkorkeuden alenema talvella eri järvillä referenssijaksolla ja keskiarvoskenaariolla, jaksolla 2010-39 nykykäytännöllä säännösteltynä ja jaksolla 2040-69 nykykäytännöllä ja sopeutuvalla käytännöllä säännösteltynä. Virhepalkit kuvaavat ääriskenaarioiden välistä vaihtelua.



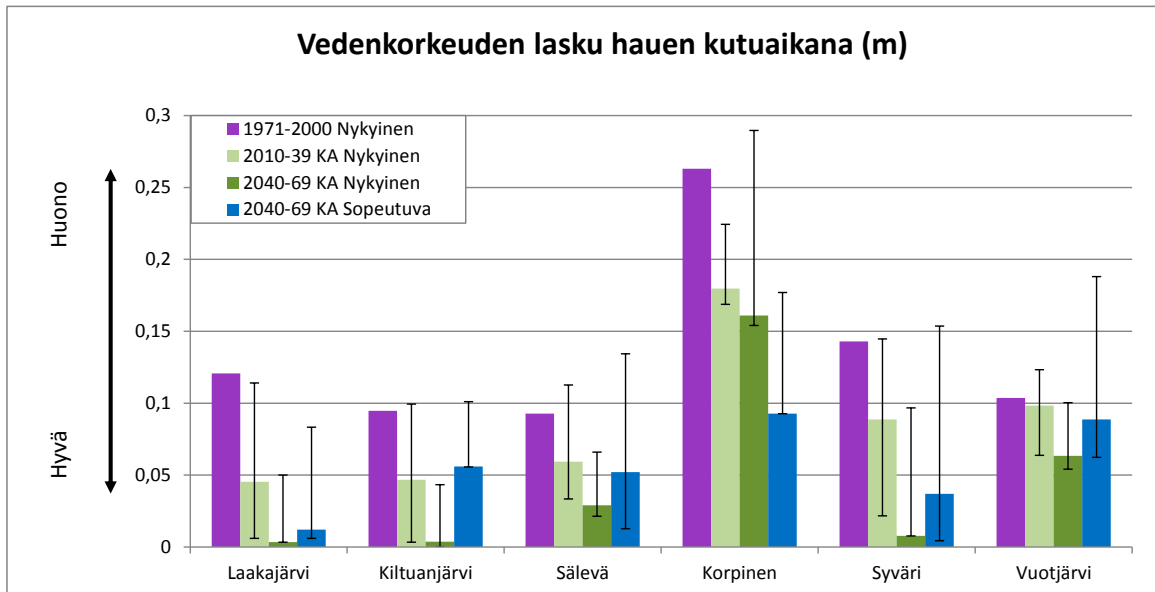
Kuva 26. Kevättulvan suuruus eri järvillä referenssijaksolla ja keskiarvoskenaariolla, jaksolla 2010-39 nykykäytännöllä säännösteltynä ja jaksolla 2040-69 nykykäytännöllä ja sopeutuvalla käytännöllä säännösteltynä. Virhepalkit kuvaavat ääriskenaarioiden välistä vaihtelua.



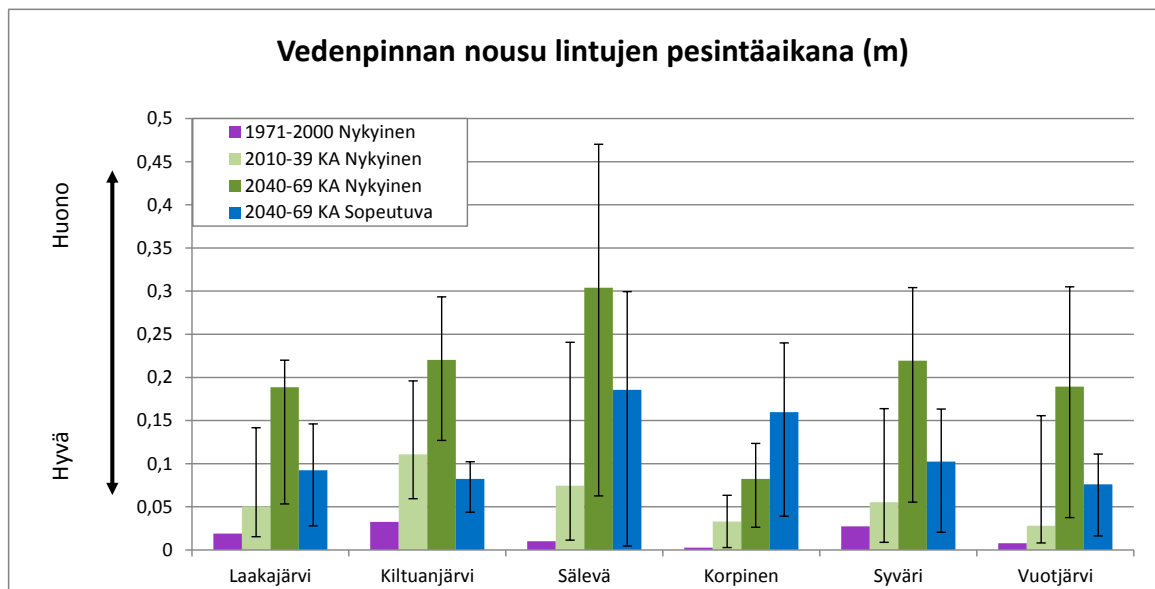
Kuva 27. Saraikon laskennallinen laajuus eri järvillä referenssijaksolla ja keskiarvoskenaariolla, jaksolla 2010-39 nykykäytännöllä säännösteltynä ja jaksolla 2040-69 nykykäytännöllä ja sopeutuvalla käytännöllä säännösteltynä. Virhepalkit kuvaavat ääriskenaarioiden välistä vaihtelua.



Kuva 28. Veden minimisyvyys saraikossa hauen kutuaikana eri järvillä referenssijaksolla ja keskiarvoskenaariolla, jaksolla 2010-39 nykykäytännöllä säännösteltynä ja jaksolla 2040-69 nykykäytännöllä ja sopeutuvalla käytännöllä säännösteltynä. Virhepalkit kuvaavat ääriskenaarioiden välistä vaihtelua.



Kuva 29. Vedenkorkeuden lasku hauen kutuaikana eri järvillä referenssijaksolla ja keskiarvoskenaarioilla, jaksolla 2010-39 nykikäytännöllä säännösteltynä ja jaksolla 2040-69 nykikäytännöllä ja sopeutuvalla käytännöllä säännösteltynä. Virhepalkit kuvaavat ääriskenaarioiden välistä vaihtelua.

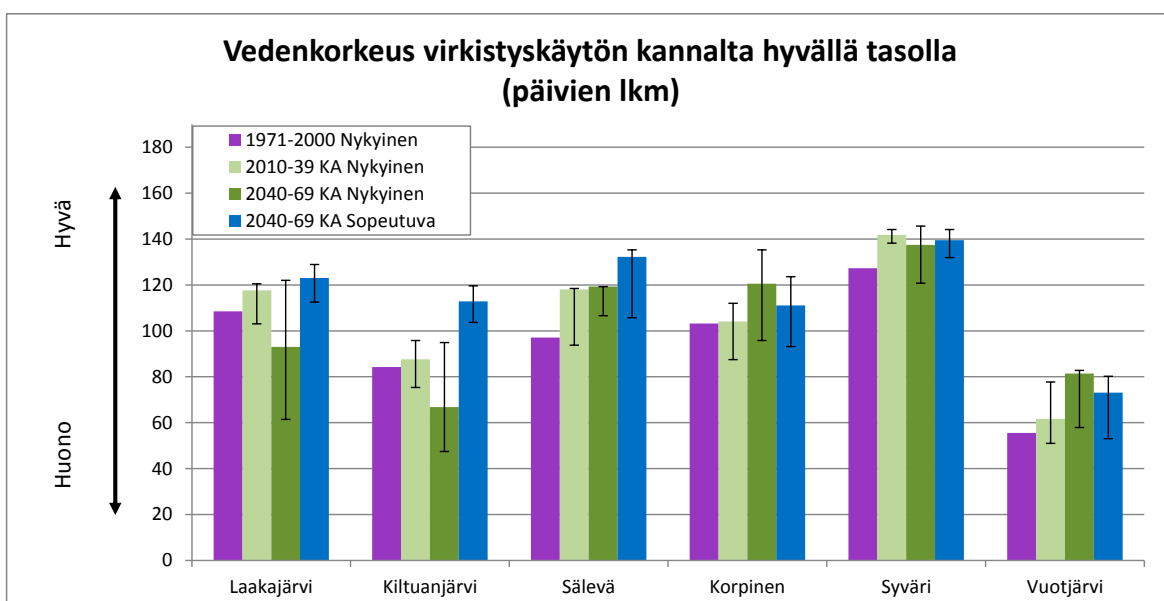


Kuva 30. Vedenpinnan nousu lintujen pesintäaika eri järvillä referenssijaksolla ja keskiarvoskenaarioilla, jaksolla 2010-39 nykikäytännöllä säännösteltynä ja jaksolla 2040-69 nykikäytännöllä ja sopeutuvalla käytännöllä säännösteltynä. Virhepalkit kuvaavat ääriskenaarioiden välistä vaihtelua.

Vaikutukset virkistyskäyttöön

Virkistyskäyttömittari on laskettu kaudella touko-syyskuu esiintyvien sellaisten päivien lukumääränä, jolloin vedenkorkeus on virkistyskäytön kannalta hyvällä vyöhykkeellä. Vyöhykkeen rajat perustuvat siihen, mistä vedenkorkeuksista on käytännössä koettu haittaa ja ne on esitetty liitteessä 5. Virkistyskäytön kannalta hyvien päivien keskimääräinen lukumäärä vuodessa on esitetty kuvassa 31. Keskiarvoskenaariossa virkistyskäytölle hyvät vedenkorkeudet pääsääntöisesti

lisääntyvät, mutta Laakajärvellä ja Kiltuanjärvellä vähenevät myöhemmällä jaksolla alkukesän vedenkorkeuksien alentuessa. Kylmässä skenaariossa tilanne on näillä järvillä keskiskenaariota parempi ja lämpimässä skenaariossa huonompi. Sopeutuva säännötely parantaa tilannetta muilla järvillä paitsi Korpisella ja Vuotjärvellä, mutta niilläkin tilanne on edelleen parempi kuin jaksolla 1971-2000.



Kuva 31. Päivien lukumäärä virkistyskäyttökaudella 1.5.-30.9., jolloin vedenkorkeus on virkistyskäytön kannalta hyvällä tasolla, 30 vuoden keskiarvo. Referenssijakso ja keskiarvoskenaario, jaksolla 2010-39 nykykäytännöllä säännösteltynä ja jaksolla 2040-69 nykykäytännöllä ja sopeutuvalla käytännöllä säännösteltynä. Virhepalkit kuvaavat ääriskenaarioiden välisiä vaihtelua.

Vaikutukset tulviin

Tulvavahinkojen arviointiin on käytettävissä vahinkotaulukko ainoastaan Syvärieltä, jossa kuitenkin ei esiinny tulvavedenkorkeuksia millään simuloidulla jaksolla. Vaikutuksia tulviin järvillä on arvioitu laskemalla, kuinka paljon oletettu tulvaraja enimmillään ylittyy kunakin vuonna, ja tästä on laskettu 30 vuoden keskiarvo. Tulvarajan on oletettu olevan 5 cm säännöstelyn ylimmän ylärajan yläpuolella. Laakajärvellä ja Kiltuanjärvellä säännöstelylupa mahdollistaa ylärajan tilapäisen ylityksen, joten siellä tulvaraja on oletettu hieman korkeammaksi eli 5 cm yli korkeimman havaitun ve-

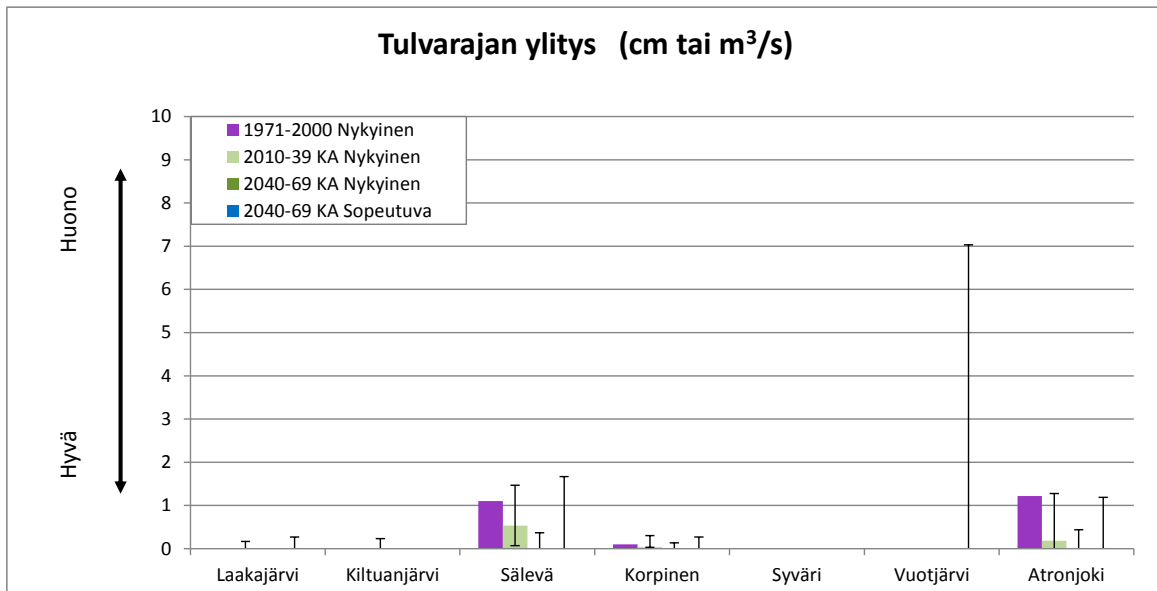
denkorkeuden. Käytetyt tulvarajat on esitetty liitteessä 5. Mittari on vain suuntaa-antava, sillä se olettaa samanarvoiseksi esim. 5 cm ylityksen yhtenä vuotena kuin 1 cm ylityksen viitenä vuotena.

Atronjoen ns. kuivassa uomassa ohijuoksutukset ovat aiheuttaneet maatalousvahinkoja, kun ohijuoksutus on noussut yli kriittisen arvon 22-25 m³/s. Atronjoen tulvamittari on laskettu kriittisen arvon ylittävien virtaamien vuosittaisten maksimien keskiarvona.

Tulvarajan ylitykset tarkastelluilla järvillä ovat kaiken kaikkiaan hyvin vähäisiä (kuva 32). Sälevällä ja

Korpisella vedenkorkeus nousee tulvarajan yläpuolelle harvoina vuosina ja lasketuissa keskiskenaarioissa kevättulvat pienenevät. Jakson 2040-69 keskiarvoskenaariossa kummallakaan säännöstelytavalla tulvakorkeuksia ei näillä järvillä esiinny enää lainkaan. Kylmässä skenaariossa sopeutuva säännöstely hiukan lisää tulvia. Laakajärvellä ja Kiltuanjärvellä on vain harvoja tulvarajan ylityksiä joissakin ääriskenaarioissa. Vuotjärvellä tulvaraja ylittyy ainoastaan kylmässä skenaariossa sopeutuvalla säännöstelyllä jaksolla 2040-69. Vahingollisia tulvia ei ole järvillä viime vuosina esiintynyt, eikä tämän tarkastelun perusteella ilmastonmuutos ainakaan lisää niiden riskiä.

Atronjoella ilmastoskenaarioiden vaikutus on samansuuntainen kuin järvillä. Tulvavahinkoja ei esiinny enää jaksolla 2040-69 muissa paitsi kylmässä skenaariossa, jossa sopeutuva säännöstely vielä lisää tulvavahinkoa. Sopeutuvan säännöstelyn huonous kylmässä skenaariossa johtunee siitä, että laskennallista säännöstelyohjetta ei ole suunniteltu ottamaan riittävästi huomioon runsaslumisia talvia ja suurta kevättulvaa. Käytännössä tällaisiin tilanteisiin olisi mahdollista varautua paremmin.

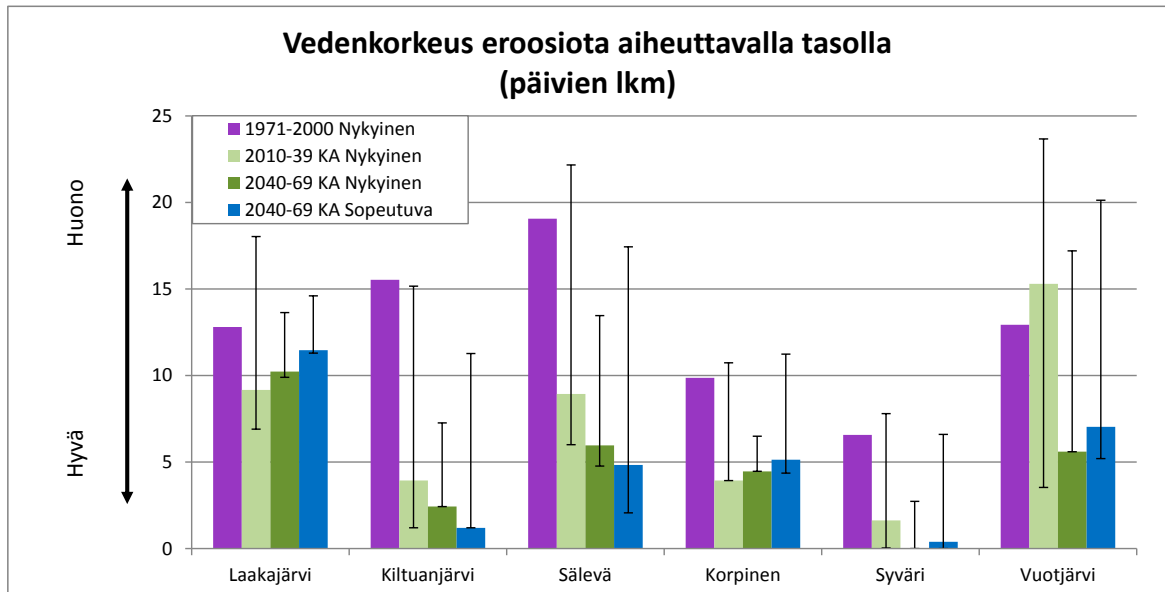


Kuva 32. Tulvarajan vuosittainen maksimiylitys, 30 vuoden keskiarvo. Referenssijakso ja keskiarvoskenaario, jaksolla 2010-39 nykykäytännöllä säännösteltynä ja jaksolla 2040-69 nykykäytännöllä ja sopeutuvalla käytännöllä säännösteltynä. Virhepalkit kuvaavat ääriskenaarioiden välistä vaihtelua.

Vaikutukset eroosioon

Vaikutusta eroosioon on arvioitu laskemalla päivien lukumäärä avovesikaudella, jolloin vedenkorkeus ylittää tason, joka on pääsääntöisesti noin 10 cm säännöstelyn ylimmän ylärajan alapuolella. Keskiskenaarioilla on tämän perusteella pääasiassa myönteinen eli eroosiota vähentävä vaikutus, mutta ääriskenaarioilla tulos vaihtelee (kuva 33). Laakajärvellä, Korpisella,

Vuotjärvellä ja Syvärillä sopeutuva säännöstely hieman lisää eroosiota alkukesän korkeampien vedenkorkeuksien vaikutuksesta. Kiltuanjärvellä ja Sälevällä vaikutus on päinvastainen, koska puolestaan syksyllä eroosiota aiheuttavia vedenkorkeuksia on sopeutuvalla säännöstelyllä vähemmän.



Kuva 33. Päivien lukumäärä avovesikaudella, jolloin vedenkorkeus on mahdollisesti eroosiota aiheuttavalla tasolla, 30 vuoden keskiarvo. Referenssijakso ja keskiarvoskenaario, jaksolla 2010-39 nykykäytännöllä säännösteltynä ja jaksolla 2040-69 nykykäytännöllä ja sopeutuvalla käytännöllä säännösteltynä. Virhepalkit kuvaavat ääriskenaarioiden välistä vaihtelua.

Vaikutukset hyyteen muodostumiseen

Hyytöongelmia on ilmennyt Sälevän voimalaitoksen yläpuolisella koskireitillä. Hyydettä on muodostunut Nurmijoella Saarikoskessa ja Aittokoskessa. Hyyteen riskiä eri skenaarioissa on arvioitu laskemalla päivien lukumäärä, jolloin tietyt hyyderiskin ehdot täyttyvät. Kynnysarvona Haapajärven menovirtaamalle on vähintään 10 m³/s ja lämpötilalle enintään -15 °C edeltävän viikon keskiarvona. Hyydemittarin arvojen muutokset referenssijaksoon verrattuna on esitetty Kiltuanjärven tulosten yhteydessä liitteessä 6. Hyyderiskipäivien määrä kasvaa jaksolla 2010-39 talvivirtaamien kasvaessa, mutta vähenee referenssijaksoakin pienemmäksi jaksolla 2040-69, kun kovien pakkasten esiintyminen vähenee. Sopeutuvalla säännöstelyllä ei ole vaikutusta jakson 2040-69 keskiarvoskenaariossa. Kylmässä skenaariossa sopeutuva säännöstely hieman pienentää hyyderiskiä ja lämpimässä skenaariossa suurentaa.

Vaikutukset energiantuotantoon

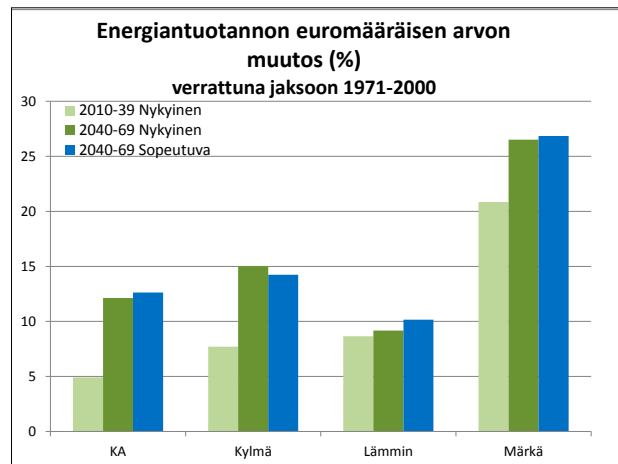
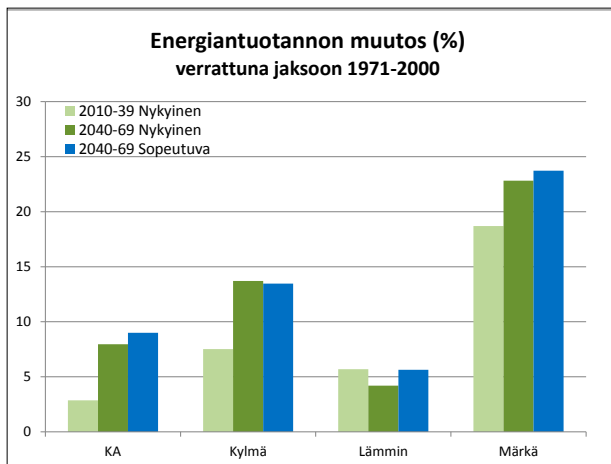
Ilmastonmuutosskenaarioiden ja säännöstelyvaihtoehtojen vaikutusta vesivoiman tuotantoon on arvioitu neljällä voimalaitoksella: Kiltua, Sälevä, Atro ja Karjalankoski. Kunkin voimalaitoksen tuottama päivittäinen energian määrä on laskettu virtaamien, rakennusvirtaamien ja tehokäyrien perusteella. Laskentaa on yksinkertaistettu olettamalla putouskorkeus vakioksi. Putouskorkeudella on todellisuudessa vaikutusta laitojen tehoon, joten putouskorkeuden muutosta on erikseen arvioitu järvien keskivedenkorkeuksien perusteella. Energiantuotannon euromääräinen arvo on laskettu käyttämällä NordPoolin toteutuneiden sähkön kuukausihintojen keskiarvoja vuosijaksolta 2000-2012.

Neljän voimalaitoksen yhteenlasketun energiantuotannon määrän sekä energian euromääräisen arvon prosentuaalinen muutos jaksoon 1971-2000 nähden on esitetty kuvassa 34. Energiantuotannon luokiteltu

muutos voimalaitoksilla yksittäin on lisäksi esitetty järvi-kohtaisissa kuvissa (kuvat 21-22 ja liite 6). Energiantuotanto lisääntyy kaikilla voimalaitoksilla kaikissa skenaarioissa, koska keskivirtaamat kasvavat. Nykyisellä luvanmukaisella säännöstelytavalla keskiarvoskenaariossa kasvu jaksolla 2010-39 on noin 3 % ja jaksolla 2040-69 noin 8 %. Märässä skenaariossa kasvu on merkittävästi suurempi, jaksolla 2040-69 noin 23 %. Euromääräisessä energian arvossa prosentuaaliset muutokset ovat suurempia, mikäli hintojen vuosivaihtelun oletetaan pysyvän nykyisellään. Laskelmissa ei ole otettu huomioon voimalaitosten putouskorkeuksien muuttumisesta. Ilmastonmuutoskkenaarioissa useiden järvien keskivedenkorkeudet nousevat, mikä suurentaa putouskorkeuksia ainakin joillakin voimalaitoksilla. Siten energiantuotanto lisääntyi todennäköisesti hieman esitettyä enemmän.

Sopeutuvan säännöstelyn vaikutus vesivoiman tuotantoon on pieni siihen verrattuna, minkä verran

ilmastonmuutos lisää vesivoiman tuotantoa lisääntyvien vesimäärien vuoksi. Vaikutuksen suunta vaihtelee eri voimalaitoksilla riippuen mm. voimalaitoksen rakennusvirtaamasta suhteessa virtaamiin ja tehokäyrän muodosta. Jaksolla 2040-69 tehdyssä tarkastelussa kokonaisenergiantuotanto hieman lisääntyy sopeutuvalla säännöstelyllä, ja energian euromääräinen arvo lisääntyy, mutta hieman vähemmän. Poikkeuksena on kylmä skenaario, jossa tuotanto hieman pienenee. Energiantuotannon lisääntymistä sopeutuvalla säännöstelyllä selittää virtaamien tasoittuminen ja sen myötä talven ja kevään ohijuokutusten väheneminen. Euromääräistä tuottoa pienentää virtaamien pienentyminen talvella, jolloin energia on kalleimmillaan. Tulevaisuudessa sähkön hinta ei kuitenkaan välttämättä ole talvella yhtä paljon muuta vuotta korkeammalla, jos leudommat ja runsasvetisemmät talvet tasoittavat sähkön hinnan vuodenaikaisvaihtelua.



Kuva 34 a ja b. Neljällä voimalaitoksella yhteenlasketun energiantuotannon prosentuaalinen muutos referenssijaksioon 1971-2000 nähden eri vuosijaksolla ja eri säännöstelytavoilla. Mukana on keskiarvoskenaario sekä kylmä, lämmin ja märkä skenaario.

Kiitokset

Selvitys on toteutettu yhteistyössä Suomen ympäristökeskuksen, Pohjois-Savon elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen (ELY-keskus) ja Savon Voima Oyj:n kanssa. Hankkeeseen ovat osallistuneet myös vesistöinsinööri Ilkka Maksimainen, hydrobiologi Veli-

Matti Vallinkoski, hydrobiologi Antti Kanninen, biologi Juhani Huovila ja yksikön päällikkö Jukka Hassinen Pohjois-Savon ELY-keskuksesta sekä kunnossapitopäällikkö Juha Räsänen Savon Voima Oyj:stä.

Viitteet

IPCC. 2007. Climate Change 2007: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, Cambridge, UK. 996 s.

IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T. F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P. M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, in press.

Keto, A., Lähteenmäki, H., Taimisto, P., Hammar, T., Tarvainen, A. & Miettinen, T. 2008. Selvitys Pohjois-Savon säännöstellyistä järvistä. Pohjois-Savon ympäristökeskuksen raportteja 2/2008, 135 s.

Marttunen, M. & Järvinen, E.A. 1999. Päijänteen säännöstelyn kehittäminen. Yhteenveto ja suositukset. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Suomen ympäristö 357, 168 s.

Ruosteenoja, 2013. Maailmanlaajuisiin malleihin perustuvia lämpötila- ja sademääräskenaarioita. Saatavilla ilmatieteenlaitoksen www-sivuilta.

http://ilmatieteenlaitos.fi/c/document_library/get_file?uuid=c4c5bf12-655e-467a-9ee0-f06d8145aaa6&groupId=30106

van der Linden P. & Mitchell, J.F.B. (eds.). 2009. ENSEMBLES: Climate Change and its Impacts: Summary of research and results from the ENSEMBLES project. Met Office Hadley Centre, Exeter, UK. 160 s. http://ensembles-eu.metoffice.com/docs/Ensembles_final_report_Nov09.pdf.

Tarvainen, A., Verta, O.M., Marttunen, M., Nykänen, J., Korhonen, T., Pönkkä, H. & Höytämö, J. 2006. Koitereen säännöstelyn vaikutukset ja kehittämismahdollisuudet. Yhteenveto ja suositukset. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Suomen ympäristö 37, 112 s.

Veijalainen, N., Jakkila, J., Nurmi, T., Vehviläinen, B., Marttunen, M. & Aaltonen, J. 2012 Suomen vesivarat ja ilmastonmuutos – vaikutukset ja muutoksiin sopeutuminen. WaterAdapt-projektin loppuraportti, Suomen ympäristökeskus. s. 138.

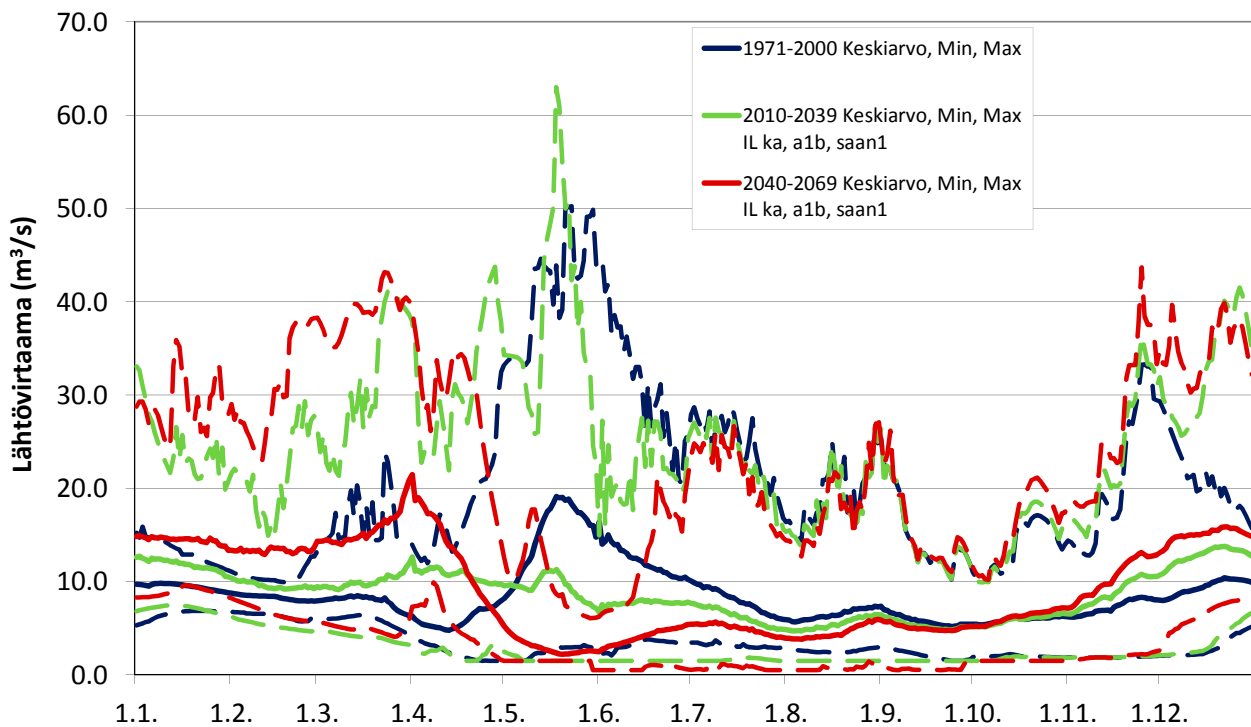
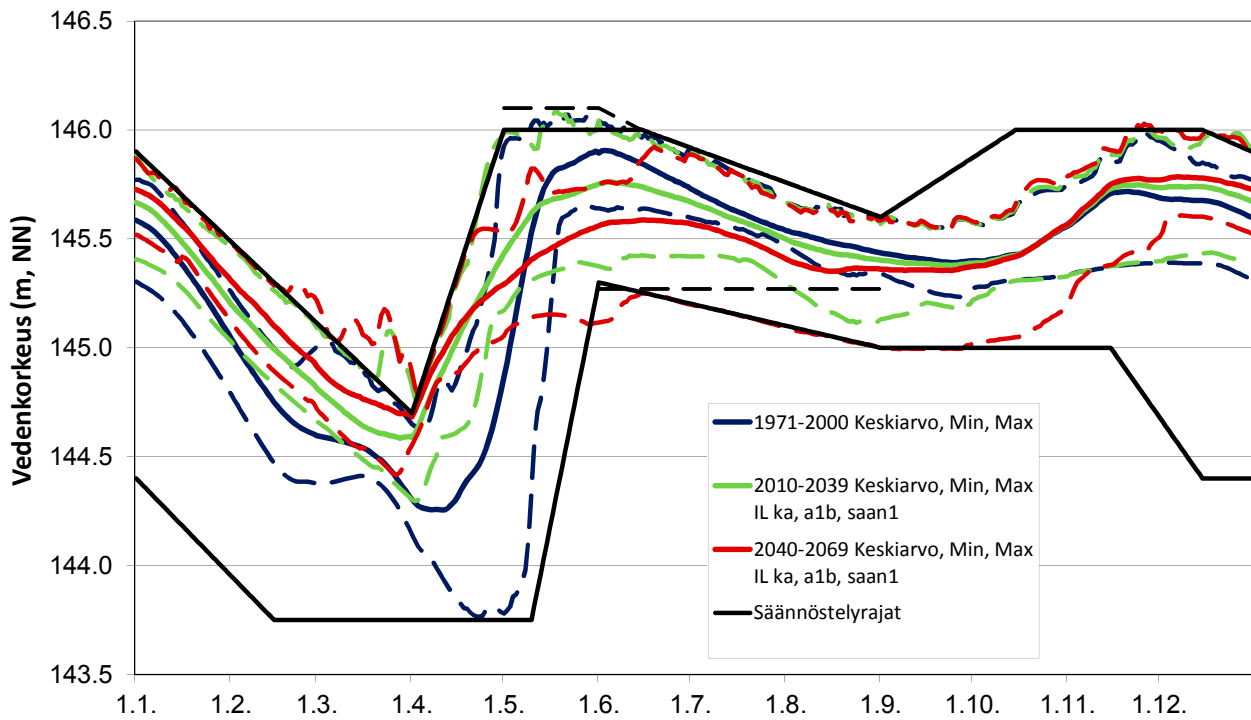
Liite 1 Ilmastonmuutoksen vaikutus vedenkorkeuksiin ja lähtövirtaamiin

Kiltuanjärvi (NN), Vedenkorkeudet ja lähtövirtaamat 2010-39, 2040-69

Referenssijakso 1971-2000 (sininen)

Lupaehtojen mukaiset säännöstelyohjeet 2010-39 (vihreä)

Lupaehtojen mukaiset säännöstelyohjeet 2040-69 (punainen)

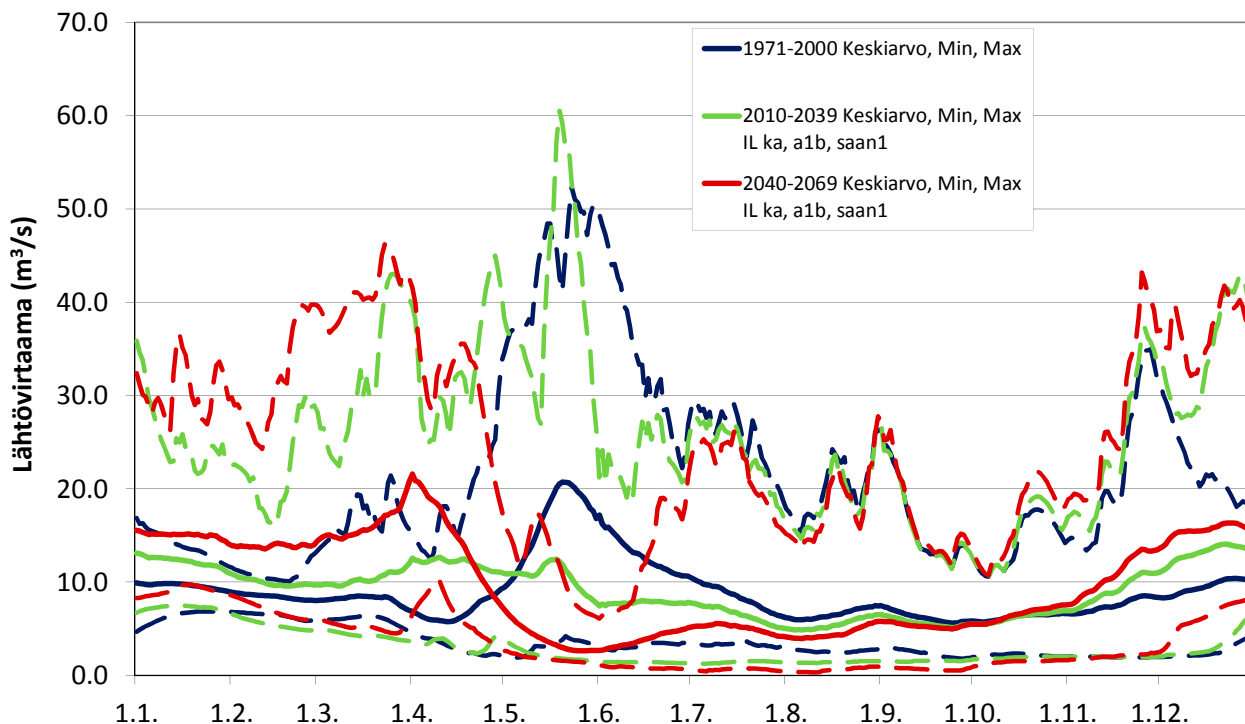
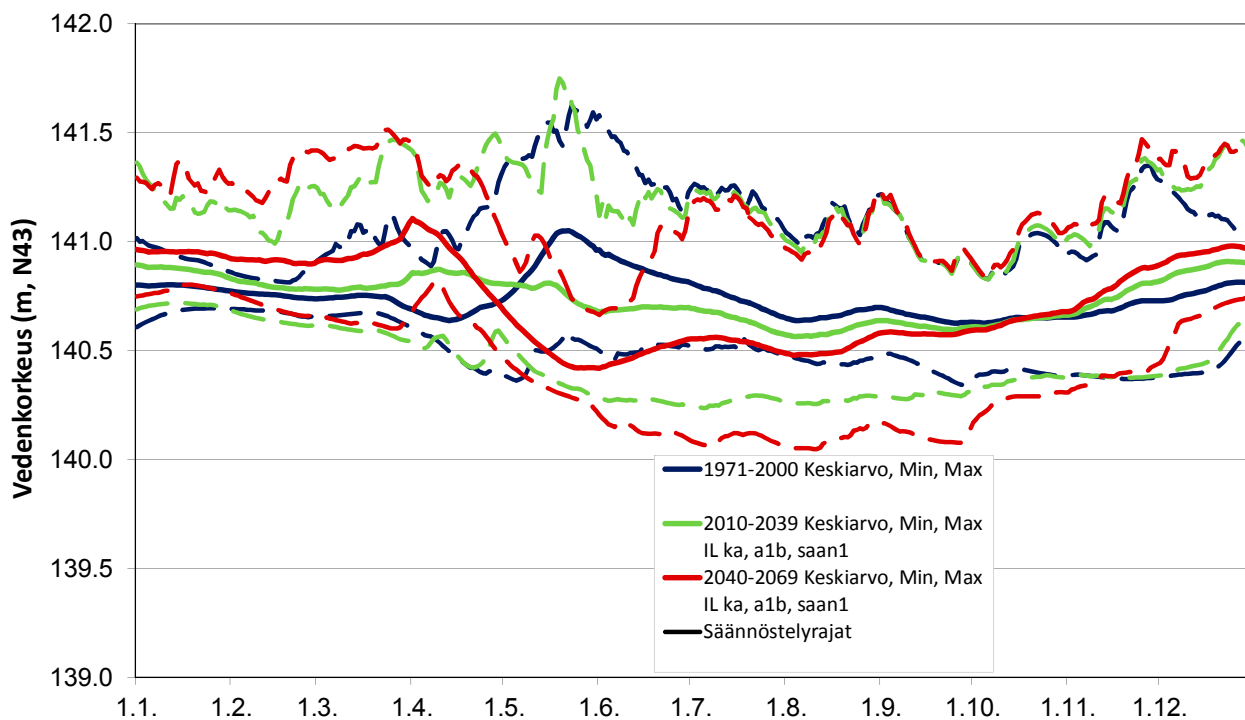


