
Ilmastonmuutoksen ja vesienhoidon huomioon ottaminen tulvariskien hallinnassa

30.3.2020



Antti Parjanne
Anne-Mari Rytönen
Noora Veijalainen

Sisällys

1	Esipuhe.....	3
2	Ilmastomuutos tulvariskien hallinnan suunnittelussa	4
3	Ilmastomuutokseen sopeutumisen ohjauskeinot	5
4	Ilmastomuutoksen vaikutukset vesivaroihin	7
4.1	Vaikutukset hydrologiaan.....	7
4.2	Vaikutukset meriveden korkeuteen	15
4.3	Vaikutukset vedenlaatuun ja ekologiaan	16
4.4	Muut vaikutukset	16
5	Toimenpiteiden ilmastokestävyys ja yhteensovittaminen vesienhoidon suunnittelun kanssa...	17
5.1	Ilmastokestävyysarviointi	17
5.2	Vesienhoidon, tulva- ja kuivuusriskien hallinnan yhteensovittaminen.....	22
5.3	Ilmastomuutokseen sopeutuminen	27
6	Lähteet.....	30
7	Liitteet	34
	Liite 1. Tulvariskien hallinnan toimenpiteiden mahdollisia vaikutuksia vesienhoidon tavoitteisiin	34
	Liite 2: Valunnan muutokset vesienhoitoalueittain eri vuodeaikoina.....	37
	Liite 3: Virtaaman muutokset eri vesistöissä	44
	Liite 4. Tulvien muutokset merkittävillä tulvariskialueilla.....	12
	Liite 5: Yhteenvetotaulukot ilmastomuutoksen vaikutuksista vesienhoitoalueittain.....	71

1 Esipuhe

Tulvariskien hallinnan ensimmäisellä suunnittelukaudella ilmastomuutosta tarkasteltiin yleisellä tasolla. Ilmastomuutoksen ennakoitavat vaikutukset vesivaroihin ja erityisesti tulviin kohdealueella kuvattiin sanallisesti hallintasuunnitelmissa. Toimenpiteiden ilmastomuutoskestävyydestä tehtiin moniin suunnitelmiin yleinen arvio, mutta sitä ei välttämättä otettu huomioon toimenpiteiden suunnittelussa tai priorisoinnissa. Tulvariskilain (620/2010) ja asetuksen (659/2010) mukaan toisella suunnittelukierroksella prosessissa tulee ottaa ensimmäisen kierroksen vaatimusten lisäksi huomioon ilmastomuutoksen vaikutukset tulvien esiintymiseen ja niiden hallintaan. Ilmastomuutoksen vaikutukset tulvien esiintymiseen otetaan huomioon tulvariskien alustavassa arvioinnissa ja tulvakartoissa, vaikutukset tulvariskien hallintaan tarkistettavissa hallintasuunnitelmissa ja niihin sisältyvässä toimenpiteiden arvioinnissa.

Tämä opas on laadittu osana ympäristöministeriön ja maa- ja metsätalousministeriön yhdessä maaraioittamaa SYKEN hanketta Vesienhoidon ja tulvariskien hallinnan yhteensovittaminen ja ilmastomuutoksen huomioiminen suunnittelussa (ClimVeturi, 2019–2020). Vastaava opas on laadittu vesienhoidon osalta, ja oppaiden rakenne sekä suurimmaksi osaksi sisältökin ovat yhteneviä. Hankkeessa tuotettiin tietoa ilmastomuutoksen vaikutuksista vesivaroihin, kehitettiin toimenpiteiden ilmastokestävyyden arviointia ja edistettiin suunnitteluprosessien yhteensopivuutta.

Tässä oppaassa on kuvattu ilmastomuutoksen vaikutuksia vesivaroihin ja ehdotettu menettelytapaa niiden huomioimiseksi ja sopeutumisen edistämiseksi tulvariskien hallinnan suunnittelussa. Suunnittelijoille opas tarjoaa tueksi vesienhoitoaluekohtaiset hydrologiset skenaariot ja yhteenvetotaulukot hydrologisista muuttujista eri skenaarioissa. Oppaan on ajateltu myös toimivan valtakunnallisena yhteenvetona ilmastomuutoksen vaikutuksista tulviin ja tulvariskeihin.

Oppaan luvussa 3 on kuvattu lyhyesti ilmastomuutoksen sopeutumiseen liittyviä kansallisia strategioita ja hankkeita. Luvussa 4 on kuvattu ilmastomuutoksen vaikutuksia vesivaroihin ja erilaisiin toimintoihin yleisesti. Luvussa 5 on esitetty menettelytapa toimenpiteiden ilmastokestävyyden arvioimiseksi, kuvattu vesienhoidon ja tulvariskien hallinnan yhteensovittamista sekä koottu yhteenveto ilmastomuutokseen sopeutumista edistävistä toimista vesisektorilla. Alueelliset, erilaisiin ilmastoskenaarioihin perustuvat hydrologiset skenaariot vuoteen 2069 on esitetty liitteissä.

Tavoitteena on, että tähän oppaaseen (luku 4 ja liitteet) voitaisiin viitata hallintasuunnitelmissa eikä ilmastomuutoksen vaikutuksia olisi tarpeen käsitellä yhtä kattavasti itse suunnitelmissa. Kuitenkin hallintasuunnitelmista tulisi jatkossakin löytyä vastaus kysymykseen mikä olisi alueen tulvariski tulevaisuudessa, jos mitään suunnitelmassa esitettyjä tulvariskien hallinnan toimenpiteitä ei toteutettaisi.

Oppaan valmistelussa on käytetty hyväksi WaterAdapt projektin loppuraporttia (Veijalainen ym. 2012), Suomen tulvariskit nyt ja tulevaisuudessa-julkaisua (Parjanne ym. 2018) sekä From Failand to Winland (Winland)-hankkeen tuloksia (Ahopelto ym. 2019; Veijalainen ym. 2019). Lisäksi on hyödynnetty ClimVeturi-hankkeesta tehtyjä ilmastomuutoslaskentoja (Liite 2) sekä ilmasto-opas.fi tarjoamaa materiaalia. Myös ilmastomuutoksen vaikutuksia laajasti tarkastelevia raportteja SIETO-hankkeesta (Tuomenvirta ym. 2018), ELASTINEN-hankkeesta (Gregow ym. 2016) ja, FINADAPT-hankkeesta (Carter 2007) on käytetty. Asiantuntija-apua oppaan valmisteluun ovat antaneet muun muassa piloteissa mukana olleet ELY-keskukset (LAP, POP, EPO, KAS). Opasta ovat kommentoineet Tapio Tuukkanen KAS-ELY sekä Mikko Sane SYKE. Oppaassa on myös otettu huomioon vastaavasta vesienhoidon oppaasta saadut kommentit.

2 Ilmastomuutos tulvariskien hallinnan suunnittelussa

Ilmastomuutos vaikuttaa monella tavoin vesivaroihin, muuhun ympäristöön ja yhteiskuntaan. Vaikutukset ovat jo osin havaittavissa, mutta niiden arvioidaan lisääntyvän olennaisesti lähivuosikymmeninä ja erityisesti vuosisadan loppupuolelle edettäessä. Tiedot ilmastomuutoksen vaikutuksista ovat vielä osin epävarmoja. Ilmastomuutoksen vaikutuksia tulviin voidaan kuitenkin tarkastella alueellisella tasolla ja systemaattisesti, jos käytettävät skenaariot ja arviointiperusteet ovat yhteneviä ja mahdollisimman tarkoituksenmukaisia. Näillä perusteilla on myös mahdollista suunnitella ilmastokestäviä ja sopeumista edistäviä tulvariskien hallinnan toimenpiteitä.

Tulvariskien hallinnan suunnittelua tehdään kuuden vuoden sykleissä, jolloin vaikutusten arvioinnissa ja toimenpiteiden suunnittelussa voidaan ottaa huomioon mahdolliset uudet ilmastomuutosta koskevat tiedot ja tarvittaessa mukauttaa tulvariskien hallinnan suunnittelua siltä pohjalta. Olemassa olevissa hallintasuunnitelmissa pyritään ottamaan huomioon ilmastomuutoksen tarkasteluun suunnittelukautta pidempi aikaskaala. Esimerkiksi hydrologisia skenaarioita on tässä oppaassa tarkasteltu vuoteen 2069 saakka. Joidenkin tulvariskien hallinnan toimenpiteiden kannalta voisi olla tarpeen vielä pidempi tarkastelujakso, mutta epävarmuuksista johtuen tässä oppaassa ei ole esitetty skenaarioita vuosisadan lopulle asti. Suunnittelemalla ilmastomuutokseen sopeutuvia ja mukautettavissa olevia toimenpiteitä pystytään kuitenkin kokonaisuutena katsoen hallitsemaan tulvariskejä myös vuosisadan lopulla.

Ilmastomuutoksen todennäköinen vaikutus tulvien esiintymiseen on otettava huomioon tulvariskien alustavassa arvioinnissa ja tulvariskien hallintasuunnitelmissa. Tulvariskien alustava arviointi on tehty erittäin harvinaisen tulvatilanteen perusteella, jotta epävarmuudet ja mahdollinen ilmastomuutoksen tulvia lisäävä vaikutus tulisi huomioitua. Vuonna 2018 tarkistetuissa alustavissa arvioinneissa kuvattiin tarvittaessa aluetta koskevissa ilmastomuutoksen vaikutusarvioissa tapahtuneet muutokset (Suomen ympäristökeskus 2019).

Tulvien suuruus, leviämisaalueet ja ajankohta sekä näiden mahdolliset muutokset ovat keskeisiä lähtötietoja tulvariskien hallinnan suunnittelussa. Tulvavaarakarttojen ja erityisesti merkittävälle tulvariskialueille laadittujen tulvariskikarttojen avulla voidaan tunnistaa potentiaaliset riskikohteet erisuuruisilla tulvilla nykytilanteessa sekä muodostaa arvioita ilmastomuutoksen vaikutuksista (www.ymparisto.fi/tulvakartat). Ilmastomuutoksen vaikutuksia vesivaroihin on arvioitu useissa yhteyksissä ja eri menetelmin (kuvattu tarkemmin luvussa 4). Tulvavaaran, altistumisen ja haavoittuvuuden yhdessä muodostaman tulvariskin mahdollisia muutoksia tulevaisuudessa tarkasteltiin raportissa [Suomen tulvariskit nyt ja tulevaisuudessa](#) (Parjanne ym. 2018). Tietoperustaa vaikutuksista on siis olemassa.

Ilmastomuutos voi muuttaa tulvariskiä nykyisin tunnistetuilla riskikohteilla sekä synnyttää uusia riskikohteita sekä olemassa olevilla että uusilla riskikohteilla. Tulvariskien hallinnalla ja välttämällä uusien riskikohteiden syntymistä voidaan pyrkiä vähentämään tulvavahinkoja tulevaisuudessa, mutta esimerkiksi aikaisemmin rakennettujen tulvariskissä olevien rakennusten osalta tarvitaan sopeutumistoimia.

Ensimmäisen tulvariskien hallinnan suunnittelukauden (2016-2021) kokemusten perusteella toimenpiteiden vaikutusten arviointia nähtiin tarpeelliseksi kehittää siten, että siinä otettaisiin entistä paremmin ja johdonmukaisemmin huomioon ilmastomuutos ja siihen liittyvät epävarmuudet sekä erilaiset suunnittelualueet ja tulvatilanteet. Tarkennusta kaivattiin muun muassa siitä, miten ilmastomuutoskestävyys on otettu huomioon yhtenä arviointitekijänä sekä miten ilmastomuutosskenaariot on sisällytetty tarkasteluun. Toisesta suunnittelukierroksesta alkaen

kunkin toimenpide-ehdotuksen osalta on tarpeen arvioida sen sopeutuvuutta erilaisiin tulvatilanteisiin ja ilmastomuutoksen vaikutuksiin. Sopeutuvuus on myös yhtenä tekijänä toimenpide-ehdotusten priorisoinnissa. Tässä oppaassa on esitetty periaatteet sopeutuvuuden ja ilmastokestävyyden arviointiin, myös epävarmuudet huomioon ottaen..

3 Ilmastomuutokseen sopeutumisen ohjauskeinot

EU:n strategialla ilmastomuutokseen sopeutumiseksi pyritään parantamaan jäsenvaltioiden välistä koordinointia ja tietojen vaihtoa sekä edistetään sopeutumisen huomioon ottamista kaikissa asiaan liittyvissä EU:n toimintapolitiikoissa (Euroopan komissio, 2013). Kansallinen tulvariskilaki (620/2010) perustuu EU:n tulvadirektiiviin (2007/60/EY), jonka tarkoituksena on yhtenäistää tulvariskien arviointia ja hallintaa. EU-tasolla on valmistunut vuonna 2009 ohje ilmastomuutoksen huomioimisesta vesienhoidon suunnittelussa, joka sisältää myös tulvariskien hallinnan ja ilmastomuutokseen sopeutumisen asioita. Lisäksi Euroopan ympäristövirasto on julkaissut 2017 dokumentin sopeutumisesta sekä sää- ja ilmastoriskien hallinnasta, jossa kuvataan käytettävissä olevat tiedot, politiikkatoimet ja käytännöt (EEA 2017).

Euroopan komissio on Suomen ensimmäisen kauden tulvariskien hallintasuunnitelmia koskevassa palautteessaan kehottanut varmistamaan tulvariskien hallinnan koordinoinnin ilmastomuutokseen sopeutumista koskevan kansallisen strategian kanssa (Euroopan komissio 2019). Lisäksi komissio toivoi parempaa ilmastomuutoksen sopeutumistoimenpiteiden, erityisesti sekä sopeutumista ja tulviin varautumista edistävien toimien, kuvausta hallintasuunnitelmissa.

Suomessa maa- ja metsätalousministeriö vastaa kansallisesti sekä tulvariskien hallinnasta että ilmastomuutokseen sopeutumisesta. Ilmastomuutoksen hillintä ja alueiden käytön suunnittelu ovat ympäristöministeriön toimialaa. Sää- ja ilmastoriskien hallinta on pääsääntöisesti integroitu osaksi kuntien ja kaupunkien tai ELY-keskusten riskienhallintaa ja varautumista. Sopeutumisen ja tulvariskien hallinnan kannalta tärkeitä ohjauskeinoja ovat muun muassa maankäyttö- ja rakennuslaki asetuksineen ja rakentamismääräyksineen, tulvariskilaki ja -asetus sekä useat käytännön toimintaa tukemaan laaditut oppaat muun muassa hulevesien hallintaa ja alimpia rakentamiskorkeuksia koskien.

Ilmastopolitiikkaan liittyvä kansallinen lainsäädäntö on kehittynyt vähitellen heijastaen kansainvälisten sopimusten sekä EU-lainsäädännön sisältämiä velvoitteita. Kesäkuussa 2015 voimaan tullut ilmastolaki (609/2015) on ensimmäinen kansallinen säädös, jossa määritellään yleisesti Suomen ilmastopolitiikan pitkän aikavälin suuntaviivat sekä säädetään ilmastopolitiikan suunnittelujärjestelmästä (YM 2015).