Haapajärvi (N43), Vedenkorkeudet ja lähtövirtaamat 2010-39, 2040-69

Referenssijakso 1971-2000 (sininen)

Lupaehtojen mukaiset säännöstelyohjeet 2010-39 (vihreä)

Lupaehtojen mukaiset säännöstelyohjeet 2040-69 (punainen)

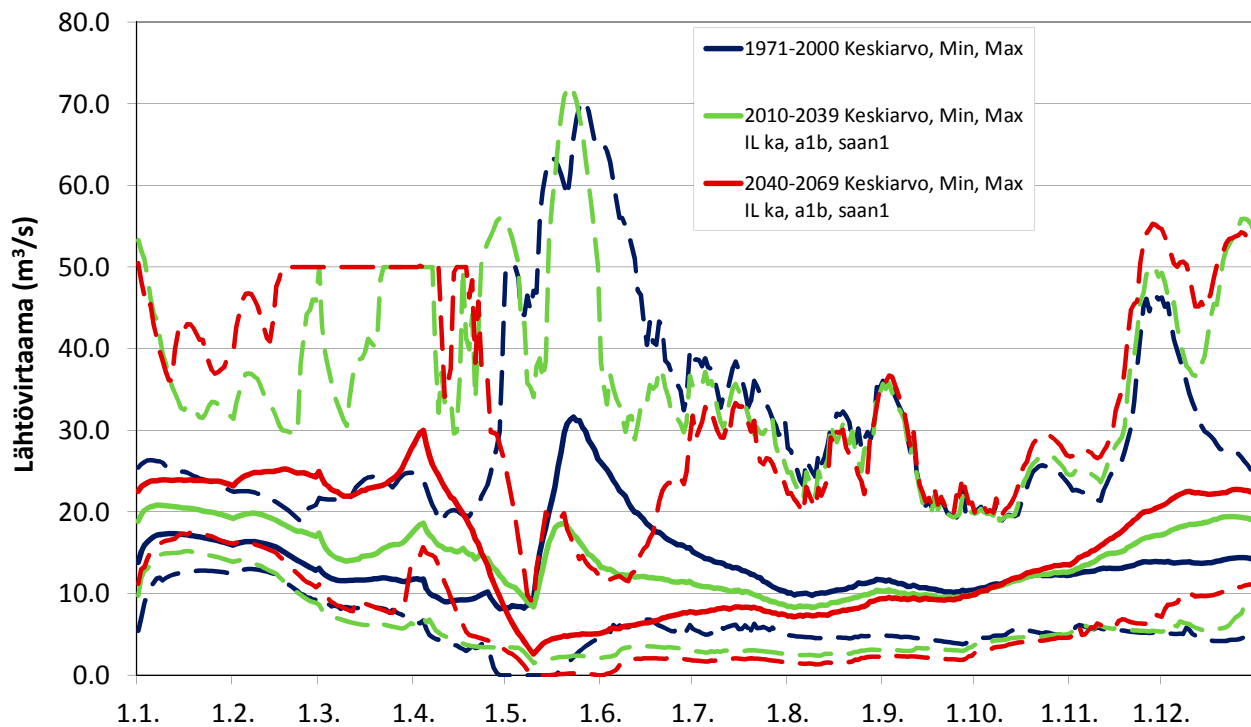
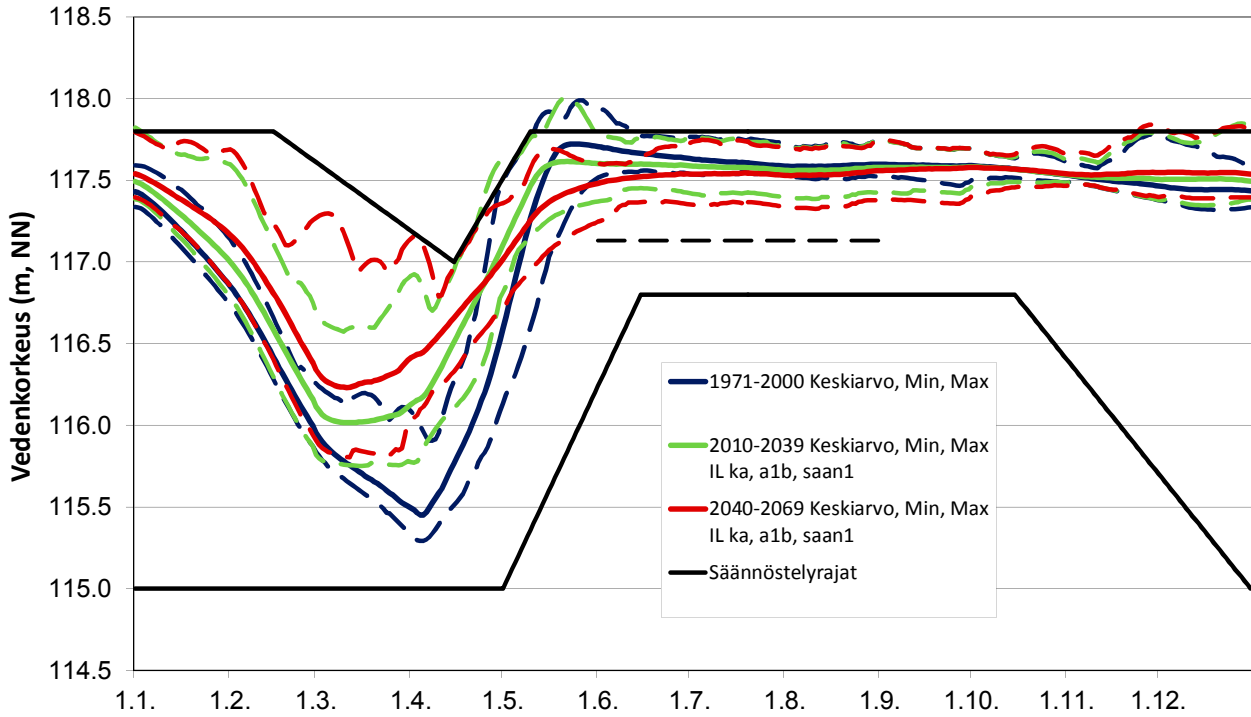


Sälevä (NN), Vedenkorkeudet ja lähtövirtaamat 2010-39, 2040-69

Referenssijakso 1971-2000 (sininen)

Lupaehtojen mukaiset säännöstelyohjeet 2010-39 (vihreä)

Lupaehtojen mukaiset säännöstelyohjeet 2040-69 (punainen)

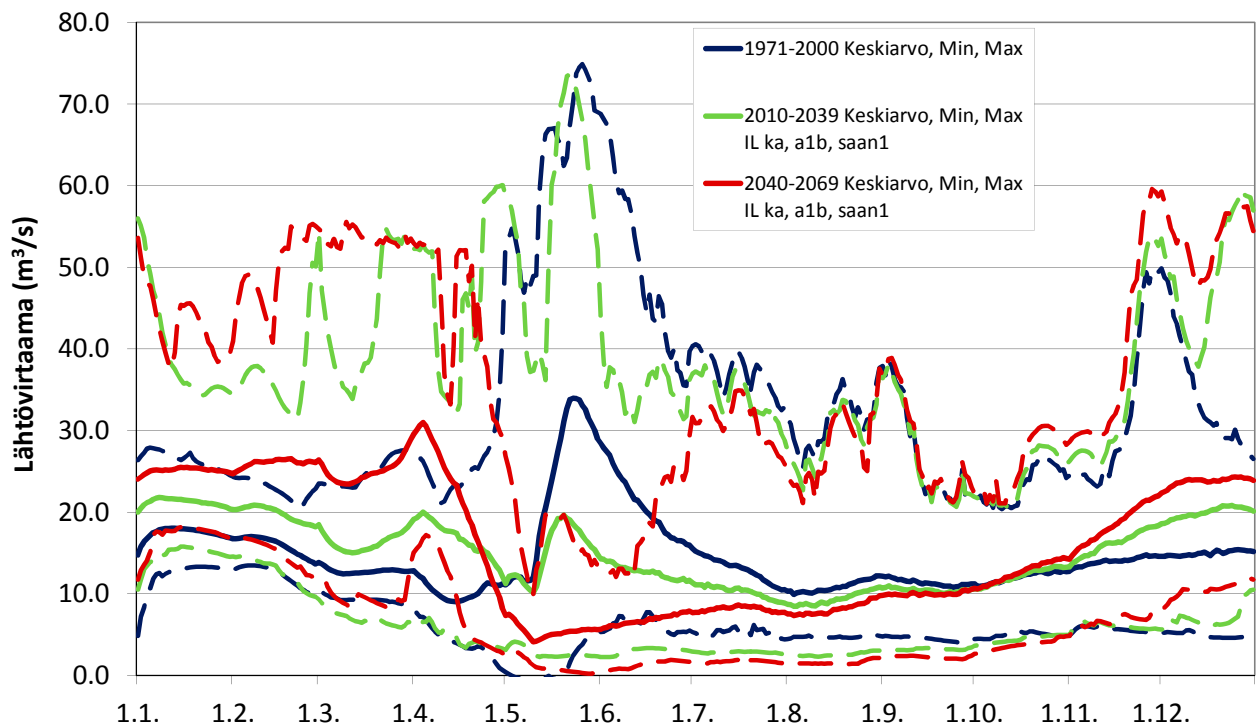
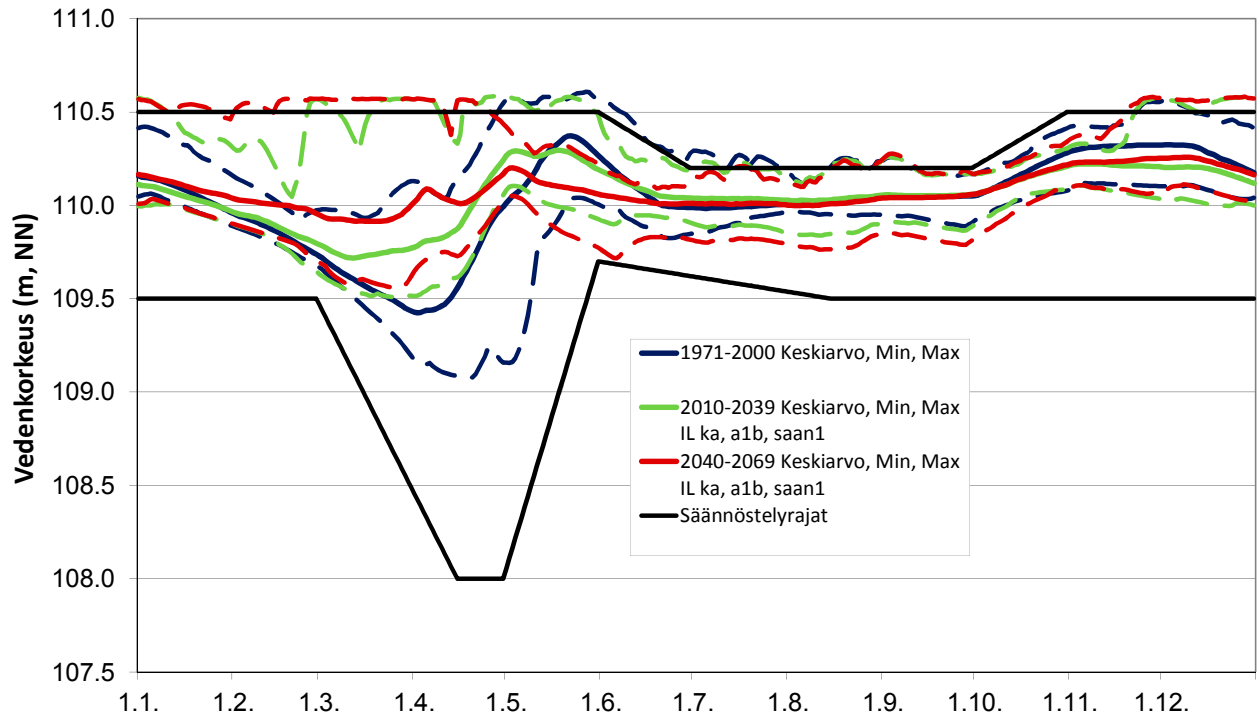


Korpinen (NN), Vedenkorkeudet ja lähtövirtaamat 2010-39, 2040-69

Referenssijakso 1971-2000 (sininen)

Lupaehtojen mukaiset säännöstelyohjeet 2010-39 (vihreä)

Lupaehtojen mukaiset säännöstelyohjeet 2040-69 (punainen)

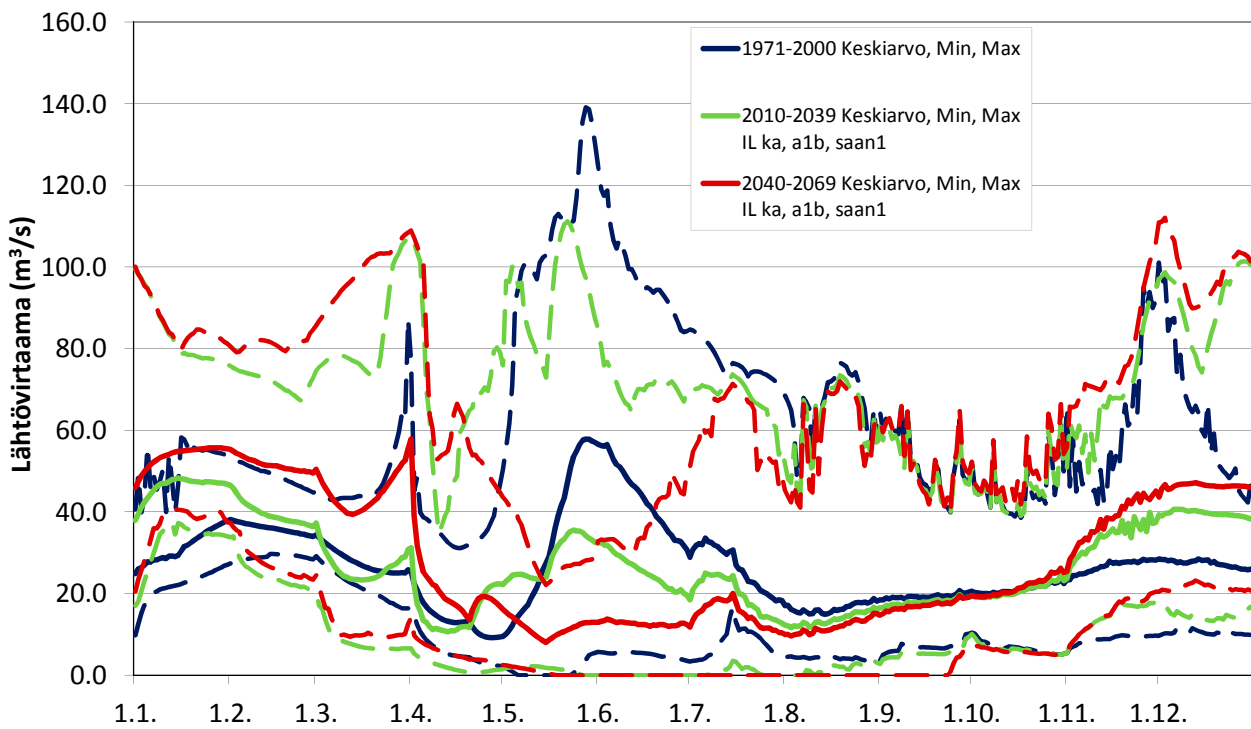
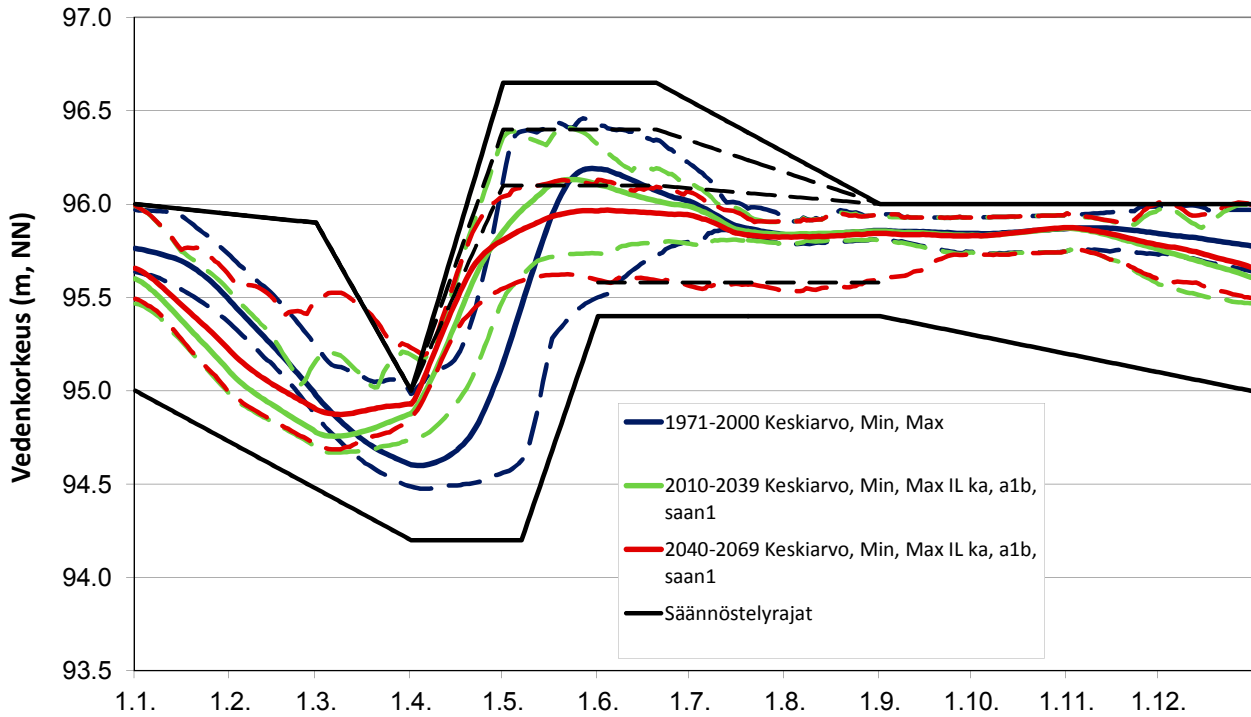


Syväri (NN), Vedenkorkeudet ja lähtövirtaamat 2010-39, 2040-69

Referenssijakso 1971-2000 (sininen)

Lupaehtojen mukaiset säännöstelyohjeet 2010-39 (vihreä)

Lupaehtojen mukaiset säännöstelyohjeet 2040-69 (punainen)

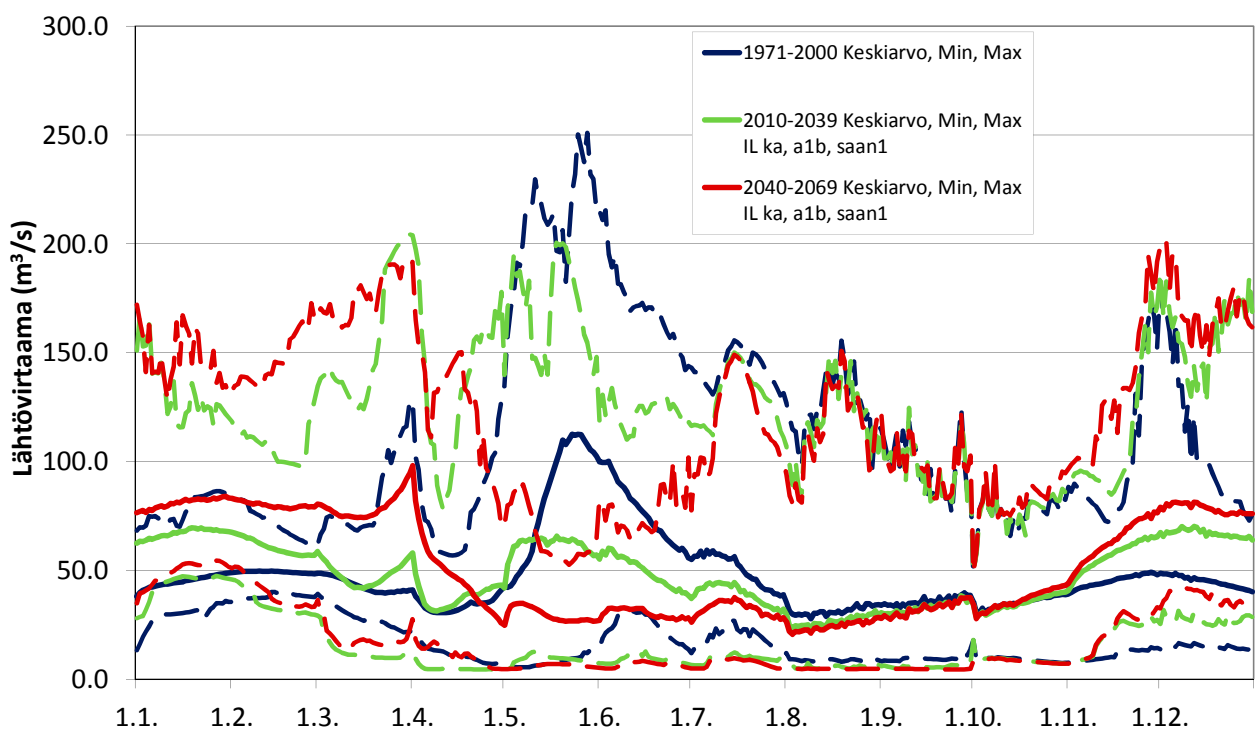
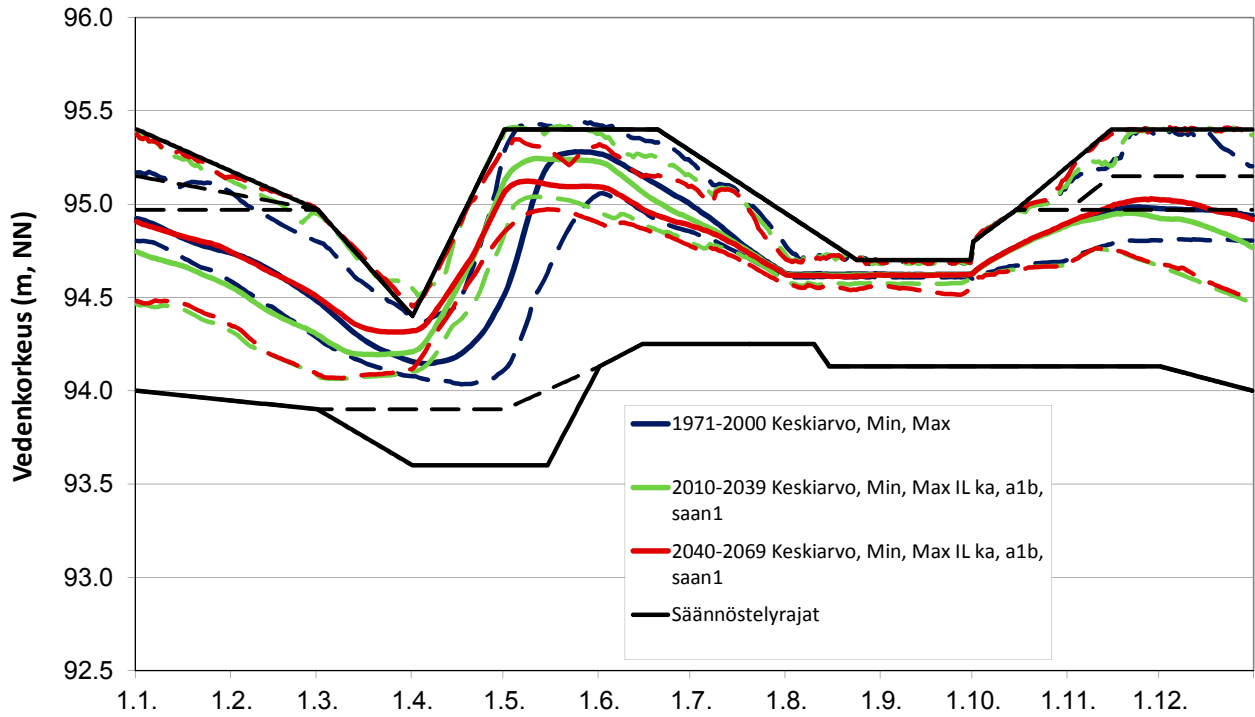


Vuotjärvi (NN), Vedenkorkeudet ja lähtövirtaamat 2010-39, 2040-69

Referenssijakso 1971-2000 (sininen)

Lupaehtojen mukaiset säännöstelyohjeet 2010-39 (vihreä)

Lupaehtojen mukaiset säännöstelyohjeet 2040-69 (punainen)



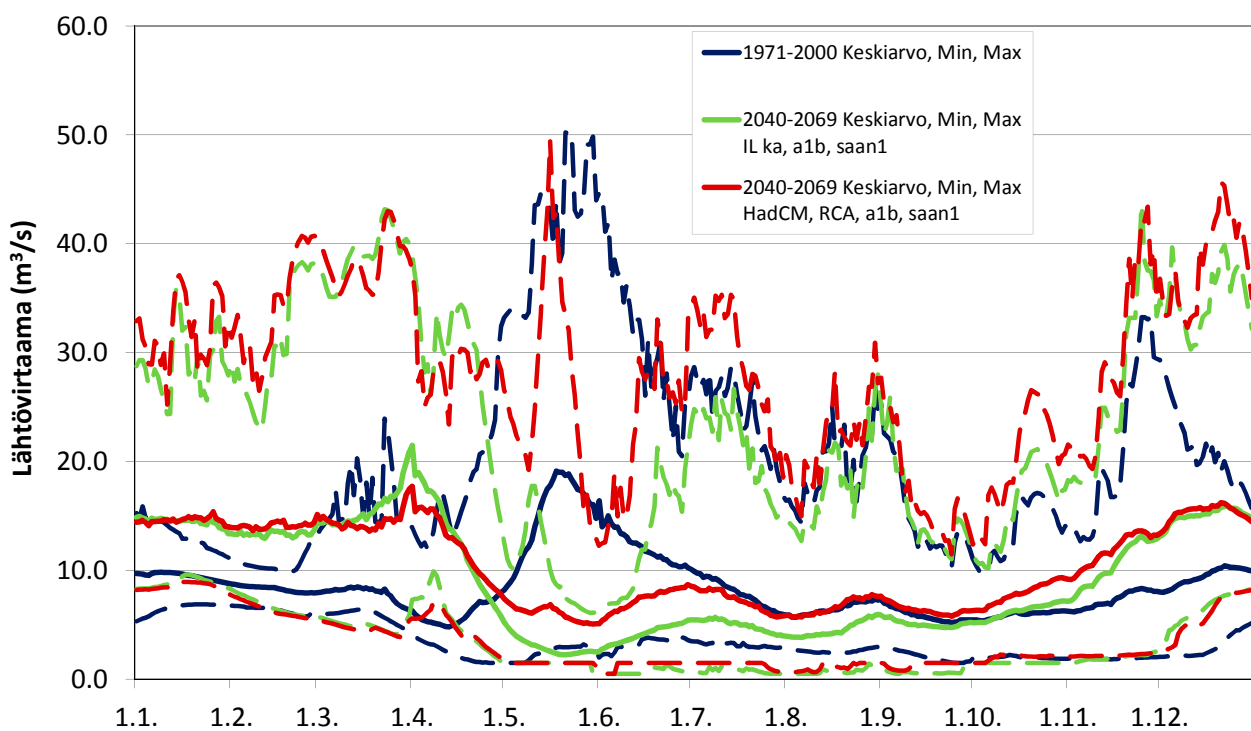
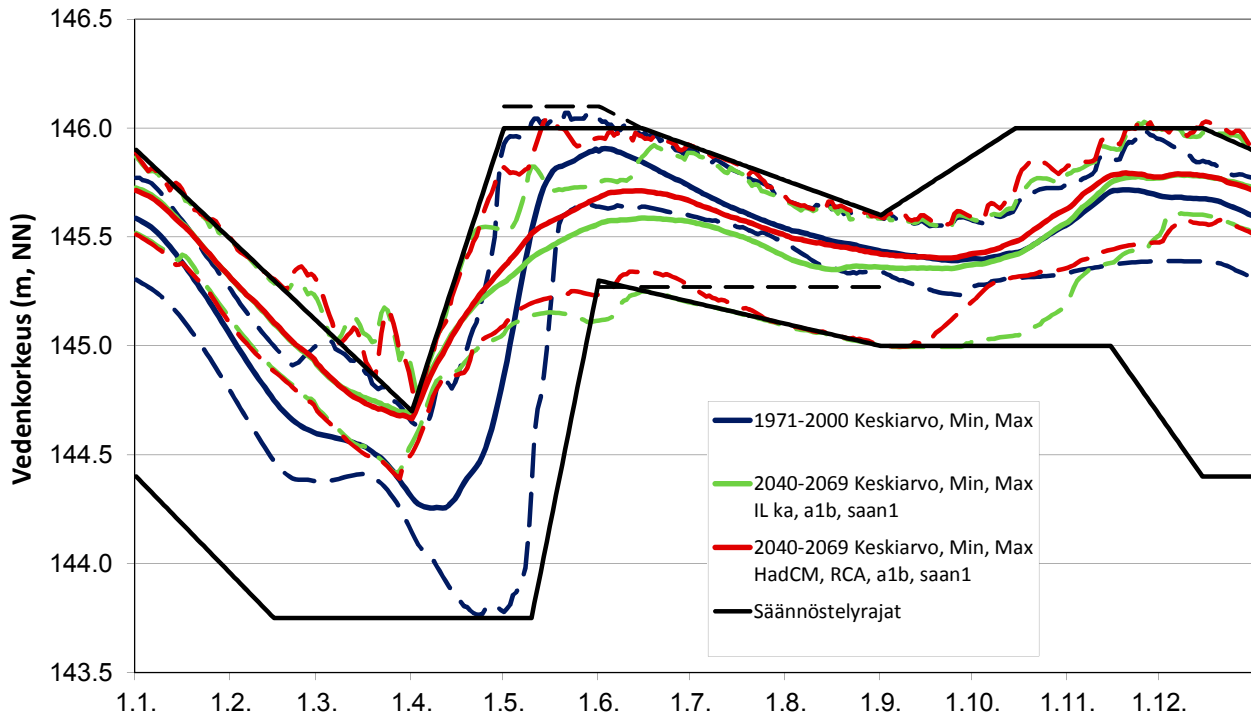
Liite 2A Ääriskenaariot jaksolle 2040-69: Märkä skenaario

Kiltuanjärvi (NN), Vedenkorkeudet ja lähtövirtaamat, märkä skenaario 2040-69

Referenssijakso 1971-2000 (sininen)

Keskiarvoskenaario IL, ka, a1b 2040-69 (vihreä)

Märkä skenaario: HadCM, RCA, a1b 2040-69 (punainen)

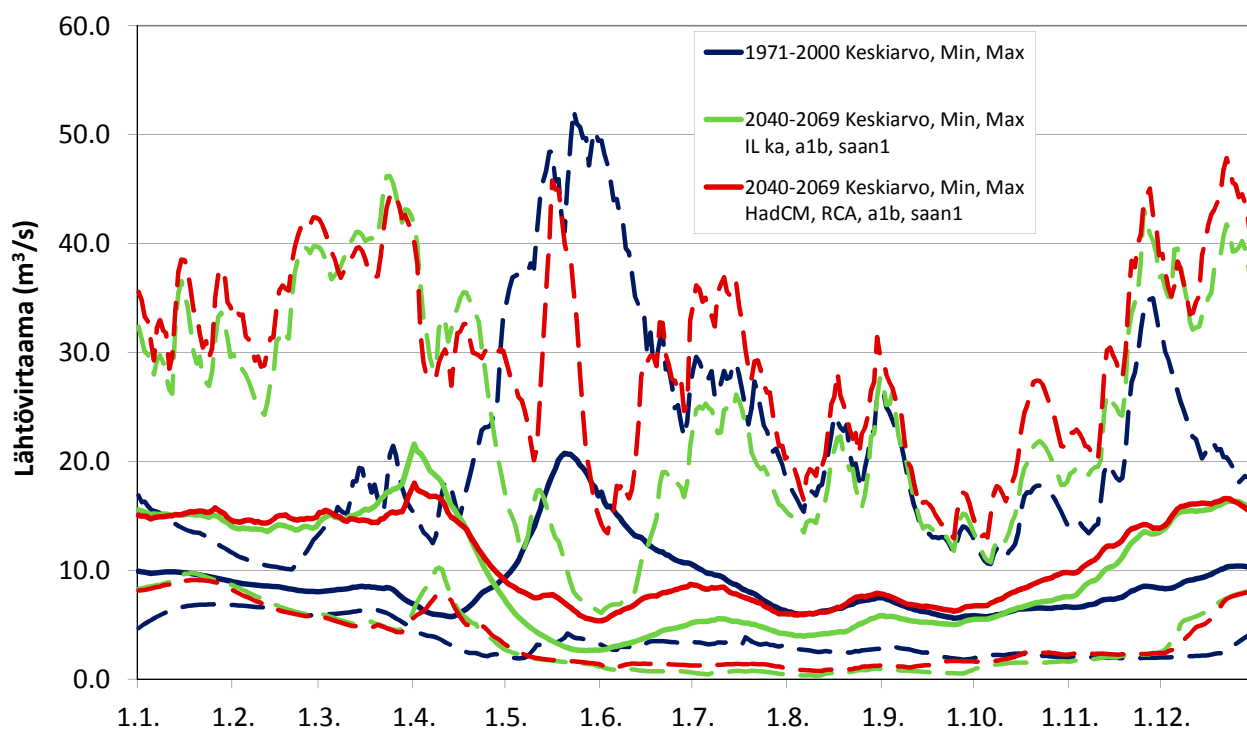
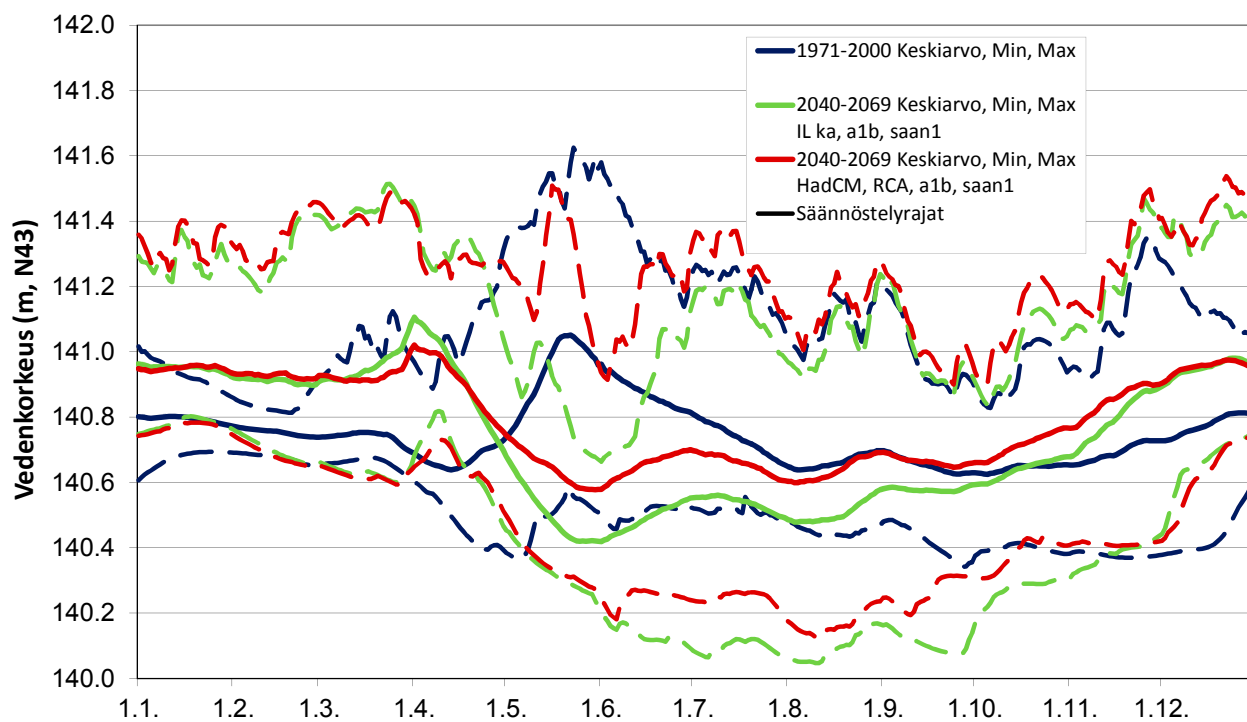


Haapajärvi (N43), Vedenkorkeudet ja lähtövirtaamat, märkä skenaario 2040-69

Referenssijakso 1971-2000 (sininen)

Keskiarvoskenaario IL, ka, a1b 2040-69 (vihreä)

Märkä skenaario: HadCM, RCA, a1b 2040-69 (punainen)

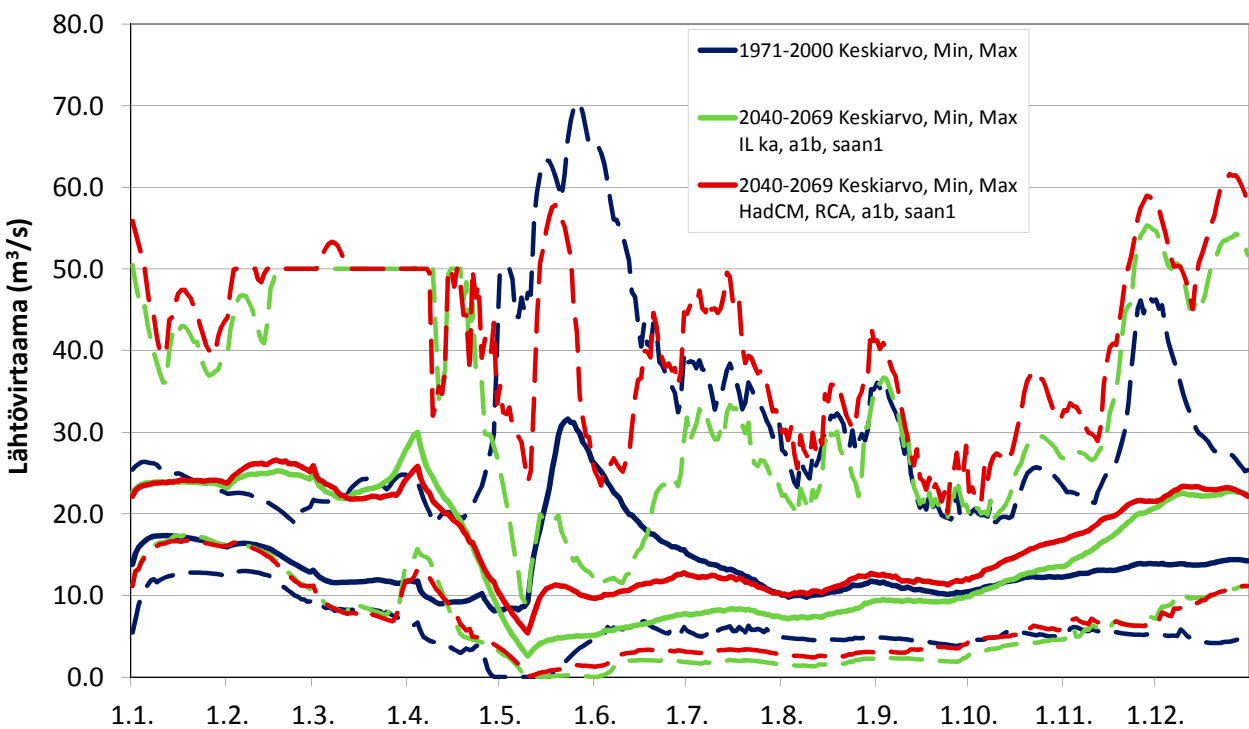
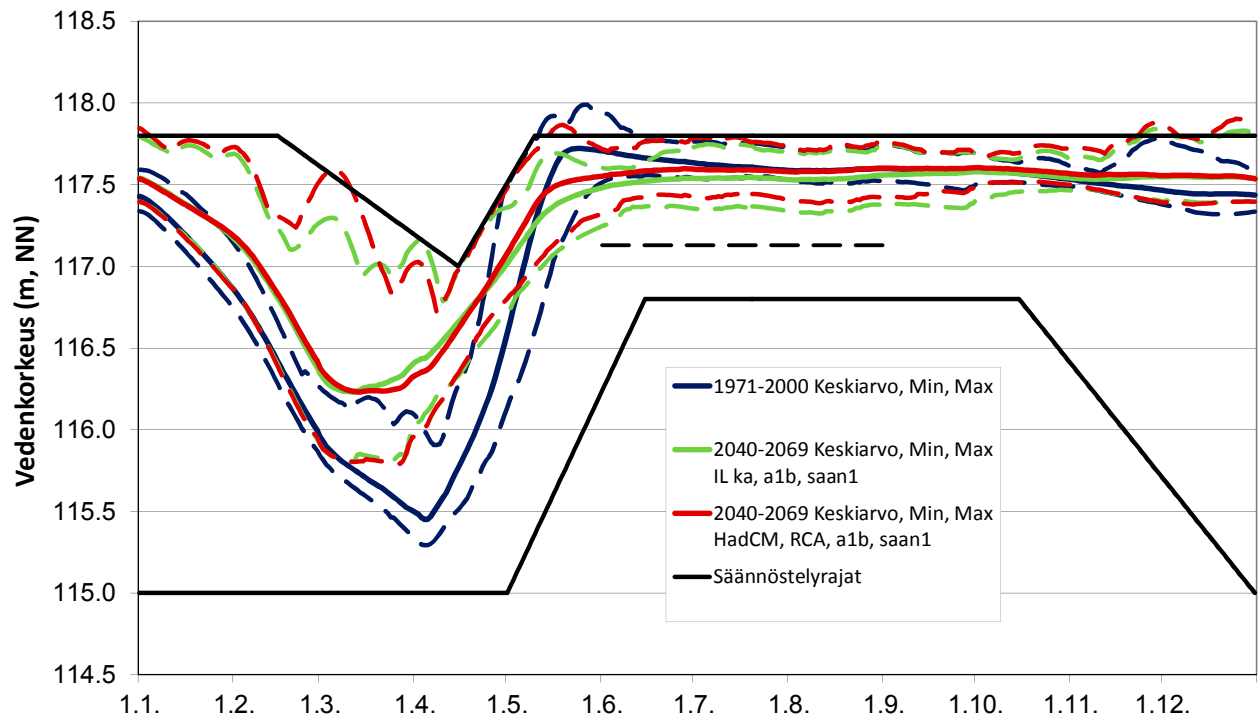


Sälevä (NN), Vedenkorkeudet ja lähtövirtaamat, märkä skenaario 2040-69

Referenssijakso 1971-2000 (sininen)

Keskiarvoskenaario IL, ka, a1b 2040-69 (vihreä)

Märkä skenaario: HadCM, RCA, a1b 2040-69 (punainen)

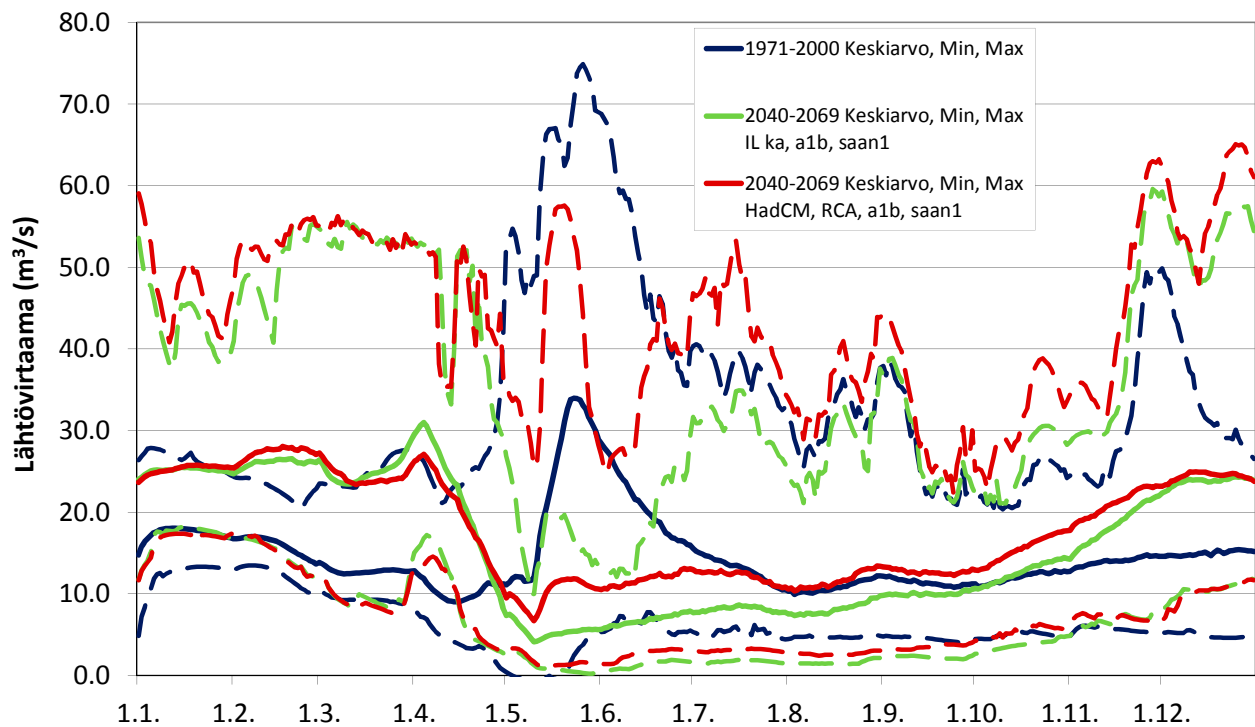
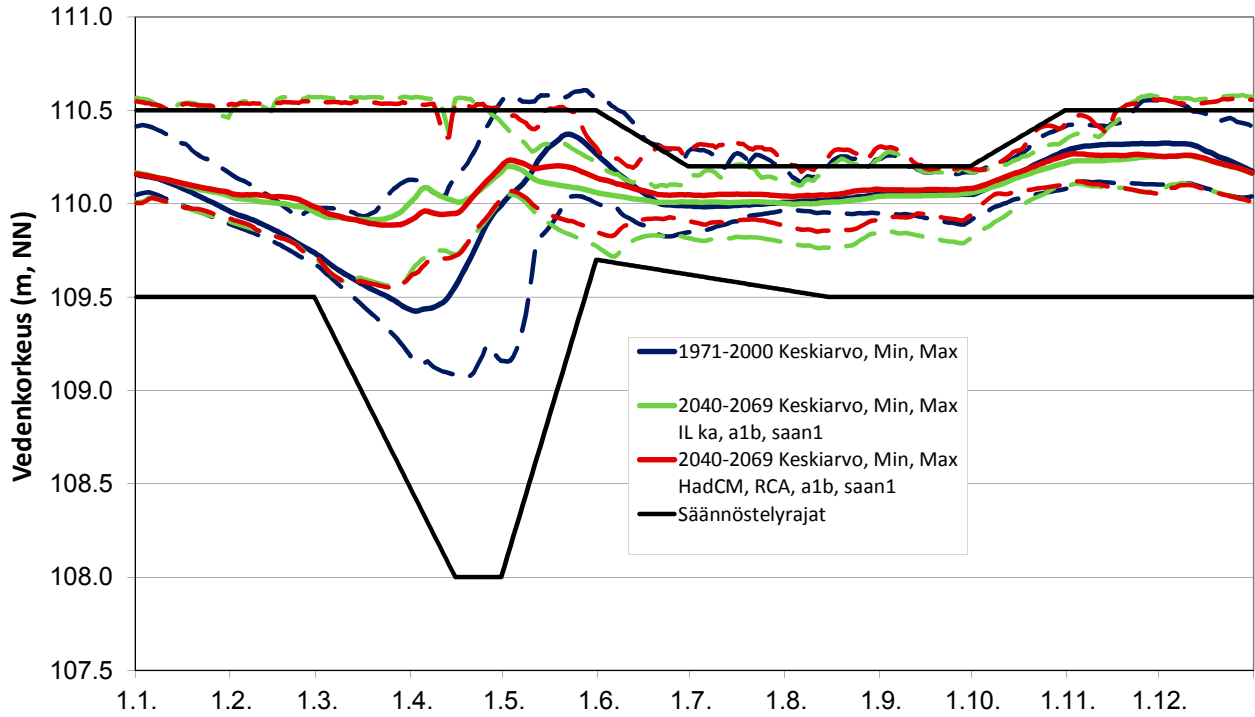


Korpinen (NN), Vedenkorkeudet ja lähtövirtaamat, märkä skenaario 2040-69

Referenssijakso 1971-2000 (sininen)

Keskiarvoskenaario IL, ka, a1b 2040-69 (vihreä)

Märkä skenaario: HadCM, RCA, a1b 2040-69 (punainen)

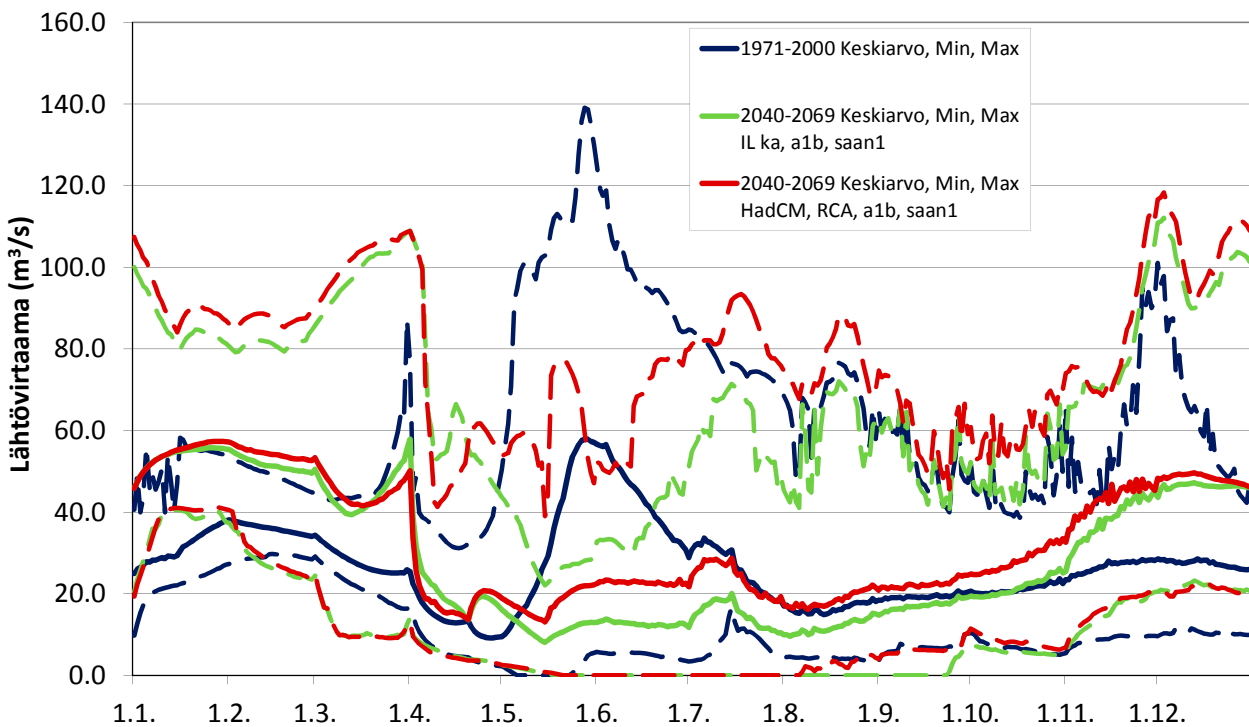
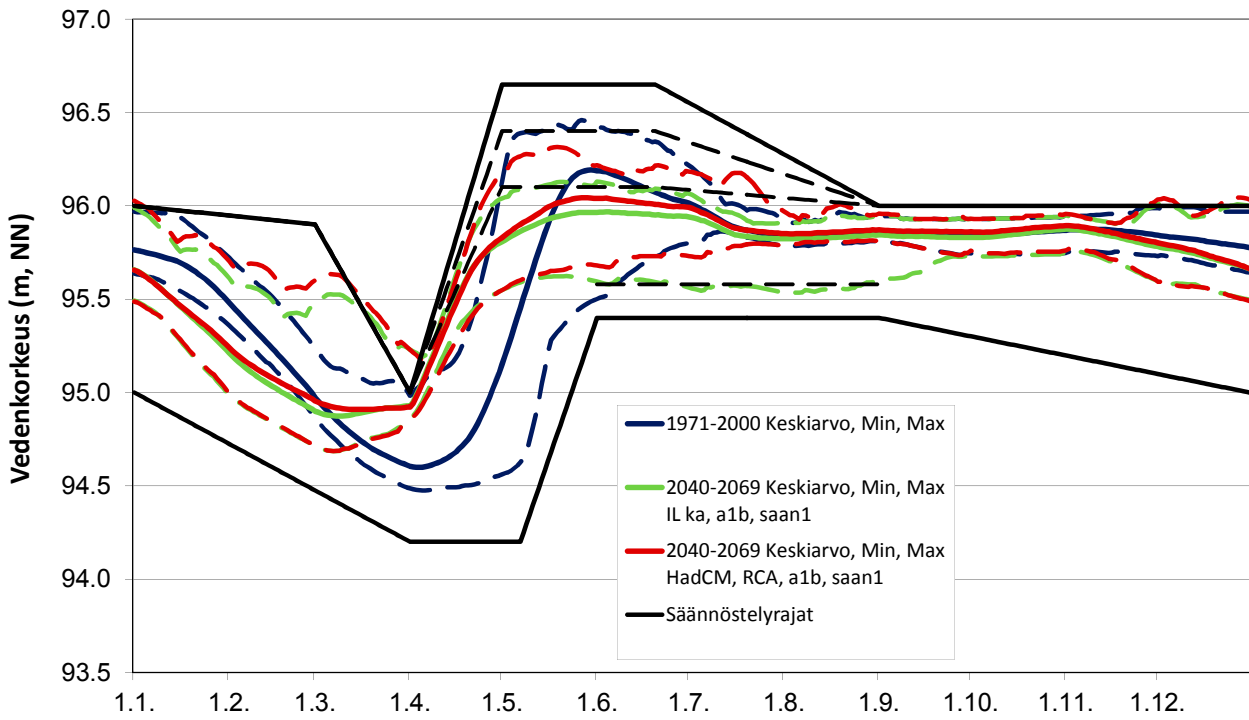


Syväri (NN), Vedenkorkeudet ja lähtövirtaamat, märkä skenaario 2040-69

Referenssijakso 1971-2000 (sininen)

Keskiarvoskenaario IL, ka, a1b 2040-69 (vihreä)

Märkä skenaario: HadCM, RCA, a1b 2040-69 (punainen)

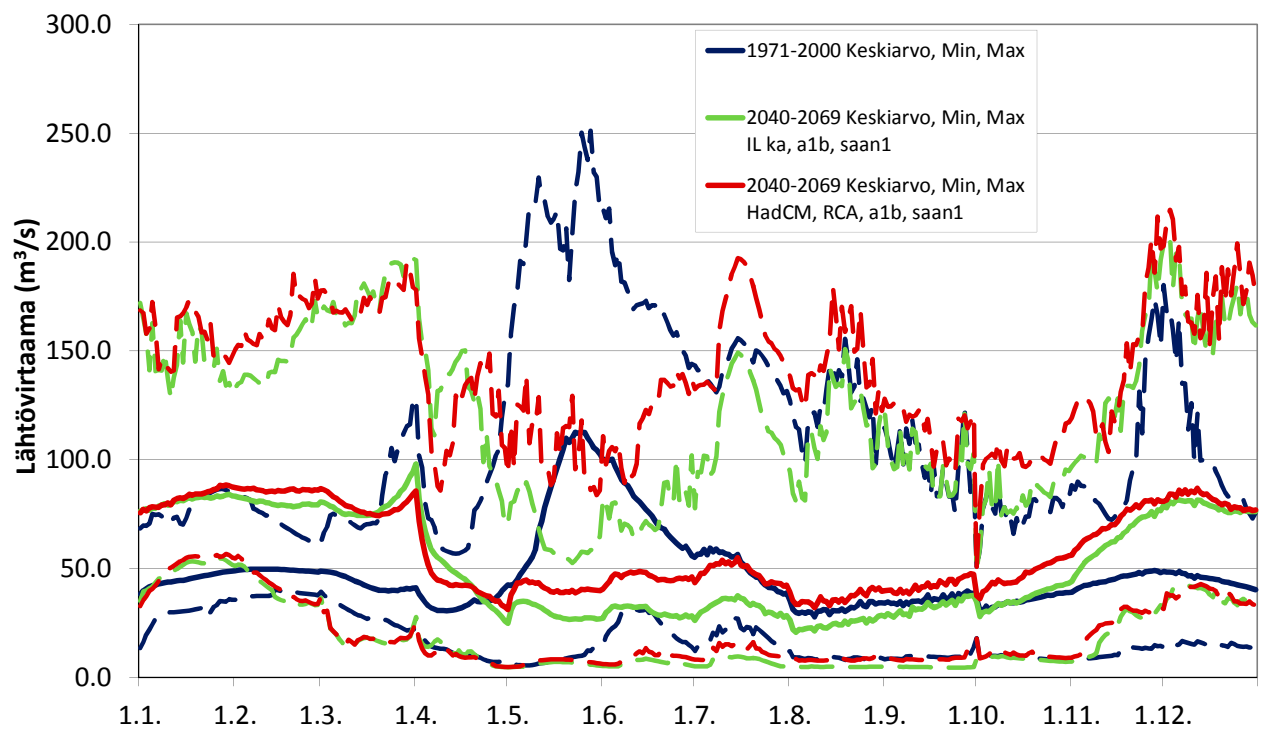
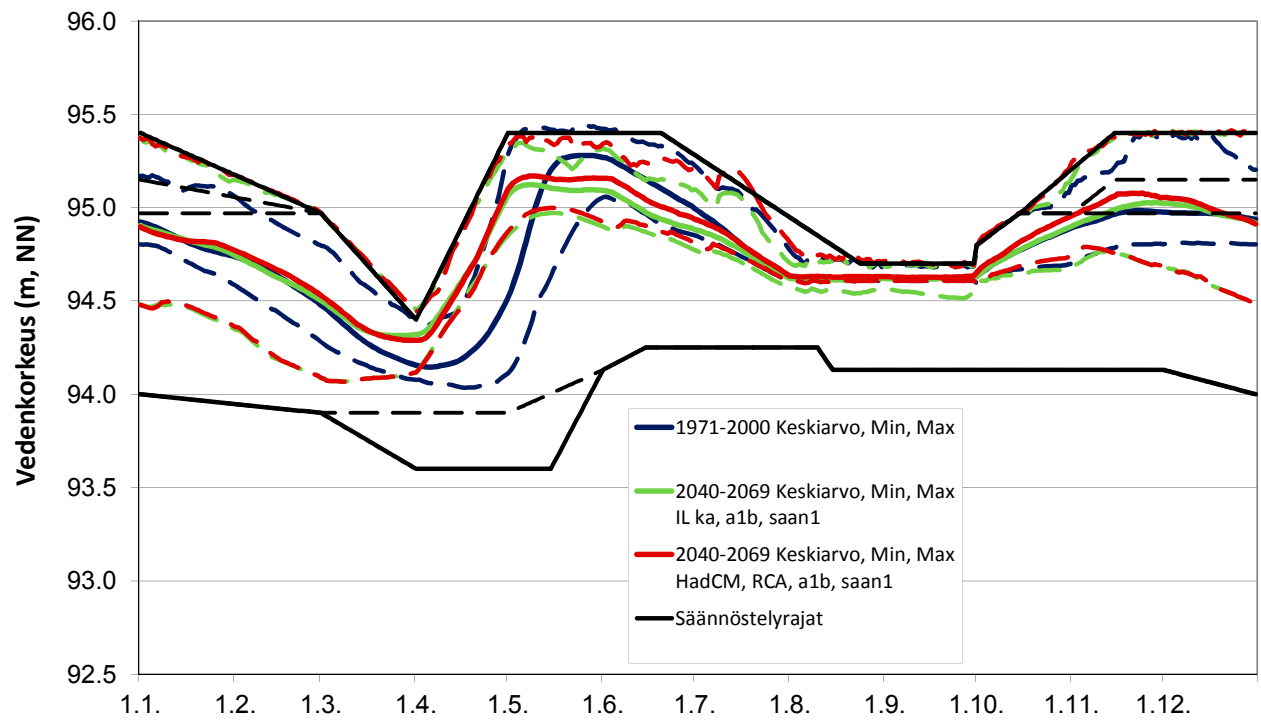


Vuotjärvi (NN), Vedenkorkeudet ja lähtövirtaamat, märkä skenaario 2040-69

Referenssijakso 1971-2000 (sininen)

Keskiarvoskenaario IL, ka, a1b 2040-69 (vihreä)

Märkä skenaario: HadCM, RCA, a1b 2040-69 (punainen)



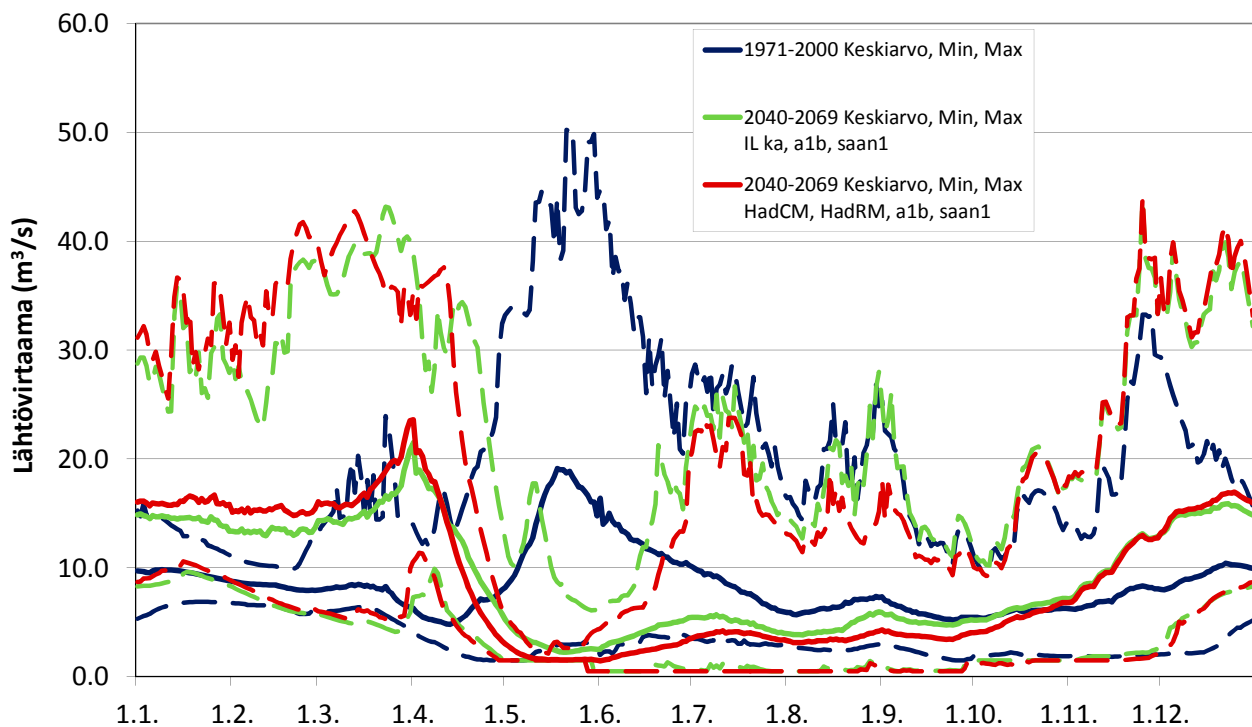
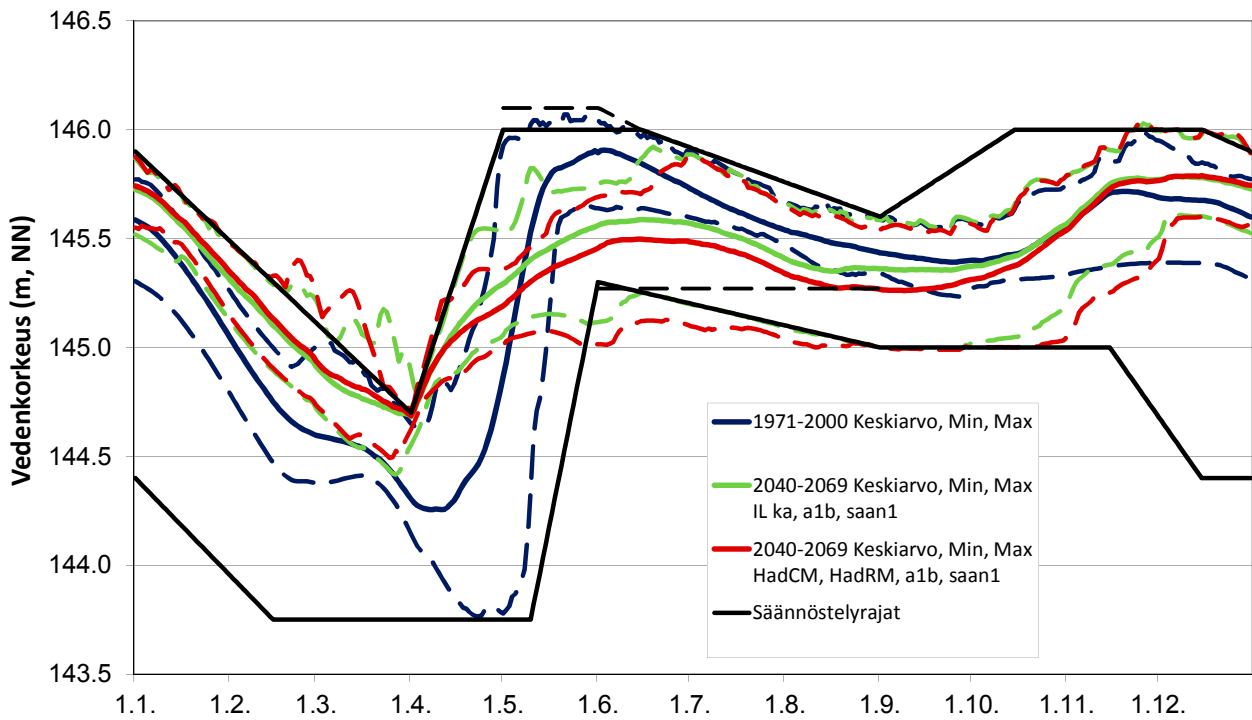
Liite 2B Ääriskenaariot jaksolle 2040-69: Lämmin skenaario

Kiltuanjärvi (NN), Vedenkorkeudet ja lähtövirtaamat, lämmin skenaario 2040-69

Referenssijakso 1971-2000 (sininen)

Keskiarvoskenaario IL, ka, a1b 2040-69 (vihreä)

Lämmin skenaario: HadCM, HadRM, a1b 2040-69 (punainen)

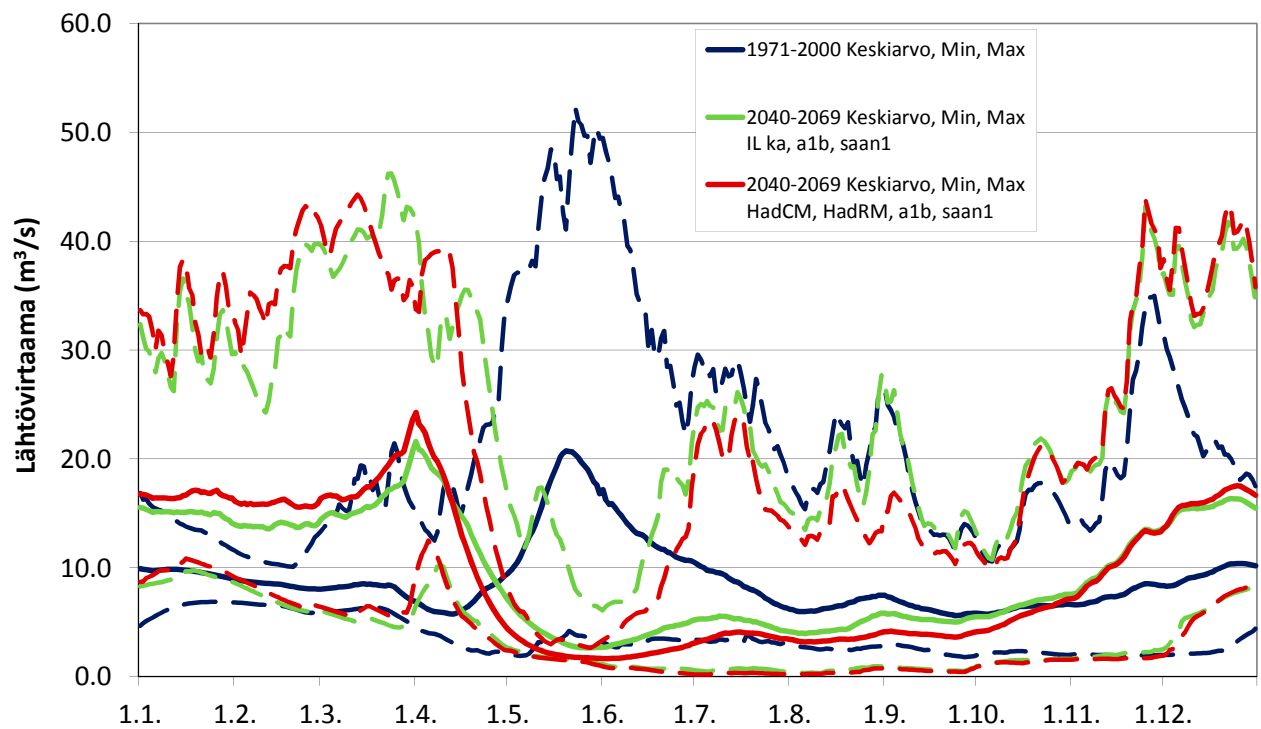
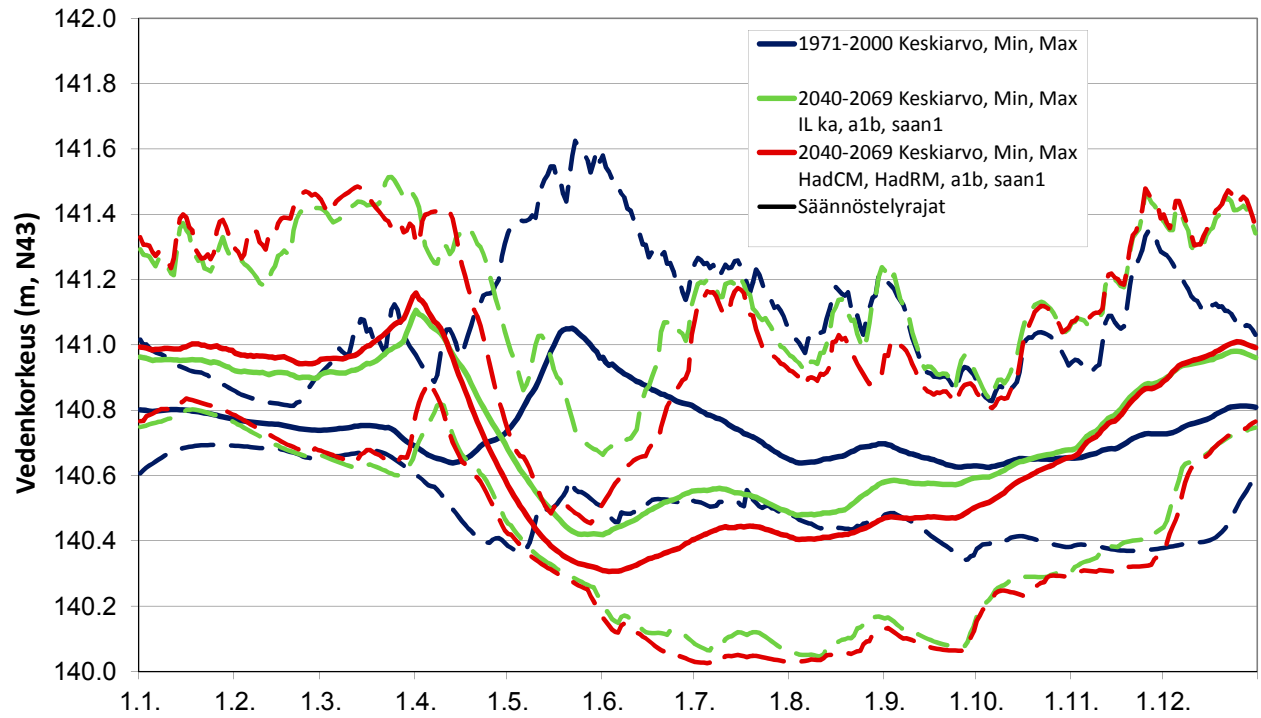


Haapajärvi (N43), Vedenkorkeudet ja lähtövirtaamat, lämmin skenaario 2040-69

Referenssijakso 1971-2000 (sininen)

Keskiaivoskenaario IL, ka, a1b 2040-69 (vihreä)

Lämmin skenaario: HadCM, HadRM, a1b 2040-69 (punainen)

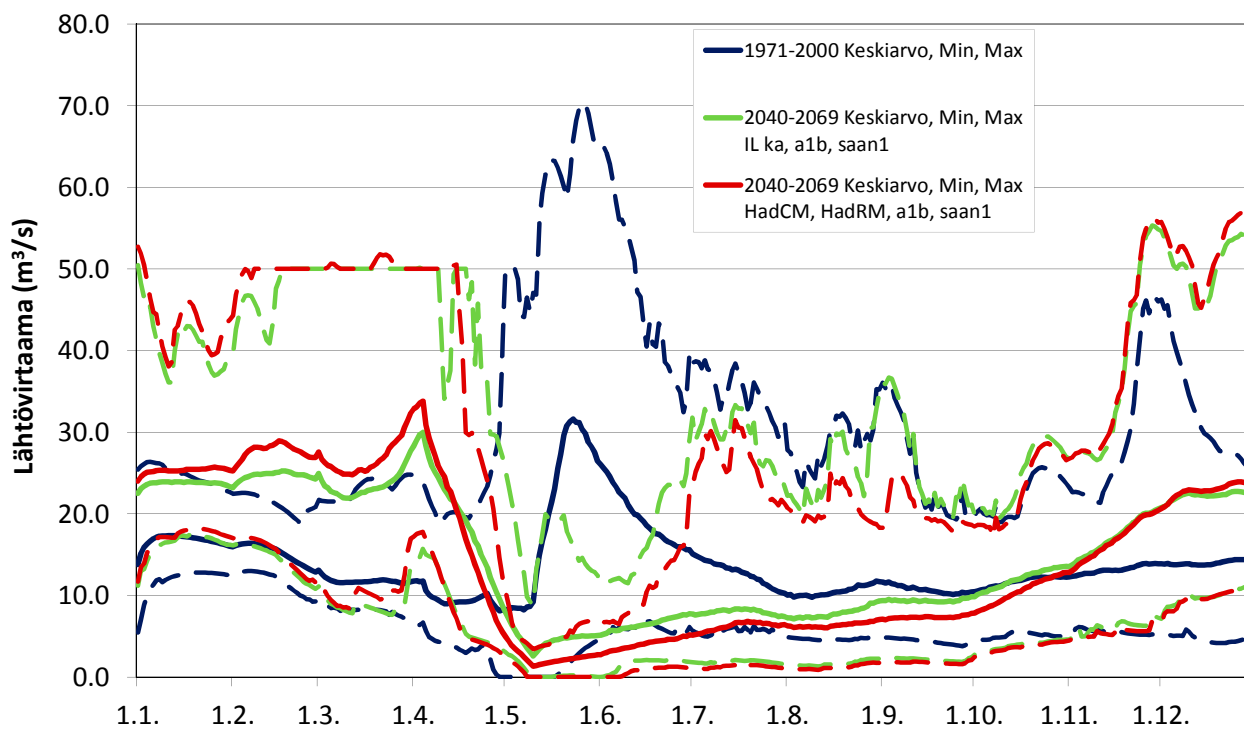
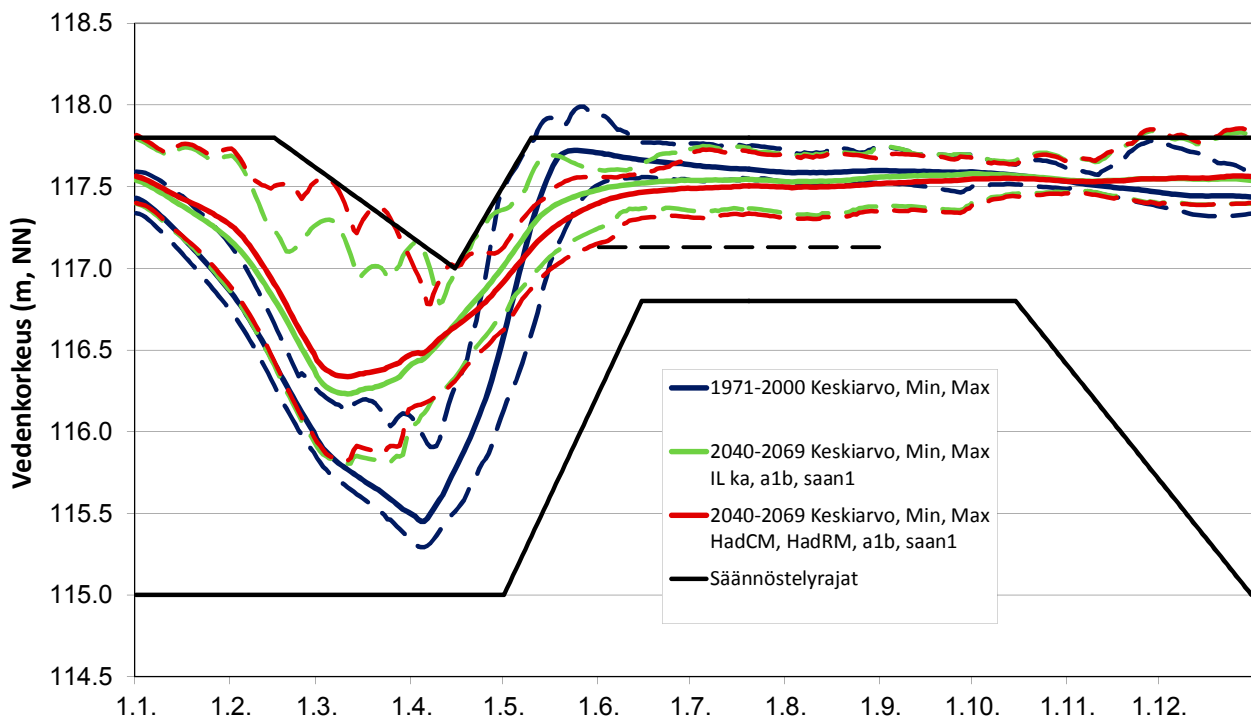


Sälevä (NN), Vedenkorkeudet ja lähtövirtaamat, lämmin skenaario 2040-69

Referenssijakso 1971-2000 (sininen)

Keskiarvoskenaario IL, ka, a1b 2040-69 (vihreä)

Lämmin skenaario: HadCM, HadRM, a1b 2040-69 (punainen)