Sopeutumistyön tavoitteena on auttaa kansalaisia, viranomaisia ja yhteiskunnan päättäjiä varautumaan ilmastomuutoksen seurauksiin, kuten tulvien muutoksiin. Ilmastolakia toimeenpaneva kansallinen ilmastomuutokseen sopeutumis suunnitelma 2022 edellyttää, että sopeutuminen on sisällytetty osaksi kaikkien toimialojen ja toimijoiden suunnittelua ja toimintaa. Suunnitelmassa painotetaan myös ilmastoriskien arviointia ja hallintaa sekä tutkimus- ja kehitystyötä yhteiskunnan sopeutumiskyvyn parantamiseksi. Suunnitelmassa korostetaan vesivarojen hallinnan ja suojelun merkitystä, koska suurimmat ilmastomuutoksen yhteiskunnalliset vaikutukset aiheutuvat vedenkierron muuttumisesta. (MMM 2014). Suunnitelman toteutumisen väliarvioinnissa (Mäkinen ym. 2019) korostuu tarve eritellä ilmastomuutoksen vaikutuksia, riskejä ja sopeutumista koskevaa tietoa toimialoittain ja alueittain, koota ja viestiä tietoa käyttökelpoisessa

muodossa sekä lisätä vuoropuhelua eri toimialojen ja alueiden välillä. Sopeutumissuunnitelma päivitetään vähintään kerran kymmenessä vuodessa.

Ilmastomuutokseen sopeutumista on arvioitu erikseen maa- ja metsätalousministeriön ja ympäristöministeriöiden hallinnonaloille laadituissa sopeutumisen toimintaohjelmissa (YM 2016; MMM 2011). Maa- ja metsätalousministeriön ohjelmassa yhtenä toimenpiteenä esitetään tulvariskien ja vesienhoidon ilmastovaikutusten ja ilmastokestävyyden tarkastelua pitkällä aikavälillä sekä sopeutumista parantavien toimien edistämistä. Ympäristöministeriön toimintaohjelman mukaan vesisektorilla haasteena on tunnistaa ratkaisuja, jotka sekä rajoittavat vesistöihin kohdistuvaa kuormitusta että pienentävät tulvahuippuja valuma-alueilla. Veden pidättäminen valuma-alueilla ja virtausnopeuksien rajoittaminen ovat esimerkkejä sopeutumiskeinoista. Kyseiset keinot tukevat samalla myös kuivuusriskien hallintaa. Perinteisten keinojen ohella uusia keinoja voi löytyä monitoiminnallisista luontopohjaisista ratkaisuista, jotka samanaikaisesti esimerkiksi vähentävät ravinnekuormitusta, edistävät maaperän hiilivaraston säilymistä ja rikastavat luonnon monimuotoisuutta. Ilmastomuutokseen sopeutumisen edistymistä ja toimeenpanoa seurataan kansallisten indikaattoreiden avulla.

Luonnonvarasektorilla käynnissä olevia ja viimeaikaisia, ilmastomuutoksen vaikutusten tutkimiseen ja sopeutumiseen liittyviä toimia ja hankkeita on listattu maa- ja metsätalousministeriön Ilmastomuutokseen sopeutuminen -sivuilla (<https://mmm.fi/luonto-ja-ilmasto/ilmastonmuutokseen-sopeutuminen>). Alla muutama esimerkki:

- Sää- ja ilmastoriskien arviointi ja toimintamallit (SIETO) -hankkeessa toteutettiin kansallinen sää- ja ilmastoriskiarviointi sekä laadittiin suunnitelmat tulevien riskinarviointien toteuttamiseksi sekä riskinarviointiin liittyvien aineistojen järjestämiseksi.
- Ennakoiva lyhyen aikavälin sää-, talous- ja ilmastoriskien hallitseminen (ELASTINEN) -hankkeessa tuotettiin kokonaiskuva sää- ja ilmastoriskien hallinnasta ja arvioitiin keinoja edistää riskien hallintaa eri toimialoilla.
- Tehokkaat ja vaikuttavat luontopohjaiset ratkaisut ilmastomuutoksen sopeutumisen välineinä (TASAPELI) -hankkeessa kehitettiin toimintamalli ja arviointityökaluja luontopohjaisten ratkaisuiden hyödyntämisen tueksi nykyistä laajemmin suunnittelussa ja päätöksenteossa.
- Sopeutumisen tila 2017 hankkeessa tarkasteltiin ilmastokestävyyttä ja -riskejä sekä haavoittuvuuksia ja sopeutumiskykyä maa- ja metsätalousministeriön hallinnonalalla.

www.ilmasto-opas.fi -sivusto kokoaa yhteen osoitteeseen ja yhtenäiseen muotoon käytännönläheistä, tutkittua ja luotettavaa tietoa ilmastomuutoksesta. Sivuston tarkoitus on yhteiskunnan ja väestön tukeminen ilmastomuutoksen hillinnässä ja siihen sopeutumisessa. Verkkosivusto auttaa ilmastomuutokseen liittyvien ilmiöiden ymmärtämisessä ja tiedon jäsentämisessä. Tavoitteena on, että ilmastomuutostiedon tarvitsijat löytävät tarvitsemansa tiedon nopeasti ja helposti.

Ilmastomuutoksen hillintää toteutetaan osana kansallista ilmastopolitiikka. Tulvariskien hallinnan näkökulmasta ilmastomuutokseen sopeutuminen on tärkeämpää, koska yksittäisillä tulvariskien hallintasuunnitelmissa esitetyillä tulvariskien hallinnan toimenpiteillä on harvoin hillinnän kannalta niin merkittäviä vaikutuksia, että niitä tulisi erikseen ottaa huomioon.

4 Ilmastomuutoksen vaikutukset vesivaroihin

Ilmastomuutos vaikuttaa Suomen vesistöihin monella tapaa sekä suorasti että epäsuorasti (Kuva 1). Vaikutusten voimakkuus vaihtelee kuitenkin voimakkaasti eri puolilla Suomea ja erityyppisissä vesistöissä. Lisäksi vaikutuksiin liittyy merkittäviä epävarmuuksia johtuen sekä ilmastomuutoksen etenemisen vaikeasta ennustettavuudesta että monimutkaisten vaikutusmekanismien ja -ketjujen puutteellisesta tuntemisesta. Ilmastomuutoksen yleisiä vaikutuksia on kuvattu alla olevissa luvuissa 4.1-4.4. Alueelliset muutokset vesienhoitoalueittain tai vesistöalueittain on kuvattu Liite 2: Valunnan muutokset vesienhoitoalueittain eri vuodeaikoina



Kuva 1. Ilmastomuutoksen vaikutuksia vesistöihin ja vesivaroihin. Vaikutukset vaihtelevat vesistöittäin ja alueittain.

4.1 Vaikutukset hydrologiaan

Tuoreimpien ilmastoskenaarioiden (ns. RCP eli Representative Concentration Pathways päästöskenaariot ja IPCC:n käyttämät uusimmat ilmastomallit CMIP 5, van Vuuren ym. 2011; IPCC 2014) mukaan Suomen **keskilämpötila** jaksolla 2020–49 on 1,6–2,1 °C korkeampi kuin vertailujaksolla 1981–2010 (Ruosteenoja ym. 2016). Jaksolla 2040–69 lämpötilan kasvuksi ennakoitaa 1,9–3,5 °C, jaksolla 2070–99 puolestaan 1,9–5,6 °C. Vastaavat sadannan kasvut eri jaksoilla ovat keskimäärin 5–7, 6–11 ja 6–18 prosenttia. Epävarmuudet liittyen sekä päästöjen kehitykseen että ilmastomalleihin ja luonnolliseen vaihteluun ovat vielä tätäkin suurempia. Esimerkiksi jaksolla 2040–69 koko 95 % vaihteluväli lämpötilan nousulle on 0,8–4,9 astetta ja sadannalle 0–18 %. Nämä uudet skenaariot eivät kovin merkittävästi poikkea aiemmista (mm. edellisellä vesienhoitokierroksella käytetyistä); kesän lämpötila nousee niissä kuitenkin hieman aiempaa enemmän (Ruosteenoja ym. 2016). Lisäksi suurimmat päästöt omaava RCP8.5 tuottaa aiempaa suurempia lämpötilan kasvuja vuosisadan loppupuolelle.

Osa alla esitetyistä muutoksista lämpötilassa, sadannassa ja valunnassa on jo tapahtunut viime vuosien aikana. Paikallinen vaihtelu on luonnollisesta vaihtelusta johtuen lyhyellä tarkastelujaksolla kuitenkin suurta etenkin sadannassa ja valunnoissa. Erityisesti lämpötilan muutokset ja siitä johtuvat hydrologiset muutokset kuten talven valunnan kasvu ovat tilastollisesti merkitseviä trendejä (Korhonen 2019).

Rankkasateet kasvavat enemmän kuin keskisadanta. Kovimmat sateet voimistuvat suhteellisesti eniten talvella, mutta suurin osa rankkasateista saadaan jatkossakin kesällä (Suomen kuntaliitto 2012). Suurin vuorokausisadanta kasvaa kesällä 10–25 % vuosisadan loppuun mennessä (Lehtonen 2011, Suomen kuntaliitto 2012). Kuuden tunnin maksimisateet saattavat kasvaa hieman enemmän, noin 15–40 % (Aaltonen ym. 2008).

Ilmastomuutoksen tärkein vaikutus Suomen sisävesien **hydrologisiin oloihin** on siitä aiheutuva muutos valunnan, virtaamien ja vedenkorkeuksien vuodenaikaiseen jakaumaan. Vuosittaisen valunnan on arvioitu muuttuvan vuosisadan puoliväliin mennessä noin 0–10 % vesistöalueesta ja ilmastoskenaariosta riippuen (Taulukko 1 ja Liite 2, ClimVeturi skenaariot, Veijalainen ym. 2012). Ilmaston muuttuessa talven valunta kasvaa merkittävästi lumen sulamisen ja vesisateiden lisääntymisen vuoksi. Vastaavasti kevään lumen sulamisen aiheuttama valunta pienenee, etenkin Etelä-Suomessa ja Keski-Suomessa, kun lumipeitettä ei enää kerry lämpimien talvien aikana. Taulukon 1 tulosten tulkinnassa on hyvä muistaa, että osa ennustetusta kasvusta esim. talvivirtaamisissa on jo tapahtunut viimeisen kymmenen vuoden aikana, koska referenssijaksona on käytetty vuosia 1981–2010 (ks. kuva 2).

Taulukko 1. Valunnan muutoksia (% , keskiarvot, suluissa vaihteluväli) eri osissa Suomea jaksoilta 2010–39 ja 2040–69 referenssijaksoon 1981–2010 eri vuodenaikoina vesienhoitoalueittain. Tulokset perustuvat 13 ilmastoskenaarion tuloksiin. Skenaariot on poimittu laajemmasta 124 skenaarion joukosta edustamaan keskimääräisiä ja äärimmäisiä muutoksia.

	Vuoksi	Kymijoki Suomen-lahti	Kokemäki Saaristo- ja Selkämeri	Oulujoki Iijoki	Kemijoki ja Tornionjoki	Teno-, Näätämö-, Paatsjoki
2010–39						
Muutos (%)						
vuosi	2,7 (-4...+6)	2,8 (-4...+5)	2,2 (-4...+8)	0,6 (-1...+9)	0,9 (-4...+11)	1,5 (-5...+15)
talvi	35 (+4...96)	36 (+1...83)	38 (-3...74)	43 (0...110)	31 (-2...+79)	20 (-2...+47)
kevät	-6 (-21...+1)	-11 (-27...-1)	-15 (-31...0)	-6 (-18...+4)	0 (-7...+8)	17 (+9...30)
kesä	-13 (-20...-2)	-12 (-18...0)	-11 (-18...+15)	-14 (-19...+5)	-13 (-25...+5)	-21 (-32...-6)
syksy	9 (-15...+18)	9 (-20...+19)	8 (-15...+20)	11 (0...+21)	12 (-6...+22)	15 (-3...+26)
2040–69						
Muutos (%)						
vuosi	6,1 (-3...+15)	6,5 (-3...+15)	6,9 (-1...+15)	4,8 (-5...+9)	4,9 (-8...+9)	4,2 (-8...+16)
talvi	68 (+9...190)	64 (+7...160)	59 (+2...130)	79 (+8...210)	60 (+6...170)	42 (+7...120)
kevät	-8 (-30...+9)	-13 (-34...+6)	-16 (-38...+5)	-7 (-32...+11)	3 (-19...+13)	21 (+3...37)
kesä	-21 (-40...+10)	-19 (-37...+11)	-15 (-29...+13)	-18 (-34...+10)	-16 (-33...-1)	-24 (-40...-10)
syksy	10 (-5...+22)	11 (-13...+24)	12 (-10...+23)	20 (+6...33)	20 (+6...42)	23 (+13...54)

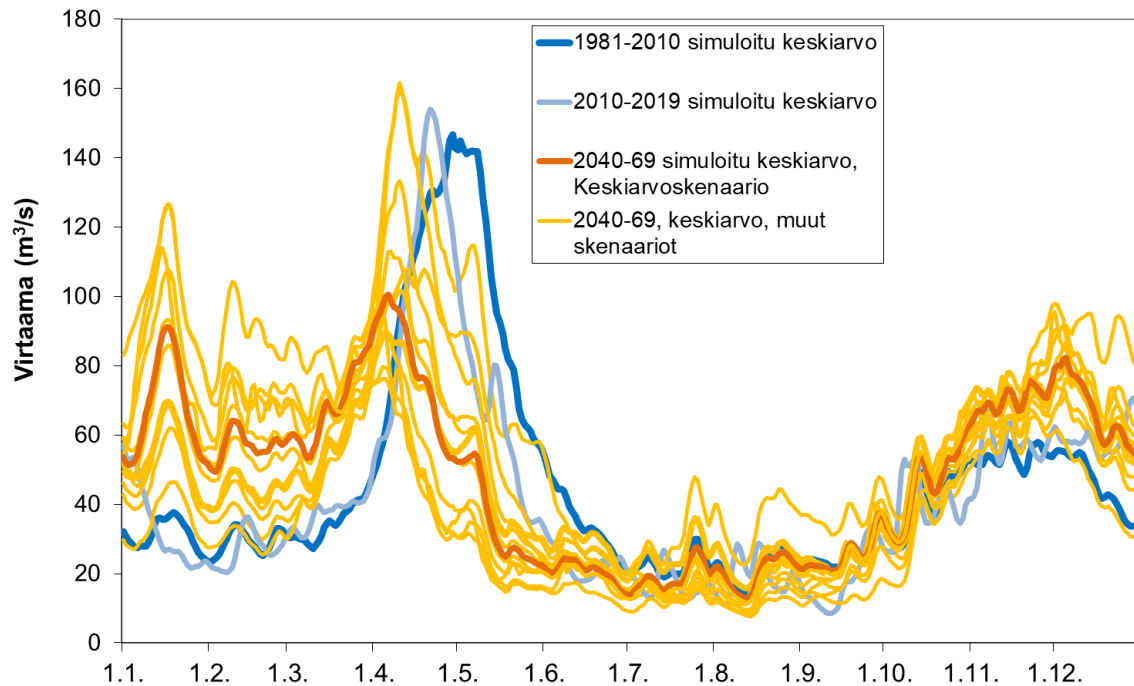
Taulukossa 1 on esitetty myös vaihteluväli eri ilmastoskenaarioiden antamille muutoksille **valunnassa** (valunnan muutoksen vesienhoitoalueittain ovat esitetty Liite 2: Valunnan muutokset vesienhoitoalueittain eri vuodeaikoina). Vaihteluväli on maksimi ja minimi 13 ilmastoskenaariosta (jotka käyttävät neljää eri RCP:tä, van Vuuren ym. 2011), joista viisi on erilaisia keskiarvoskenaarioita ja kahdeksan on valittu laajemmasta 124 ilmastoskenaarioiden joukosta kuvaamaan ääritilanteita (lämmin-kuiva, kylmä-kuiva, lämmin-märkä, kylmä-märkä) vastaten n. 90 % vaihteluväliä. Tuloksista nähdään, että vaihtelu valunnan muutoksissa ja siten ilmastomuutokseen liittyvä epävarmuus on hyvin suurta. Suurin osa vaihtelusta liittyy lyhyellä aikavälillä luonnolliseen vaihteluun ja ilmastomallien välisiin eroihin, vuoden 2050 jälkeen taas alkavat korostua eri päästöskenaarioiden erot.