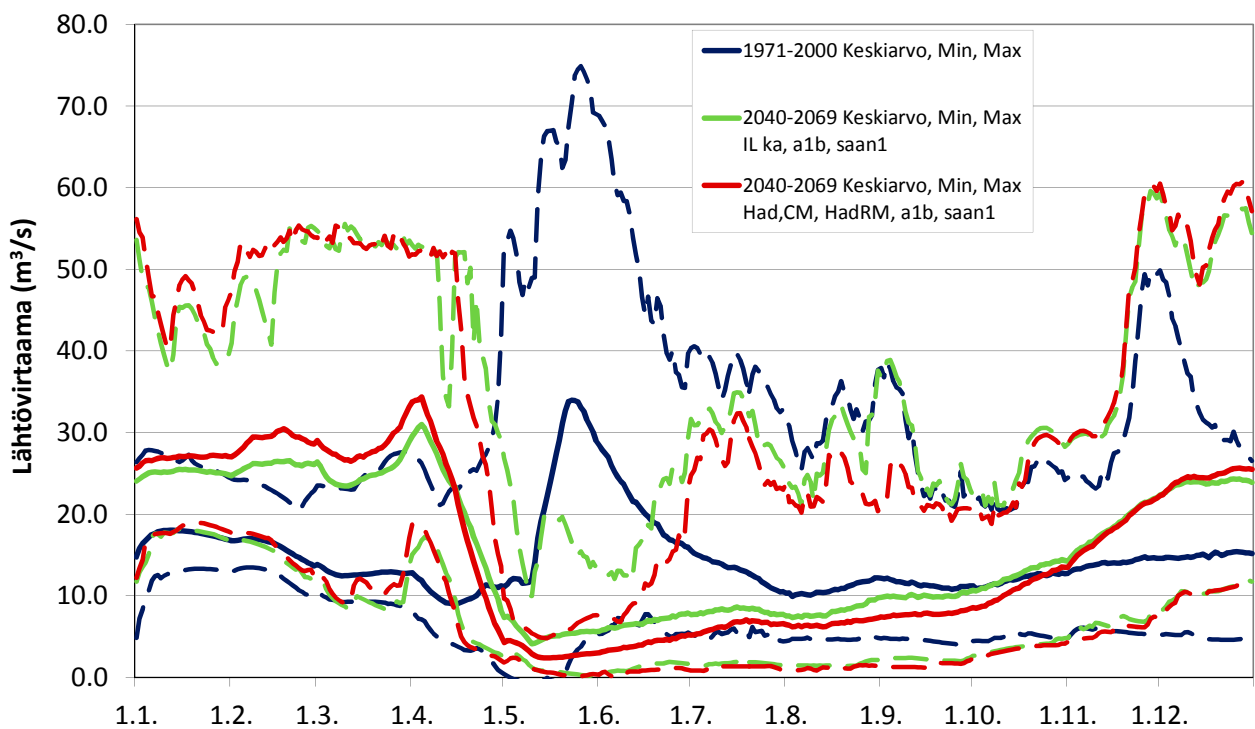
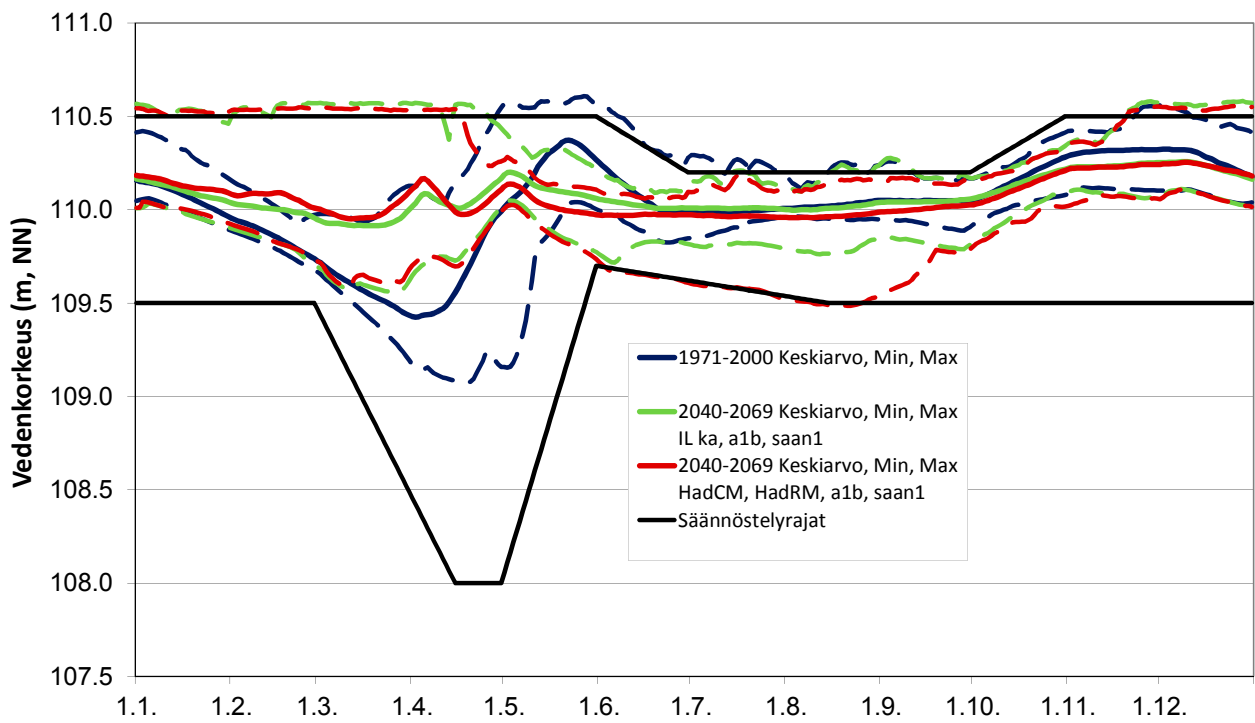


Korpinen (NN), Vedenkorkeudet ja lähtövirtaamat, lämmin skenaario 2040-69

Referenssijakso 1971-2000 (sininen)

Keskiaarvoskenaario IL, ka, a1b 2040-69 (vihreä)

Lämmin skenaario: HadCM, HADRM, a1b 2040-69 (punainen)

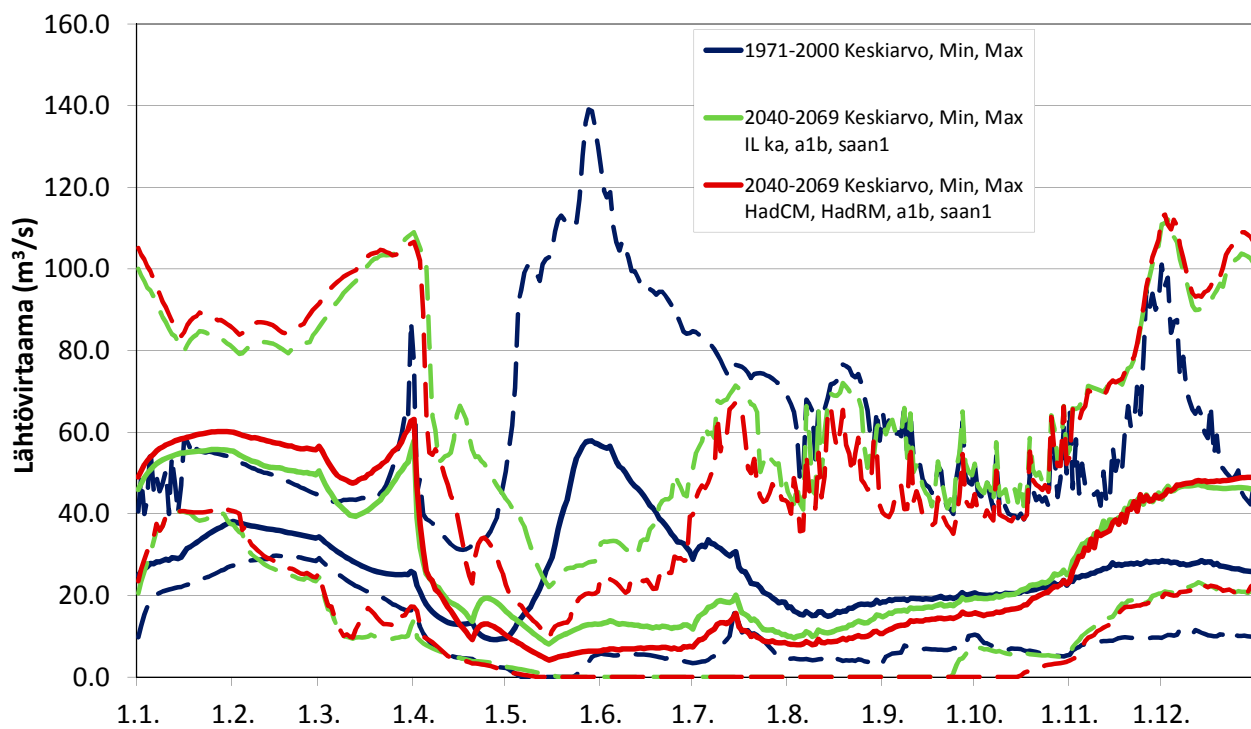
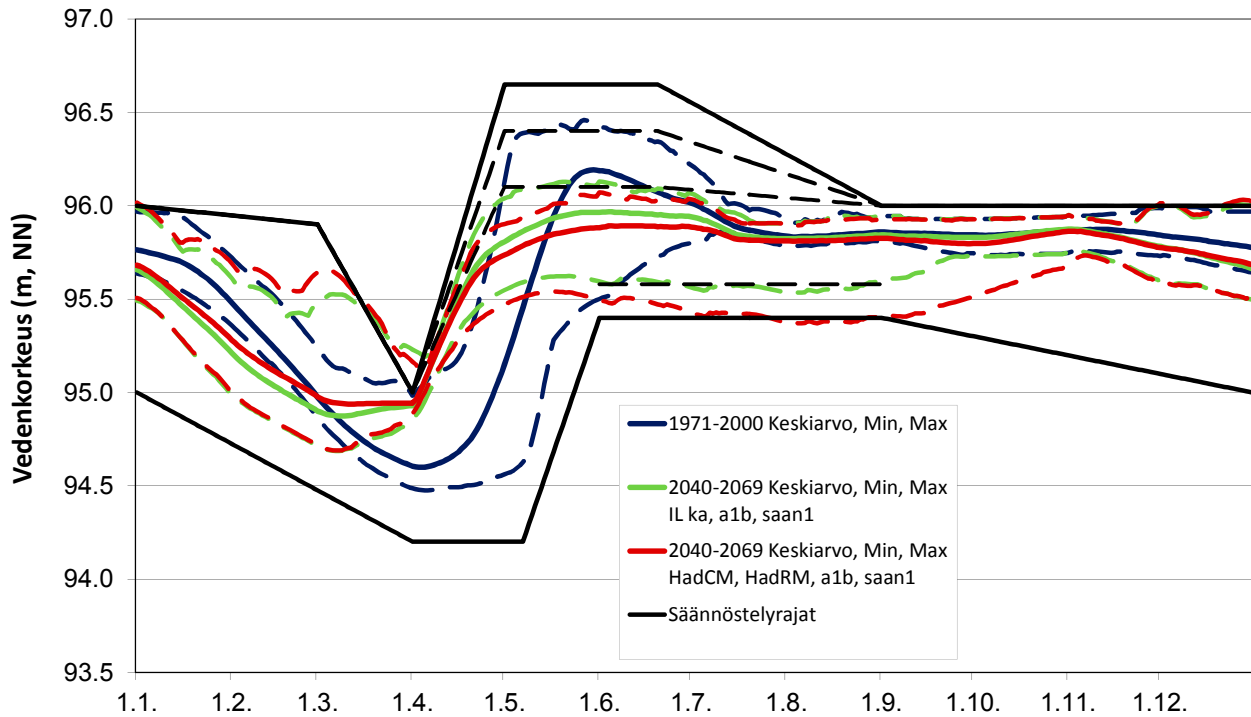


Syväri (NN), Vedenkorkeudet ja lähtövirtaamat, lämmin skenaario 2040-69

Referenssijakso 1971-2000 (sininen)

Keskiarvoskenaario IL, ka, a1b 2040-69 (vihreä)

Lämmin skenaario: HadCM, HADRM, a1b 2040-69 (punainen)

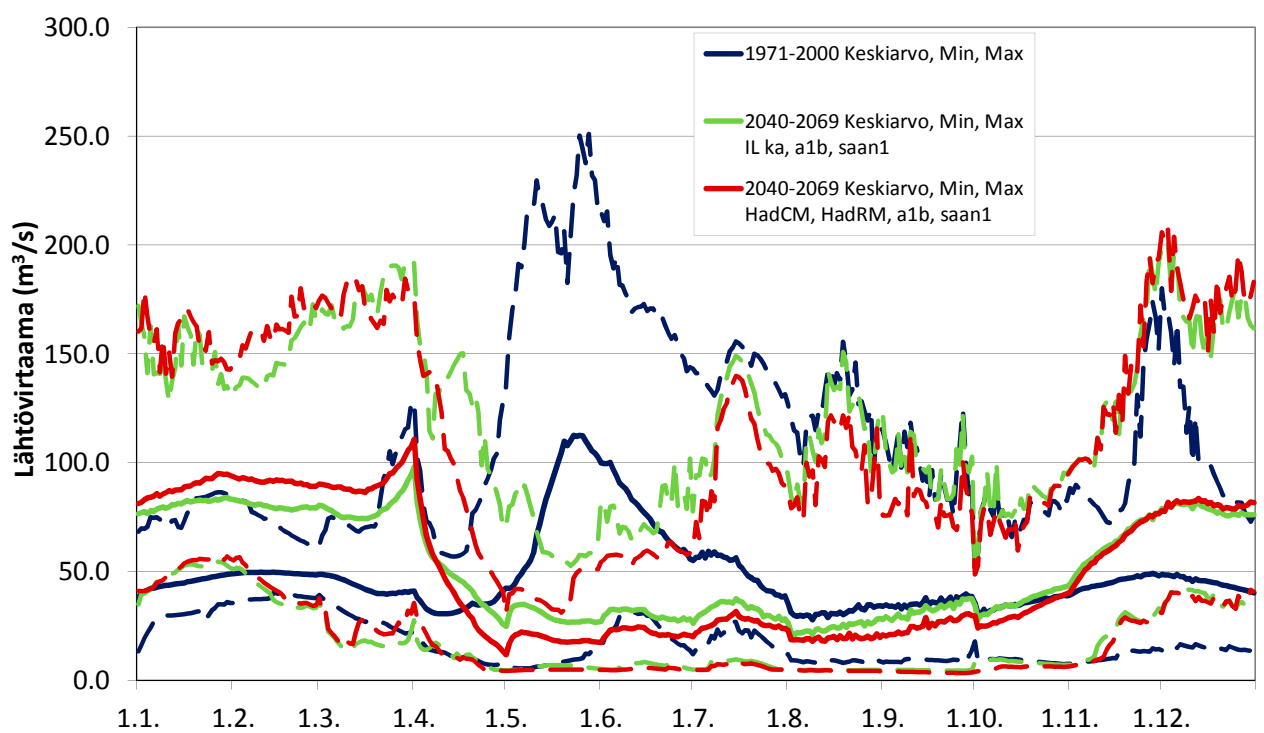
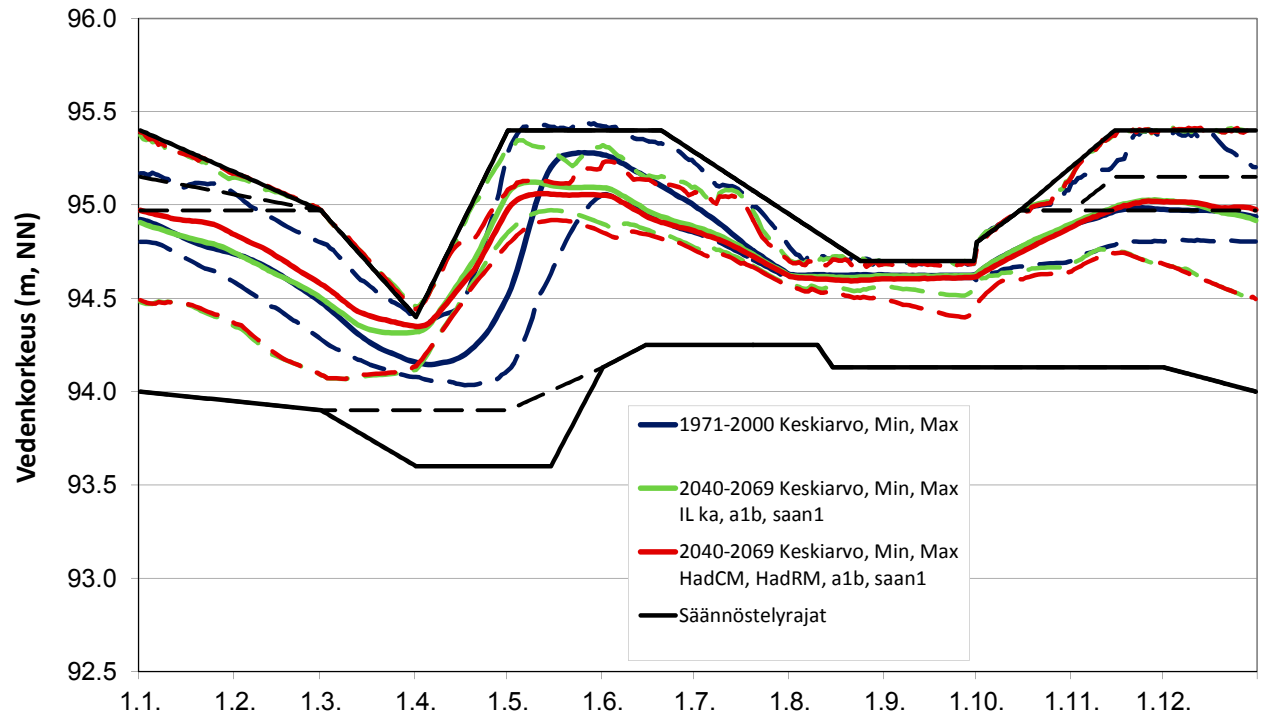


Vuotjärvi (NN), Vedenkorkeudet ja lähtövirtaamat, lämmin skenaario 2040-69

Referenssijakso 1971-2000 (sininen)

Keskiarvoskenaario IL, ka, a1b 2040-69 (vihreä)

Lämmin skenaario: HadCM, HADRM, a1b 2040-69 (punainen)



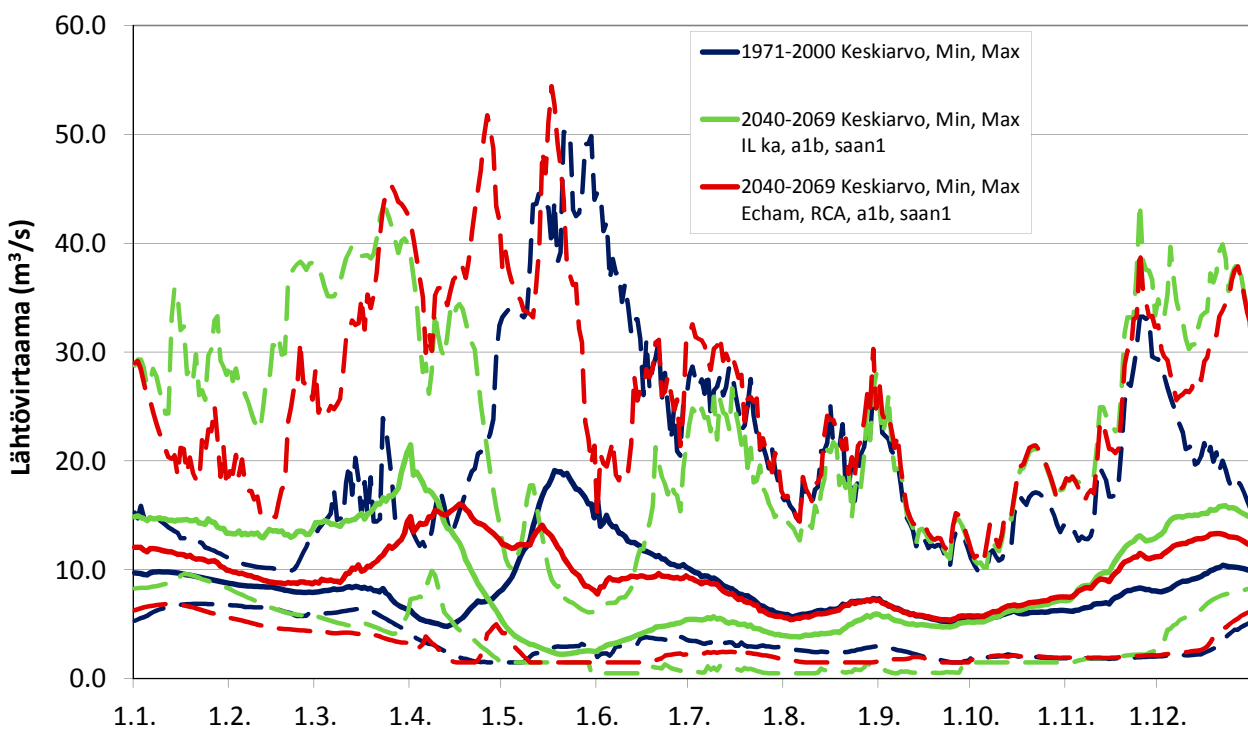
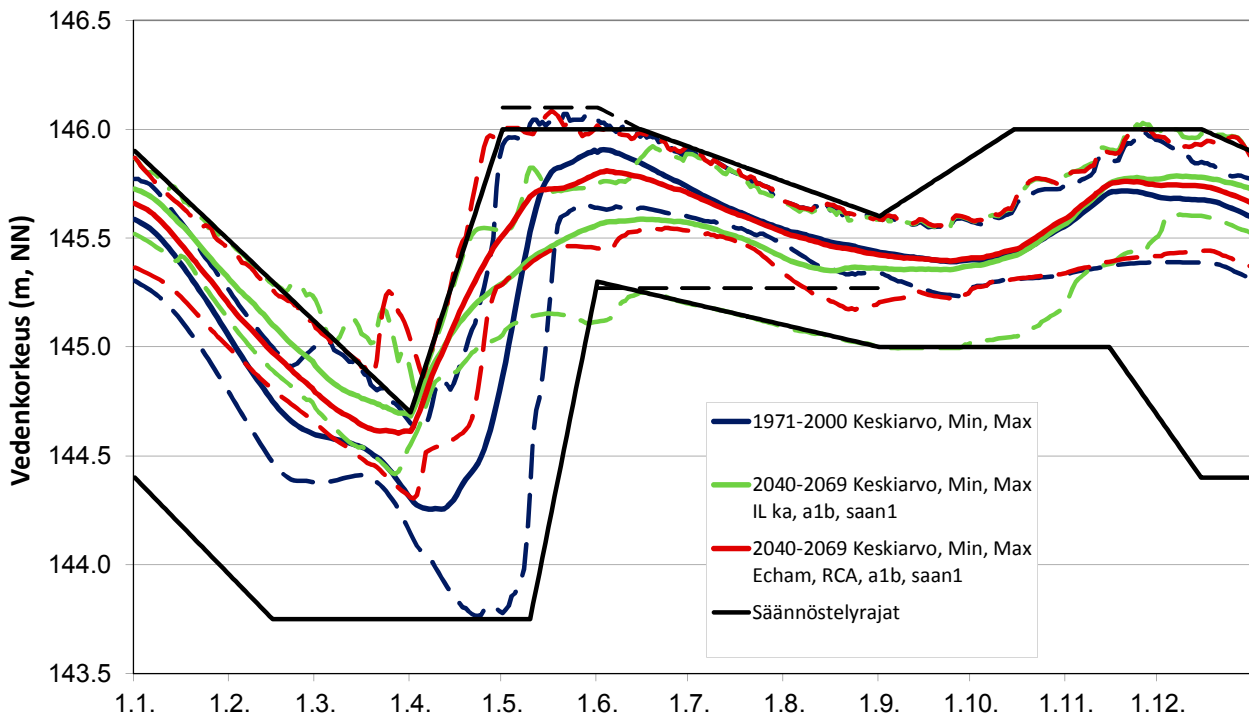
Liite 2C Ääriskenaariot jaksolle 2040-69: Kylmä skenaario

Kiltuanjärvi (NN), Vedenkorkeudet ja lähtövirtaamat, kylmä skenaario 2040-69

Referenssijakso 1971-2000 (sininen)

Keskiarvoskenaario IL, ka, a1b 2040-69 (vihreä)

Kylmä skenaario: Echam, RCA, a1b 2040-69 (punainen)

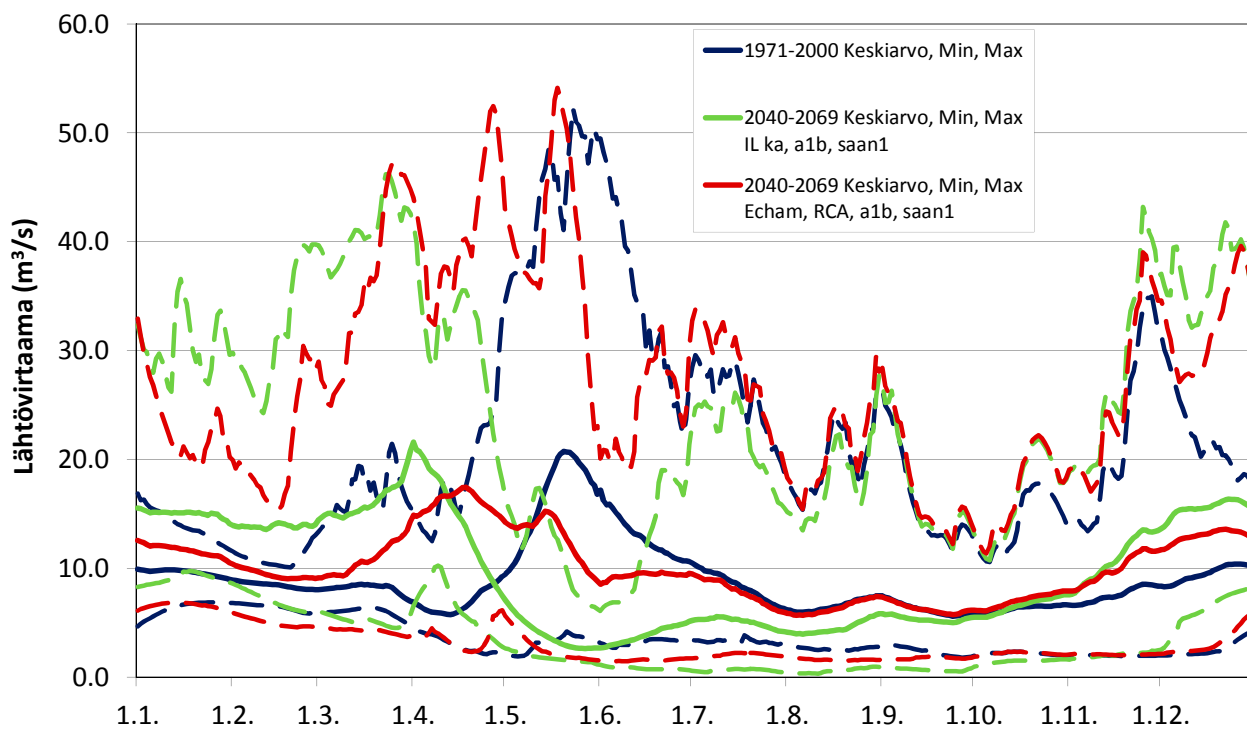
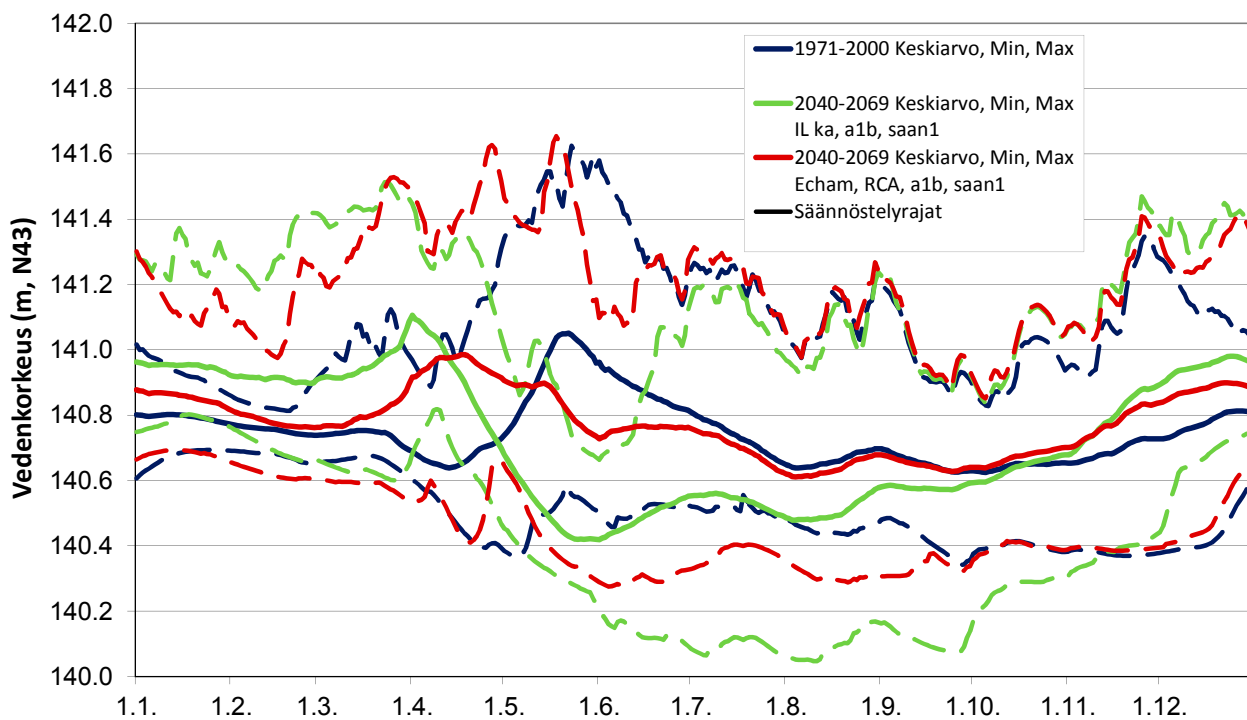


Haapajärvi (N43), Vedenkorkeudet ja lähtövirtaamat, kylmä skenaario 2040-69

Referenssijakso 1971-2000 (sininen)

Keskiarvoskenaario IL, ka, a1b 2040-69 (vihreä)

Kylmä skenaario: Echam, RCA, a1b 2040-69 (punainen)

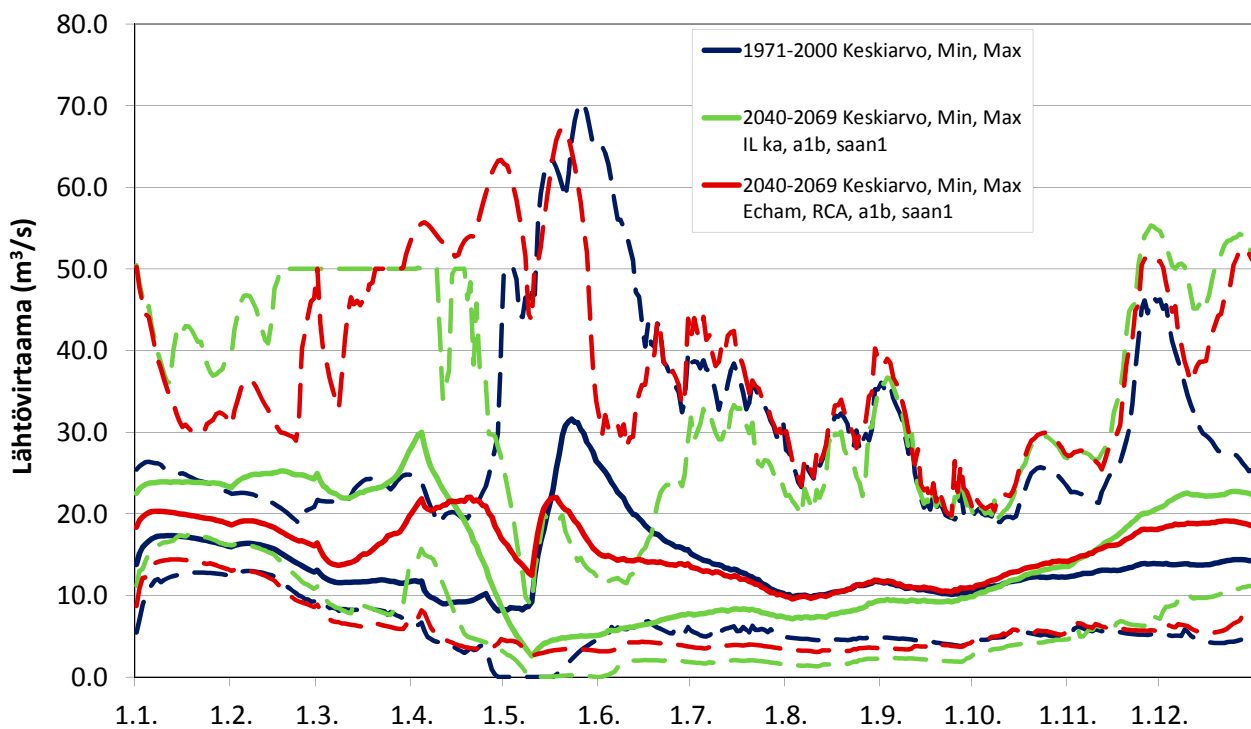
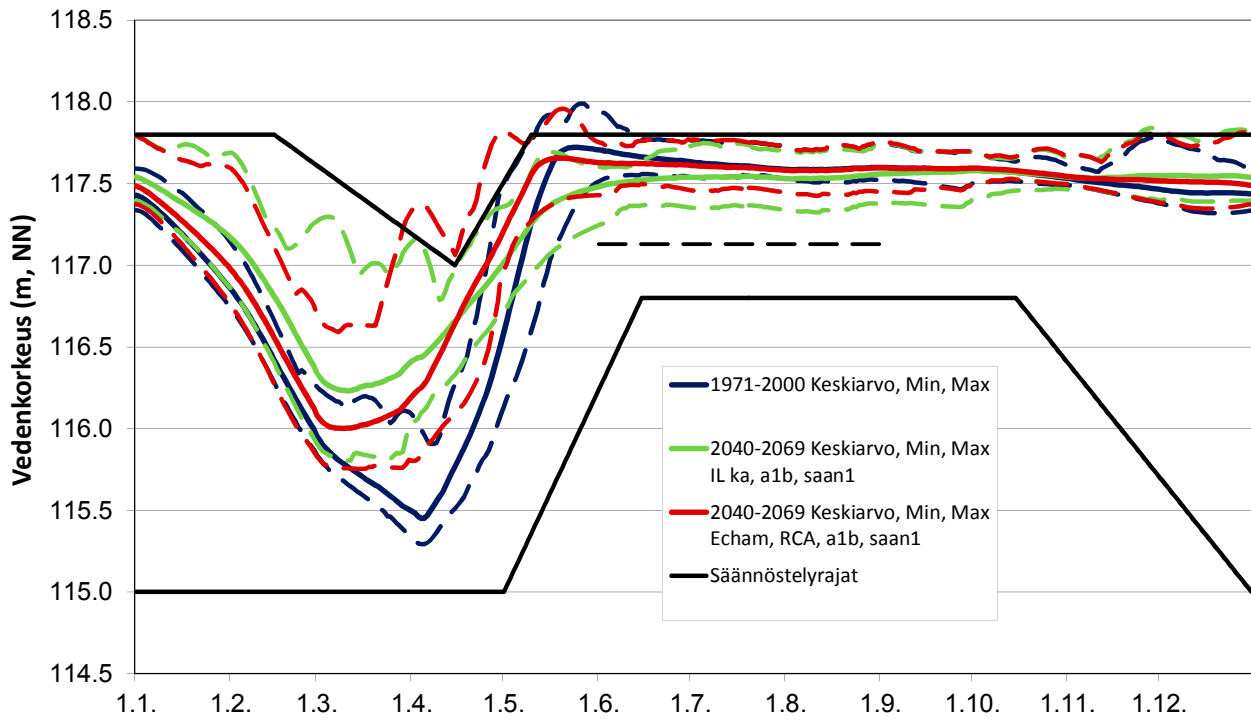


Sälevä (NN), Vedenkorkeudet ja lähtövirtaamat, kylmä skenaario 2040-69

Referenssijakso 1971-2000 (sininen)

Keskiarvoskenaario IL, ka, a1b 2040-69 (vihreä)

Kylmä skenaario: Echam, RCA, a1b 2040-69 (punainen)

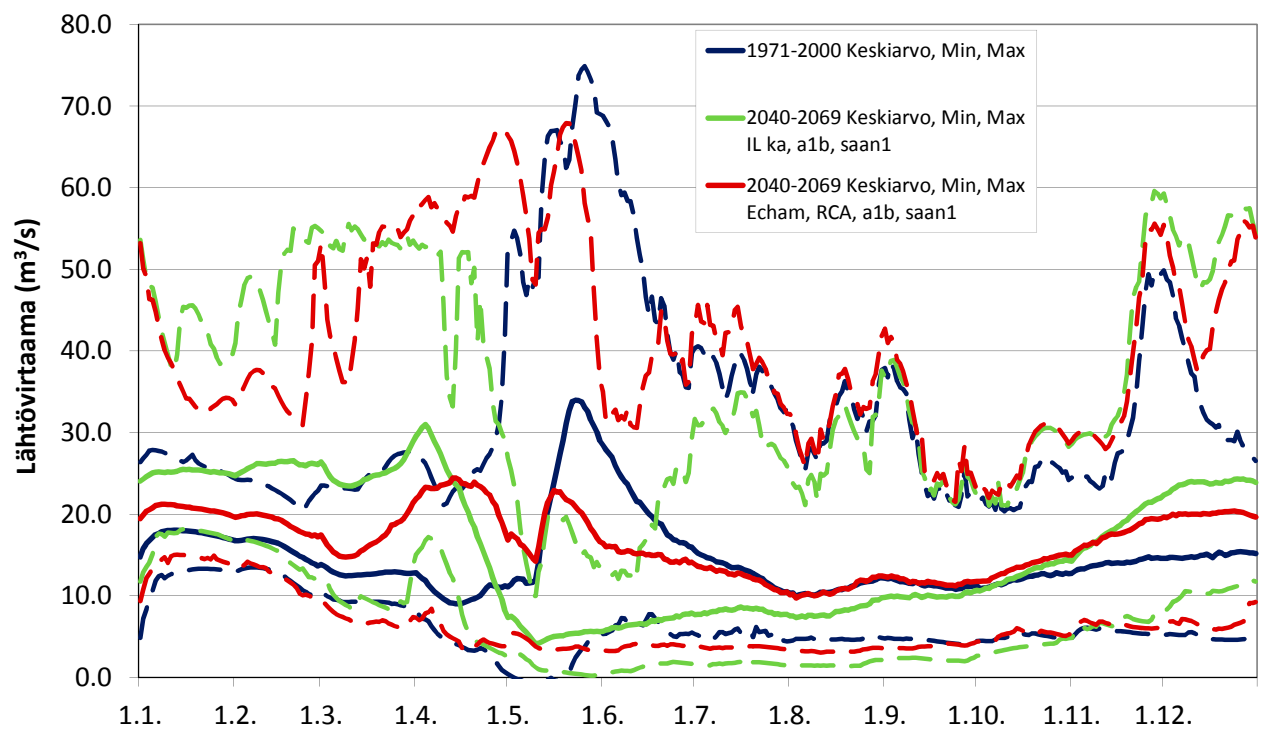
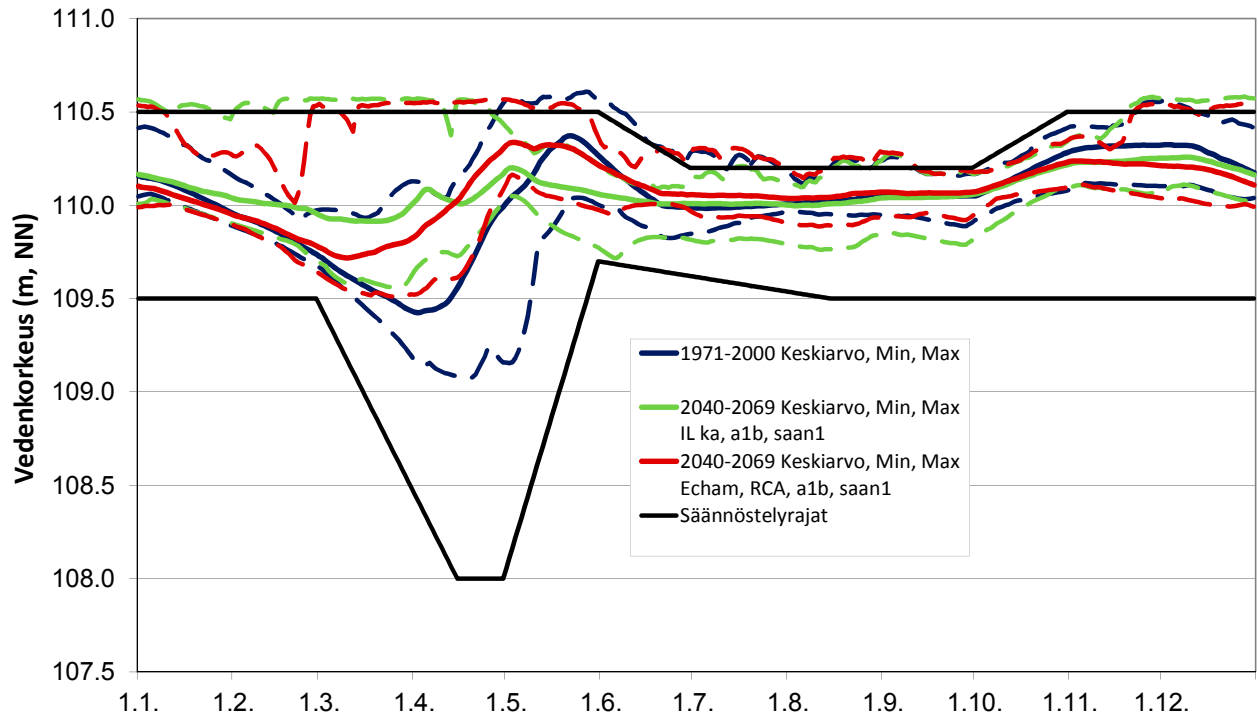