Taulukossa 2 on pyritty yksinkertaistamaan keskeisten hydrologisten suureiden muuttumista suhteessa vertailujaksoon 1981-2010. Keskimääräinen muutos erilaisilla hydrologisilla alueilla pyrkii kuvaamaan ilmastomuutoksen vaikutuksen suuntaa keskimäärin laajalla alueella. Muutoksen suunta voi olla erilainen eri skenaarioilla tai riippuen tarkastellaanko vesistön ylä- vai alajuoksua.

Taulukko 2. Hydrologisten suureiden keskimääräinen muuttuminen eri puolilla Suomea jaksolla 2010-39 ja 2040-69 suhteessa vertailujaksoon 1981-2010. Eri skenaarioilla voidaan kuitenkin saada näistä poikkeavia tuloksia.

	Vuoksi	Kymijoki Suomenlahti	Kokemäki Saaristo- ja Selkämeri	Oulujoki Iijoki	Kemijoki ja Tornionjoki	Teno-, Näätämö-, Paatsjoki
2010-39						
Sadanta	0/+	0/+	0/+	0/+	0/+	0/+
Valunta	0/+	0/+	0/+	0/+	0/+	0/+
Lumi	-	-	-	-	0/-	0/-
Rankkasateet	+	+	+	+	+	+
Hyyderiski	++	++	++	++	+	+
2040-69						
Sadanta	0/+	0/+	0/+	0/+	0/+	0/+
Valunta	0/+	0/+	0/+	0/+	0/+	0/+
Lumi	--	--	--	--	-	-
Rankkasateet	++	++	++	++	+	+
Hyyderiski	+	+	+	++	++	+

Virtaaman muutos on vuositasolla hieman pienempi kuin valunnan muutos, etenkin runsasjärvisillä alueilla. Eri vuodenaikojen muutokset virtaamissa ovat pienillä valuma-alueilla melko lähellä valunnan muutoksia (Kuva 2 ja Liite 3: Virtaaman muutokset eri vesistöissä), mutta suurilla valuma-alueilla muutokset eri vuodenaikojen virtaamissa ovat järvien virtaamia tasaavan vaikutuksen johdosta prosentteina pienempiä ja viiveiden takia tapahtuvat myöhemmin (esim. Vuoksen virtaamassa kevään sijaan pienenee kesän virtaama).



Kuva 2. Esimerkki simuloitujen virtaamien keskimääräisestä muutoksesta Kyrönjoelta. Päivittäinen 30 vuoden simuloitu keskivirtaama referenssijaksolla 1981-2010, jaksolla 2010-2019 ja 2040-69 keskiarvoskenaariolla ja 13 muulla skenaariolla (mukaan lukien ääriskenaariot).

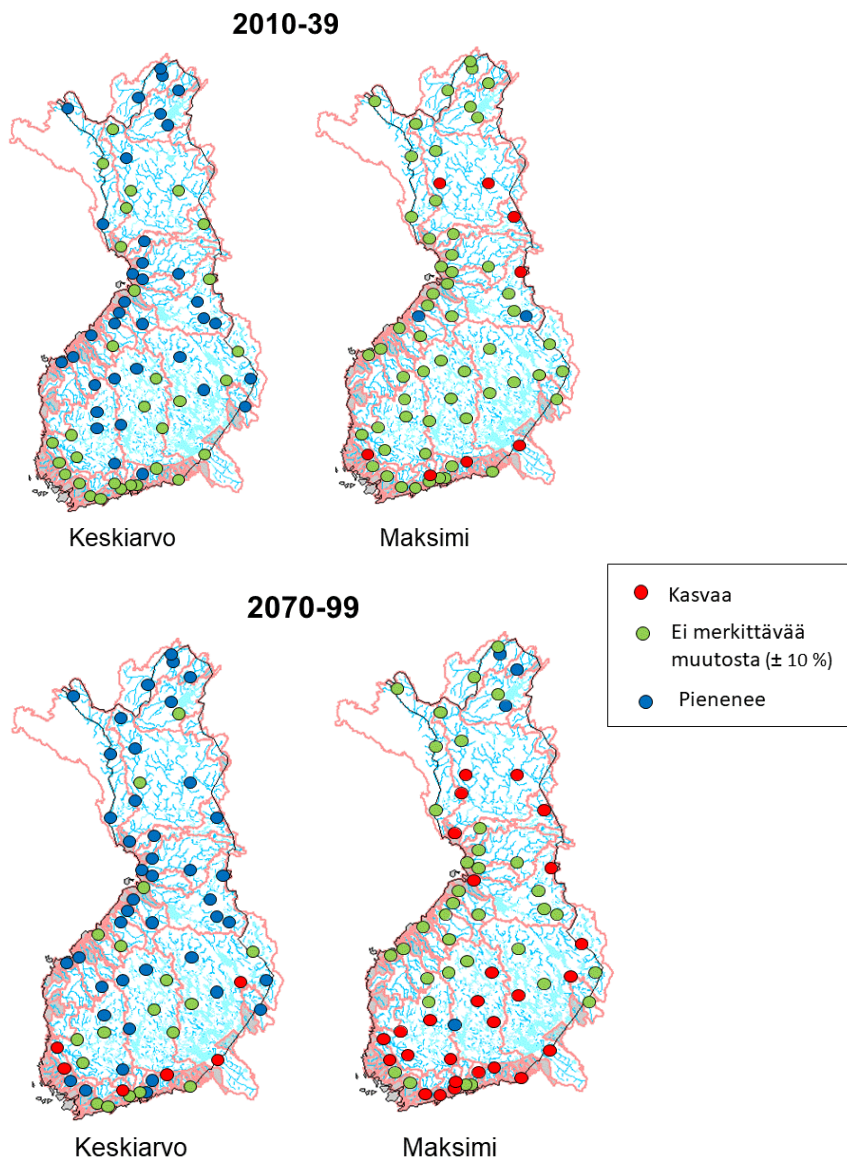
Etelä- ja Keski-Suomen (vesienhoitoalueet 1-4) **järvisillä vesistöalueilla** keskimääräinen virtaaman kasvu on hieman pienempää kuin vähäjärvisillä alueilla tai se jopa pienenee joillain skenaarioilla johtuen järvihaihdunnan kasvusta. Talvella lisääntyvä lumen sulaminen ja vesisade lisäävät virtaamia ja talvitulvia. Vastaavasti kevättulvat pienenevät, kun lunta ei enää kerry yhtä paljon lämpimämpien talvien aikana. Tämä seurauksena pienten latvajärvien, joissa kevättulvat ovat nykyisin suurimpia tulvia, tulvariski voi pienetä (Veijalainen ym. 2012). Suurten keskusjärvien vedenkorkeudet tulevat nousemaan talvella nykyistä ylemmäksi ja kokonaisuudessaan tulvien suuruus kasvaa suurimmalla osalla skenaarioita. Suurten vesistöjen laskujoissa kuten Kokemäenjoessa, Kymijoen ja Oulujoessa talvivirtaamien kasvu lisää hyydetulvien riskiä. Toisaalta pidentynyt kesäkausi tuo tullessaan myös entistä alempien loppukesän vedenkorkeuksien ja virtaamien mahdollisuuden Etelä- ja Keski-Suomessa.

Kasvavien talvivirtaamien, yleistyvien talvitulvien ja lisääntyvän hyyderiskin vuoksi on Etelä- ja Keski-Suomen **säännöstelyihin järviin** tarvetta jättää talveksi enemmän varastotilavuutta. Keväällä varastotilavuuden tarve vastaavasti keskimäärin pienenee, kun lumitulvat jäävät pois tai pienenevät. Runsaslumisia talvia esiintyy kuitenkin etenkin lähivuosikymmenten aikana, mutta vuosisadan puolivälissä ne käyvät Etelä- ja Keski-Suomessa entistä harvinaisemmiksi. Pidempiä ja välillä myös kuivempia kesiä varten järvet tulisi saada täyteen keväällä. Pohjois-Suomessa varastotilavuutta tarvitaan lumen sulamisesta aiheutuvien kevättulvien pienentämiseen vielä pitkälle tulevaisuuteen. Järvien säännöstelylupia joudutaan monilla järvillä muuttamaan (Veijalainen ym. 2012). Säännöstelylupien muutoksia on jo tehty tai ollaan tekemässä useilla järvillä ja niissä on huomioitu ilmastomuutoksen vaikutus. Arvioiden mukaan muutostarve koskee noin kolmasosaa 220 säännöstelyluvasta ja riippuu järven sijainnista, vesistön ominaisuuksista ja nykyisen säännöstelyluvan määrittelyistä.

Etelä- ja Keski-Suomen (vesienhoitoalueet 1-4) **jokivesistöissä** kevättulvat pienenevät ja niissä vesistöissä, joissa kevättulvat ovat nykyään selvästi suurimpia tulvia, tulvariski todennäköisesti

pienenee (Kuva 3 ja taulukko 4). Sen sijaan syksyn ja talven tulvat kasvavat ja talven jääpeiteajan lyheneminen lisää hyydetulvien todennäköisyyttä hyyteelle alttiissa joissa. Rankkasateiden on ennakoita lisääntyvän (Jylhä ym. 2009) keskimääräisiä sateita enemmän ja niiden myötä lisääntyvät rajut kesätulvat taajama-alueilla ja pienissä jokivesissä. Toisaalta kesien piteneminen voi jo sinänsä pahentaa loppukesän kuivuutta.

Pohjois-Suomen (vesienhoitoalueet 5-7) **jokivesissä** kevättulvien odotetaan kuitenkin vielä pysyvän keskimäärin ennallaan muutaman lähivuosisikymmenen aikana lisääntyneen talven sadannan takia erityisesti Kemijoen, Ivalonjoen ja Tornionjoen valuma-alueilla, mutta pienenevän vuosisadan loppupuolella suurimmalla osalla skenaarioista lämpenemisen edetessä skenaarioiden mukaisesti (Kuva 3). Runsassateisimmilla skenaarioilla tulvat voivat paikoitellen jopa hieman kasvaa lähivuosisikymmeninä, mutta muutos on pieni ja mahtuu suurten tulvien arvioinnin epävarmuusrajoihin. Runsassateisimmilla ja viileimmillä skenaarioilla tulvat pysyvät Pohjois-Lapissa lähes nykyisen suuruisina vielä vuosisadan loppupuolellakin. Etelämpänä Etelä-Lapissa ja Pohjois-Pohjanmaalla tulvien ennakoidaan pienenevän etenkin vuosisadan puolivälin jälkeen lumen määrän vähetessä (Veijalainen ym. 2012; Veijalainen ym. 2010).



Kuva 3. 100 vuoden tulvien muuttuminen ilmastomuutoksen vaikutuksesta eri puolilla Suomea 2010–39 ja 2070–99 (verrattuna 1981–2010 jaksoon). Kuvissa 25 skenaarion keskimääräinen muutos ja maksimimuutos.

Ilmastomuutoksen on arvioitu lisäävän merkittävästi hyydetulvien riskiä etenkin lähivuosisikymmeninä (Aaltonen ym. 2010). Lauhtuva ja sateisempi sää lisää talven virtaamia ja vähentää jokien jääpeitettä. Jos tähän yhdistyy kova pakkanen, voi alijäähtynyt vesi tarttua joen pohjaan ja rakenteisiin, ja muodostaa hyydettä. Lähivuosisikymmeninä olosuhteet hyyteen muodostumiselle tulevat olemaan entistä useammin otollisia (Aaltonen ym. 2010). Hyyteen aiheuttamat ongelmat myös siirtyvät entistä pohjoisemmaksi. Viime vuosina ongelmia on esiintynyt jo Lapissakin, jossa ne olivat aiemmin melko harvinaisia. Vuosisadan loppupuolella taasovat pakkaset alkavat käydä entistä harvinaisemmiksi etenkin Etelä-Suomessa, joten hyyteen riski voi pidemmällä aikajaksolla alkaa taas pienetä (Aaltonen ym. 2010). Säännöstelyissä vesistöissä säännöstelykäytäntöjen ja -lupien muokkaaminen ottamaan paremmin huomioon talven suuret virtaamat ja hyydetulvien riski voi olla tarpeen tilanteeseen sopeutumiseksi.

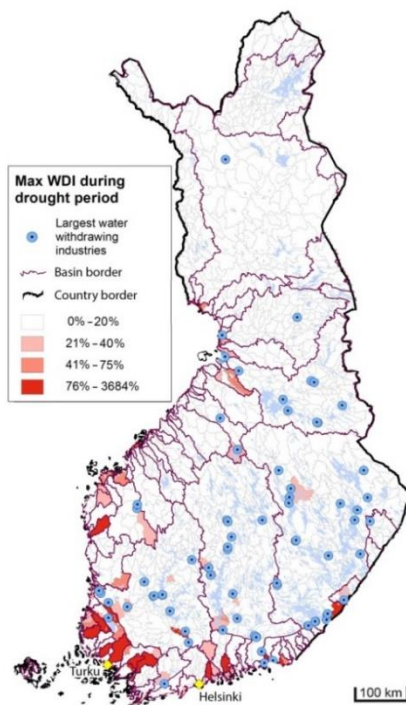
Koska rankkasateiden on arvioitu lisääntyvän ilmastomuutoksen myötä, myös taajamaseutujen hulevesi- tai rankkasadetulvat todennäköisesti lisääntyvä tulevaisuudessa (Ruosteenoja ym. 2016; Aaltonen ym. 2008; hulevesiopas). Rankkasateiden lisäksi tähän vaikuttaa etenevä kaupungistuminen, joka lisää läpäisemättömien pintojen osuutta ja siten pintavaluntaa. Hulevesitulvien ennakoiminen on vesistötulvia vaikeampaa, koska ne syntyvät yleensä pienialaisista kesän rankkasateista, joita pystytään tarkasti ennustamaan vain muutamaa tuntia ennen sadantaa (hulevesiopas; ilmasto-opas; Tuomenvirta ym. 2018). Hulevesitulvien riskin kasvu tulisi huomioida uusia asuinalueita suunniteltaessa, jolloin huleveden voidaan huomioida kaavoituksessa ja voidaan tehdä erilaisia vettä pidättäviä ratkaisuja (Jormola ym. 2016).

Taulukko 3. Tulvien muutokset merkittävillä vesistöalueiden tulvariskialueilla. Minimimuutoksiin on syytä suhtautua kriittisesti.

Merkittävä tulvariskikohde	1/100 tulvien muutos %			
	2010-39		2070-99	
	keskiarvo	vaihteluväli	keskiarvo	vaihteluväli
Kymijoen alaosa	+ 5	-1...+12	+18	-1...+50
Vantaanjoki, Riihimäki	-1	-14...+25	+22	-13...+70
Kokemäenjoki, Pori	- 3	-8...+2	+11	-5...+38
Kokemäenjoki, Huittinen	- 3	-10...+2	+11	-5...+38
Lapväärtinjoki	0	-9...+7	+7	-11...+35
Laihianjoki	-13	-23...+8	-2	-15...+26
Kyrönjoki	-12	-17...0	-12	-17...-2
Lapuanjoki	-9	-17...+7	-13	-22...+8
Kalajoki	-21	-30...-11	-13	-26...0
Pyhäjoen alaosa	-18	-34...-4	-28	-40...-10
Iijoki, PudasjärviKemijärvi	-11	-30...-3	-20	-40...+3
Kemijärvi	0	-13...+2	-11	-35...+4
Ounasjoki, Kittilä	-5	-12...+4	-5	-25...+8
Kemijoki, Rovaniemi	-5	-18...+4	-20	-33...+11
Tornionjoki, Tornio	-3	-13...+10	-5	-24...+7
Ivalojoki, Ivalo	-17	-26...-8	-20	-40...-10

Vedenhankinnan kannalta tärkeät **alivirtaamat** pienenevät ja alivirtaamakaudet kesällä pitenevät etenkin Etelä- ja Keski-Suomessa (Veijalainen ym. 2019; Veijalainen ym. 2012). Kesän keskivalunnan arvioidaan pienenevän jaksolle 2040–69 mennessä esimerkiksi etelärannikon vesistöissä noin 23 %, Pohjanmaalla ja Satakunnassa vähennys olisi noin 16 % (Veijalainen ym. 2019). Etelä- ja Keski-Suomessa monien järvien vedenkorkeudet laskevat loppukesällä. Kuivimpina kesinä kastelu ja muu vedenhankinta voivat näissä vesistöissä vaikeutua tuntuvasti. Lapissa minimivirtaamat voivat sen sijaan jopa kasvaa, koska ne nykyilmastossa ajoittuvat pääosin talveen ja talven virtaamat kasvavat. Kuivuuden aiheuttamien ongelmien lisäksi kesän rankkasateiden lisääntyminen (Jylhä ym. 2009; ilmasto-opas; hulevesiopas) ja lämpimät ja sateiset syksyt ja talvet voivat toisaalta lisätä tulva- ja kontaminaatioriskejä joillain vedenottamolla. Ilmastomuutos saattaa myös lisätä myrskyjä (Jylhä ym. 2009), mikä saattaa vaikuttaa vedenottamoiden toimintavarmuuteen erityisesti sähkökatkojen myötä.

WDI (Water Depletion Index) on **vedenniukkuusindikaattori**, joka kuvaa veden käyttöastetta vesistötasolla. Veden niukkuus tarkoittaa ihmisten aiheuttamaa liiallista vedenkäyttöä suhteessa käytettävissä oleviin uusiutuviin vesivaroihin. Indikaattorin korostamat alueet ovat herkempiä kuivuuden vaikutuksille. Sen avulla voidaan myös levittää yleistä tietoisuutta vedenkulutuksen vaikutuksista. Ahopelto ym. (2019) on laskenut indeksin vakavan kuivuuden aikana kuukausitasolla eri puolilla Suomea (Kuva 4). Tulosten perusteella vakavan kuivuuden aikana veden riittävyyden kanssa olisi haasteita etenkin Lounais-Suomessa (mm. Paimionjoen, Sirppujoen ja Uskelanjoen vesistöissä), paikoin myös Pohjanmaalla. Ilmastomuutos hieman pahentaa kuivuustilanteista etenkin Etelä- ja Keski-Suomessa (Veijalainen ym. 2019).



Kuva 4. Kuukausittainen suurin WDI-arvo Suomen vesistöissä vakavan monivuotisen kuivuuden aikana nykyisellä vedenkäytöllä (Ahopelto ym. 2019). Mitä suurempi arvo, sen suurempi osa uusiutuvista vesivaroista käytetään.

Merkittävimmät riskit vesisektorilla muodostuvat tulevaisuudessakin poikkeuksellisista ääri-ilmiöistä, kuten suurtulvista ja vakavasta kuivuudesta (Tuomenvirta ym. 2018). Tällaiset ilmiöt ovat myös tulevaisuudessa harvinaisia, mutta ilmastomuutos tulee muuttamaan niiden todennäköisyyttä. Tarkkaa vaikutusta on ilmiöiden monimutkaisuuden ja poikkeuksellisuuden takia mahdotonta arvioida ja lisäksi paikalliset erot eri vesistöissä ovat merkittäviä. Paikoin ilmastomuutos kuitenkin todennäköisesti lisää näiden ääri-ilmiöiden (rankkasateiden, kuivuuden) riskiä ja siten riskiä suurille vahingoille ja vaikutuksille.

Ilmastomuutoksen vaikutuksia **pohjavesivaroihin** on tutkittu vähemmän kuin pintavesiin kohdistuvia vaikutuksia. Tehtyjen laskentojen perusteella talviaikaiset pohjavedenkorkeudet nousevat ja kesäaikaiset laskevat hieman loppukesästä (Veijalainen ym. 2012; Vienonen ym. 2012; Veijalainen ym. 2019). Kesän ja syksyn alimmat pohjavedenkorkeudet painuvat entistä alemmas etenkin Etelä- ja Keski-Suomessa. Kuivien kausien paheneminen lisää pohjavesivarojen varassa olevan vesihuollon riskejä ja ongelmia (Vienonen ym. 2012). Suurissa pohjavesimuodostumissa sadannan ja sulannan vuodenaikaisrytmi vaikuttaa vähemmän kuin pienissä. Alimmat korkeudet ovatkin esiintyneet kaikkein suurimmissa pohjavesimuodostumissa viiveellä vasta pintavesien kuivakausien päätyttyä. Kesäsateet päätyvät kasvukauden ja haihdunnan vuoksi harvoin pohjaveteen saakka eivätkä näin ollen vaikuta yleensä suuresti pohjaveden muodostumiseen. Syksyn ja talven vesisateet ja sulamisvedet täydentävät tehokkaasti pohjavesivarastoja. Pohjaveden muodostuminen riippuu vesitilanteen lisäksi myös roudasta. Roudan määrä keskimäärin vähenee ilmastomuutoksen myötä, eniten Etelä-, Lounais- ja Länsi-Suomessa (ilmasto-opas.fi). Roudan määrän vaikuttaa pakkasumman lisäksi myös lumimäärä, jonka pieneneminen voi vuorostaan kasvattaa routaa. Vaihtelu roudan määrässä pysyykin etenkin lähivuosisikymmeninä suurena.

Vastaavasti kuin pohjavesivarasto myös **maavesivarasto** on ilmastomuutoksen seurauksena keskimäärin pienempi kesällä ja suurempi talvella ja maankosteuden vajauksen vuosimaksimit keskimäärin kasvavat (ilmasto-opas.fi). Maankosteus lähtee laskemaan entistä aiemmin ja laskee loppukesään mennessä aiempaa alemmas aikaisemman kevään, pienempien kevätvaluntojen ja suuremman haihdunnan johdosta.

4.2 Vaikutukset meriveden korkeuteen

Meriveden noususkenaariot -hankkeessa (Ilmatieteen laitos) on määritetty merenpinnan tulvakorkeudet eri todennäköisyyksille Itämerellä vuoteen 2100 asti ottaen huomioon sekä merenpinnan tason skenaariot (ilmastonmuutos ja maankohoaminen huomioiden) että vedenkorkeuden lyhytaikaisvaihtelu. Tulokset on esitetty taulukossa 2. (Pellikka ym. 2018). Arvioiden perusteella ei ollut tarpeen muuttaa vuonna 2014 annettuja suosituksia alimmiksi rakentamiskorkeuksiksi meren rannikolla (Kahma ym. 2014), sillä uusien tulosten vaikutus oli Ilmatieteen laitoksen mukaan vain joitain senttejä. Meritulvien osalta helposti ymmärrettäviä muutosta kuvaavia suureita ovat absoluuttinen muutos nykyisestä tiettyyn vuoteen tietyn toistuvuuden tulvalla (esim. taulukko 4) tai tietyn suuruisen meritulvan toistuvuuden muutos tiettyyn vuoteen mennessä (esim. 2005 loppiaisen merivesitulvan toistuvuudeksi on arvioitu nykytilanteessa n. 1/30a, kun vuosisadan lopulla sen toistuvuus olisi n. 1/2a (Pellikka ym. 2018).

Merenpinnan nousun on Suomessa arvioitu olevan noin 80 prosenttia maailmanlaajuisesta keskiarvosta. Arvioiden mukaan merenpinta voi nousta Suomenlahdella jopa 80–90 cm tämän vuosisadan aikana. Kun maankohoaminen otetaan huomioon, keskimääräisten arvioiden mukaan merenpinta nousee Suomenlahdella noin 30 cm ja korkeimpien ennusteiden toteutuessa jopa 90 cm vuosina 2000–2100. Monin paikoin Suomen rannikolla maankohoaminen jatkuu merivedennousua voimakkaampana vielä pitkään (Pellikka ym. 2018; Parjanne ym. 2018). Maa kohoaa Suomessa noin 40–90 cm vuosisadassa riippuen sijainnista. Voimakkainta maankohoaminen on Vaasan seudulla ja heikointa etelärannikolla. Esimerkiksi Perämerellä tulvariskit eivät kasva merkittävästi vielä kuluvan vuosisadan aikana. Merenpinnan noususkenaarioiden epävarmuus johtuu ennen kaikkea mannerjäätiköiden käyttäytymisen hankalasta ennustamisesta lämpenevässä ilmastossa.

Keskimääräisen merenpinnan ohella ilmastonmuutos saattaa vaikuttaa vedenkorkeuden vaihteluihin. Tärkeimmät merenpinnan nousuun vaikuttavat tekijät Itämerellä ovat vesimäärä koko Itämeren altaassa, virtaus Tanskan salmien läpi, tuuli, ilmanpaine sekä merijään kattavuus. Muutokset tuulioloissa ja myrskyissä sekä talvisin vähentyvä jääpeite vaikuttavat vedenkorkeuden lyhytaikaisiin vaihteluihin. Itämeren vedenkorkeusmaksimit sekä myös lyhytaikaiset vaihtelut ovat kasvaneet viime vuosisadan aikana, ja ilmiön taustalla näyttäisivät ainakin osittain olevan muutokset tuulioloissa (Johansson ym. 2001). Joidenkin ilmastomalleilla tehtyjen tutkimusten mukaan maksimit voivat kasvaa tulevaisuudessa (Meier ym. 2004).

Taulukko 4. Merenpinnan vuosimaksimien todennäköisyydet Suomen mareografeilla vuosina 2010, 2050 ja 2100 ottaen huomioon myös ilmastonmuutoksen vaikutus (Pellikka ym. 2018).

Merivedenkorkeus (cm, N2000)									
Tapaustodennäköisyys (tapausta/vuosi)	1/20a			1/50a			1/100		
Vuosi	2010	2050	2100	2010	2050	2100	2010	2050	2100
Kemi	194	179	196	214	199	217	229	214	233
Oulu	192	179	198	211	198	218	226	213	233
Raahe	162	149	172	176	163	189	186	173	201
Pietarsaari	147	133	157	159	146	174	168	155	186
Vaasa	143	128	149	158	143	167	169	155	180
Kaskinen	140	129	160	154	143	177	164	154	190
Mäntyluoto	134	127	163	147	140	179	157	150	192
Rauma	134	130	171	146	142	188	155	152	200
Turku	137	139	187	149	151	204	157	160	216
Degerby (Föglö)	117	118	166	129	130	183	138	139	195
Hanko	134	142	200	146	154	217	155	163	229
Helsinki	159	168	225	174	183	243	185	194	256
Hamina	194	204	258	212	222	278	225	236	293

4.3 Vaikutukset vedenlaatuun ja ekologiaan

Ilmastomuutoksen vaikutukset vesien tilaan ovat sekä suoria että epäsuoria. Voidaan osoittaa, että lämpötilojen ja sateiden muutosten sekä tulvien ajankohtien muutosten myötä jääpeiteaika on lyhentynyt ja järvien lämpötilakerrostuneisuus on muuttunut vuosisyklin aikana. Myös talven ravinnekuormitus on kasvanut leutojen talvien yleistymisen myötä Etelä- ja Keski-Suomessa. On kuitenkin hyvin vaikea erottaa ilmastomuutoksen osuutta muista vedenlaatuun ja ekologiaan vaikuttavista tekijöistä, kuten maankäytön ja muun ihmistoiminnan vaikutuksista.

Vesiekosysteemien toiminta ja eri tekijöiden ja lajien väliset vaikutussuhteet ovat monimutkaisia, joten niiden tulevat muutokset ilmastomuutoksen vaikutuksesta ovat varsin epävarmoja ja vielä puutteellisesti ymmärrettyjä. Lisäksi ilmastomuutoksen aiheuttamien muutosten suuruudet ja suunnat todennäköisesti poikkeavat merkittävästi toisistaan erityyppisissä vesistöissä ja vesimuodostumissa eri puolilla Suomea. Ilmastomuutoksella tulee kuitenkin olemaan vaikutuksia vedenlaatuun ja sisävesien luontoon. Tarkemmin vedenlaatua ja ekologiaa on käsitelty vesienhoidon toimenpiteiden suunnittelun oppaassa Ilmastomuutoksen huomioiminen vesienhoitotyössä (Veijalainen ym. 2020).