Korpinen (NN), Vedenkorkeudet ja lähtövirtaamat, kylmä skenaario 2040-69

Referenssijakso 1971-2000 (sininen)

Keskiaivoskenaario IL, ka, a1b 2040-69 (vihreä)

Kylmä skenaario: Echam, RCA, a1b 2040-69 (punainen)

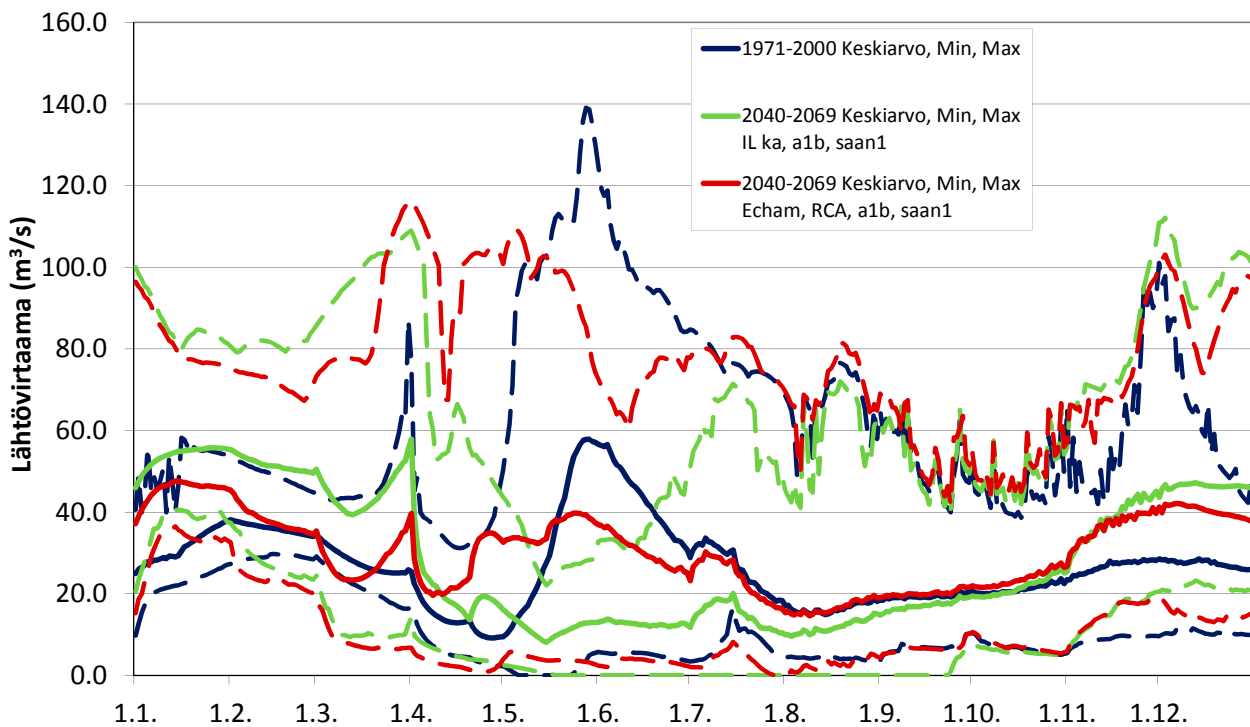
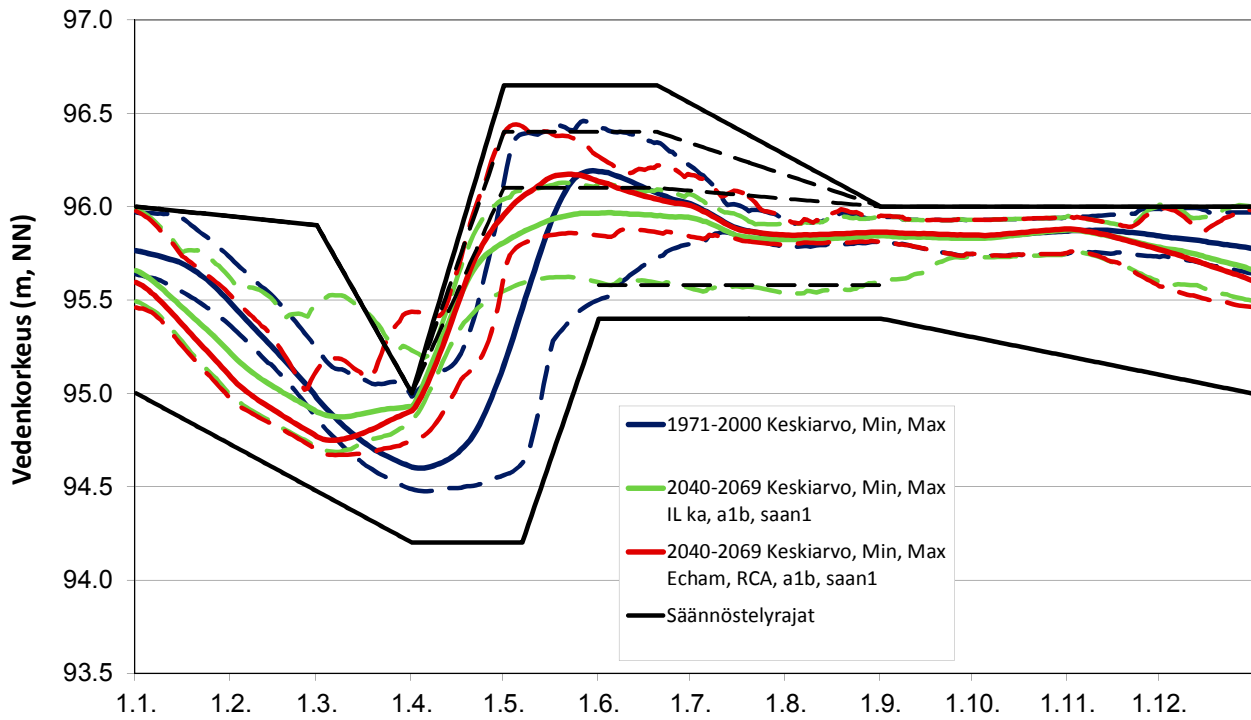


Syväri (NN), Vedenkorkeudet ja lähtövirtaamat, kylmä skenaario 2040-69

Referenssijakso 1971-2000 (sininen)

Keskiarvoskenaario IL, ka, a1b 2040-69 (vihreä)

Kylmä skenaario: Echam, RCA, a1b 2040-69 (punainen)

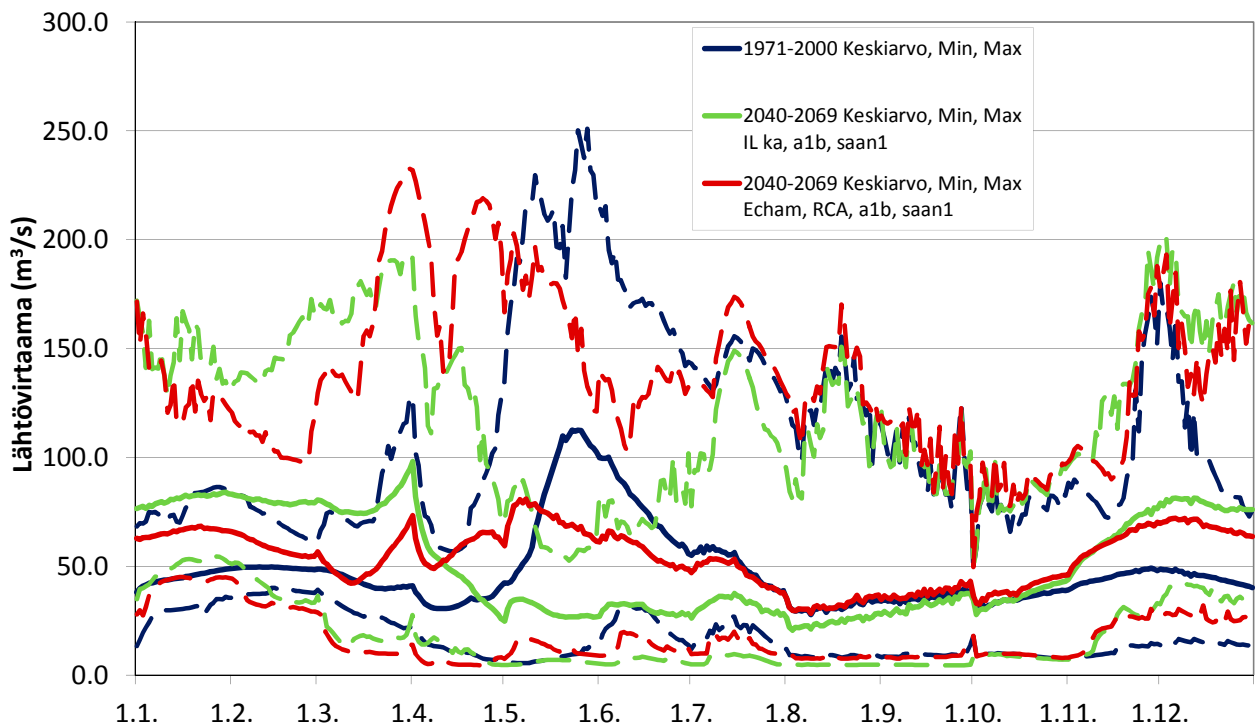
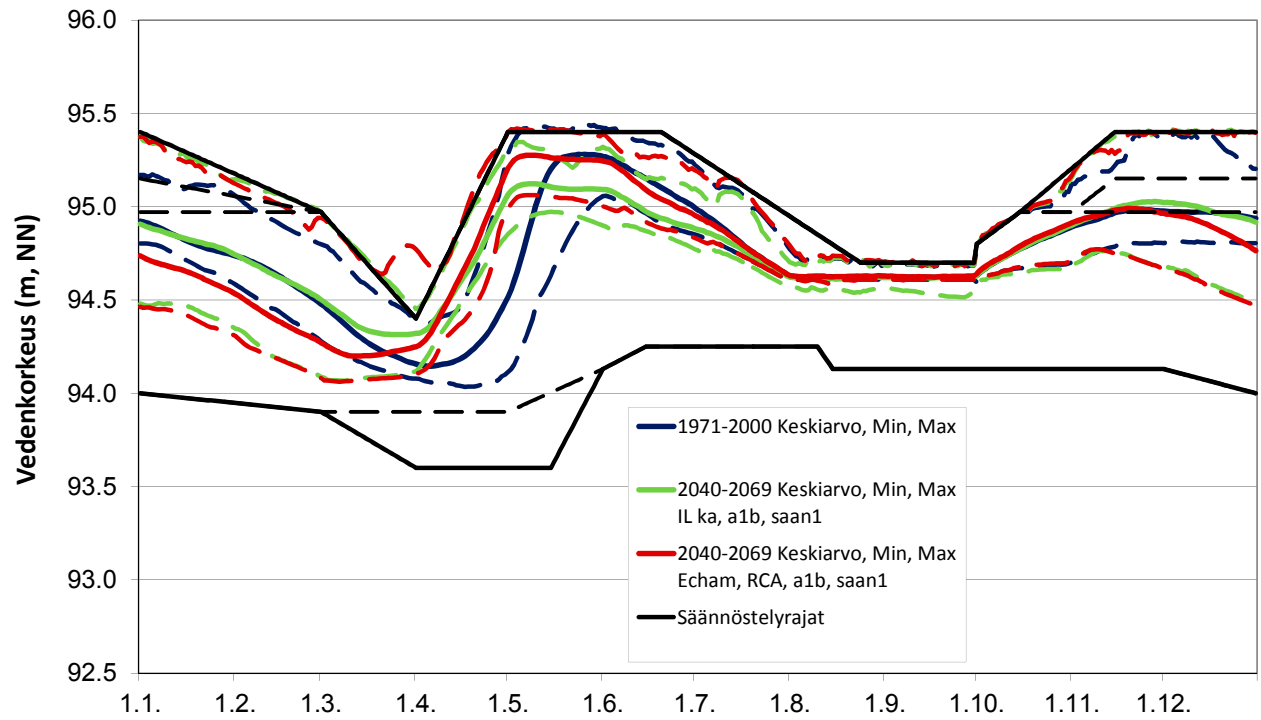


Vuotjärvi (NN), Vedenkorkeudet ja lähtövirtaamat, kylmä skenaario 2040-69

Referenssijakso 1971-2000 (sininen)

Keskiarvoskenaario IL, ka, a1b 2040-69 (vihreä)

Kylmä skenaario: Echam, RCA, a1b 2040-69 (punainen)



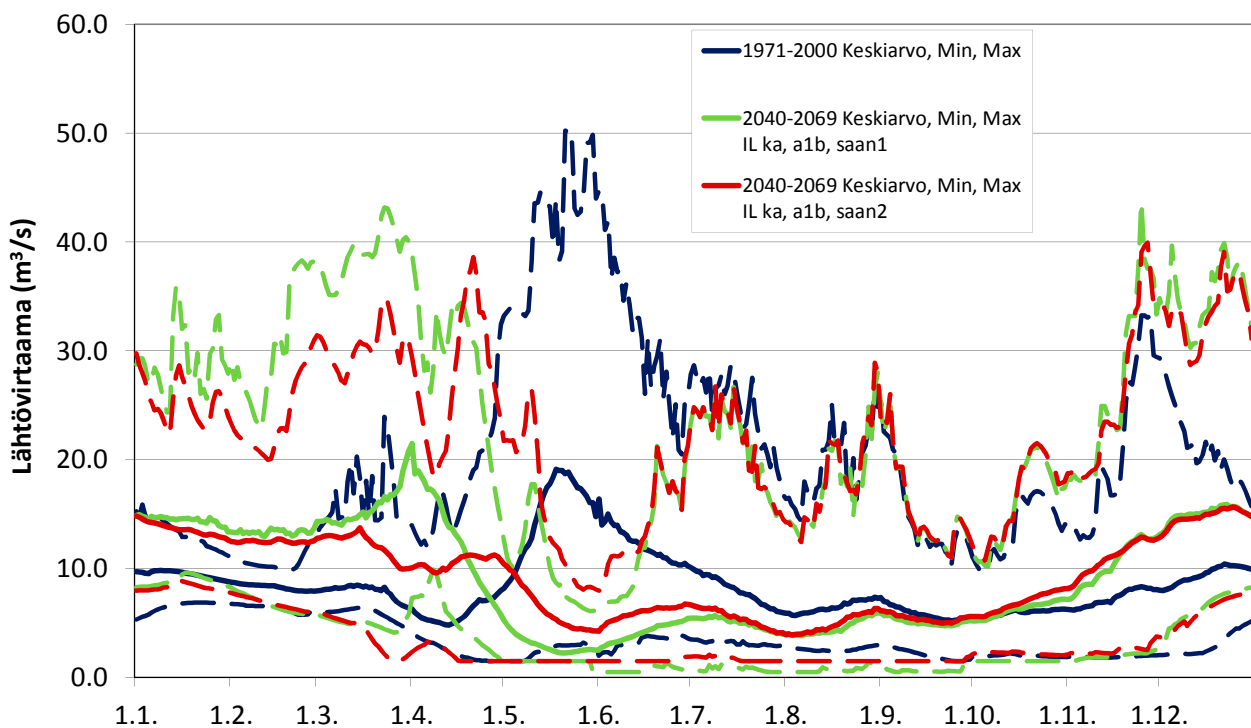
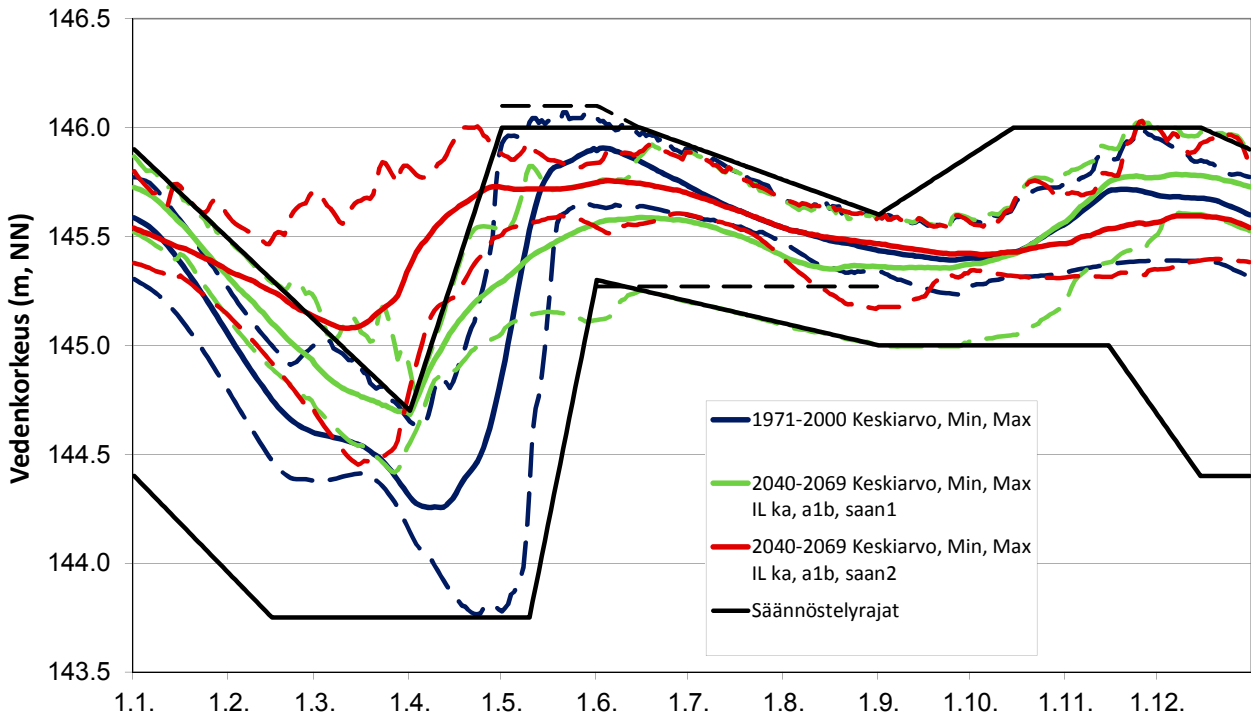
Liite 3 Sopeutuva säännöstely jaksolla 2040-69

Kiltuanjärvi (NN), Vedenkorkeudet ja lähtövirtaamat, sopeutuva säännöstely, 2040-69

Referenssijakso 1971-2000 (sininen)

Lupaehtojen mukaiset säännöstelyohjeet 2040-69 (vihreä)

Sopeutuvat säännöstelyohjeet 2040-69 (punainen)

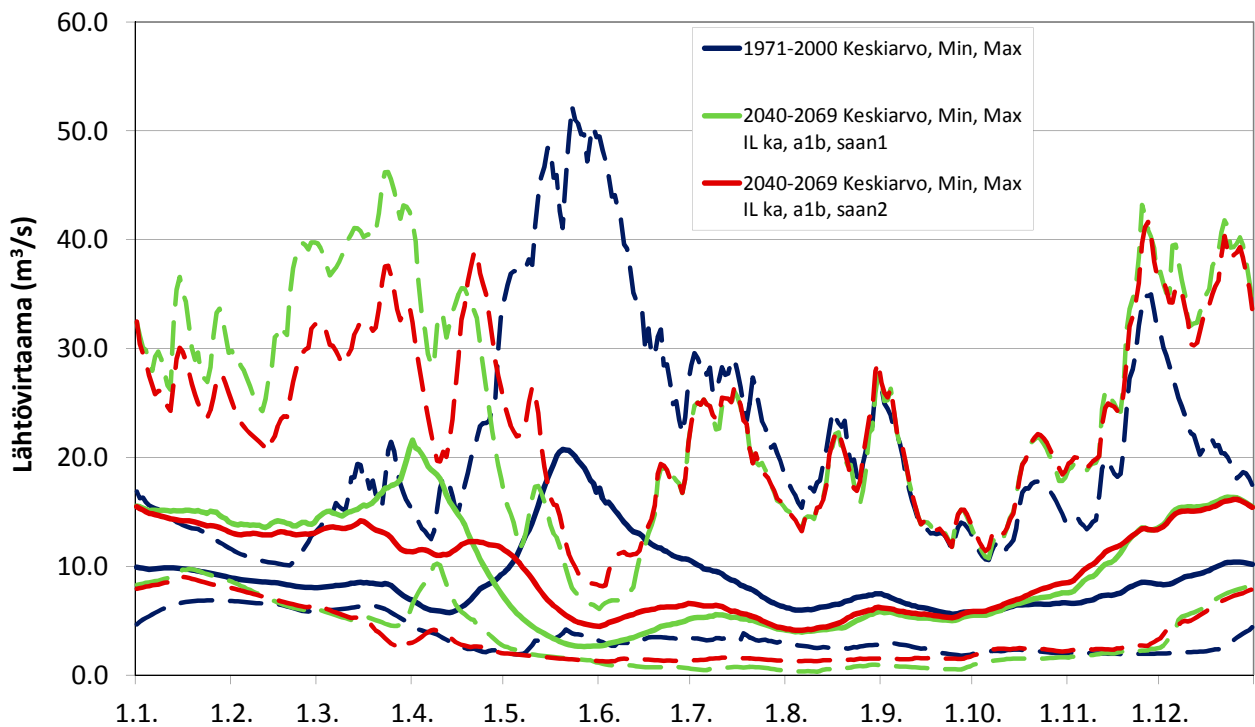
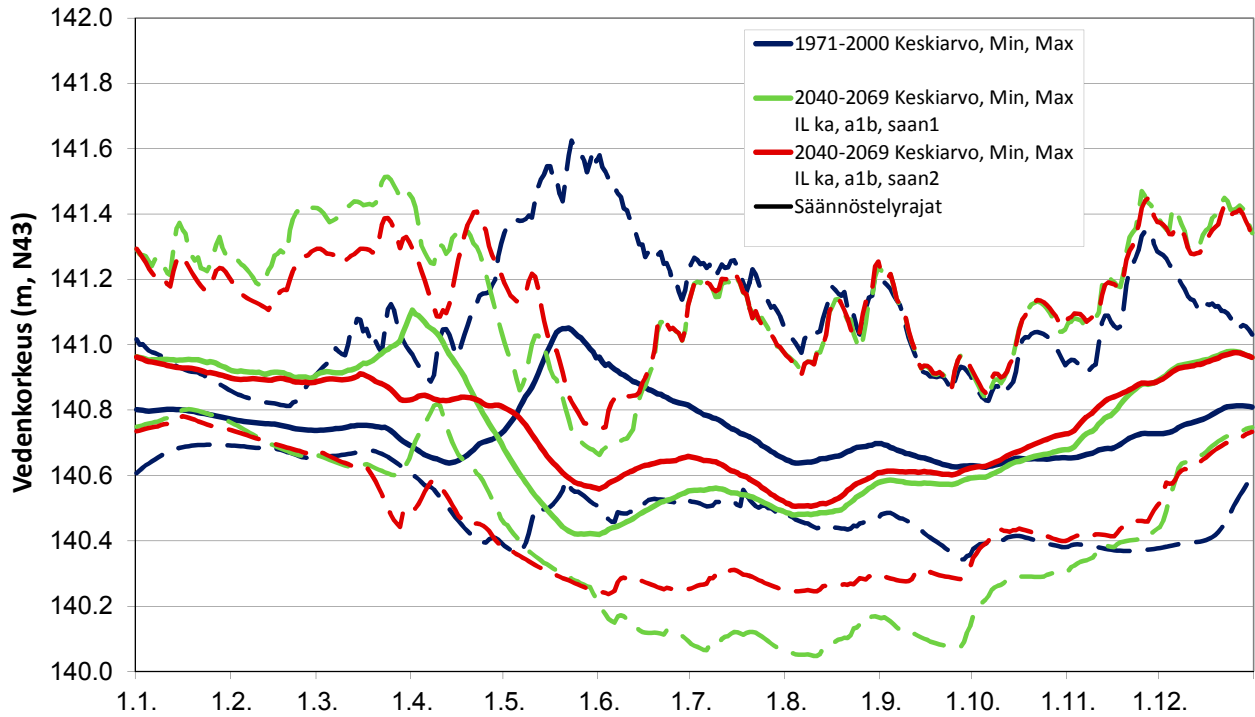


Haapajärvi (N43), Vedenkorkeudet ja lähtövirtaamat, sopeutuva säännöstely, 2040-69

Referenssijakso 1971-2000 (sininen)

Lupaehtojen mukaiset säännöstelyohjeet 2040-69 (vihreä)

Sopeutuvat säännöstelyohjeet 2040-69 (punainen)

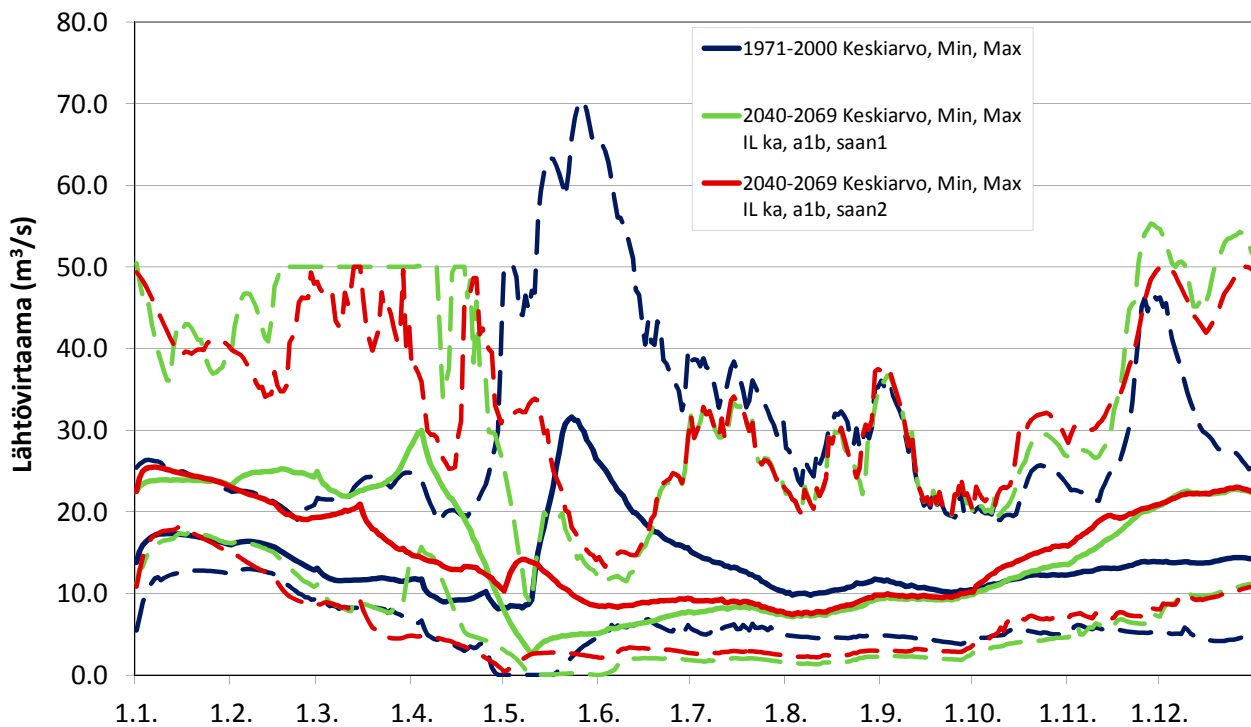
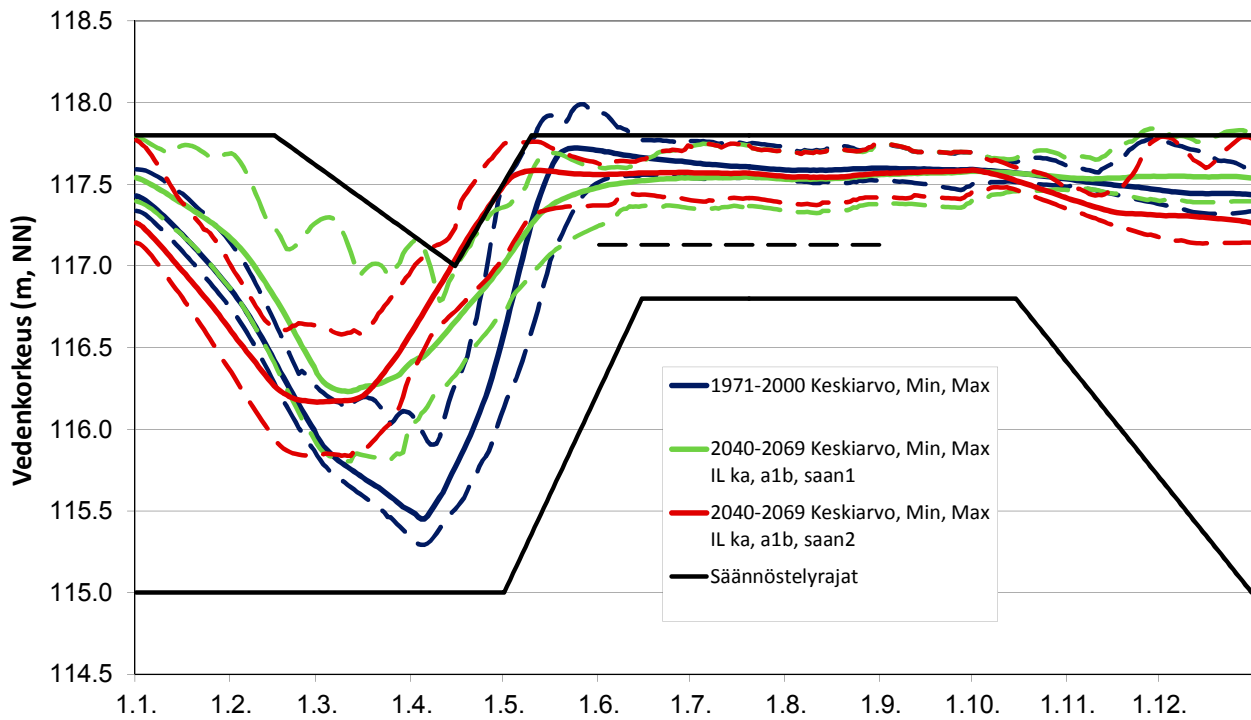


Sälevä (NN), Vedenkorkeudet ja lähtövirtaamat, sopeutuva säännöstely, 2040-69

Referenssijakso 1971-2000 (sininen)

Lupaehtojen mukaiset säännöstelyohjeet 2040-69 (vihreä)

Sopeutuvat säännöstelyohjeet 2040-69 (punainen)

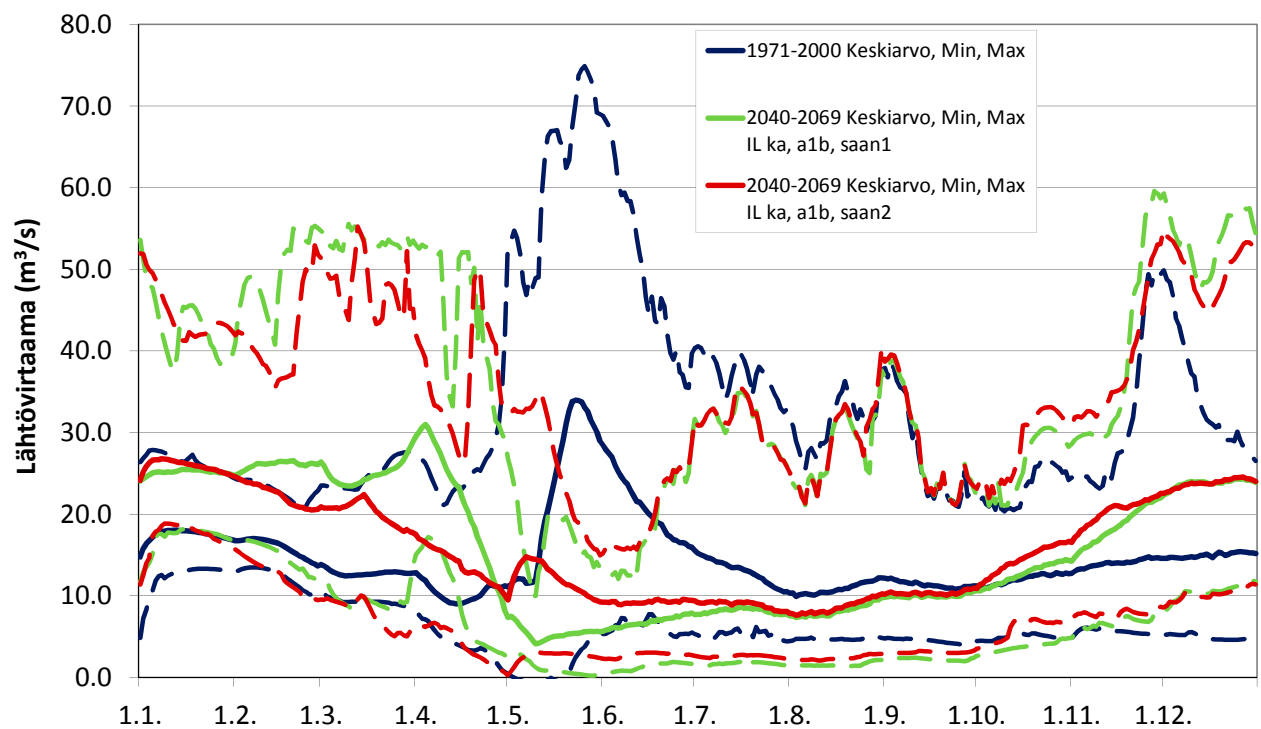
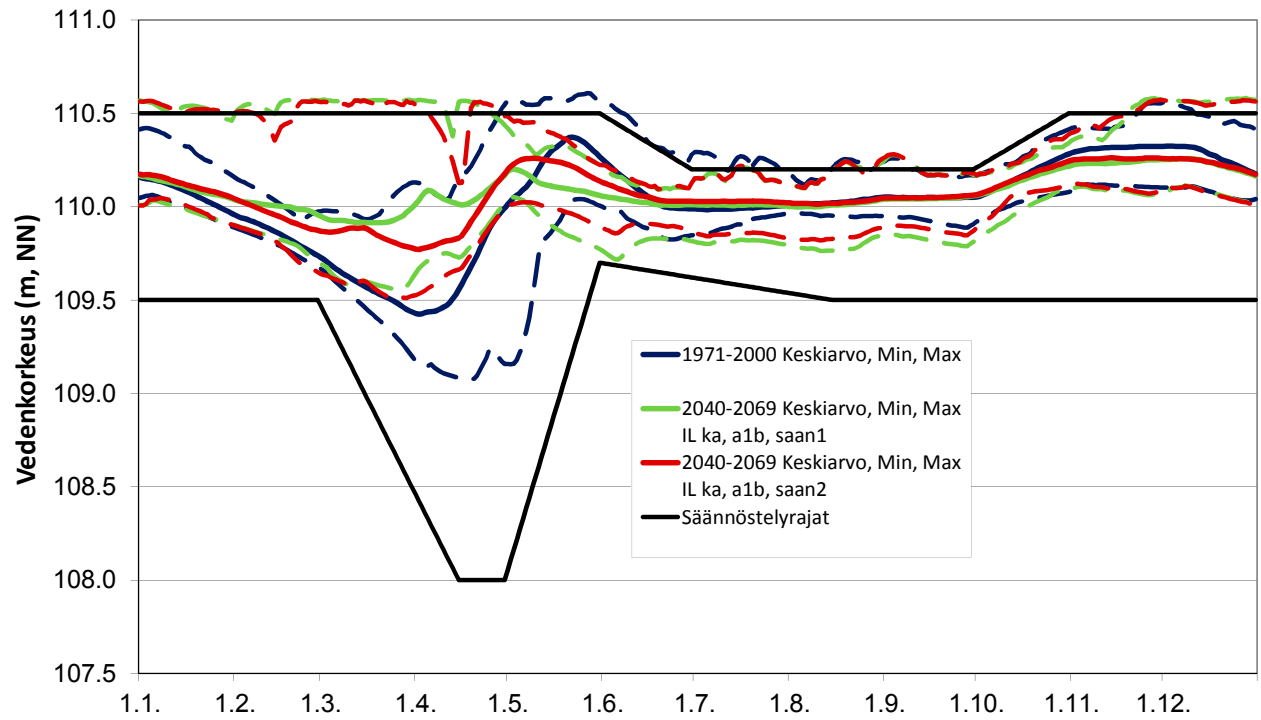


Korpinen (NN), Vedenkorkeudet ja lähtövirtaamat, sopeutuva säännöstely, 2040-69

Referenssijakso 1971-2000 (sininen)

Lupaehtojen mukaiset säännöstelyohjeet 2040-69 (vihreä)

Sopeutuvat säännöstelyohjeet 2040-69 (punainen)