4.4 Muut vaikutukset

SIETO-hankkeessa toteutettiin kansallinen **sää- ja ilmastoriskiarviointi** sekä laadittiin toimintamalli tulevien riskinarviointien toteuttamiseksi sekä riskinarviointiin liittyvien aineistojen järjestämiseksi. Suurimmiksi riskeiksi Suomen vesisektorilla arvioitiin hulevesitulvat, vesistöjen suurtulvat, kuivuuden aiheuttamat riskit ja äärisään riskit vesihuollolle (Tuomenvirta ym. 2018). Lisäksi luonnon nykyisen monimuotoisuuden arvioitiin kokevan merkittäviä riskejä, mm. muutokset ja siirtymät lajien levinneisyydessä, elinympäristöjen muutokset, uhanalaisten lajien menestymisen heikentyminen entisestään sekä vieraslajit. Maataloudessa ja muilla luonnonvaraloilla tauti- ja tuholaisriski, sään ääri-ilmiöiden lisääntyminen ja kuivuus aiheuttavat suurimpia riskejä. Lisäksi tunnistettiin muita riskejä kuten riskit luonnon monimuotoisuudelle ja terveyshaitat kuten vesiepidemiat (Tuomenvirta ym. 2018; Carter 2007).

Ilmastomuutoksesta hyötyviä tuotantosektoreita voivat Suomessa mahdollisesti olla maa- ja metsätalous sekä lämmitysenergian kuluttajat (Tammelin ym. 2002). Maatalouden tuotantokyky saattaa parantua lähitulevaisuudessa pidentyvän kasvukauden ja suuremman lämpösumman kautta. Ilmaston äärevöityminen, esimerkiksi rankkasateiden ja kuivuusjaksojen yleistyminen, sekä suurempi tauti- ja tuholaispaine saattaa kuitenkin aiheuttaa ennalta arvaamattomia haittoja (Tuomenvirta ym. 2018). Samoin metsätaloudessa lämpötilan noususta saatava mahdollinen hyöty saattaa hyvinkin kumoutua kuivuudesta, myrskyistä ja tuholaisista aiheutuvien riskien johdosta. (Tuomenvirta ym. 2018) Vesivoiman tuotantopotentiaalin on arvioitu kasvavan jaksolla 2040–69 noin 5 %. Ilmastomuutokseen liittyy huomattavia epävarmuuksia ja etenkin siihen liittyvät globaalit riskit ja välilliset vaikutukset voivat kasvaa hyvinkin suuriksi pidemmällä aikavälillä.

5 Toimenpiteiden ilmastokestävyys ja yhteensovittaminen vesienhoidon suunnittelun kanssa

5.1 Ilmastokestävyysarviointi

Tulvariskien hallinnan suunnittelussa tulisi tarkastella toimenpiteitä erityisesti ilmastokestävyysnäkökulmasta. Ilmastokestävä suunnittelu tarkoittaa sitä, että suunnitelmat ja toimenpiteet laaditaan siten, että ne ovat mahdollisimman käyttökelpoisia ilmaston ja ympäristön muutoksista huolimatta. Olennainen osa ilmastokestävää suunnittelua on mukautuvuus, eli suunnitelmien ja toimenpiteiden jatkuva parantaminen hyödyntäen uutta tietoa ja kokemuksia. Ilmastokestäviksi toimenpiteiksi voidaan määritellä sellaiset, jotka toimivat huolimatta olosuhteiden vaihtelusta ja/tai ovat joustavia, jolloin niitä voidaan muokata kohtuullisin kustannuksin paremmin sopeutuvaksi (kuva 6). Myös vesienhoidossa arvioidaan, edistääkö tai heikentääkö vesienhoidon toimenpide ilmastomuutokseen tai poikkeuksellisiin vesioloihin varautumista (ks. kohta 5.2).

Toimenpiteiden ilmastomuutoskestävyyttä tarkastellaan ilmastomuutokseen paremmin soveltuvalla, tulvariskien hallintalain kuusivuotista suunnittelukautta pidemmällä aikaskaalalla. Esimerkiksi investointihankkeita on arvioitu käyttöajan mukaisella aikajänteellä (esim. 50...100 vuotta). Hallintasuunnitelmassa ehdotetut toimenpiteet valitaan pääasiassa vastaamaan nykytilanteen tulvariskin perusteella asetettuihin tulvariskien hallinnan tavoitteisiin. Ilmastokestävyysarviointi tulisi tehdä kaikille suunnitelmiin valituille toimenpiteille. Lisäksi suunnitelmissa voidaan ehdottaa toissijaisina tai täydentävinä joustavia toimenpiteitä, jotka eivät täysin vastaa tavoitteisiin, mutta joiden avulla voidaan parantaa ilmastomuutokseen sopeutumista tai hillintää.

Jos tulvien ennakkoidaan ilmastomuutoksen myötä kasvavan (esim. suurten vesistöjen keskusjärvisä ja niiden laskujoissa) tulisi ennakoitu kasvu huomioida uusia suunnitelmia tehtäessä esim. kaavoituksessa ja vesirakenteita tehtäessä. Sen sijaan pieneneviä tulvia ei voida ainakaan vielä ottaa suunnittelun lähtökohdaksi, vaikka tulvat monissa osissa Suomea pienenevätkin useimmilla ilmastoskenaarioilla lumen määrän ja kevättulvien pienetessä. Tämä johtuu ilmastomuutokseen liittyvistä epävarmuuksista sekä ilmastomuutoksen hitaasta ja mahdollisesti epälineaarisesta etenemisestä.

Ilmastokestävyysarvioinnin on tarkoitus auttaa tulvariskien hallinnan suunnittelijoita toimenpiteiden valinnassa ja priorisoinnissa, huomioiden merkittävän tulvariskialueen sekä vesistö- tai rannikkoalueen erityispiirteet ja ilmastomuutoksen alueelliset vaikutukset.

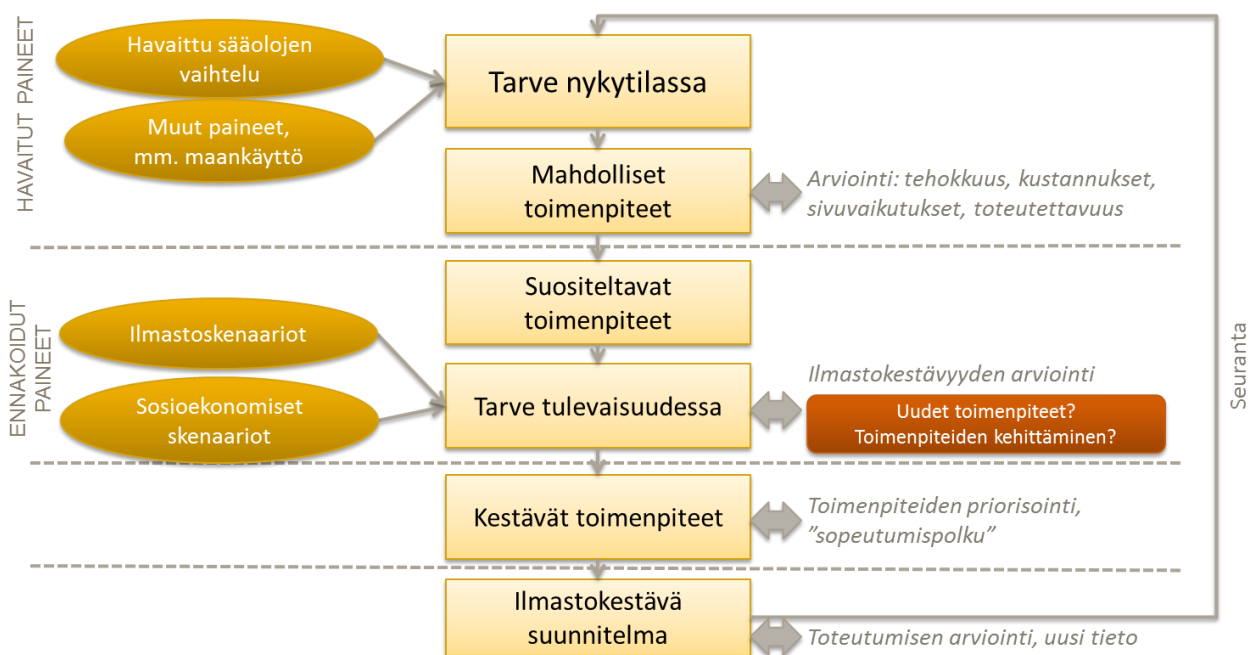
Yksittäisten toimenpiteiden ilmastokestävyys pohjalta voidaan arvioida koko hallinnan suunnittelun ja ehdotettujen toimenpiteiden sopeutuvuutta ja mukautuvuutta erilaisiin tulvatilanteisiin; esimerkiksi onko suunnitelmassa riittävästi toimenpiteitä eri vuodenaikojen tulvatilanteiden hallitsemiseksi tai kuinka helposti rakenteellisia toimenpiteitä voidaan muokata tulvien mahdollisesti kasvaessa tai kuivuuden lisääntyessä. Toimenpiteiden priorisoinnissa yhtenä arviointikriteerinä on toimenpiteiden joustavuus tuleviin muutoksiin, joten ilmastokestävyys vaikuttaa hallintasuunnitelmassa ehdotettavien toimenpiteiden lisäksi myös niiden etusijajärjestykseen.

Esimerkki toimenpiteiden ilmastokestävyyden tarkastelusta.

Kemijoen tulvariskien hallintasuunnitelmassa vuosille 2016-2021 arvioitiin ehdotettujen toimenpiteiden sopeutuvuus ilmastomuutokseen. Tarkastelun yhteenveto on kuvattu seuraavasti.

Kaikki tarkastelussa olevat toimenpiteet sopeutuvat skenaarioihin, joiden mukaan kevättulvien suuruus pienenee ja tulvien ajankohta aikaistuu ja skenaarioihin, joissa kuivuus lisääntyy. Tulvasuojelun toimenpiteiden tarve ja käyttömäärät tällöin vähenevät.

Suurin osa toimenpiteistä sopeutuu myös skenaarioihin, joiden mukaan kevättulvien suuruus kasvaa tai skenaarioihin, joiden mukaan kesä- ja syystulvat lisääntyvät. Kesä- ja syystulvien ei arvioida kasvavan Lapissa yhtä suuriksi kuin kevättulvat korkeimmillaan. Kesä- ja syystulvien kasvamisessa suurin haaste aiheutuu niiden nopean kehittymisen myötä, jolloin tulvia ei voida ennustaa kovin paljon etukäteen ja niihin ei voida varautua niin hyvin kuin kevättulviin. Tällöin omatoimisen varautuminen on haastavaa ja tilapäisten tulvasuojelun toimenpiteiden rakentamiseen ei välttämättä ehditä. Myös säännöstelyn hyödyntäminen nopeasti kehittyvissä tilanteissa on haastavaa, sillä säännöstellyt järvet ovat kesäaikaan täynnä.



Kuva 6. Ilmastokestävän suunnittelun periaate. Tavoitteena on valita sellaisia toimenpiteitä, jotka ovat tarpeen nyt ja todennäköisesti hyödyllisiä tulevaisuudessa (Mukailtu Wilby & Dessain, 2010 mukaan).

Tulvariskien hallinnan toimenpiteiden ilmastokestävyyttä tulisi arvioida alla kuvatun menettelyn mukaisesti. Toimenpiteiden ilmastokestävyyden arvioinnissa otetaan huomioon:

- A) muuttuvat olosuhteet,
- B) toimenpiteen joustavuus

Arvioinnin tavoitteena on tunnistaa sellaiset toimenpiteet, jotka säilyttävät toimivuutensa mahdollisimman hyvin erilaisissa olosuhteissa. Arvioinnin tuloksena voidaan myös tunnistaa, millaiset sää- ja ilmasto-olot ovat kullekin toimenpiteelle tai toimenpidetyypille ongelmallisia. Ilmastokestävyyden arvioinnissa kannattaa kiinnittää erityistä huomiota merkittävän tulvariskin perusteena olevaan tulvatyyppiin sekä tulvariskien hallinnan tavoitetason mukaiseen tilanteeseen.

Arvioinnissa kannattaa myös ottaa huomioon voiko alueen suurimman tulvariskin aiheuttava tulvatyyppi muuttua ilmastomuutoksen seurauksena (esim. jääpatotulvien väheneminen).

Arvioinnissa voidaan pohtia, onko nykyisessä toimenpidevalikoimassa riittävästi toimenpiteitä vastaamaan ennakoituihin muutoksiin ja mitkä tietyt toimenpidetyypit ovat erityisen ilmastokestäviä. Arvioinnissa kannattaa tarkastella tulvariskiä vähentäviä ja tulvan toistuvuuteen vaikuttavia toimenpiteitä sekä ei-rakenteellisia toimia, maankäyttöä ja taloudellisia ohjauskeinoja. Mahdollisia ilmastomuutoksen tulvariskien hallintaan liittyviä välillisiä vaikutuksia ei tarvitse ottaa huomioon (esimerkiksi ilmaston mahdollisen lämpenemisen vaikutusta viljeltävien kasvilajien muuttumiseen ja sitä kautta tulva-alueen viljelymaiden tulvankestävyyden muuttumiseen). Arvioinnin perusteella tulvaryhmä voi harkita, tulisiko suunnitelmissa esittää esimerkiksi toimenpiteiden kehittämistä ilmastokestävämmiksi, onko tarvetta kehittää kokonaan uusia toimenpiteitä tai lisätä olemassa olevien toimien määrää tehokkuutta ääritilanteisiin sopeutumiseksi. Jos lisätoimia ei vielä nykytilanteessa arvioida tarvittavan, voidaan pohtia koska lisätoimenpiteiden toteuttamisen ajankohta olisi oikea ja tarvitseeko nykyisiä toimenpiteitä ylläpitää tai kehittää sitä ennen. Arvioinnissa apuna voi käyttää excel-työkalua sivulta www.ymparisto.fi/trhs-materiaalit.

A. Muuttuvat olosuhteet

Arvioinnissa on tarkasteltu yksittäisten toimenpiteiden käyttökelpoisuutta muuttuvissa ja äärevissä vesiolosuhteissa. Lähtökohtana eri tilanteiden arvioinnissa on se, miten olosuhteiden vaihtelu vaikuttaa toimenpiteen tehokkuuteen nykytilaan verrattuna. Arvioinnissa on syytä ottaa huomioon toimenpiteen elinkaari. Parhaiten toimenpiteen käyttökelpoisuutta voidaan arvioida, jos arviointi tehdään lyhyelle (2010-39), keskipitkälle (2040-69) ja pitkälle (2070-99) aikavälille.