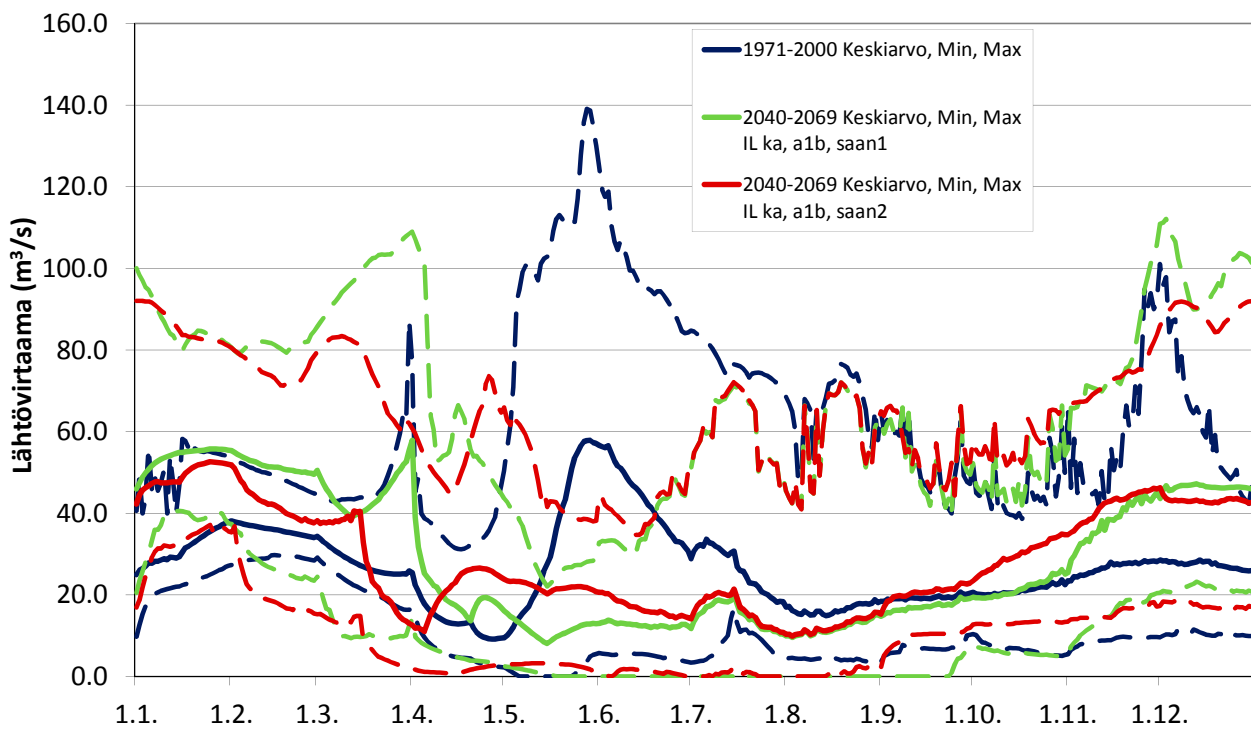
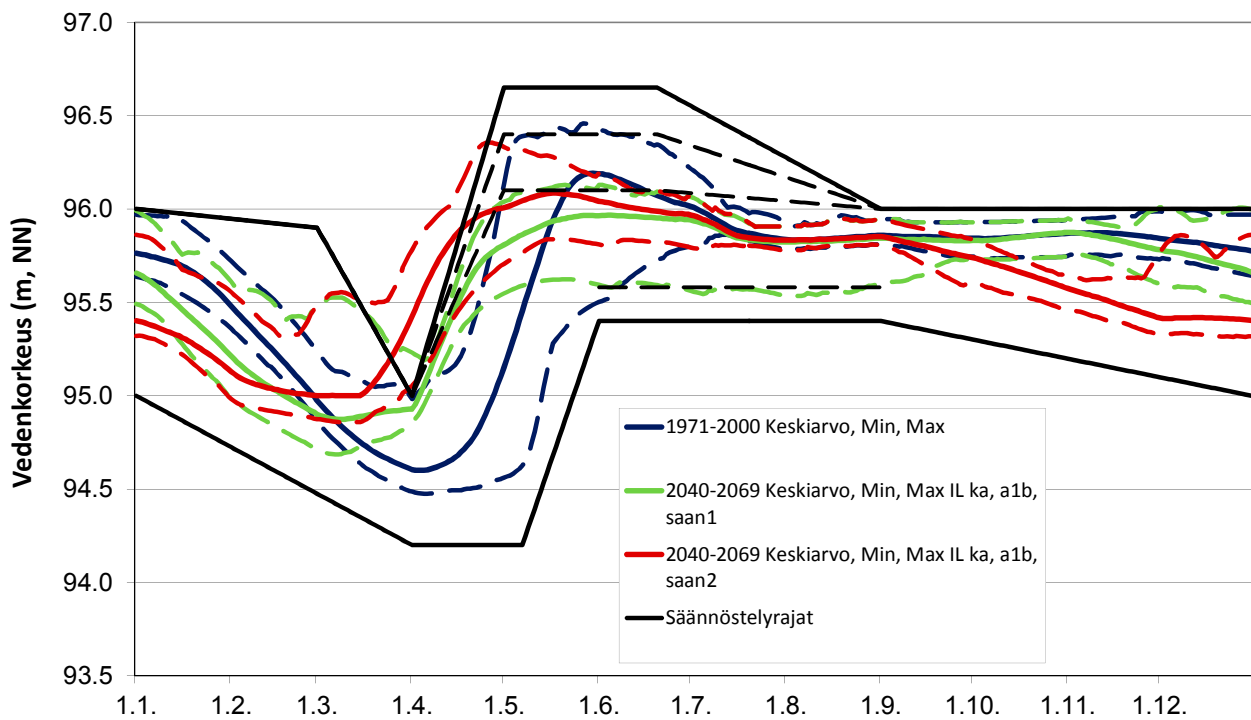


Syväri (NN), Vedenkorkeudet ja lähtövirtaamat, sopeutuva säännöstely, 2040-69

Referenssijakso 1971-2000 (sininen)

Lupaehtojen mukaiset säännöstelyohjeet 2040-69 (vihreä)

Sopeutuvat säännöstelyohjeet 2040-69 (punainen)

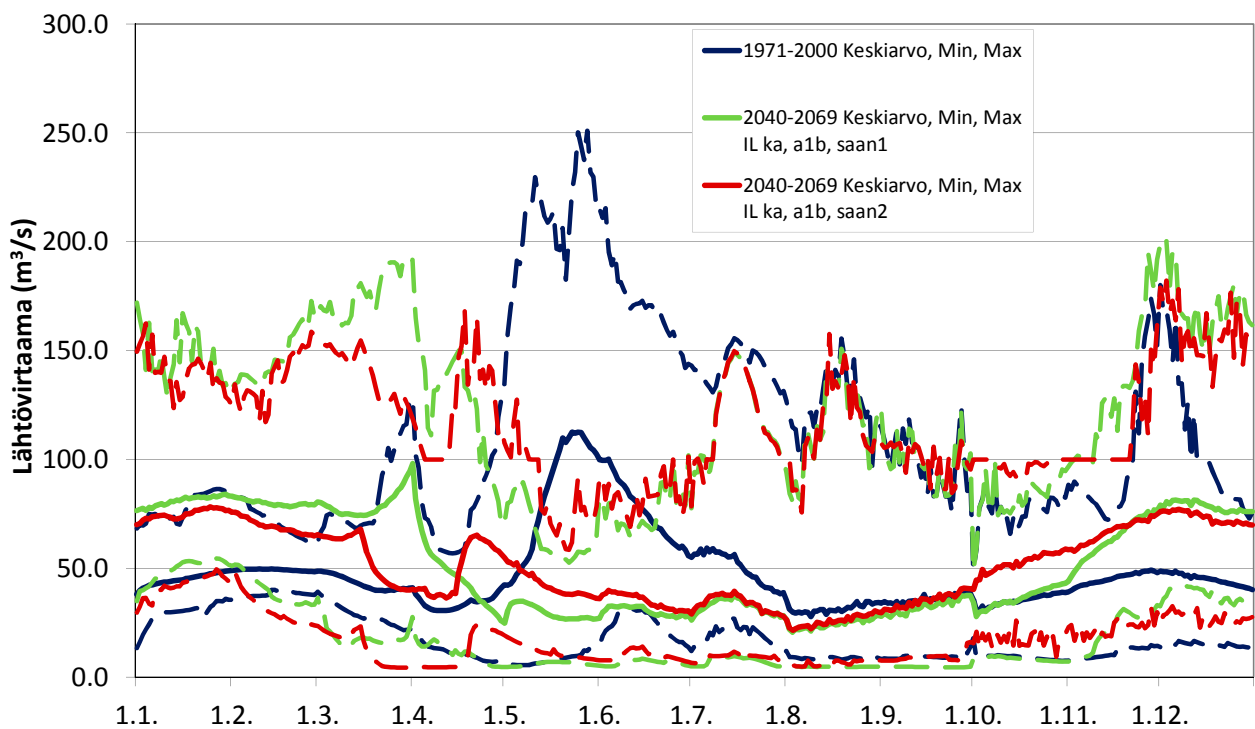
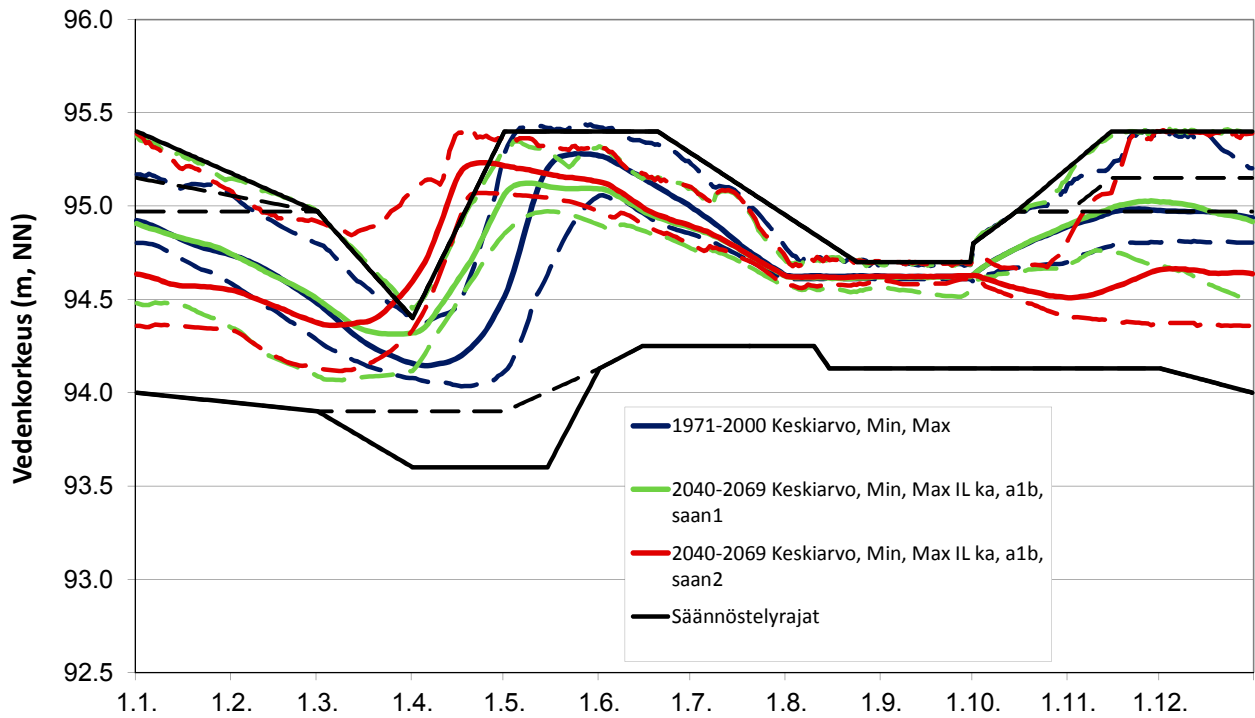


Vuotjärvi (NN), Vedenkorkeudet ja lähtövirtaamat, sopeutuva säännöstely, 2040-69

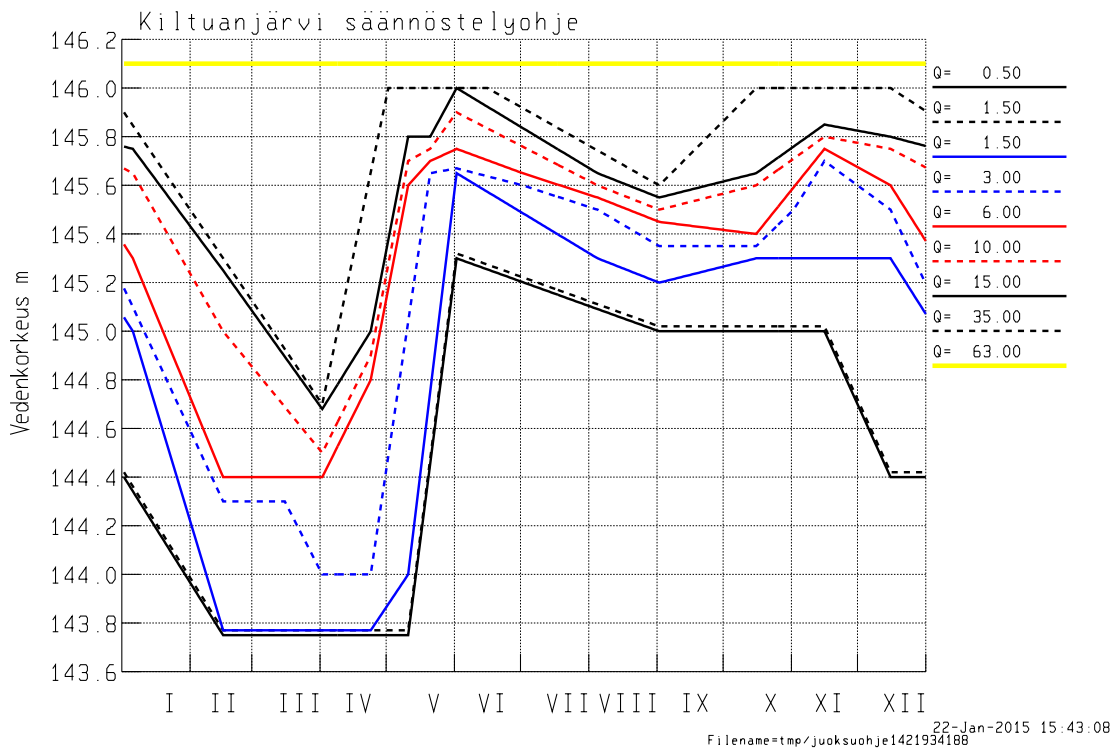
Referenssijakso 1971-2000 (sininen)

Lupaehtojen mukaiset säännöstelyohjeet 2040-69 (vihreä)

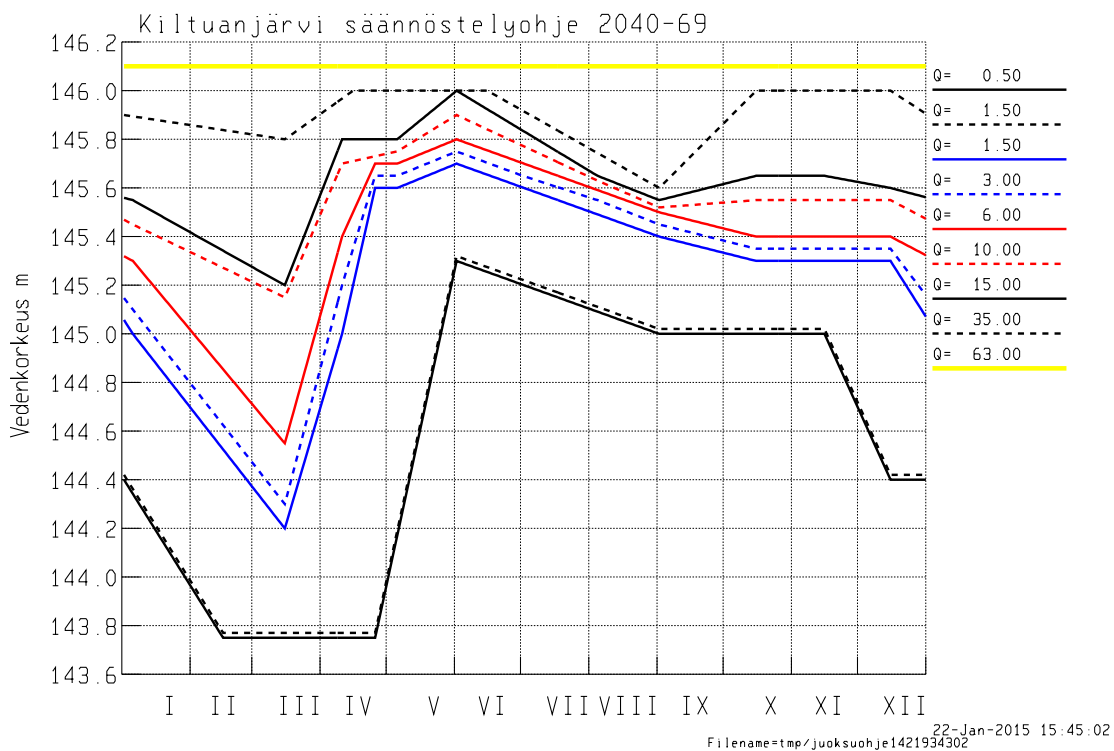
Sopeutuvat säännöstelyohjeet 2040-69 (punainen)



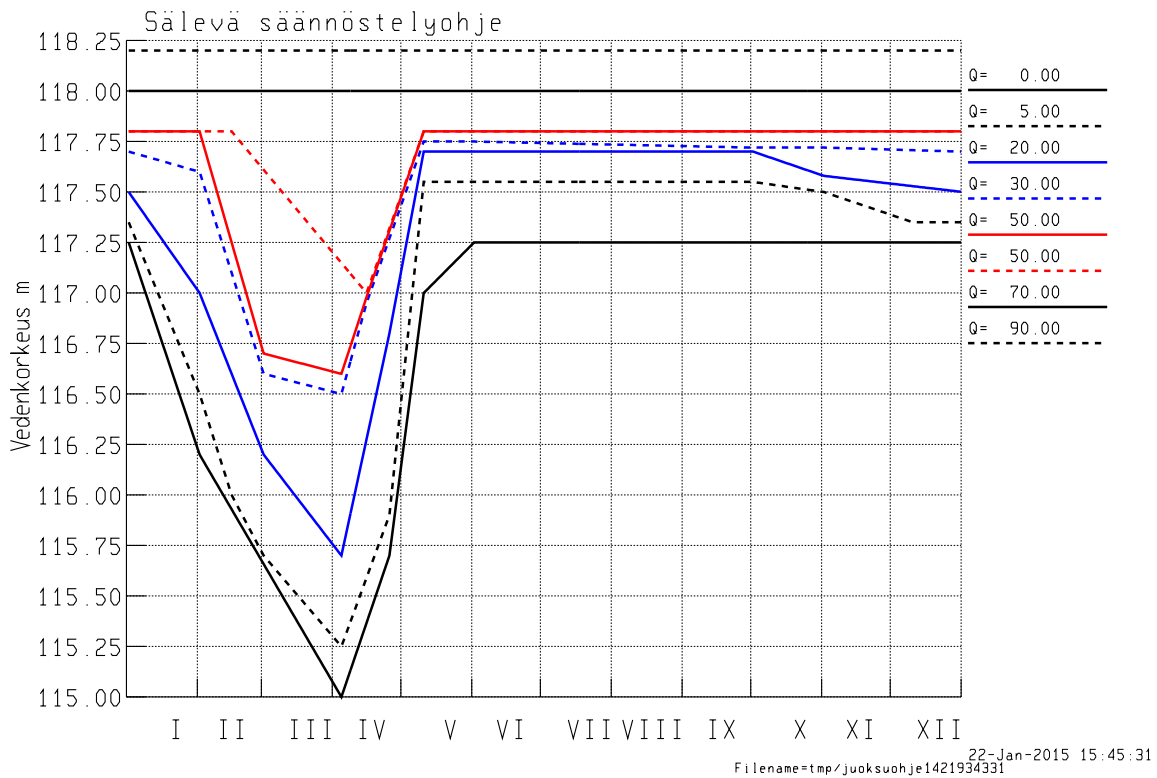
Liite 4 Säännöstelyohjeet



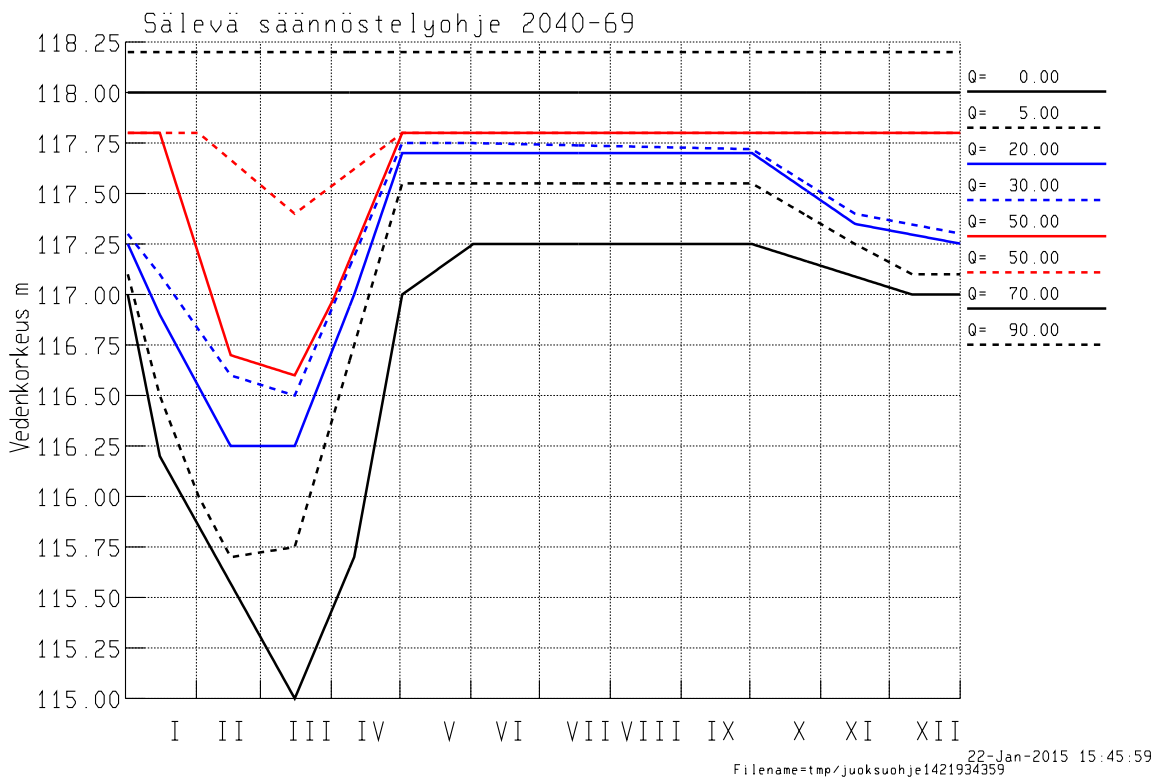
kuva 4a. Kiltuanjärven säännöstelyohje referenssijaksolla 1971-2000.



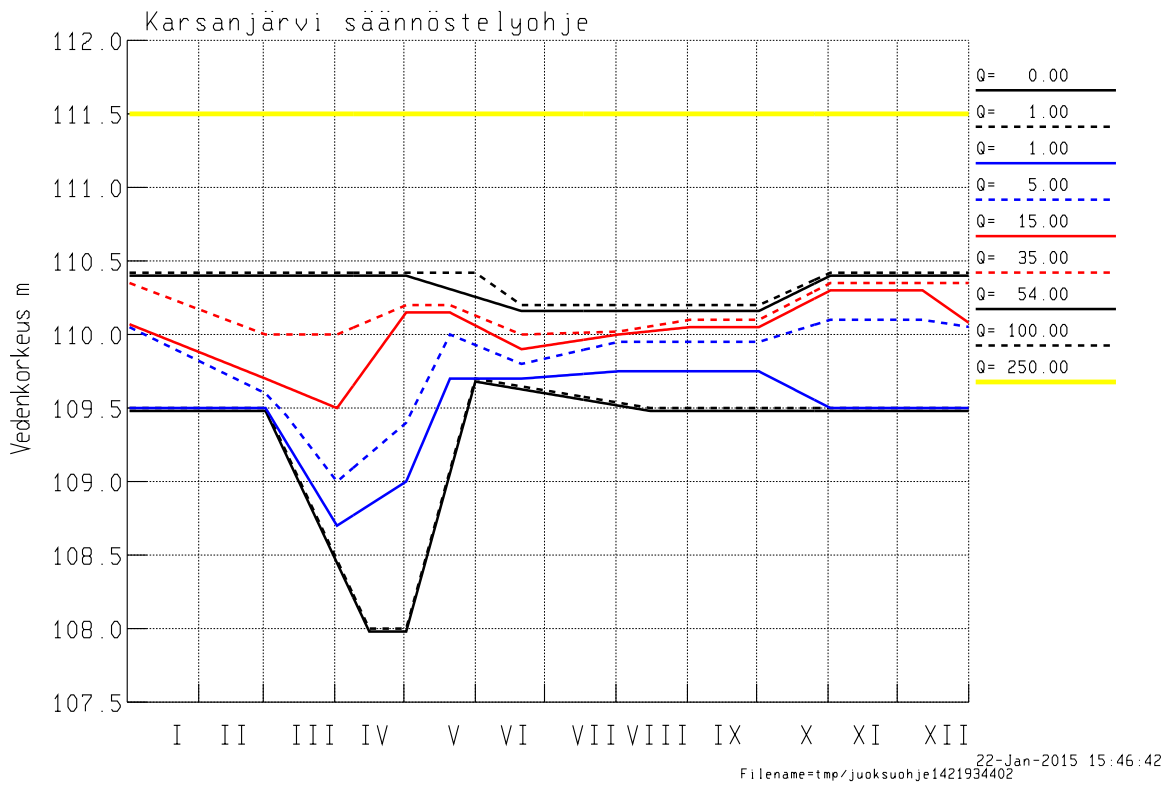
kuva 4b. Kiltuanjärven sopeutuva säännöstelyohje ilmastonmuutosjaksolla 2040-69.



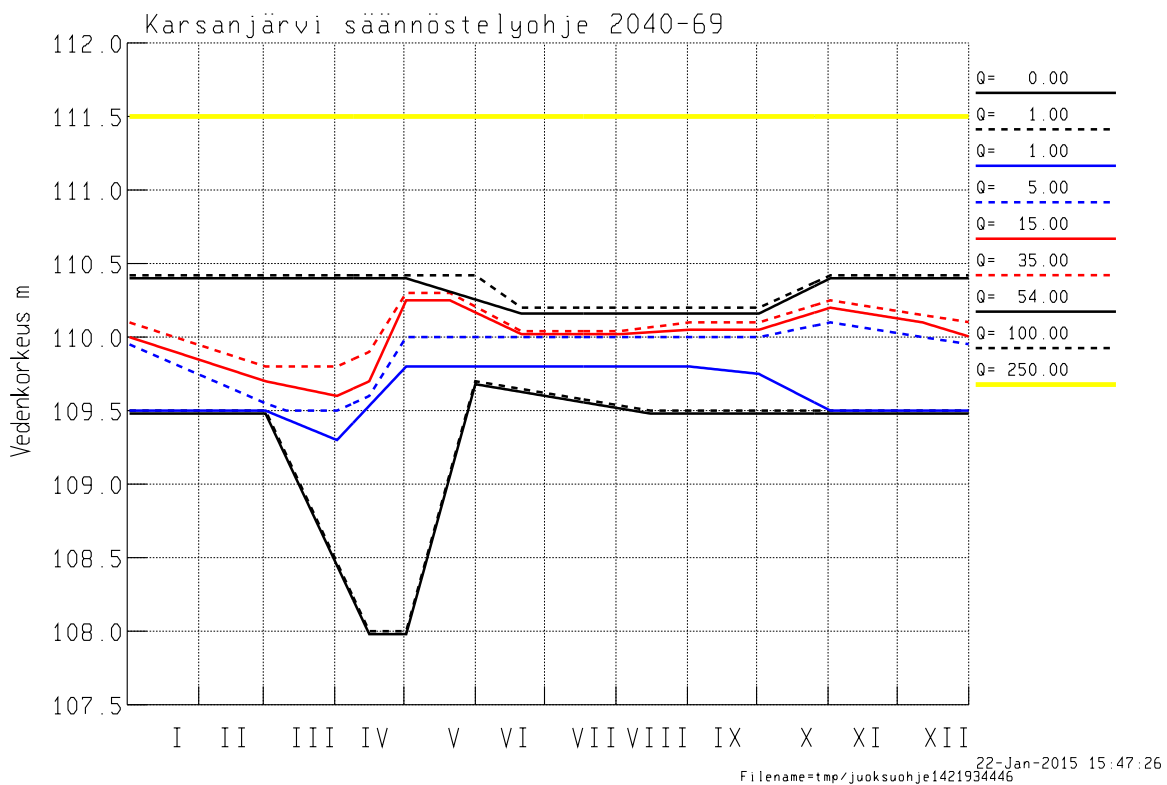
kuva 4c. Sälevän säännöstelyohje referenssijaksolla 1971-2000.



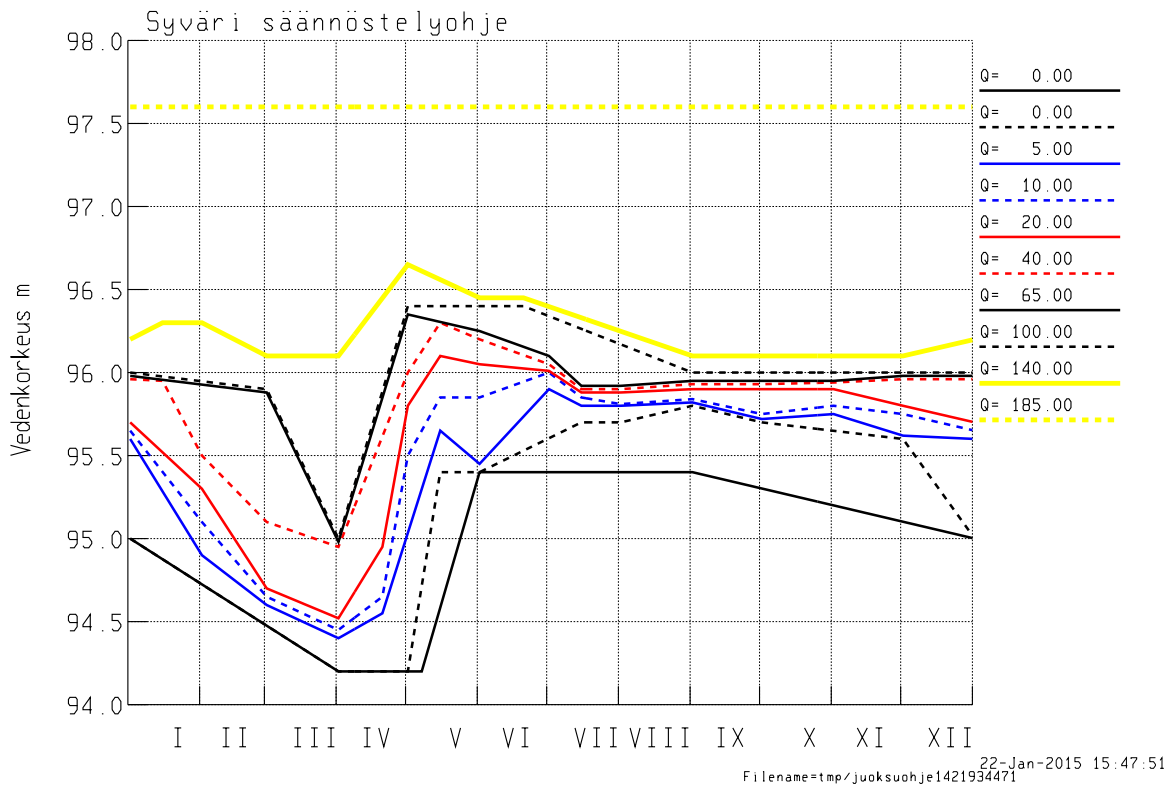
kuva 4d. Sälevän sopeutuva säännöstelyohje ilmastonmuutosjaksolla 2040-69.



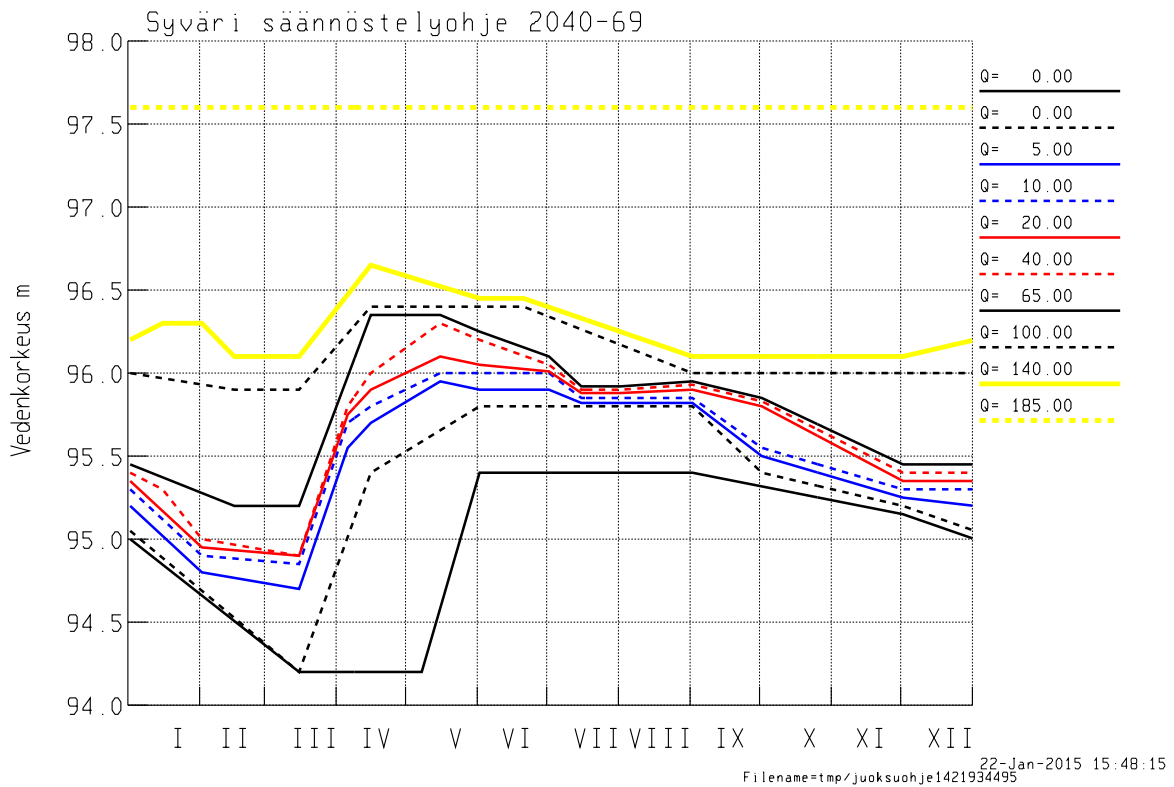
Kuva 4e. Karsanjärven säännöstelyohje referenssijaksolla 1971-2000.



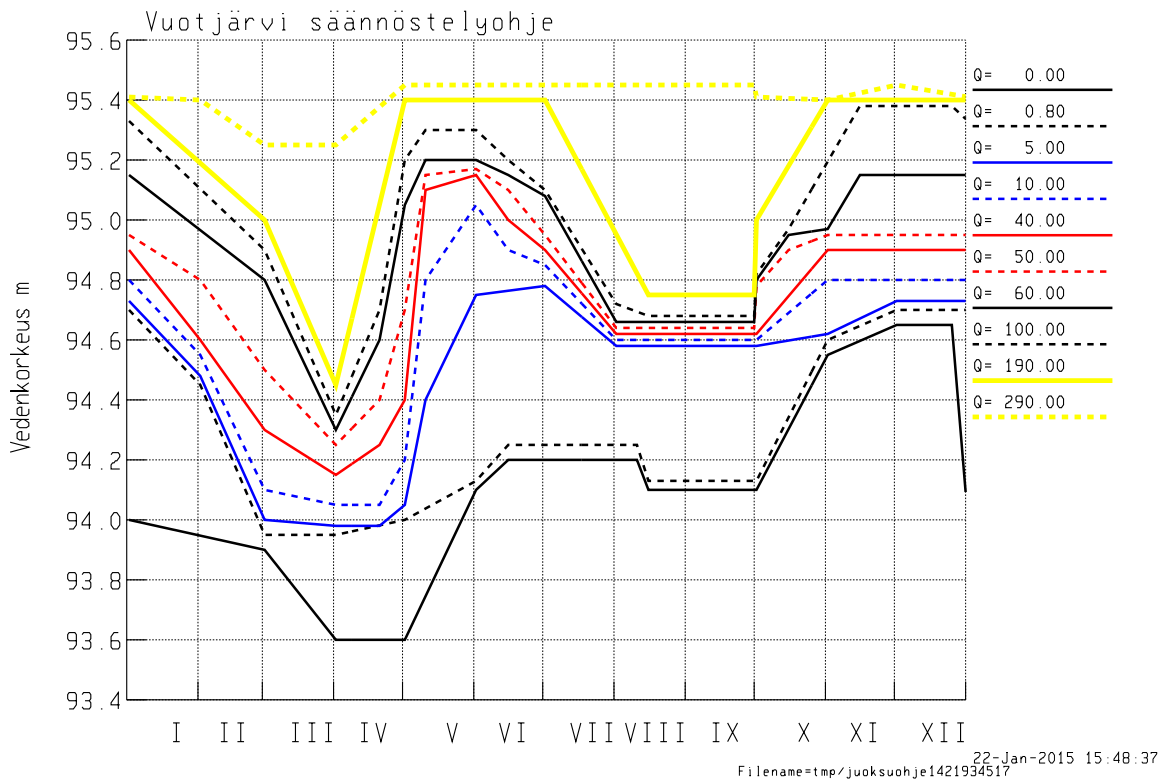
Kuva 4f. Karsanjärven sopeutuva säännöstelyohje ilmastonmuutosjaksolla 2040-69.



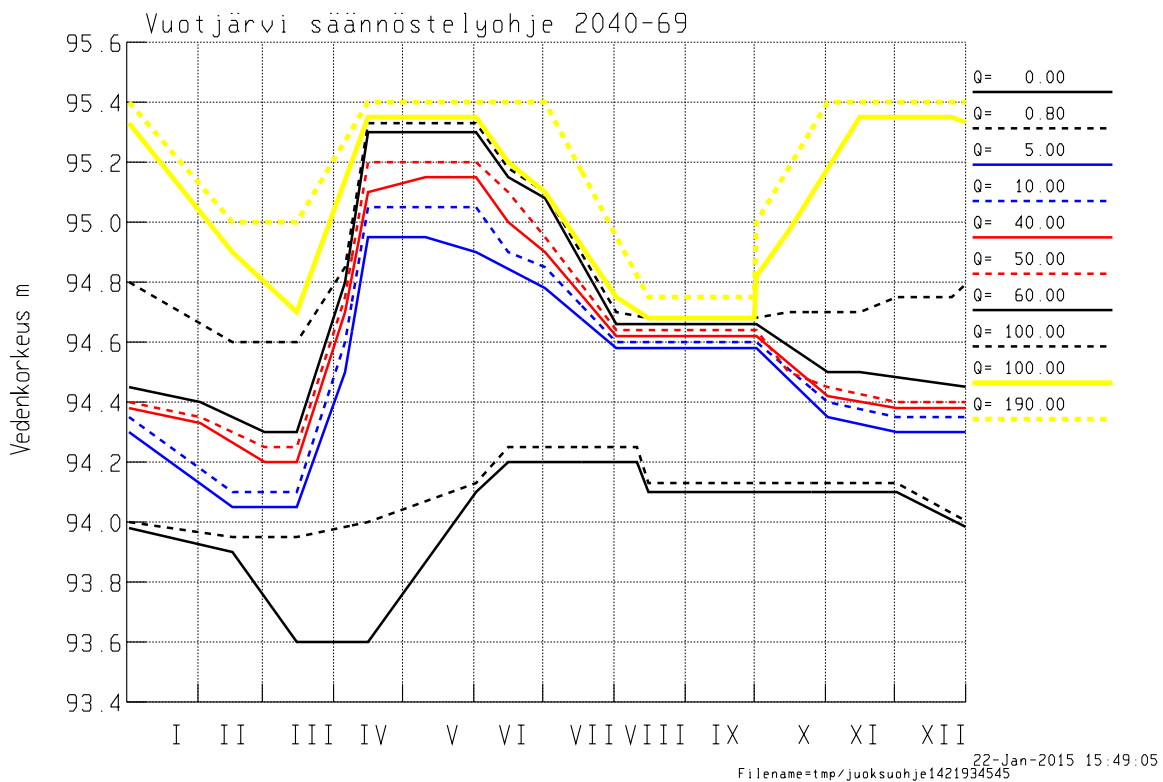
Kuva 4g. Syväriin säännöstelyohje referenssijaksolla 1971-2000.



Kuva 4h. Syväriin sopeutuva säännöstelyohje ilmastonmuutosjaksolla 2040-69.



Kuva 4i Vuotjärven säännöstelyohje referenssijaksolla 1971-2000.



Kuva 4e. Vuotjärven sopeutuva säännöstelyohje ilmastonmuutosjaksolla 2040-69.

Liite 5 Käytetyt mittarit ja niiden määrittäminen

Taulukko 1. Mittarit ja niiden selitykset.

Mittari	Selitys
VAIKUTUKSET VESILUONTOON	
Vedenkorkeuden alenema talvella (m)	Jäätymispäivän vedenkorkeuden ja jääpeitteisen ajan alimman vedenkorkeuden välinen erotus
Kevättulvan suuruus (m)	Kevättulvan aikaisen ylimmän vedenkorkeuden ja avovesikauden mediaanivedenkorkeuden erotus
Saraikon laskennallinen laajuus (m)	Kasvukauden vedenkorkeuden 10 % pysyvyytason ja 75 % pysyvyytason erotus
Veden minimisyvyys saraikossa hauen kutuaikana (m)	Laskennallisen saraikkovyöhykkeen alarajan ja minimivedenkorkeuden erotus ajanjaksolla jäiden lähdöstä 4 viikkoa eteenpäin (m)
Vedenkorkeuden lasku hauen kutuaikana (m)	Kevättulvahuipun ja jäänlähtöpäivästä neljän seuraavan viikon alimman vedenkorkeuden erotus
Vedenpinnan nousu lintujen pesintäaikana (m)	Pesintäajan (alkaa 2 vk jäänlähtöpäivästä, päättyy 6 vk jäänlähtöpäivästä) korkeimman vedenkorkeuden ja 2 vk jäänlähtöpäivän jälkeisen vedenkorkeuden erotus
VAIKUTUKSET VIRKISTYSKÄYTTÖÖN	
Vedenkorkeuden pysyvyys virkistyskäytön kannalta hyvällä tasolla virkistyskäyttökauden aikana (päivien lkm)	Päivien lkm kaudella 1.5.-30.9., jolloin vedenkorkeus on virkistyskäytölle hyvällä tasolla (taulukko 2)
TALOUDELLISET VAIKUTUKSET	
Eroosio (päivien lkm)	Päivien lkm avovesikaudella, jolloin vedenkorkeus ylittää oletetun eroosiorajan (taulukko 2)
Mahdollisesti tulvavahinkoja aiheuttavien vedenkorkeuksien esiintyminen (m)	Vuoden korkeimman vedenkorkeuden ja oletetun tulvarajan (taulukko 2) erotus. Arvo on nolla sellaisina vuosina, jolloin ei ole tulvarajan ylityksiä.
Mahdollisesti tulvavahinkoja aiheuttavien virtaamien esiintyminen (m ³ /s)	Vuoden suurimman virtaaman ja tulvarajan erotus. Arvo on nolla sellaisina vuosina, jolloin ei ole tulvarajan ylityksiä.
Hyyteen muodostuminen (hyderiskipäivien lkm)	Sellaisten päivien lukumäärä, jolloin edeltävän viikon keskimääräinen Haapajärven Q>10 m ³ /s ja T<-15 °C
Energiantuotanto (MWh)	Päivittäisten virtaamien ja tehokäyrän perusteella määritetty energiantuotanto.

Taulukko 2. Mittareiden laskennassa käytetyt raja-arvoja.

Järvi	Virkistyskäytölle hyvä vedenkorkeusvyöhyke (NN + m)	Eroosiomittarissa käytetty vedenkorkeuden alaraja (NN + m)	Tulvamittarissa käytetty vedenkorkeuden alaraja (NN + m)
Laakajärvi	164,40 – 164,70	164,7	165,05
Kiltuanjärvi	145,50 – 145,90	145,9	146,15
Sälevänjärvi	117,40 – 117,65	117,7	117,85
Korpinen	109,80 – 110,10	110,4	110,55
Syväri	95,80 – 96,30	96,3	96,7
Vuotjärvi	94,70 – 95,20	95,3	95,45

Liite 6 Mittareiden muutokset referenssijaksioon verrattuna

Liitteessä 6 on esitetty kuvaajissa ja taulukoissa mittareiden muutosten perusteella luokiteltu vaikutus referenssijaksioon 1971-2000 verrattuna keskiarvoskenaarioissa sekä ääriskenaarioissa (kylmä, lämmin ja märkä)

- 2010-39 nykyisten lupaehtojen mukainen säännöstelytapa
- 2040-69 nykyisten lupaehtojen mukainen säännöstelytapa
- 2040-69 sopeutuva säännöstelytapa

Arviointiasteikko: --- = suuri kielteinen vaikutus, -- = melko suuri kielteinen vaikutus, - = vähäinen kielteinen vaikutus, 0 = ei vaikutusta, + = vähäinen myönteinen vaikutus, ++ = melko suuri myönteinen vaikutus, +++ = suuri myönteinen vaikutus

Laakajärvi

	LAAKAJÄRVI											
	2010-39 Nykyinen				2040-69 Nykyinen				2040-69 Sopeutuva			
	KA	Kylmä	Lämmin	Märkä	KA	Kylmä	Lämmin	Märkä	KA	Kylmä	Lämmin	Märkä
VAIKUTUKSET VESILUONTOON												
Vedenkorkeuden alenema talvella (m)	++	++	++	++	+++	++	+++	++	+++	++	+++	+++
Kevättulvan suuruus (m)	-	0	--	0	---	0	---	--	-	0	--	-
Saraikon laskennallinen laajuus (m)	0	0	-	0	-	0	0	0	-	0	-	-
Veden minimisyvyys saraikossa hauen kutuaikana (m)	-	+	--	0	---	0	---	--	-	+	--	-
Vedenkorkeuden lasku hauen kutuaikana (m)	+	0	++	+	++	+	++	++	++	+	++	+
Vedenpinnan nousu lintujen pesintäaikana (m)	-	0	---	-	---	-	---	---	--	0	---	--
VAIKUTUKSET VIRKISTYSKÄYTTÖÖN												
Vedenkorkeuden pysyvyys virkistyskäytön kannalta hyvällä tasolla virkistyskäyttökautena (1.5.-30.9.) aikana (pv)	+	+	-	++	--	++	---	0	++	++	0	+++
TALOUDELLISET VAIKUTUKSET												
Erosio, päivien lkm jolloin W eroosiota aiheuttavalla tasolla (pv)	++	--	++	--	+	0	+	0	+	0	+	-
Tulvarajan ylitys, vuoden suurin (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Energiantuotanto (%)	+	++	++	+++	++	++	+	+++	++	++	+	+++

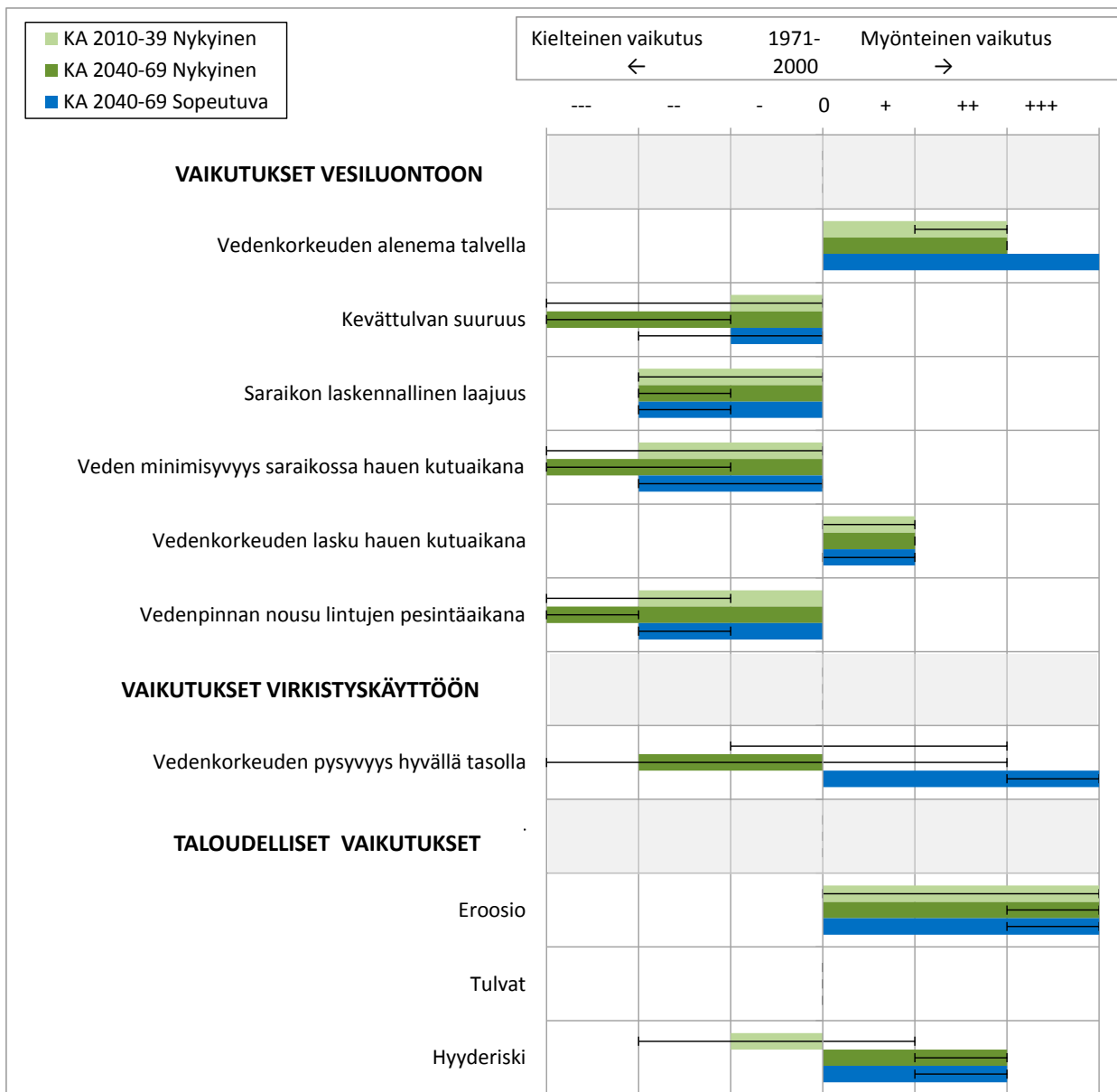
Liite 6

Kiltuanjärvi

Mittareiden luokitellut muutokset keskiarvoskenaariossa Kiltuanjärvellä.

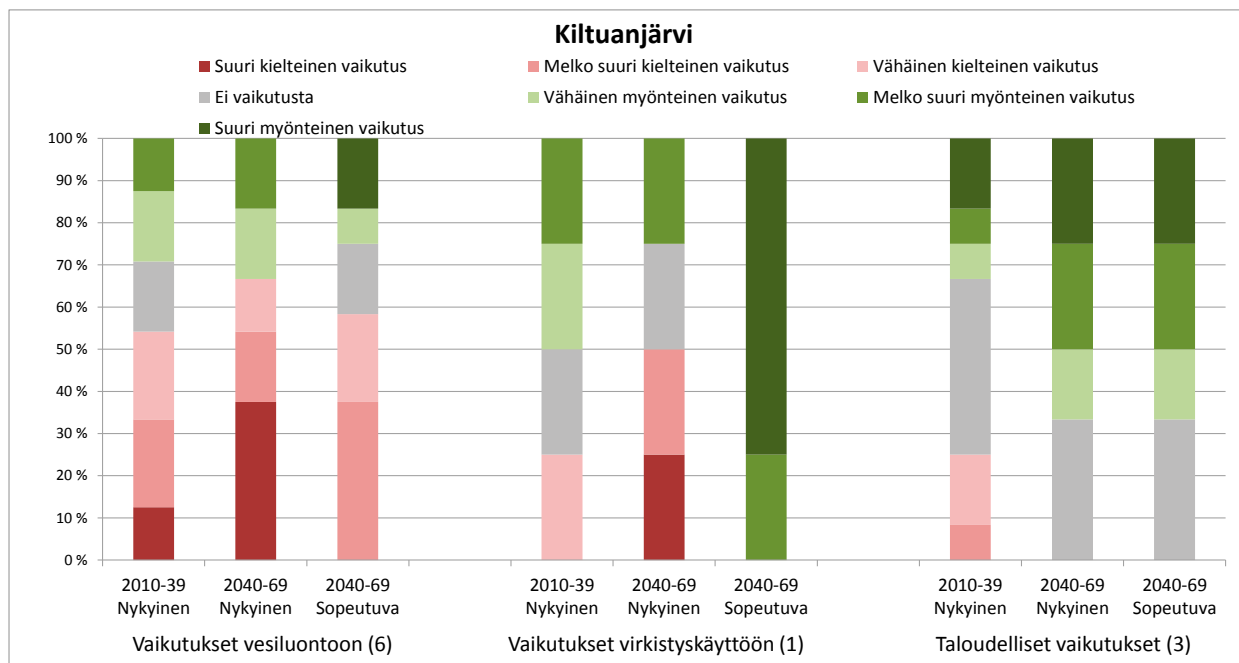
- 2010-39 nykyisten lupaehtojen mukainen säännöstelytapa (vaaleanvihreä)
- 2040-69 nykyisten lupaehtojen mukainen säännöstelytapa (tummanvihreä)
- 2040-69 sopeutuva säännöstelytapa (sininen)

Virhepalkit kuvaavat eri skenaarioiden (keskiarvo, kylmä, lämmin, märkä) välistä vaihtelua.



Liite 6

Mittareiden muutosten prosenttiosuudet vaikutustyypeittäin eri jaksolla ja säännöstelytavoilla. Mukana on neljä ilmastonmuutoskenaariota (keskiarvo, kylmä, lämmin ja märkä). Mittareiden lukumäärä on sulkeissa vaikutustyyppin perässä.



KILTUANJÄRVI													
	2010-39 Nykyinen				2040-69 Nykyinen				2040-69 Sopeutuva				
	KA	Kylmä	Lämmin	Märkä	KA	Kylmä	Lämmin	Märkä	KA	Kylmä	Lämmin	Märkä	
VAIKUTUKSET VESILUONTTOON													
Vedenkorkeuden alenema talvella (m)	++	+	++	++	++	++	++	++	+++	+++	+++	+++	
Kevättulvan suuruus (m)	-	0	---	-	---	-	---	---	-	0	--	-	
Saraikon laskennallinen laajuus (m)	--	0	--	-	--	-	--	--	--	-	--	--	
Veden minimisyvyys saraikossa hauen kutuaikana (m)	--	0	---	-	---	-	---	---	--	0	--	-	
Vedenkorkeuden lasku hauen kutuaikana (m)	+	0	+	+	+	+	+	+	+	0	0	+	
Vedenpinnan nousu lintujen pesintäaikana (m)	--	-	---	--	---	--	---	---	--	-	--	--	
VAIKUTUKSET VIRKISTYSKÄYTTÖÖN													
Vedenkorkeuden pysyvyys virkistyskäytön kannalta hyvällä tasolla virkistyskäyttökauden (1.5.-30.9.) aikana (pv)	0	+	-	++	--	++	---	0	+++	+++	++	+++	
TALOUDELLISET VAIKUTUKSET													
Erosio, päivien lkm jolloin W eroosiota aiheuttavalla tasolla (pv)	+++	0	+++	++	+++	++	+++	+++	+++	++	+++	+++	
Tulvarajan ylitys, vuoden suurin (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Hyyteen muodostuminen, riskipäivien lkm (pv)	-	-	--	+	++	+	+	++	++	+	+	++	

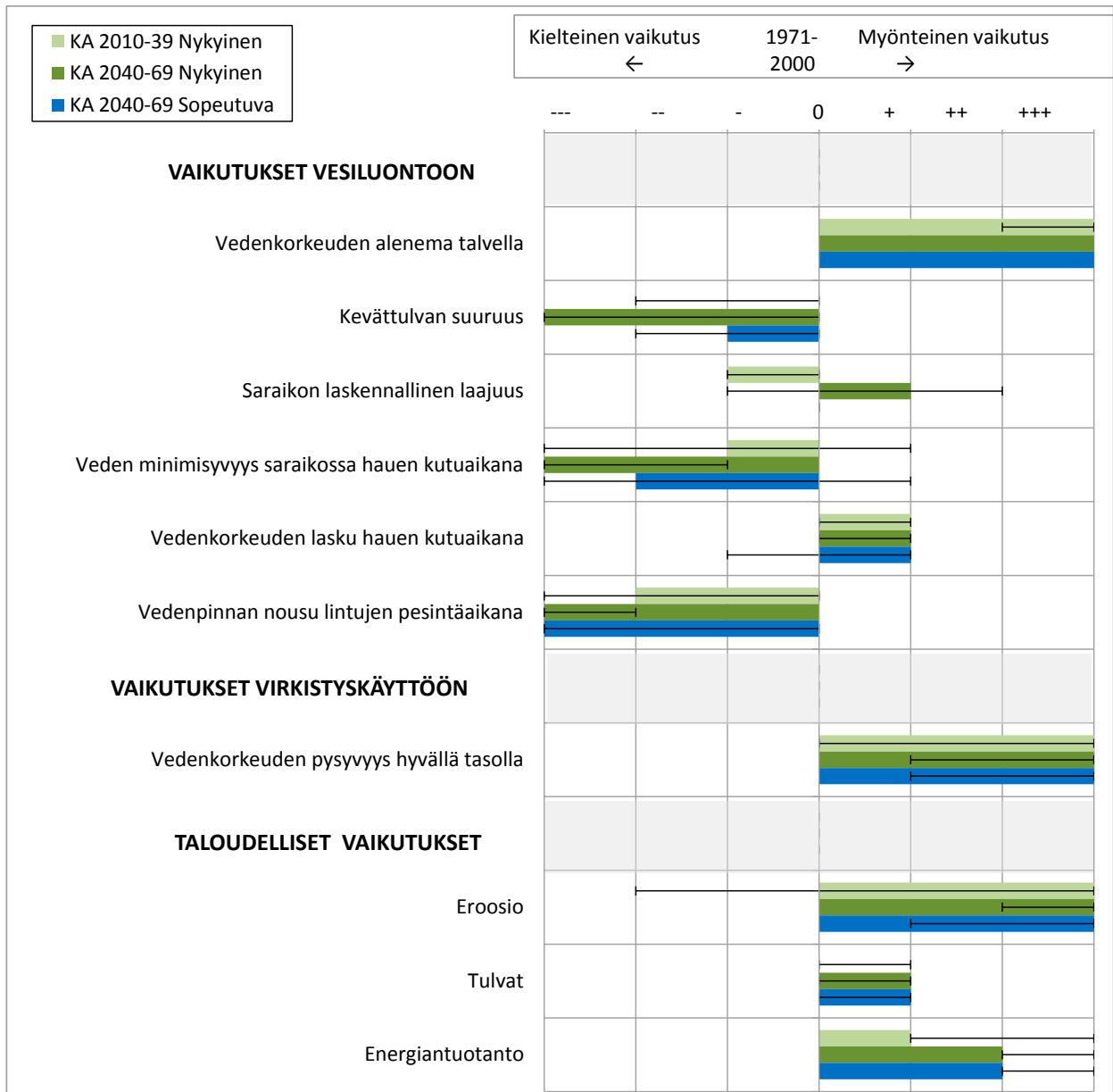
Liite 6

Sälevä

Mittareiden luokitellut muutokset keskiarvoskenaariossa Sälevällä.

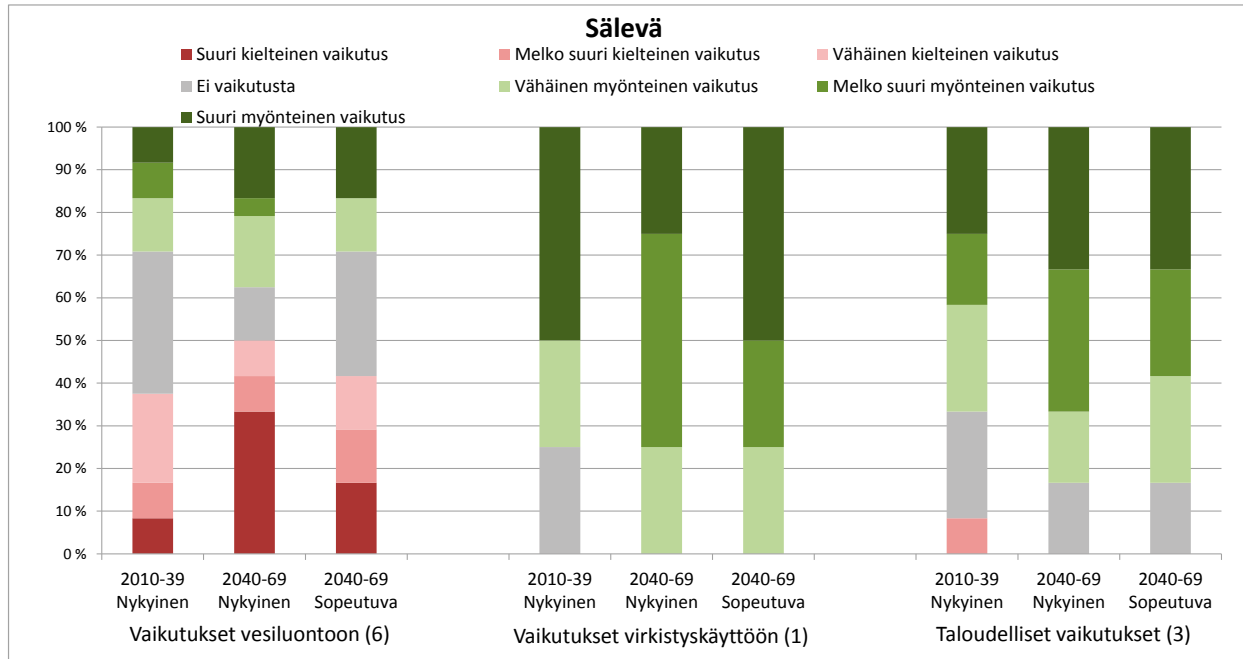
- 2010-39 nykyisten lupaehtojen mukainen säännöstelytapa (vaaleanvihreä)
- 2040-69 nykyisten lupaehtojen mukainen säännöstelytapa (tummanvihreä)
- 2040-69 sopeutuva säännöstelytapa (sininen)

Virhepalkit kuvaavat eri skenaarioiden (keskiarvo, kylmä, lämmin, märkä) välistä vaihtelua.



Liite 6

Mittareiden muutosten prosenttiosuudet vaikutustyypeittäin eri jaksoilla ja säännöstelytavoilla. Mukana on neljä ilmastonmuutoskenaariota (keskiarvo, kylmä, lämmin ja märkä). Mittareiden lukumäärä on sulkeissa vaikutustyyppin perässä.



SÄLEVÄ													
	2010-39 Nykyinen				2040-69 Nykyinen				2040-69 Sopeutuva				
	KA	Kylmä	Lämmin	Märkä	KA	Kylmä	Lämmin	Märkä	KA	Kylmä	Lämmin	Märkä	
VAIKUTUKSET VESILUONTOON													
Vedenkorkeuden alenema talvella (m)	+++	++	+++	++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
Kevättulvan suuruus (m)	0	0	--	0	---	0	---	--	-	0	--	-	-
Saraikon laskennallinen laajuus (m)	-	0	0	-	+	-	++	0	0	0	0	0	0
Veden minimisyvyys saraikossa hauen kutuaikana (m)	-	+	---	-	---	-	---	---	--	+	---	--	--
Vedenkorkeuden lasku hauen kutuaikana (m)	+	0	+	0	+	0	+	+	+	-	+	0	0
Vedenpinnan nousu lintujen pesintäaikana (m)	--	0	---	-	---	--	---	---	---	0	---	---	---
VAIKUTUKSET VIRKISTYSKÄYTTÖÖN													
Vedenkorkeuden pysyvyys virkistyskäytön kannalta hyvällä tasolla virkistyskäyttökauden (1.5.-30.9.) aikana (pv)	+++	0	+++	+	+++	++	+	++	+++	+	+++	++	++
TALOUDELLISET VAIKUTUKSET													
Erosio, päivien lkm jolloin W eroosiota aiheuttavalla tasolla (pv)	+++	--	+++	+	+++	++	+++	++	+++	+	+++	++	++
Tulvarajan ylitys, vuoden suurin (m)	0	0	+	0	+	0	+	0	+	0	+	0	0
Energiantuotanto (%)	+	++	++	+++	++	+++	++	+++	++	+++	++	+++	+++

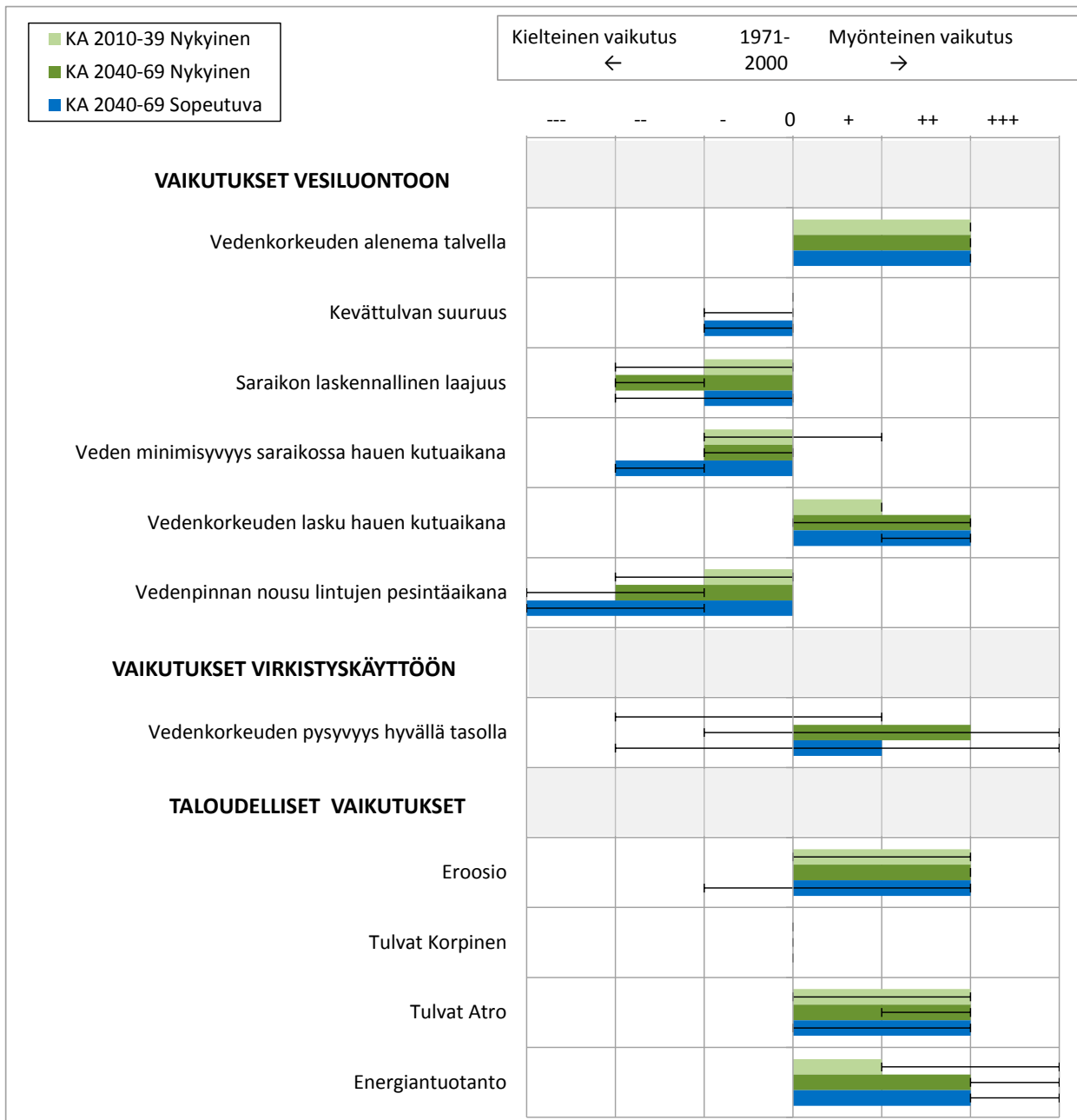
Liite 6

Korpinen

Mittareiden luokitellut muutokset keskiarvoskenaariossa Korpisella.

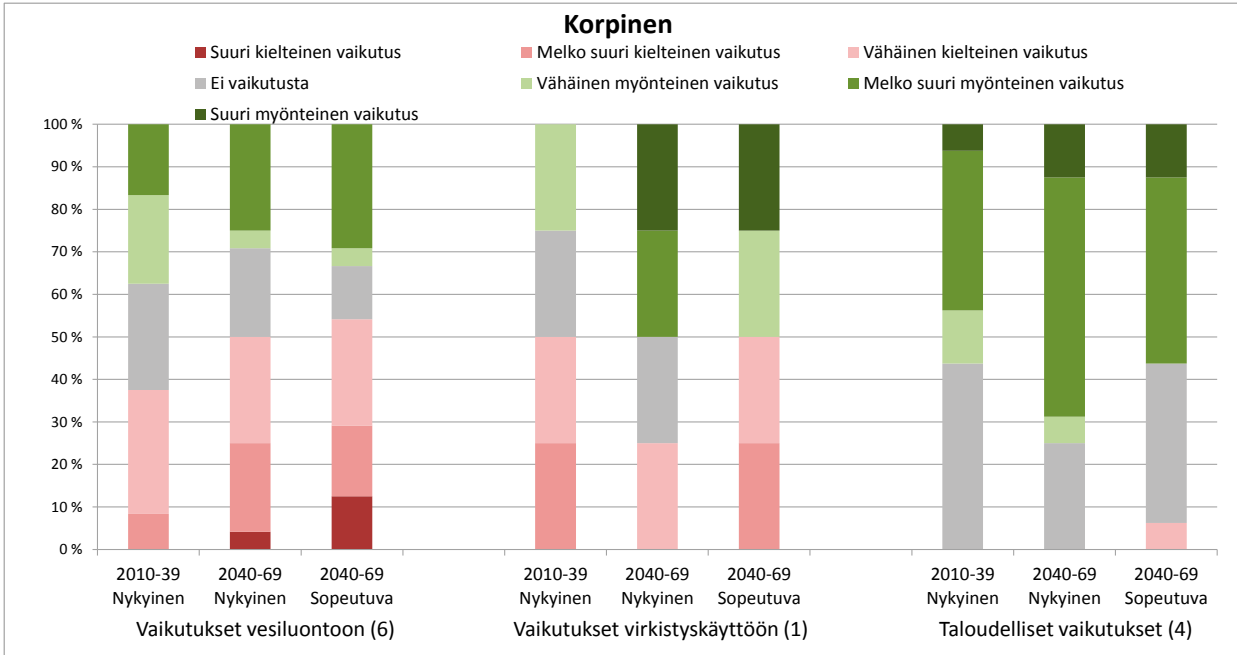
- 2010-39 nykyisten lupaehtojen mukainen säännöstelytapa (vaaleanvihreä)
- 2040-69 nykyisten lupaehtojen mukainen säännöstelytapa (tummanvihreä)
- 2040-69 sopeutuva säännöstelytapa (sininen)

Virhepalkit kuvaavat eri skenaarioiden (keskiarvo, kylmä, lämmin, märkä) välistä vaihtelua.



Liite 6

Mittareiden muutosten prosenttiosuudet vaikutustyypeittäin eri jaksoilla ja säännöstelytavoilla. Mukana on neljä ilmastonmuutoskenaariota (keskiarvo, kylmä, lämmin ja märkä). Mittareiden lukumäärä on sulkeissa vaikutustyyppin perässä.



KORPINEN													
	2010-39 Nykyinen				2040-69 Nykyinen				2040-69 Sopeutuva				
	KA	Kylmä	Lämmin	Märkä	KA	Kylmä	Lämmin	Märkä	KA	Kylmä	Lämmin	Märkä	
VAIKUTUKSET VESILUONTOON													
Vedenkorkeuden alenema talvella (m)	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Kevättulvan suuruus (m)	0	0	0	0	0	0	0	-	-	0	-	0	0
Saraikon laskennallinen laajuus (m)	-	0	--	-	--	-	--	--	-	0	--	-	-
Veden minimisyvyys saraikossa hauen kutuaikana (m)	-	+	-	-	-	0	-	-	--	-	--	--	--
Vedenkorkeuden lasku hauen kutuaikana (m)	+	+	+	+	++	+	0	++	++	+	++	++	++
Vedenpinnan nousu lintujen pesintäaikana (m)	-	0	--	-	--	-	---	--	---	-	---	---	---
VAIKUTUKSET VIRKISTYSKÄYTTÖÖN													
Vedenkorkeuden pysyvyys virkistyskäytön kannalta hyvällä tasolla virkistyskäyttökautena (1.5.-30.9.) aikana (pv)	0	--	+	-	++	-	+++	0	+	--	+++	-	-
TALOUDELLISET VAIKUTUKSET													
Erosio, päivien lkm jolloin W eroosiota aiheuttavalla tasolla (pv)	++	0	++	0	++	++	++	++	++	-	++	0	0
Tulvarajan ylitys, vuoden suurin (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tulvarajan ylitys Arossa, vuoden suurin (m ³ /s)	++	0	++	+	++	+	++	++	++	0	++	++	++
Energiantuotanto (%)	+	++	++	+++	++	+++	++	+++	++	+++	++	+++	+++

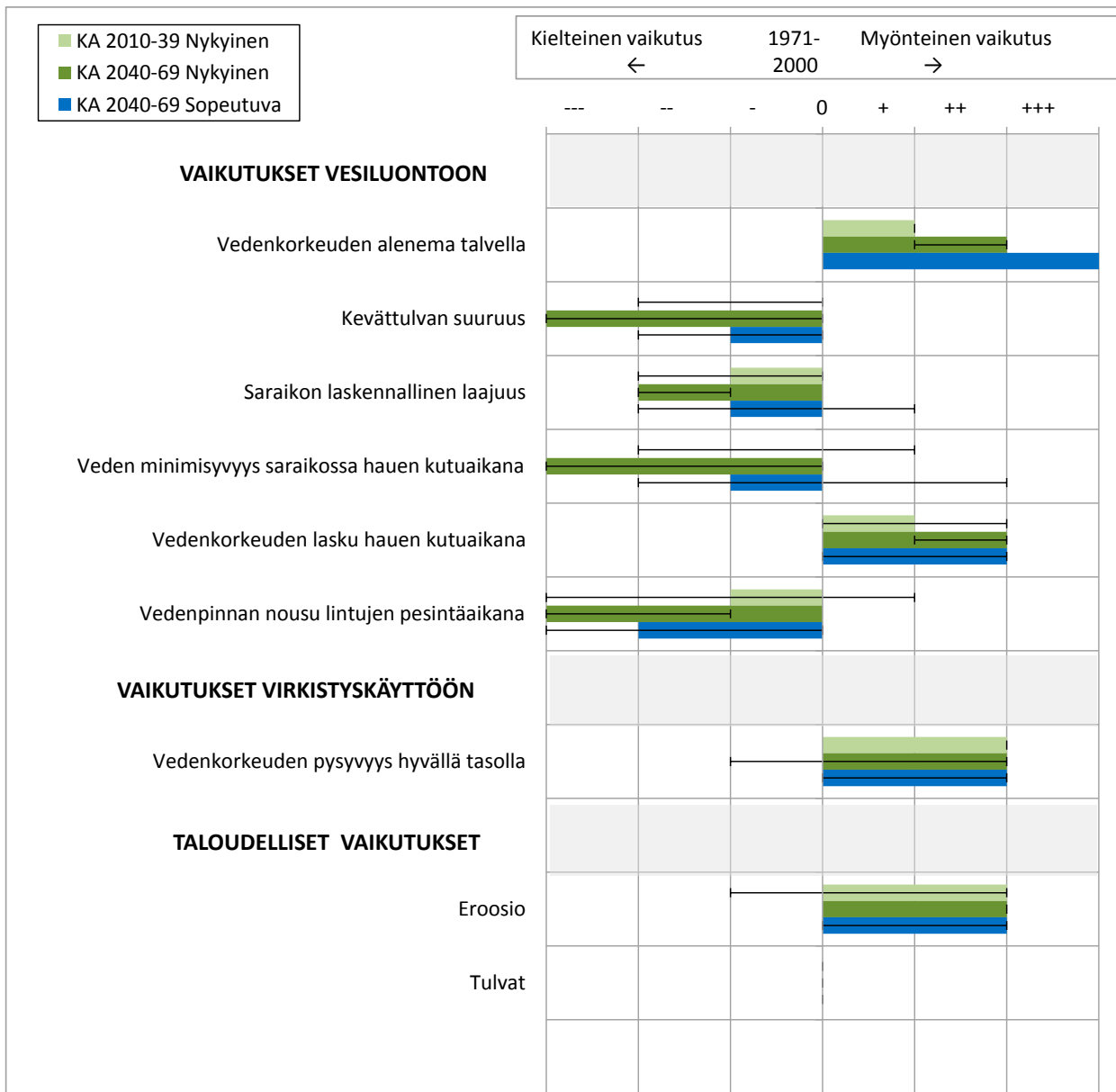
Liite 6

Syväri

Mittareiden luokitellut muutokset keskiarvoskenaariossa Syvärillä.

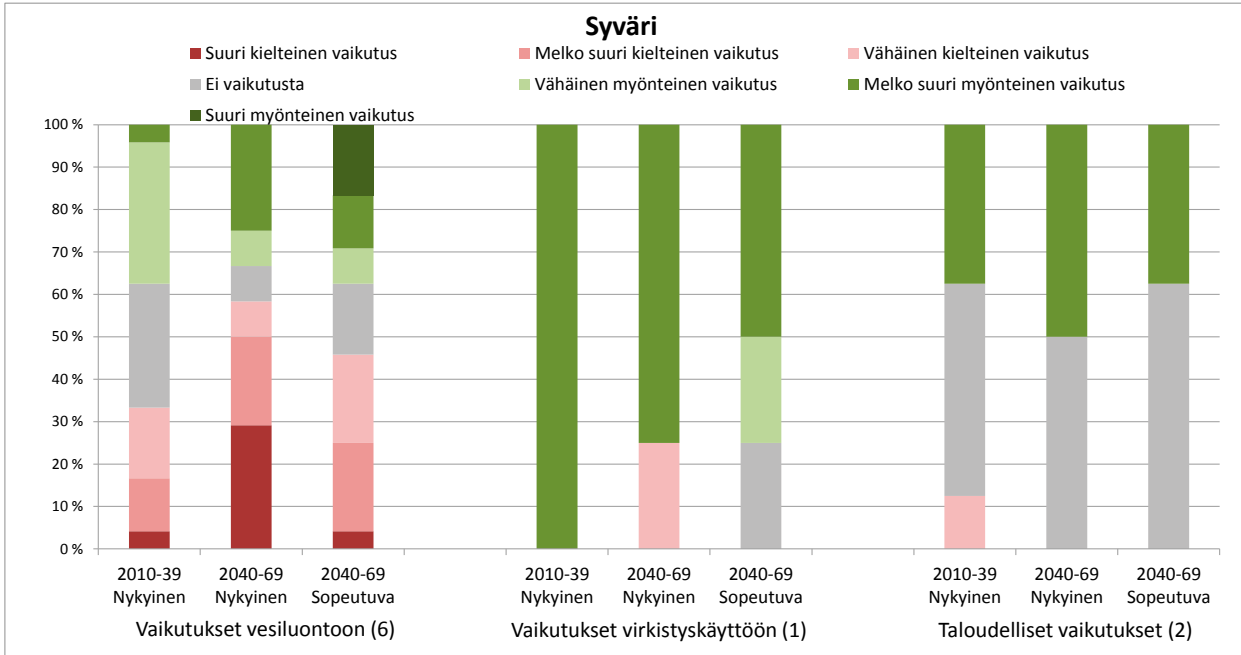
- 2010-39 nykyisten lupaehtojen mukainen säännöstelytapa (vaaleanvihreä)
- 2040-69 nykyisten lupaehtojen mukainen säännöstelytapa (tummanvihreä)
- 2040-69 sopeutuva säännöstelytapa (sininen)

Virhepalkit kuvaavat eri skenaarioiden (keskiarvo, kylmä, lämmin, märkä) välistä vaihtelua.



Liite 6

Mittareiden muutosten prosenttiosuudet vaikutustyypeittäin eri jaksoilla ja säännöstelytavoilla. Mukana on neljä ilmastonmuutoskenaariota (keskiarvo, kylmä, lämmin ja märkä). Mittareiden lukumäärä on sulkeissa vaikutustyyppin perässä.