Arviointiasteikko sopeutuvuuden arvioinnille on 5-portainen ja sama kuin vesienhoidon suunnittelussa. Lähtökohtana oletetaan, että kaikkien toimenpiteiden toimivuus nykytilassa on hyvä. Mikäli jonkin toimenpiteen kohdalla arviota ei voida tehdä, kenttä voidaan jättää tyhjäksi. Sanallisen arvion lisäksi kirjataan perusteluihin, millä tavoin olosuhteiden vaihtelu vaikuttaa toimenpiteen käyttökelpoisuuteen ja tehokkuuteen.

Hyvä	Tarkasteltu tilanne ei vaikuta toimenpiteen tehokkuuteen. Toimenpide on toimiva ja käyttökelpoinen edelleen.
Melko hyvä	Toimenpide on pääasiassa käyttökelpoinen edelleen, vaikka sen toimivuus voi hieman heikentyä.
Kohtalainen	Toimenpide jossain määrin käyttökelpoinen, mutta sen toimivuus ei ole optimaalinen.
Melko huono	Toimenpide ei toimi hyvin, toimivuus vähenee merkittävästi.
Huono	Toimenpide ei ole lainkaan toimiva tarkastellussa tilanteessa.

Toimenpiteen käytettävyyttä arvioidaan neljässä tai viidessä erilaisessa tilanteessa alueesta riippuen.

- **Tulvien suuruus muuttuu**

Katso 1/100a tai tulvariskien hallinnan tavoitetason mukaisen tulvan suuruuden muuttumisen alueellinen arvio (erityisesti taulukko 3, myös kuva 3 tai taulukko 2).

Tulvien suuruus muuttuu eri tavalla eri vesistöissä riippuen sijainnista, vesistön ominaisuuksista ja säännöstelystä. Tulvien suuruuden on arvioitu kasvavat erityisesti suurten vesistöjen keskusjärvissä ja niiden laskujoissa (Saimaa, Päijänne, Kymijoki, Kokemäenjoki) sekä paikoitellen Etelä-Suomen rannikkovesistöissä. Niillä alueilla Etelä- ja Keski-Suomessa, joissa historiassa suurimmat tulvat ovat olleet kevättulvia, tulvien suuruus voi pienetä. Paikallinen arvio vesistöissä tarpeen.

- **Hydrologisen vuodenaikaisrytmin muuttuminen**

Katso valunnan ajoituksen muuttumisen alueellinen arvio (esim. taulukko 1 tai taulukko 2).

Valunnan, virtaamien ja vedenkorkeuksien vuodenaikainen jakauma muuttuu. Talvitulvat yleistyvät ja kasvavat suhteessa nykytilanteeseen talvivalunnan kasvaessa merkittävästi lumen sulamisen ja vesisateiden lisääntymisen vuoksi. Vastaavasti kevättulvat pienenevät etenkin Etelä-Suomessa ja Keski-Suomessa, kun lumipeitettä ei enää kerry entiseen tapaan leutojen talvien aikana. Myös hydytulvariskissä voi tapahtua muutosta nykytilanteeseen.

- **Rankkasateiden ja sadannan kasvu**

Katso alueellinen arvio rankkasateiden ja sadannan kasvusta (esim. taulukko 2 tai liite 4). Sadanta kasvaa ja rankkasateet voimistuvat ja yleistyvät. Rankkasateet voivat lisätä etenkin taajamien hulevesitulvariskiä. Tulvahuippujen ennustettavuus hankaloituu.

- **Meriveden pinnan nousu**

Katso alueellinen arvio merivedenpinnan noususta (taulukko 4).

Tulvariski voi kasvaa merenpinnan pitkäaikaisen nousun ja lyhytaikaisvaihtelun lisääntymisen myötä, etenkin Etelä-Suomessa, jossa maankohoaminen ei kompensoi merenpinnan nousua. Myös merivesitulvien vuodenaikaisrytmi voi muuttua.

- **Lisäksi viidentenä tilanteena voidaan arvioida toimenpiteen toimivuutta alueellisesti relevantissa ääritilanteessa** (esim. Jääpatotulva tai korkea merivesi + vesistötulva -yhteisvaikutus).

Mahdolliset kaavoituspainet ja maankäytön muutoksen pitkäaikaisskenaariot on hyvä ottaa huomioon osana toimenpiteen sopeutuvuutta muuttuviin olosuhteisiin. Alueellisten arvioiden apuna voi käyttää esimerkiksi maakuntakaavoja sekä tulevaisuuden tulvariskiä (Parjanne ym. 2018).

Edellä mainittujen lisäksi voi olla hyödyllistä arvioida toimenpiteen käytettävyyttä pitkällä kuivuusjaksoilla. Alivirtaamat pienenevät ja alivirtaamakaudet kesällä pitenevät etenkin Etelä- ja Keski-Suomessa. Kesän keskivalunta pienenee ja järvien vedenkorkeudet voivat laskea loppukesällä. Kuivimpina kesinä kastelu ja muu vedenhankinta voivat vaikeutua.

Esimerkki: Luonnonmukainen veden pidättäminen valuma-alueella

Tulvien suuruus muuttuu: melko hyvä

Hydrologisen vuodenaikaisrytmin muuttuminen: hyvä

Rankkasateiden ja sadannan kasvu: melko hyvä

Pitkät kuivuusjaksot: hyvä

Perustelu: Toimenpiteen vaikutus veden pidättämisessä vähenee suurissa tulvatilanteissa, toimii hyvin kesä- ja syystulvissa. Tasaa pitkällä aikavälillä kertyvää valuntaa, mutta vaikutus heikkenee rankkasadetilanteissa. Kuivina kausina toimenpidettä ei tarvita veden pidättämisessä.

B. Toimenpiteen joustavuus

Arvioinnissa tarkastellaan toimenpiteen teknistä, taloudellista ja hallinnollista/oikeudellista joustavuutta. Siinä huomioidaan, voidaanko toimenpidettä muokata, esimerkiksi toteuttaa osittain, laajentaa tai supistaa, mikäli sää- tai ilmasto-olot tai maankäytön muutokset niin edellyttävät. Joustavuutta on erityisesti syytä arvioida sellaisten toimenpiteiden osalta, joilla on pitkä elinkaari. Esimerkiksi suurten, pitkäikäisten rakenteiden kuten jätevedenpuhdistamon, tulvapenkereen tai kalatien muokkaaminen jälkeinpäin ei ole kovin helppoa. Sen sijaan esimerkiksi viljelykäytännöt, varautumissuunnitelmat tai viestintä ovat joustavia toimenpiteitä, vaikka ne saattavat olla sidottuja tiettyihin reunaehtoihin, kuten viljelykäytännöt ympäristökorvausjärjestelmään.

Joustavuuden arviointiasteikko on 5-portainen: erittäin joustava/ melko joustava/ ei kovin joustava/ ei lainkaan joustava/ vaikea arvioida. Arvioille kirjataan sanallinen perustelu. Perusteluissa voidaan ottaa kantaa siihen, miten olosuhteiden vaihtelu tulisi huomioida toimenpiteen valinnassa, toteutuksessa tai mitoituksessa tai miten toimenpidettä voisi kehittää joustavamaksi.

Esimerkki: Pelastus- ja evakuointisuunnitelman laatiminen

Arvio: erittäin joustava

Perustelu: Suunnitelmia voidaan päivittää helposti olosuhteiden muuttuessa

Muuttuvien olosuhteiden ja toimenpiteen joustavuuden lisäksi joidenkin toimenpiteiden osalta voidaan ilmastokestävyyttä arvioida myös toimenpiteen vaikutuksia hiilensidontaan tai kasvihuonekaasupäästöihin niitä vähentävästi tai lisäävästi. Yleisesti tulvariskien hallinnan toimenpiteillä on pieni merkitys hiilivarastoon ja sitä määrittävät ennen kaikkea muilla sektoreilla tehtävät toimenpiteet ja päätökset. Jos toimenpiteellä ei ole vaikutusta hillintään tai muutosten suuruusluokka on pieni, ei hillintävaikutuksia tarvitse arvioida. Joillakin toimenpiteillä, esimerkiksi soiden ennallistamisella valunnan tasaamiseksi, voi kuitenkin olla positiivinen vaikutus (vähentävät kasvihuonekaasupäästöjä, vedenpinnan nosto suolle vähentää turpeen hajoamista ja tehostaa hiilensidontaa. Tukee myös vesienhoidon tavoitteita, kun kuormitus vähenee).

Toimenpiteiden ilmastokestävyyskokonaisarvosana arvioidaan muuttuviin olosuhteisiin mukautumisen ja toimenpiteen joustavuuden perusteella sanallisesti. Arviointi tehdään asiantuntijatyönä ELY-keskuksissa ja / tai tulvaryhmässä. Ilmastokestävyyskokonaisarviota käytetään yhtenä tekijänä toimenpiteiden priorisoinnissa (oletus painoarvo 15%, kts. Ohjeistus Toimenpiteiden priorisointi sivulta www.ymparisto.fi/trhs-materiaalit). Kokonaisarvosanat voidaan määritellä esimerkiksi seuraavasti:

- **Erittäin kestävä** (soveltuu hyvin kaikkiin muutoksiin / erittäin joustava)
- **Kestävä** (soveltuu hyvin osaan muutoksista / melko joustava)
- **Melko kestävä** (soveltuu melko hyvin osaan muutoksista / melko joustava)
- **Ei kovin kestävä** (soveltuu melko huonosti joihinkin muutoksiin / ei kovin joustava)
- **Ei kestävä** (soveltuu huonosti joihinkin muutoksiin / ei joustava)

5.2 Vesienhoidon, tulva- ja kuivuusriskien hallinnan yhteensovittaminen

Tulvariskien hallintaa ja vesienhoitoa koskeva lainsäädäntö edellyttää, että tulvariskien hallinnan toimenpiteet on sovittava yhteen vesienhoidon ympäristötavoitteiden kanssa. Tulvariskien hallinnan ja vesienhoidon suunnittelun yhteistyö on paitsi lakisääteistä myös perusteltua prosessien monien yhtäläisyyksien vuoksi. Tulvariskien hallintaa toteutetaan tulvariskilainmukaisesti samalla kuuden vuoden hallintasyklillä kuin vesienhoitoa, ja suunnitelmien kuulemiset toteutetaan samanaikaisesti. Kaikkien vesistö- ja rannikkoalueiden tulvariskit tulee arvioida kuuden vuoden välein osana tulvariskien alustavaa arviointia ja vähintään yhden nimetyn merkittävän tulvariskialueen sisältäville vesistöille ja rannikkoalueille laaditaan tulvariskien hallintasuunnitelmat tavoitteineen ja toimenpiteineen. ELY-keskukset vastaavat ja edistävät tulvariskien hallintaa myös muilla kuin näillä alueilla sekä vastaavat tulvariskien hallinnan yhteensovittamisesta vesienhoitoalueella.

Jatkossa myös kuivuusriskit arvioidaan säännöllisesti osana vesienhoidon ja tulvariskien hallinnan suunnittelujärjestelmiä. Ensimmäinen vesistöaluekohtainen kuivuusriskien hallintasuunnitelmapilotti on tarkoitus laatia meneillään olevan suunnittelukierroksen aikana soveltaen vesienhoidon ja tulvariskien hallinnan kokemuksia.

Vesienhoidon ja tulvariskien hallinnan toimenpiteet tulisi pyrkiä sovittamaan yhteen. Mahdollisuuksien mukaan tulisi suosia win-win-toimenpiteitä, jotka tukevat sekä vesien tilatavoitteiden saavuttamista että tulva- ja kuivuusriskien hallintaa. Niin sanotut no/low-regret – toimenpiteet ovat nykyoloissa kustannustehokkaita, tuottavat hyötyjä monissa erilaisissa tulevaisuuden skenaarioissa ja eivät merkittävästi vaaranna muiden tavoitteiden saavuttamista.

Tulvariskien hallinnan toimenpiteistä suurin osa tukee vesienhoidon tavoitteita. Vesienhoidon hyvän ekologisen tilan tavoitetta voivat tulvariskien hallinnan toimista uhata lähinnä perkaukset, penkereet ja virtaamien ja vedenkorkeuksien säännöstely. Vesienhoidon toimenpiteistä tulvariskejä saattavat lisätä lähinnä vain säännöstelyjen kehittämishankkeet, vedenpinnan nostot ja virtavesien elinympäristökunnostukset. Merkittävien vaikutusten syntyminen edellyttää kuitenkin toimenpiteiden laajamittaista toteuttamista. Huomioitavaa on, että sama toimenpide voi vaikuttaa eri alueilla eri tavoin. Esimerkiksi järven vedenpinnan nosto voi tulvaherkillä alueilla heikentää varautumista poikkeuksellisiin vesioloihin ja ilmastomuutoksen seurauksiin. Toisaalla sama toimenpide voi parantaa varautumista alueilla, joissa veden niukkuus on tai voi jatkossa nousta ongelmaksi. Samoin säännöstelykäytännön kehittämällä voi eri alueilla olla erisuuntaisia vaikutuksia.

Ilmastomuutoksen haitallisia vaikutuksia vähentävät tai kompensoivat vesienhoidon toimenpiteet olisi syytä huomioida toimenpiteiden priorisoinnissa erityisesti sellaisilla vesistöalueilla, joilla on tulvariskialueita.

Vesienhoidon toimenpiteiden arvioinnissa on otettu huomioon kunkin toimenpiteen vaikutus tulva- ja kuivuusriskeihin (Taulukko 5). Tehdyt arviot on esitetty vesienhoidon toimialakohtaisissa oppaissa. Myös tulvariskien hallinnassa kukin toimenpide on luokiteltu vastaavasti sen perusteella, minkälainen vaikutus sillä toteutuessaan olisi vesienhoidon tavoitteiden saavuttamiseen (Taulukko 6). Vesienhoidon kannalta myönteisten (++/+) ja kielteisten (-/--) tulvariskien hallinnan toimenpiteiden osalta arvioidaan myös vaikutuksen laajuutta. Vaikutusalue määritellään vesimuodostumien avulla.

Taulukko 5. Vesienhoidon toimenpiteiden vaikutusten arvioinnin asteikko.

Toimenpiteen vaikutus	VAIKUTUS				
	Erittäin myönteinen	Myönteinen	Neutraali	Haitallinen	Erittäin haitallinen
	+2	+1	0	-1	-2
Tulvariskiiin	Edistää merkittävästi varautumista ja sopeutumista poikkeuksellisiin vesioloihin	Edistää hieman varautumista ja sopeutumista poikkeuksellisiin vesioloihin	Ei vaikutusta varautumiseen ja sopeutumiseen poikkeuksellisten vesiolojensuhteiden	Heikentää hieman varautumista ja sopeutumista poikkeuksellisiin vesioloihin	Heikentää merkittävästi varautumista ja sopeutumista poikkeuksellisiin vesioloihin
Kuivuusriskiiin	Edistää merkittävästi varautumista ja sopeutumista poikkeuksellisiin vesioloihin	Edistää hieman varautumista ja sopeutumista poikkeuksellisiin vesioloihin	Ei vaikutusta varautumiseen ja sopeutumiseen poikkeuksellisten vesiolojen suhteen	Heikentää hieman varautumista ja sopeutumista poikkeuksellisiin vesioloihin	Heikentää merkittävästi varautumista ja sopeutumista poikkeuksellisiin vesioloihin

Tulvariskien hallinnan toimenpiteiden vaikutusten arviointi vesienhoidon tavoitteisiin

Tulvariskien hallinnan toimenpiteiden vaikutuksia vesienhoidon tavoitteisiin suositellaan arvioimaan 5-portaisella asteikolla. Kukin hallintasuunnitelmissa esitettävä toimenpide tulisi luokitella johonkin alla esitetyistä luokista sen perusteella, minkälainen vaikutus sillä toteutuessaan olisi vesienhoidon tavoitteiden saavuttamiseen. Vesienhoidon tavoitteita ovat pinta- ja pohjavesien vähintään hyvä ekologinen tai kemiallinen tila sekä hyvälaatuisten vesien tilan heikkenemisen estäminen. Voimakkaasti muutetuissa vesistöissä tavoitteena on paras saavutettavissa oleva tila. Vesien tilaa ei voida pitää ympäristötavoitteiden vastaisena, jos poikkeuksellinen luonnonolosuhde tai onnettomuus aiheuttaa tilapäisesti vesien tilan huonontumisen tai estää ympäristötavoitteiden saavuttamisen, eikä tavoitteita voida käytettävissä olevilla keinoilla saavuttaa. (Laki vesienhoidon järjestämisestä luku 4, 21 §). Kokonaisvaikutuksessa tulee ottaa huomioon toimenpiteen vaikutus veden laatuun, haitallisiin päästöihin ja hydromorfologiaan.

Taulukko 6. Tulvariskien hallinnan toimenpiteiden vaikutusten arviointi vesienhoidon tavoitteisiin.

Erittäin myönteinen	Myönteinen	Neutraali	Haitallinen	Erittäin haitallinen
++	+	0	-	--
Edistää merkittävästi vesienhoidon tavoitteiden saavuttamista	Edistää hieman vesienhoidon tavoitteiden saavuttamista	Ei vaikutusta vesienhoidon tavoitteiden saavuttamiseen	Heikentää hieman vesienhoidon tavoitteiden saavuttamista	Heikentää merkittävästi vesienhoidon tavoitteiden saavuttamista

Vaikutuksissa tulisi ottaa huomioon lähinnä vain toimenpiteen suorat vaikutukset sekä pitkäaikaiset mahdollisesta tulvasta johtuvat vaikutukset. Välillisiä vaikutuksia ei tulisi arvioida (esimerkiksi kaikkien tulvariskien hallinnan toimenpiteiden tavoitteena on vähentää tulvariskiä, ja tulvariskin vähentyessä myös riski veden laadun heikkenemiselle yleensä pienenee, koska tulvavesi kuljettaa mukanaan normaalia enemmän haitallisia aineita). Tällaiset tulvariskin vähenemisen kautta välillisesti vesimuodostuman heikkenemisriskiä ehkäisevät toimenpiteet katsottaisiin lähtökohtaisesti neutraaleiksi. Jos toimenpide suoraan vähentää haitallisia päästöjä vesistöön (esim. viemärikapasiteetin lisääminen / ylivuotojen estäminen), voi sillä olla positiivinen vaikutus vesienhoidon tavoitteiden saavuttamiseen.

Erittäin haitalliseksi (--) eli merkittävästi vesienhoidon tavoitteiden saavuttamista vaarantavaksi voidaan arvioida tulvariskien hallinnan toimenpide, joka heikentää vesimuodostuman nykytilaa merkittävästi (tilaluokan tai sen osatekijän osalta) tai joka lähes varmasti estäisi vesienhoidon tavoitteiden mukaisen hyvän ekologisen tai kemiallisen tilan saavuttamisen. Samoin jos tulvariskien hallinnan toimenpide yhtenä useista tekijöistä vaikuttaa vesien tilan heikkenemiseen kokonaisuus huomioon ottaen, voidaan toimenpide luokitella vesienhoidon kannalta erittäin haitalliseksi - erityisesti mikäli tila muuttuisi hyvästä heikompaan. Tähän luokkaan voivat kuulua sellaiset toimenpiteet, joiden toteuttaminen edellyttäisi poikkeamista vesienhoidon ympäristötavoitteista¹.

Haitalliseksi (-) luokitellaan toimenpide, joka toteutuessaan voi vaarantaa tavoitteiden saavuttamisen. Toimenpiteellä ei kuitenkaan katsottaisi olevan niin suurta vaikutusta vesimuodostumien tilan muuttumiseen, että se voitaisiin luokitella erittäin haitalliseksi.

Erittäin myönteiseksi (++) eli merkittävästi vesienhoidon tavoitteita edistäväksi luokitellaan toimenpide, joka lähes varmasti edesauttaisi vesimuodostuman tilan paranemista – erityisesti mikäli vesien tila paranisi tyydyttävästä hyväksi. Tällaista toimenpidettä voitaisiin esittää toteuttavaksi myös vesienhoitosuunnitelmissa.

Myönteiseksi (+) luokitellaan toimenpide, joka toteutuessaan voi hieman parantaa vesienhoidon tavoitteiden saavuttamista mutta jonka vaikutus olisi sen verran vähäinen, että toimenpidettä ei esimerkiksi sellaisenaan katsottaisi tarpeelliseksi ehdottaa vesienhoitosuunnitelmissa.

Neutraaleja (0) ovat ne toimenpiteet, jotka eivät vesienhoitovaikutustensa vuoksi tule luokiteltua muihin edellä mainittuihin luokkiin.

Toimenpidepääryhmistä ”tulvariskien vähentäminen”, ”valmiustoimet” ja ”jälkitoimenpiteet” ovat luonteeltaan sellaisia, joihin luokiteltujen toimenpiteiden ei lähtökohtaisesti voida ajatella aiheuttavan haittaa vesienhoidon tavoitteille. Samoin ei-rakenteelliset toimenpiteet ovat vesienhoitovaikutuksiltaan usein neutraaleita tai myönteisiä. Kaikkiin viiteen toimenpidepääryhmään luokitelluilla toimenpiteillä voi olla vesienhoidon tavoitteita edistäviä vaikutuksia. Liitteessä 1 on esimerkkejä siitä, mitkä toimenpiteet voisivat kuulua mihinkin luokkaan. Vaikutus riippuu aina tarkastelualueesta ja sen erityispiirteistä. Arviointi on syytä tehdä aina tapauskohtaisesti.

¹ Vesienhoidon ympäristötavoitteista voidaan vesienhoitolain 23 §:n mukaan poiketa kolmen edellytyksen täytyessä:

- 1) toimenpiteen on oltava yleisen edun kannalta erittäin tärkeä ja edistettävä merkittävästi kestävää kehitystä, ihmisten terveyttä tai turvallisuutta (arviointi esim. tulvariskilain 620/2010 8 §:n vahingollisten seurausten tai MMM:n [merkittävyyden kriteerit](#) –muistion perusteella).
- 2) haittojen ehkäisemiseksi on tullut ryhtyä kaikkiin käytettävissä oleviin toimenpiteisiin.
- 3) tavoiteltaviin hyötyihin ei päästä muilla teknisesti ja taloudellisesti kohtuullisilla ja ympäristön kannalta merkittävästi paremmilla keinoilla kuin vesimuodostuman muuttamisella. Tarkemmin vesienhoidon oppaassa Uusien merkittävien hankkeiden käsittely vesienhoitosuunnitelmissa (saatavilla <https://www.ymparisto.fi/vesienhoito/opas>)

Toimenpiteiden vaikutusalue

Niiden toimenpiteiden osalta, joilla arvioidaan olevan vesienhoidon tavoitteiden kannalta myönteinen (++) / (+) tai haitallinen (--) / (-) vaikutus, olisi arvioitava myös vaikutuksen laajuutta. Neutraaleille toimenpiteille, joita on suurin osa, vaikutusalueen arviointia ei ole tarpeen tehdä. Erityisesti haitallisten vaikutusten laajuus tulisi kuvata hallintasuunnitelmatekstissä (myös tulvatietojärjestelmässä on kenttä tätä varten). Vaikutusalue määritellään vesimuodostumien avulla. Näin saadaan luotua konkreettinen linkki vesienhoidon ja tulvariskien hallinnan suunnittelun välille.

Kullakin myönteisesti tai haitallisesti vesienhoidon tavoitteisiin vaikuttavalla toimenpiteen vaikutukset tulisi kohdistua lähtökohtaisesti toimenpiteen ala- tai yläpuoliseen vesimuodostumaan. Perustelluista syistä vaikutusalueeksi voidaan kuitenkin määritellä useampi vesimuodostuma tai koko alapuolinen vesistöalue. Tarkastelualueiden ja toimenpidetyyppien eroista johtuen yhtenäistä periaatetta vaikutusalueen määrittämiselle ei voida antaa. Lyhytaikaisia vaikutuksia ei kuitenkaan otettaisi huomioon kuin äärimmäisissä tapauksissa (esim. vuosia kestävät rakennusaikaiset vaikutukset). Lisäksi tekstissä olisi hyvä määritellä mihin vaikutus pääasiassa kohdistuu: vedenlaatuun, vesieliöstöön, vesistön hydromorfologiaan, pohjavesiin vai johonkin muuhun.

Vaikutusten kuvaaminen hallintasuunnitelmissa

Tulvariskien hallintasuunnitelmissa esitellään toimenpiteiden vaikutusten arviointitapa ja arvioinnin tulokset. Arviot tulvariskien hallinnan toimenpiteiden vaikutuksista vesienhoitoon tulee saattaa vesienhoidon yhteistyöryhmän nähtäväksi ja kommentoitavaksi. Yhteistyöryhmän kannanotot tulee myös sisällyttää hallintasuunnitelmaan. Tulvariskien hallintasuunnitelmissa pyritään kuvaamaan tarkemmin toimenpiteet, jotka voivat toteutuessaan vaarantaa vesienhoidon tavoitteet. Lisäksi toimenpidekohtaiset tarkastelut pyritään konkretisoimaan yhteensovittamisen osalta ottaen huomioon toimenpiteen elinkaari ja sen aikainen kehitys sekä vesienhoidon ekologisen tilan lisäksi myös kemiallinen tila. Yhteistyötä voidaan lisätä myös kutsumalla vesienhoidon asiantuntija tulvaryhmään pysyväksi asiantuntijaksi.

Tulvariskien hallinnan toimenpiteet voivat vaikuttaa vesienhoidon tavoitteisiin ja niiden saavuttamiseen. Jos vesistön tai vesimuodostuman hydrologista kiertoa tai rakenteellisia ominaisuuksia, kuten pohjan rakennetta ja laatua, syvyyttä ja leveyttä tai rantavyöhykkeen laatua, on muutettu merkittävästi, se on voitu vesienhoidossa nimetä keinotekoiseksi tai voimakkaasti muutetuksi. Koska tulvariskien hallintatoimenpiteet voivat lisätä vesimuodostumien muuttuneisuutta, otetaan tulvariskien hallinnan suunnittelussa erityisesti huomioon sellaiset vesimuodostumat, joiden hydromorfologisia ominaispiirteitä on muutettu, mutta joita ei ole vielä nimetty voimakkaasti muutetuiksi. Tällaiset toimenpiteet voidaan luokitella haitallisiksi tai erityisen haitallisiksi vesienhoidon suunnittelun asiantuntijoiden kanssa keskustelemisen jälkeen.

Vesienhoidossa erityisalueiksi nimetyt Natura-alueet on pyritty ottamaan hallintasuunnitelmissa huomioon, vaikka yleissuunnitelmatasoissa hallintasuunnitelmassa esitettyjen toimenpiteiden yhteys Natura-alueen suojeluarvoihin kohdistuviin vaikutuksiin ei ole selvä ja suora. Natura-arviointi tehdään tarvittaessa myöhemmin suunnitelmassa ehdotettujen toimenpiteiden edetessä.

Ensimmäisen tulvariskien hallintasuunnitelmakauden toimenpiteistä (yhteensä 410) 73 arvioitiin olevan vesienhoidon tavoitteita tukevia. Näihin kuuluvat mm. maankäytön suunnitteluun, valuma-alueen vedenpidätyskyvyn lisäämiseen sekä viemärilaitosten ja -verkostojen kehittämiseen liittyviä toimenpiteitä. Toimenpiteistä 24 arvioitiin vesienhoidon tavoitteiden suhteen negatiivisiksi. Näitä

ovat muun muassa perkaus- ja ruoppaushankkeet sekä tekoaltaiden ja tulvauomien rakentaminen. Neutraalien toimenpiteiden suuren määrän voidaan tulkita kuvastavan tulvariskilainsäädännön mukaisten ei-rakenteellisten ja vesienhoidon tavoitteita tukevien toimenpiteiden suosimista.

Tulvariskien hallinnan ensimmäiselle kaudelle kehitettiin monitavoitearviointiin perustuvaa kattavaa ja järjestelmällistä tapaa arvioida toimenpiteitä. Siinä tarkasteltiin muun muassa vaikutuksia vesien tilaan (Rytönen & Marttunen, 2013). Tulvariskien hallinnan toimenpiteiden priorisointia on edelleen kehitetty. Priorisoinnissa tarkastellaan toimenpiteellä saavutettavien tulvasuojeluhyötyjen ohella muun muassa mahdollisuutta muihin kuin rakenteellisiin toimenpiteisiin, yhteensopivuuteen vesienhoidon tavoitteiden kanssa sekä muihin luonto- ja sosiaalisiin vaikutuksiin (Taulukko 7, Parjanne, 2019).

Taulukko 7. Tulvariskien hallinnan toimenpiteiden priorisoinnissa huomioitavat tekijät (Parjanne, 2019)

Kriteeri (ja mahdollinen tietolähde)	Suosittelu painoarvo	Kuvaus
Tulvahaittojen väheneminen (Monitavoitearviointi)	40 %	Kuvastaa toimenpiteen toteuttamisen tarpeellisuutta tulvariskien hallinnan tavoitteiden kannalta. Mitä tehokkaammin toimenpide vähentää tulvariskiä, sitä korkeampi pistearvo.
Toteutettavuus ja aikataulu (Monitavoitearviointi)	15 %	Toteutettavuus ja aikataulu kuvastavat toimenpiteen toteuttamisen aikataulua ja mahdollisuuksia: onko toimenpide toteutettavissa kokonaan tällä suunnittelukierroksella. Esimerkiksi teknisesti, oikeudellisesti ja taloudellisesti helposti toteutettavan ja yleisesti hyväksyttävän toimenpiteen pistearvo on korkeampi. Samoin, toimenpide jonka lykkääminen voi aiheuttaa suurempia vahinkoja tai kustannuksia.
Joustavuus (Toimenpiteiden sopeutuvuustarkastelut (ClimVeturi))	15 %	Joustavuus kuvastaa toimenpiteen mukautumiskykyä tuleviin muutoksiin ja niihin liittyviin epävarmuuksiin sekä erilaisiin tulvatilanteisiin. Mitä joustavampi toimenpide on ilmastoon ja muiden olosuhteiden muuttuessa, sitä korkeampi pistearvo.
Muut vaikutukset (Monitavoitearviointi)	15 %	Muut hyödyt kuvastavat toimenpiteestä saatavia muita kuin tulvariskien hallinnan hyötyjä, esimerkiksi vesienhoidon tai ilmastomuutokseen hillinnän hyötyjä sekä hyötyjä luonnolle, taloudelle ja alueen asukkaille. Korkea pistearvo ilmaisee, että toimenpide tuottaa merkittäviä muita hyötyjä.
Kustannukset (Kustannushyötytarkastelu)	15 %	Kustannukset kuvaavat toimenpiteen hyödyn ja toteutumismahdollisuuksien lisäksi sen suuruusluokkaa. Mitä pienemmät kustannukset, sen suurempi pistearvo.