SYVÄRI												
	2010-39 Nykyinen				2040-69 Nykyinen				2040-69 Sopeutuva			
	KA	Kylmä	Lämmin	Märkä	KA	Kylmä	Lämmin	Märkä	KA	Kylmä	Lämmin	Märkä
VAIKUTUKSET VESILUONTOON												
Vedenkorkeuden alenema talvella (m)	+	+	+	+	++	+	++	++	+++	+++	+++	+++
Kevättulvan suuruus (m)	0	0	--	0	---	0	---	--	-	0	--	0
Saraikon laskennallinen laajuus (m)	-	0	--	-	--	-	--	--	-	+	--	-
Veden minimisyvyys saraikossa hauen kutuaikana (m)	0	+	--	0	---	0	---	--	-	++	--	-
Vedenkorkeuden lasku hauen kutuaikana (m)	+	0	++	+	++	+	++	++	++	0	++	+
Vedenpinnan nousu lintujen pesintäaikana (m)	-	+	---	-	---	-	---	---	--	0	---	--
VAIKUTUKSET VIRKISTYSKÄYTTÖÖN												
Vedenkorkeuden pysyvyys virkistyskäytön kannalta hyvällä tasolla virkistyskäyttökauden (1.5.-30.9.) aikana (pv)	++	++	++	++	++	++	-	++	++	+	0	++
TALOUDELLISET VAIKUTUKSET												
Erosio, päivien lkm jolloin W eroosiota aiheuttavalla tasolla (pv)	++	-	++	++	++	++	++	++	++	0	++	++
Tulvarajan ylitys, vuoden suurin (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Liite 6

Vuotjärvi

VUOTJÄRVI												
	2010-39 Nykyinen				2040-69 Nykyinen				2040-69 Sopeutuva			
	KA	Kylmä	Lämmin	Märkä	KA	Kylmä	Lämmin	Märkä	KA	Kylmä	Lämmin	Märkä
VAIKUTUKSET VESILUONTOON												
Vedenkorkeuden alenema talvella (m)	0	0	0	-	+	0	+	0	++	++	++	++
Kevättulvan suuruus (m)	0	0	-	0	--	0	---	--	0	++	0	0
Saraikon laskennallinen laajuus (m)	-	+	--	0	--	0	--	--	-	+	--	-
Veden minimisyvyys saraikossa hauen kutuaikana (m)	0	++	--	+	--	+	---	--	-	+	--	0
Vedenkorkeuden lasku hauen kutuaikana (m)	0	0	+	0	+	0	+	+	0	-	+	+
Vedenpinnan nousu lintujen pesintäaikana (m)	-	0	---	-	---	-	---	---	--	0	---	--
VAIKUTUKSET VIRKISTYSKÄYTTÖÖN												
Vedenkorkeuden pysyvyys virkistyskäytön kannalta hyvällä tasolla virkistyskäyttökauden (1.5.-30.9.) aikana (pv)	+	0	+++	0	+++	0	+++	++	++	0	+++	++
TALOUDELLISET VAIKUTUKSET												
Erosio, päivien lkm jolloin W eroosiota aiheuttavalla tasolla (pv)	-	---	++	--	++	--	++	+	++	--	++	0
Tulvarajan ylitys, vuoden suurin (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	---	0	0
Energiantuotanto (%)	+	++	+	+++	++	++	0	+++	++	++	+	+++

Liite 7 Mittareiden vuosittaisten arvojen jakaumat

Liitteessä 7 on esitetty eräiden vedenkorkeusmittareiden vuosittaisten arvojen jakaumat järviakohtaisesti skenaarioissa

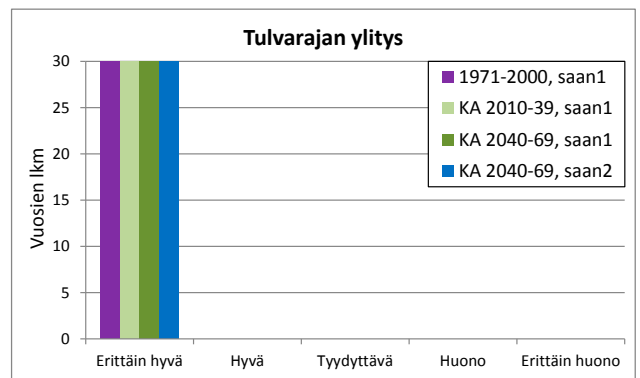
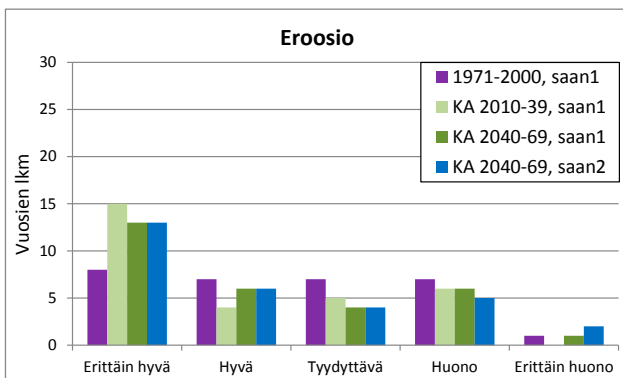
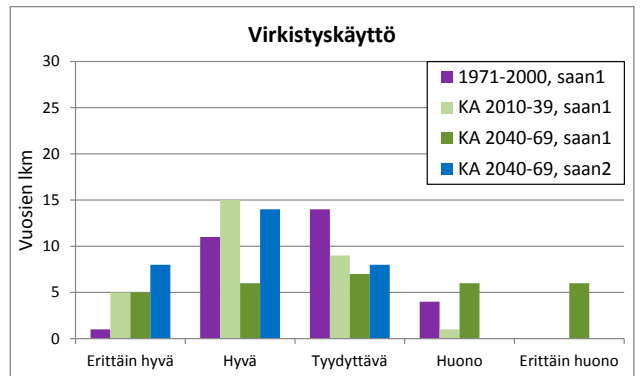
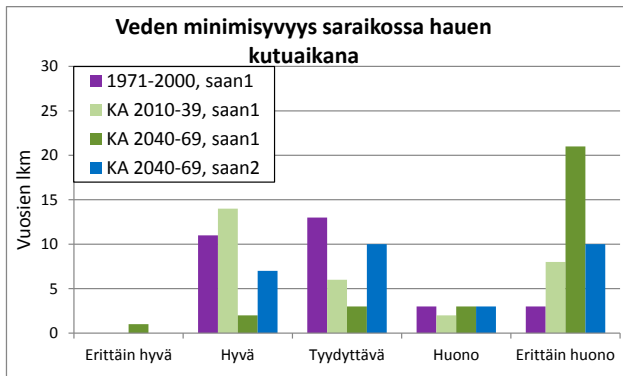
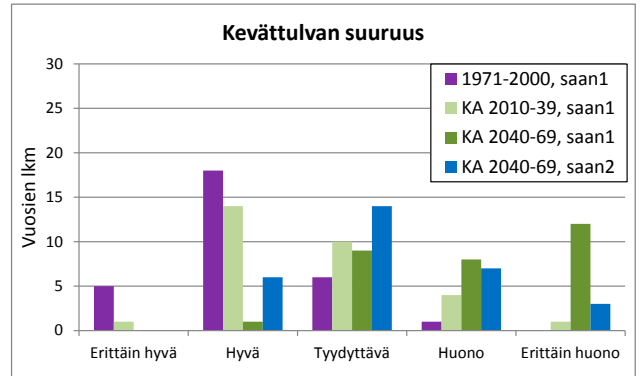
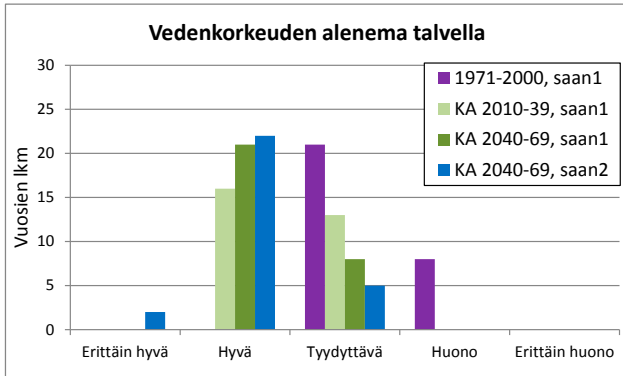
- 1971-2000, saan1 eli nykyinen säännöstelytapa
- 2010-39, saan1 eli nykyisten lupaehtojen mukainen säännöstelytapa
- 2040-69, saan1 eli nykyisten lupaehtojen mukainen säännöstelytapa
- 2040-69, saan2 eli sopeutuva säännöstelytapa

Mittareiden arvot on luokiteltu alla olevan taulukon mukaisesti. On huomattava, että luokittelu ei kuvaa vesistön tilaa vaan on tehty muutoksen suunnan arvioimiseen nykytietämyksen perusteella. Luokittelussa on osittain sovellettu raportissa ”Selvitys Pohjois-Savon säännöstellyistä järvistä” (Keto ym. 2008) esitettyä luokittelua.

	Erittäin hyvä	Hyvä	Tyydyttävä	Huono	Erittäin huono
Vedenkorkeuden alenema talvella (m)	<0,50	0,50-0,99	1,00-1,49	1,50-3,00	>3
Kevättulvan suuruus (m)	>0,40	0,20-0,40	0,10-0,19	0-0,09	<0
Veden minimisyvyys saraikossa hauen kutuaikana (m)	>0,30	0,20-0,29	0,10-0,19	0-0,09	<0
Virkistyskäyttö, vedenkorkeuden pysyvyys hyvällä tasolla (päivien lkm)	>140 (>92%)	111-140 (73-92%)	91-110 (59-72%)	61-90 (40-59%)	<60 (<39%)
Eroosio, päivien lkm jolloin W eroosiota aiheuttavalla tasolla	0	1-10	11-20	21-40	>40
Tulvat, vuoden suurin säännöstelyrajan ylitys (m)	0	0,01-0,05	0,06-0,10	0,11-0,20	>0,20

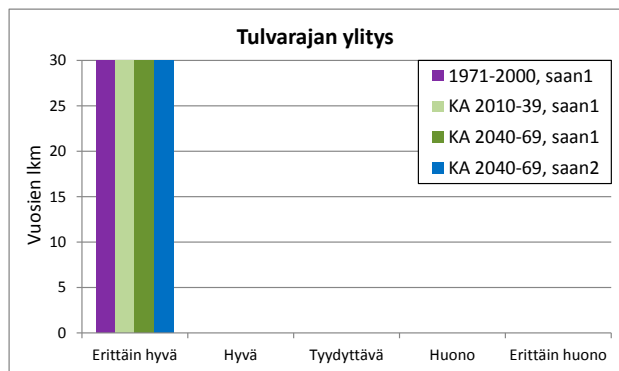
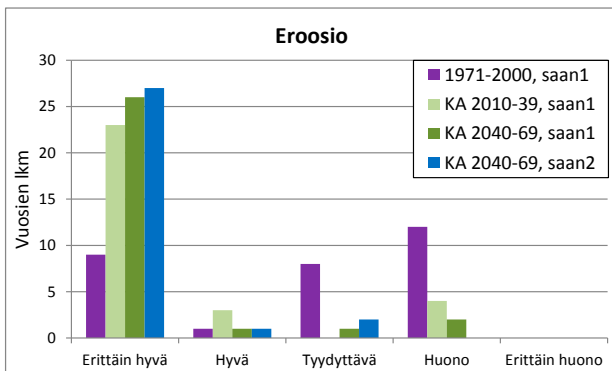
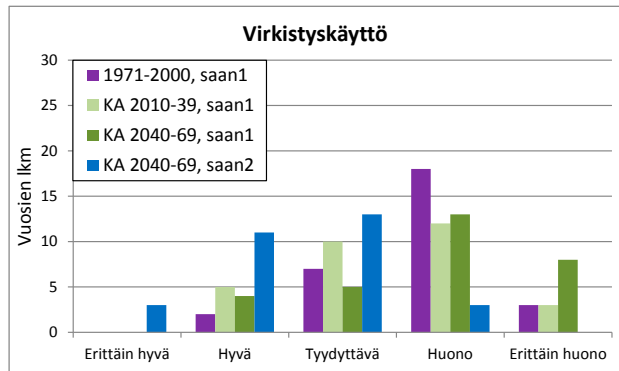
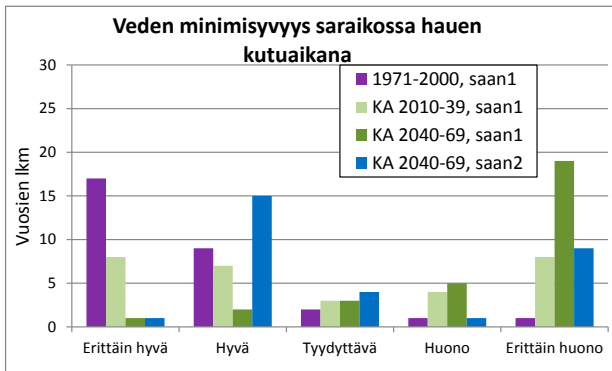
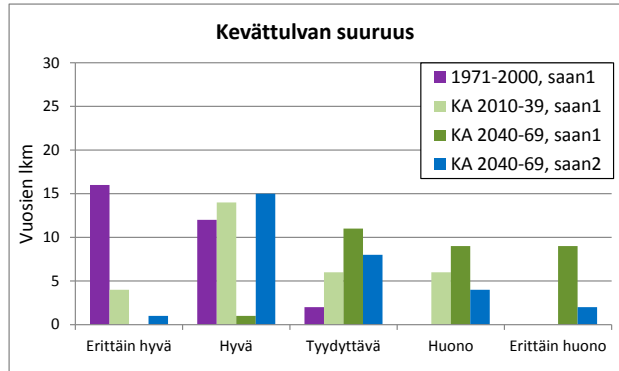
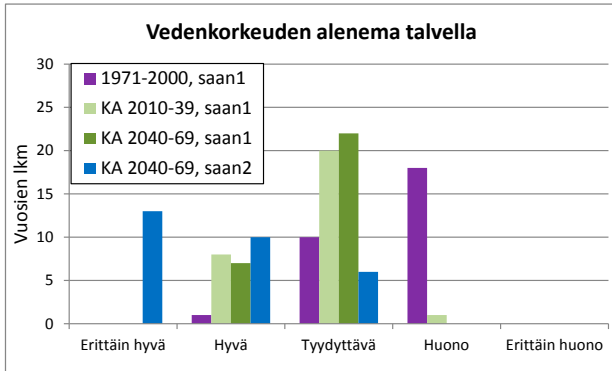
Liite 7

Laakajärvi



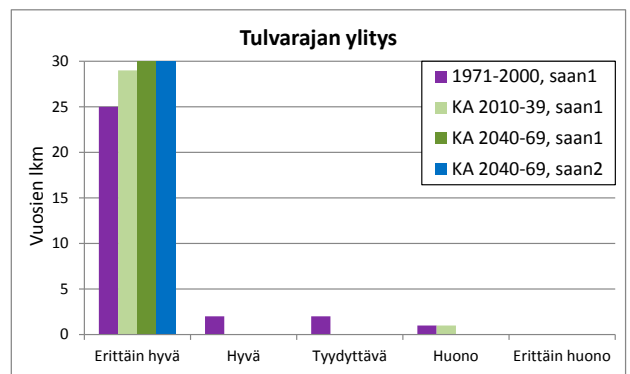
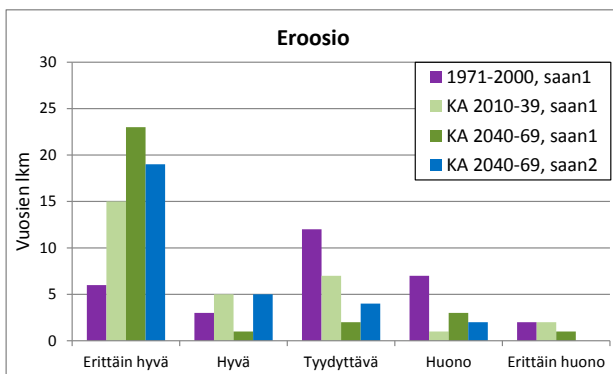
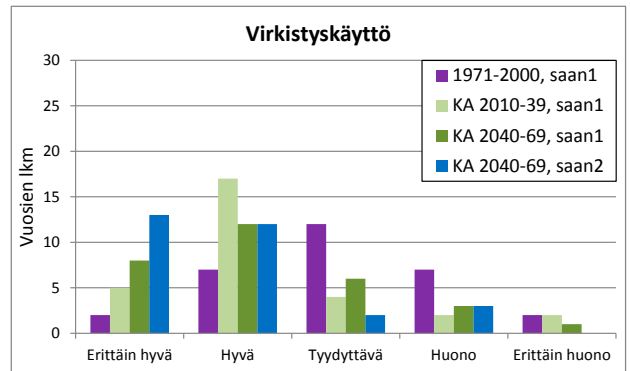
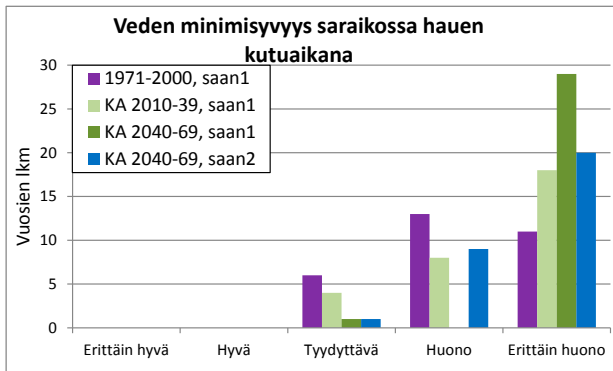
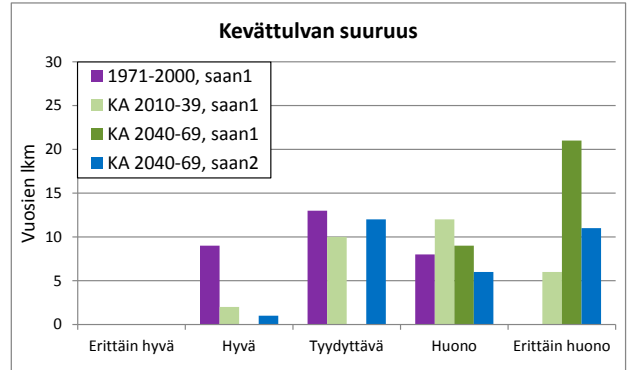
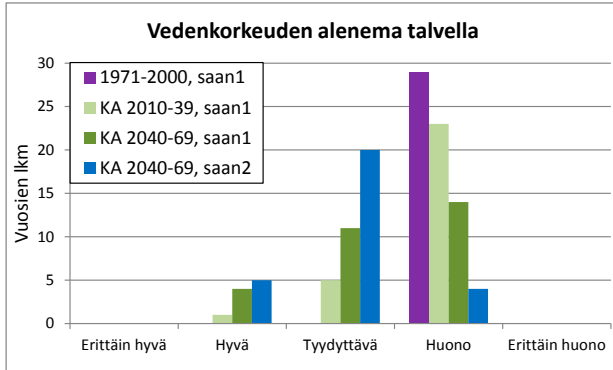
Liite 7

Kiltuanjärvi



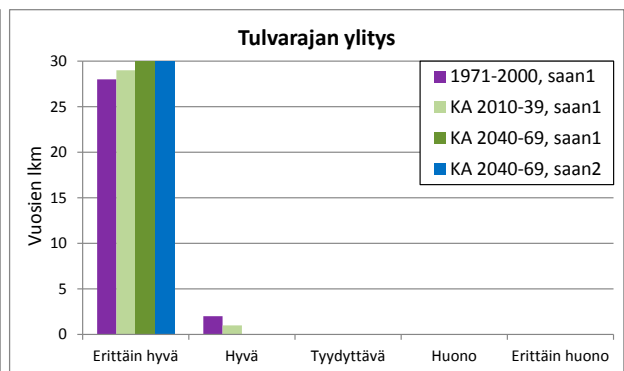
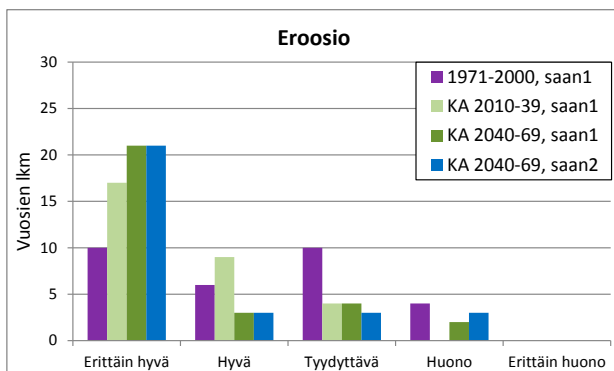
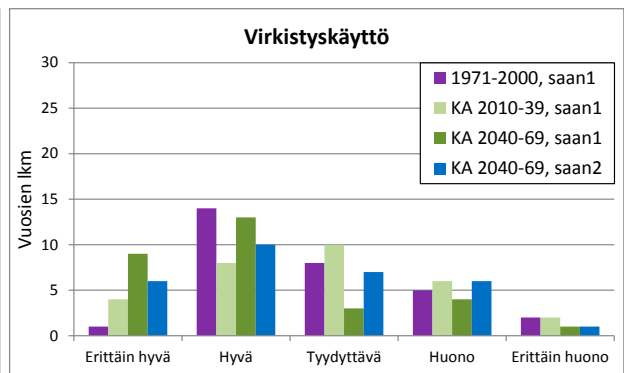
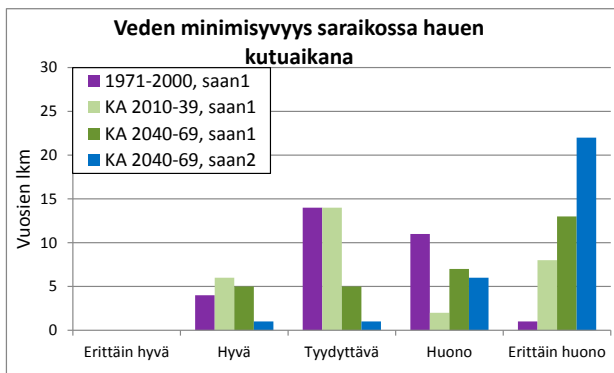
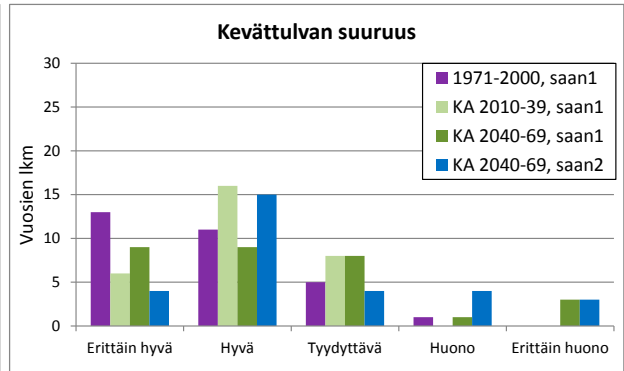
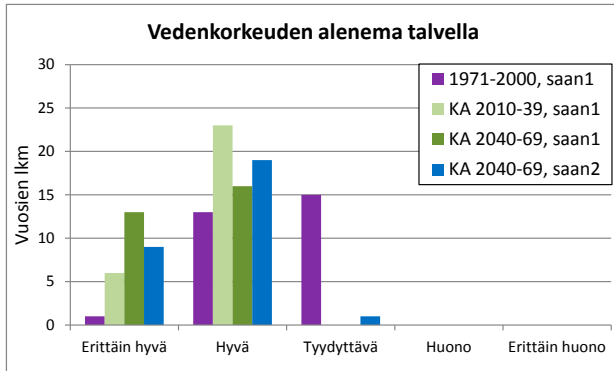
Liite 7

Sälevä



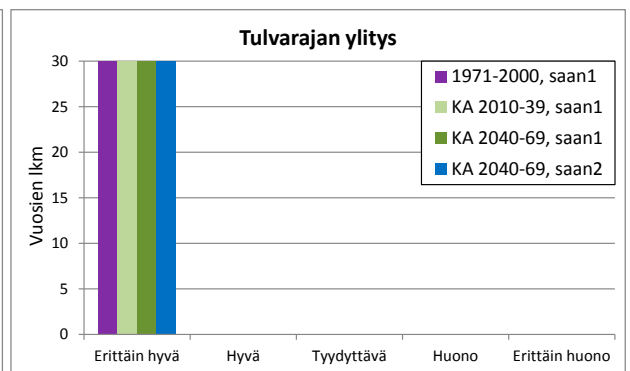
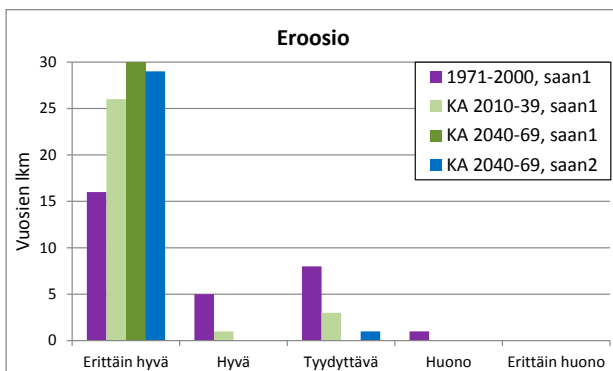
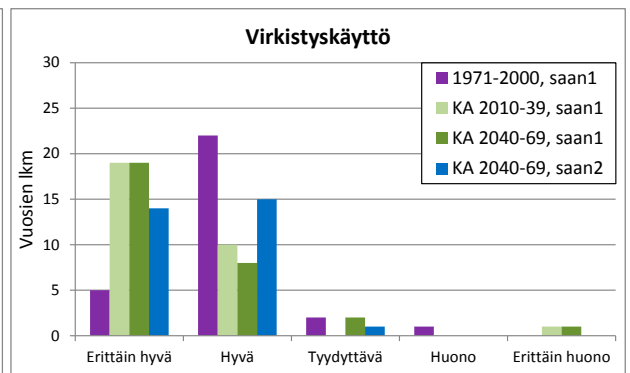
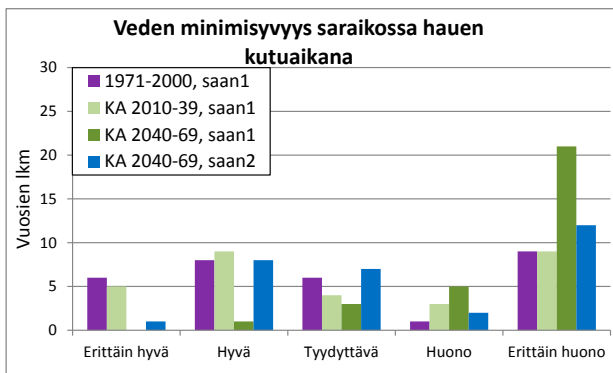
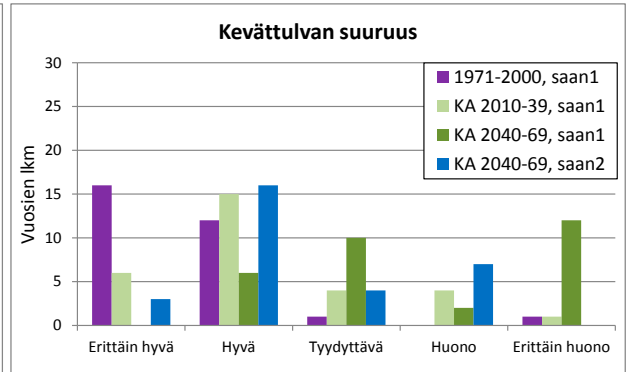
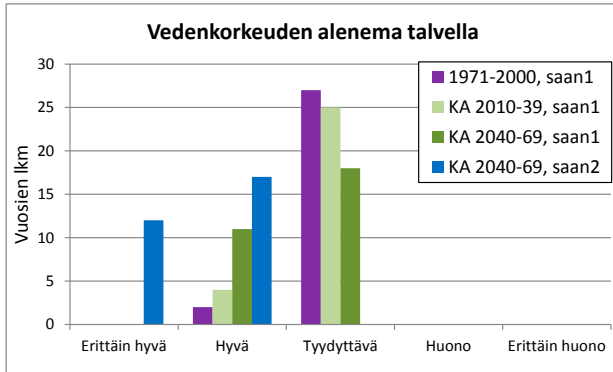
Liite 7

Korpinen



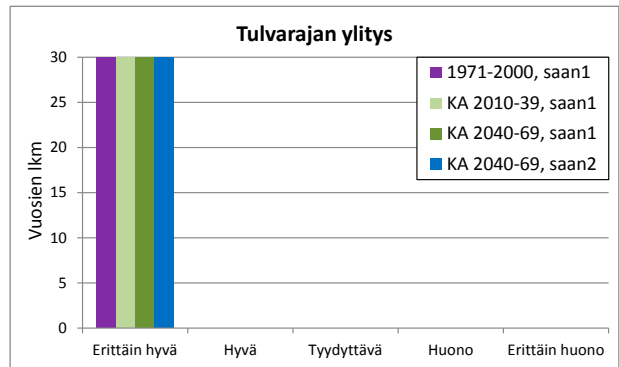
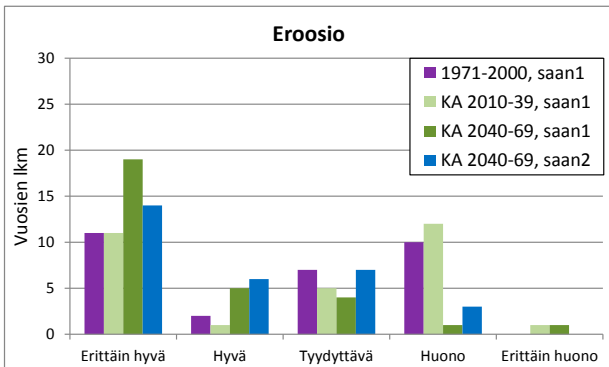
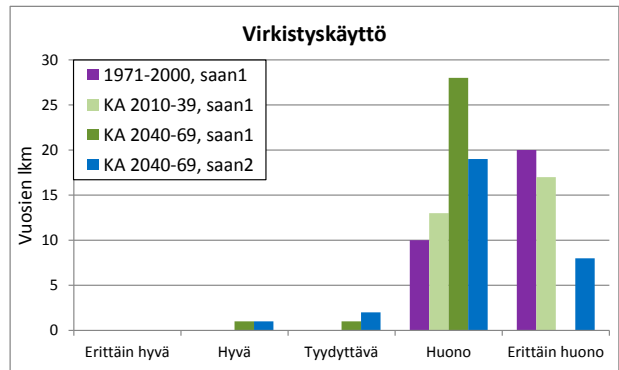
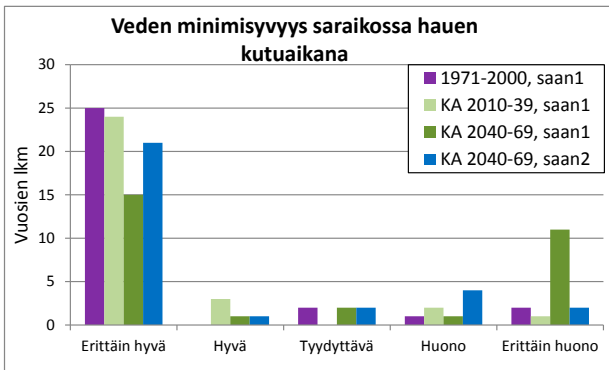
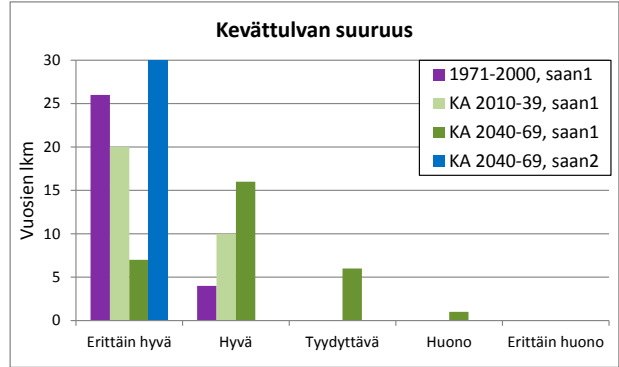
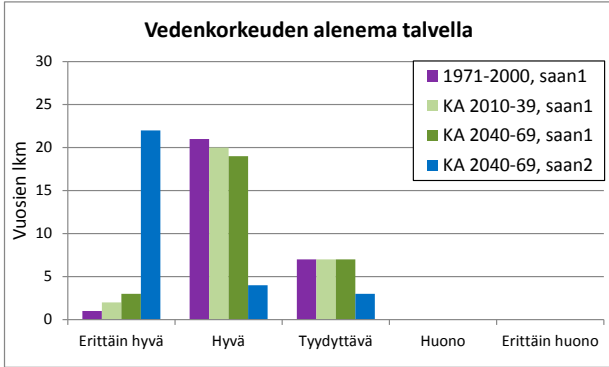
Liite 7

Syväri



Liite 7

Vuotjärvi



Julkaisusarjan nimi ja numero Raportteja 119/2014				
Vastuualue Ympäristö ja luonnonvarat				
Tekijät Juho Jakkila Tanja Dubrovin Tuulikki Miettinen Mika Marttunen Bertel Vehviläinen		Julkaisuaika Joulukuu 2014		
		Kustantaja /Julkaisija Pohjois-Savon elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus		
		Hankkeen rahoittaja / toimeksiantaja Pohjois-Savon elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus		
Julkaisun nimi Ilmastomuutoksen vaikutus Nilsin reitin säännöstelyjen järvien vedenkorkeuksiin ja virtaamiin sekä säännöstelyjen kehittämistarpeeseen				
Tiivistelmä <p>Raportissa tarkastellaan, miten ilmastomuutoksen hydrologisiin vaikutuksiin voidaan sopeutua Nilsin reitin järvien säännöstelykäytäntöjä muuttamalla. Hydrologisia vaikutuksia tarkastellaan Suomen ympäristökeskuksen Vesistömallijärjestelmällä (WSFS), jonka tulosten pohjalta tutkitaan vaikutuksia vesiluontoon, virkistyskäyttöön, rantojen eroosioon, tulviin sekä energiantuotantoon.</p> <p>Ilmastomuutoksen vaikutuksia arvioidaan WSFS:n hydrologisella mallilla lasketuista säännöstelyjen järvien vedenkorkeuksista ja virtaamista referenssijaksolla 1971-2000 ja lähitulevaisuuden jaksoilla 2010-39 ja 2040-69. Ilmastomuutoksen vaikutus tuodaan malliin niin sanotulla delta-change menetelmällä, jossa ilmastoskenaarioiden tuottamat keskimääräiset lämpötilan ja sadannan muutokset referenssijaksolta ilmastomuutosjaksoille lisätään referenssijakson havaintoihin. Ilmastomuutokseen liittyvän epävarmuuden johdosta tarkastelut tehdään neljälle skenaariolle, joista yksi kuvaa 19 globaalin ilmastomallin tuottamia keskimääräisiä muutoksia ja kolme ääriskenaariota suuria lämpötilan muutoksia (lämmin skenaario), pieniä lämpötilan muutoksia (kylmä skenaario) sekä suuria sademäärän muutoksia (märkä skenaario).</p> <p>Tarkastelluissa skenaarioissa nykyiset säännöstelytavat toimivat vielä lähivuosina, mutta viimeistään myöhemmällä skenaariojaksolla lupien kalenteriin sidotut ehdot, jotka määräävät järvien vedenkorkeuksien laskun tietyille tasolle ennen kevättä, käyvät epätarkoituksenmukaisiksi. Vedenkorkeuden luvanmukainen laskeminen kevättälvella aiheuttaa erityisesti vesistöalueen yläosan säännöstelyissä järvissä ongelmia nostaa vedenkorkeus kesäksi tavoitetasolle. Tilannetta parantaa raportissa esitettävä sopeutuva säännöstely, jossa kevätalemmaa tarvittaessa loivennetaan ja aikaistetaan. Korpisella, jonka säännöstelyluvassa vedenkorkeuden kevätalemmaa ei ole määrätty, tarvittava ilmastomuutokseen sopeutuminen voidaan tehdä nykyisen luvan puitteissa.</p> <p>Vaikutustarkastelujen mukaan skenaarioilla on referenssijakssoon verrattuna haitallisia vaikutuksia lähinnä virkistyskäyttöön ja vesiluontoon. Energiantuotantoon skenaarioilla on lisäävä vaikutus. Tulosten perusteella skenaarioiden mukaisessa tilanteessa sopeutuvalla säännöstelyllä voitaisiin pienentää haitallisten vaikutusten riskiä verrattuna nykyisenkaltaiseen säännöstelyyn.</p>				
Asiasanat (YSA:n mukaan) vesistöjen säännöstely, vesiluvat, ilmastomuutos, skenaariot, sopeutuminen, vaikutukset, tulvat, luonto, vesivoima, virkistyskäyttö				
ISBN (Painettu) 978-952-314-xxx-x	ISBN (PDF) 978-952-314-xxx-x	ISSN-L 2242-2846	ISSN (painettu) 2242-2846	ISSN (verkkojulkaisu) 2242-2854
www www.doria.fi/ely-keskus		URN URN:ISBN:978-952-314-192-6		Kieli Suomi
Sivumäärä 89				
Julkaisun tilaukset				
Kustannuspaikka ja -aika Tampere 2014, Juvenes Print			Painotalo Juvenes Print	

Raportissa tarkastellaan, miten ilmastonmuutoksen hydrologisiin vaikutuksiin voidaan sopeutua Nilsiän reitin järvien säännöstelykäytäntöjä muuttamalla. Hydrologisia vaikutuksia tarkastellaan Suomen ympäristökeskuksen Vesistömallijärjestelmällä (WSFS), jonka tulosten pohjalta tutkitaan vaikutuksia vesiluontoon, virkistyskäyttöön, rantojen eroosioon, tulviin sekä energiantuotantoon.

Ilmastonmuutoksen vaikutuksia arvioidaan WSFS:n hydrologisella mallilla lasketuista säännöstelyjen järvien vedenkorkeuksista ja virtaamista referenssijaksolla 1971-2000 ja lähitulevaisuuden jaksoilla 2010-39 ja 2040-69. Ilmastonmuutoksen vaikutus tuodaan malliin niin sanotulla delta-change menetelmällä, jossa ilmastoskenaarioiden tuottamat keskimääräiset lämpötilan ja sadannan muutokset referenssijaksolta ilmastonmuutosjaksoille lisätään referenssijakson havaintoihin. Ilmastonmuutokseen liittyvän epävarmuuden johdosta tarkastelut tehdään neljälle skenaariolle, joista yksi kuvaa 19 globaalin ilmastomallin tuottamia keskimääräisiä muutoksia ja kolme ääriskenaariota suuria lämpötilan muutoksia (lämmin skenaario), pieniä lämpötilan muutoksia (kylmä skenaario) sekä suuria sademäärän muutoksia (märkä skenaario).

Tarkastelluissa skenaarioissa nykyiset säännöstelyluvut toimivat vielä lähivuosina, mutta viimeistään myöhemmällä skenaariojaksolla lupien kalenteriin sidotut ehdot, jotka määräävät järvien vedenkorkeuksien laskun tietyille tasolle ennen kevättä, käyvät epätarkoituksenmukaisiksi. Vedenkorkeuden luvanmukainen alentaminen kevättälvella aiheuttaa erityisesti vesistöalueen yläosan säännöstellyissä järvissä ongelmia nostaa vedenkorkeus kesäksi tavoitetasolle. Tilannetta parantaa raportissa esitettävä sopeutuva säännöstely, jossa kevätalenemaa tarvittaessa loivennetaan ja aikaistetaan. Korpisella, jonka säännöstelyluvassa vedenkorkeuden kevätalenemaa ei ole määrätty, tarvittava ilmastonmuutokseen sopeutuminen voidaan tehdä nykyisen luvan puitteissa.

Vaikutustarkastelujen mukaan skenaarioilla on referenssijaksoon verrattuna haitallisia vaikutuksia lähinnä virkistyskäyttöön ja vesiluontoon. Energiantuotantoon skenaarioilla on lisäävä vaikutus. Tulosten perusteella skenaarioiden mukaisessa tilanteessa sopeutuvalla säännöstelyllä voitaisiin pienentää haitallisten vaikutusten riskiä verrattuna nykyisenkaltaiseen säännöstelyyn.

RAPORTEJA 119/2014
ILMASTONMUUTOKSEN VAIKUTUS
NILSIÄN REITIN SÄÄNNÖSTELTYJEN JÄRVIEN VEDENKORKEUKSIIN JA
VIRTAAMIIN SEKÄ SÄÄNNÖSTELYJEN KEHITTÄMISTARPEESEEN

Pohjois-Savon elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus

ISBN 978-952-314-192-6 (PDF)

ISSN-L 2242-2846

ISSN 2242-2854 (verkkojulkaisu)

URN:ISBN:978-952-314-192-6

www.doria.fi/ely-keskus | www.ely-keskus.fi