Suunnitelmien yhteensovittamista voidaan kehittää myös vahvistamalla yhteistä tietoperustaa, esimerkiksi hyödyntämällä tehokkaammin olemassa olevaa tietoa ja luomalla yhteyksiä tietojärjestelmien välille. Tulvatietojärjestelmässä on esimerkiksi jokaisen toimenpiteen osalta yksilöity vesimuodostumat, joiden tilaan valituilla toimenpiteillä voi olla myönteistä tai kielteistä vaikutusta. Lisäksi tulvakartoituksen yhteydessä on kartoitettu ympäristöriskikohteita, jotka voivat tulvan aikana aiheuttaa pistemäistä kuormitusta.

Vaikuta vesiin -karttapalveluun (<http://paikkatieto.ymparisto.fi/vaikutavesiin>) on koottu monenlaista tietoa pinta- ja pohjavesien tilasta sekä niihin vaikuttavista toiminnoista. Vesienhoidon paikkatietoaineistoja on saatavilla myös avoin tieto -palvelusta (<https://www.syke.fi/avointieto>), ks. tarkemmat kuvaukset metatietopalvelusta.

5.3 Ilmastomuutokseen sopeutuminen

Ilmastomuutokseen sopeutumisella tarkoitetaan toiminnan sopeuttamista jo havaittuihin ja ennakoituihin muutoksiin. Ilmastomuutoksen suorat ja paikoin myös välilliset vaikutukset lisääntyvät jatkossa ja sopeutumista tarvitaan kaikilla sektoreilla. Vesivarojen hoidossa ja käytössä tarvitaan **kokonaisvaltaista, valuma-alueen laajuista, sektorirajat ylittävää suunnittelua ja ohjauskeinoja tukemaan muutoksiin sopeutumista**. Sopeutumiseen kytkeytyy myös ilmastomuutoksen hillintä, sillä hillintätoimet voivat vaikuttaa ilmastomuutoksen vaikutuksiin ja sopeutumistarpeisiin.

Toimenpiteiden suunnittelussa olisi syytä ottaa huomioon ilmastomuutoksen tarkasteluun soveltuva pidempi aikaskaala. Myös vesienhoidossa käytetään vesienhoitolain ulottuvuutta (2027 asti) pidempää aikajännettä. Ilmastoskenaarioissa aikajänteenä käytetään tyypillisesti 30 vuoden jaksoja, esim. 2011...2040, 2041...2070 ja 2071...2100. Kun toimenpiteen suunnittelussa otetaan huomioon muunneltavuus ja joustavuus, tulee huomioiduksi myös ilmastomallien epävarmuudet.

Tulvariskien hallinnassa tulisi sopeutua muuttuviin tulvien suuruuksiin. Jos tulvien ennakkoidaan ilmastomuutoksen myötä kasvavan (esimerkiksi suurten vesistöjen keskusjärvissä ja niiden laskujoissa), tulisi ennakoitu kasvu huomioida uusia suunnitelmia tehtäessä, esimerkiksi kaavoituksessa ja vesirakenteita tehtäessä. Sen sijaan pieneneviä tulvia ei voi vielä ottaa suunnittelun lähtökohdaksi, vaikka tulvat monissa osissa Suomea pienenevätkin useimmilla ilmastoskenaarioilla lumen määrän ja kevättulvien pienetessä. Tämä johtuu ilmastomuutokseen liittyvistä epävarmuuksista ja ilmastomuutoksen hitaasta ja mahdollisesti epälineaarisesta etenemisestä. **Suunnittelun pohjana pitäisi siis käyttää vähintään nykytilanteen perusteella arvioidun suuruisia tulvia.**

Säännöstelyjen kehittäminen on eräs vesienhoidon suunnittelun toimenpide sekä keskeisin tulvariskien hallinnan toimenpide Suomessa. Säännöstelyjen kehittämistarpeen arvioinnissa on sovitettava yhteen sekä vesienhoidon suunnittelun että tulvariskien hallinnan tavoitteet. WaterAdapt-hankkeen loppuraportin (Veijalainen ym. 2012) taulukossa 17 on esitetty säännöstelyn sopeutumistoimenpiteitä, joilla ilmastomuutoksen kielteisiä vaikutuksia vedenkorkeuksiin ja virtaamiin voitaisiin lieventää tarkastelluissa järvissä, joille tämän on arvioitu olevan tarpeellista.

Säännöstelylupien muuttamistarpeesta ilmastomuutokseen sopeutumiseksi tehtiin selvitys vuonna 2015 (Dubrovin, 2015). Vuosina 2015–2019 lukuisia säännöstelylupia on muutettu tai ollaan muuttamassa nykyisiin ja tuleviin sää- ja ilmasto-oloihin paremmin sopeutuvaksi. Lupien muuttamisen lisäksi säännöstelykäytäntöjä on sopeutettu tarpeen mukaan nykyisten lupien puitteissa ja lisäksi poikkeamislupia on ollut käytössä.

Luvussa 4 esitetyille kuivuuden vaikutuksille herkille alueille voidaan kohdentaa vettä säästäviä ja kuivuuden vaikutuksia lieventäviä toimenpiteitä (Ahopelto ym. 2019). Tulosten perusteella ehdotetaan, että tarkempia analyysejä sekä tarvittaessa **kuivuudenhallintasuunnitelmia** tehtäisiin kuivuudelle herkimmillä alueilla. Kuivuudenhallintasuunnitelmat pitävät sisällään mm. indikaattoreita kuivuuden vakavuuden määrittämiseksi, toimenpiteitä vaikutusten pienentämiseksi sekä toimijat ja vastuut. Kuivuuteen varautumista pyritään parantamaan ja kuivuudenhallintasuunnitelmia pilotoidaan LOSSI (Lounais-Suomi sopeutuu muuttuvassa ilmastossa voimistuvaan kuivuuteen) -hankkeessa.

Pellon vesitalouden hallinta on tärkeässä asemassa sopeutumisessa. Toimiva vesitalous parantaa ravinteiden käytön tehokkuutta ja auttaa sopeutumaan sään ääri-ilmiöihin kuten syksyn ja talven lisääntyviin sateisiin sekä kesän kuivuuteen (ProAgria Keskusten liitto 2019, Mattila 2014).

Jatkossa tulisi tarkemmin selvittää, missä määrin maatalousuomien hydromorfologisia oloja monipuolistamalla, esimerkiksi kaksitasouomilla, voidaan saavuttaa monihyötyjä muuttuvassa ilmastossa. Näillä menetelmillä pyritään varmistamaan peltojen kuivatustilan säilyminen hyvänä pitkällä aikavälillä, pidättämään peltokuormitusta tulvatasanteille sekä turvaamaan luonnon monimuotoisuutta maatalousvesistöissä. Peltojen vesitalouden hallinnan parantamiseksi tulisi lisäksi kehittää ohjauskeinoja muun muassa sujuvoittamaan ojitusyhteisöjen toimintaa, tukemaan tulvatasanteellisten kaksitasouomien käyttöä mm. selkeyttämällä tulvatasanteen hyväksymistä osaksi suojakaistaa, sekä tukemaan vaihtoehtoisia käyttömahdollisuuksia tulvaherkille peltolohkoille. SYKEN johdolla valmistellaan vuoden 2020 aikana monitieteistä tutkimushanketta liittyen kestäväan maatalouden vesienhallintaan. (Västilä 2020)

Vihreä infrastruktuuria, erityisesti luonnollisia vedenpidätystoimia ja maaperän sulkemista vähentäviä toimenpiteitä pidetään keskeisinä ratkaisuinä tulvien ja kuivuuden aiheuttamien haittojen vähentämiseksi. Esimerkiksi kosteikot voivat kuivina kesinä varastoida peltojen kuivatusvesiä, joita voidaan käyttää peltojen kasteluun. Kosteikot myös tasaavat huippuvirtaamia ja siten ehkäisevät alapuolisten alueiden tulvimista. Samalla ne ylläpitävät luonnon monimuotoisuutta. (Euroopan komissio 2012). Euroopan komission alaisessa hankkeessa (Natural Water Retention Measures, NWRM, 2013–2014) (<http://nwrn.eu/>) on kerätty tietoa ja laadittu ohjeita luonnonmukaisista vedenpidätystoimenpiteistä.

Metsien ja soiden merkitys valunnan säätelyssä ja tulvien hallinnassa korostuu entisestään tulevaisuudessa. Veden pinnan säätely etenkin ojitetuissa suomensissa, esimerkiksi välttämällä kunnostusojituksia ja kasvattamalla metsää jatkuvapeitteisenä, on keskeinen toimenpide myös kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisessä (Luonnonvarakeskus 2020). Jatkossa tulisi vielä tarkemmin arvioida toimenpiteiden vaikutusta tulvien ohella kesän alimpiin vedenkorkeuksiin. Tähänastisten tutkimusten perusteella (mm. Hjerpe ym. 2014; Oittinen, 2007) valuma-alue-toimenpiteillä ei voida merkittävästi vaikuttaa poikkeuksellisiin tulviin.

Ennusteiden mukainen valunnan äärevöityminen korostaa tarvetta huomioida pintavesien virtausreitit ja vesimäärät myös **metsätaloustoimenpiteiden suunnittelussa**. Esimerkiksi putkipatojen käyttö vesiensuojelumenetelmänä linkittää vesienhoidon tavoitteet ja vesien pidättämisen eli tulvariskien hallinnan. Paikkatietomenetelmillä voidaan kustannustehokkaasti kartoittaa vedenpidätykseen soveltuvia maastonkohteita karkealla tasolla. Edelleen tulisi kehittää toimintamallia ja työkaluja, jossa metsätalosaluuden kunnostusojitusten suunnittelussa huomioidaan samalla tulvasuojelu ja soiden ennallistamisen mahdollisuudet esimerkiksi niin, että kunnostusojitusalueiden vesiä johdetaan luonnontilaisille aapasuoalueille alapuolisen vesistön sijaan. (Joensuu ym. 2015). Myös **ennallistamisen ja luonnonhoidon menetelmiä** tulisi kehittää ja sopeuttaa siten, että niissä huomioidaan mahdollisuudet ilmastomuutoksen hillintään ja sopeutumiseen. Ennallistamistoimissa tulisi ottaa huomioon nykyistä laajemmat kokonaisuudet, kuten valuma-alueet, ja pyrkiä kohdentamaan toimenpiteitä myös ilmastomuutoksen aiheuttamien uhkien kannalta. (Aapala ym. 2018).

Yhdyskuntien osalta keskeisiä sopeutumistoimia ovat erityis- ja häiriötilanteisiin varautuminen, viemäreiden vuotovesien vähentäminen ja sekaviemäröinnistä luopuminen. **Vesihuollon** varautumista rankkasateisiin ja myrskyihin voidaan parantaa, mm. vedenottoaivojen oikeanlainen sijoittamisella ja rakentamisella (Vienonen ym. 2012; Meriläinen ym. 2019) sekä jätevesipumppaamoiden sijoittamisella nykyisten ja tulevaisuuden tulvakorkeuksien yläpuolelle. Kuivuusriskejä yhdyskuntien vesihuollossa voidaan pienentää parantamalla varautumista muun muassa kartoittamalla muodostumien antoisuuksia ja varavesilähteitä ja rakentamalla siirtolinjoja sekä laatimalla varautumissuunnitelmia kuivuuden varalle (Vienonen ym. 2012; Tuomenvirta ym.

2018). **Teollisuudessa** esimerkiksi kaivostoiminnan sopeutumistoimissa korostuvat onnettomuus- ja häiriötilanteiden varalle laaditut riskienhallintasuunnitelmat. (YM 2016; Vesienhoidon suunnitteluopas 2019).

6 Lähteet

- Aapala, K., Alanen, A., Eisto, K., Kuusela, S. & Siikamäki, P. (toim.) 2018. Ennallistaminen ja luonnonhoito muuttuvassa ilmastossa – työpajamuistio.16
www.syke.fi/download/noname/%7B7CA85BE4-15B0-4042-AC89-D8E3AF20704B%7D/143428
- Ahopelto, L., Veijalainen, N., Guillaume, J., Keskinen, M., Marttunen, M. & Varis, O. 2019. Can there be water scarcity with abundance of water? Analysing water stress during a severe drought in Finland. Sustainability 11(6), 1548. <https://doi.org/10.3390/su11061548>
- Carter, T.R. (toim.). 2007. Suomen kyky sopeutua ilmastomuutokseen: FINADAPT. Suomen ympäristö I/2007. Suomen ympäristökeskus, Helsinki.
- Dubrovin, T. 2015. Sopeutumistarve ilmastomuutokseen vesistöjen säännöstelyssä. Suomen ympäristökeskus. 14s. <https://www.ymparisto.fi/download/noname/%7BD069AB8D-25C0-4E2B-B5E2-E527402B22B1%7D/110341>
- EEA. Euroopan ympäristövirasto. 2017. EEA report no 15/2017. Climate change adaptation and disaster risk reduction in Europe. ISBN: 978-92-9213-893-6'.
<https://www.eea.europa.eu/publications/climate-change-adaptation-and-disaster>
- Euroopan komissio, 2012. Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle. Suunnitelma Euroopan vesivarojen turvaamiseksi. COM(2012) 673 final.
- Euroopan komissio. 2013. EU:n ilmastomuutoksen sopeutumisstrategia. Saatavissa https://ec.europa.eu/clima/policies/adaptation_en (viitattu 28.2.2020).
- Euroopan komissio 2019. Komission kertomus Euroopan parlamentille ja neuvostolle vesipolitiikan puitedirektiivin (2000/60/EY) ja tulvadirektiivin (2007/60/EY) täytäntöönpanosta. COM(2019) 95 final. Bryssel 26.2.2019.
- Hjerpe, T., Väisänen S. & Sammalkorpi I. 2014. Vesienhoito Kauvatsan reitillä – nykytila ja toimenpidesuosituks. 50 s. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 19/2014.
- Huttunen, I., Lehtonen, H., Huttunen, M., Piirainen, V., Korppoo, M., Veijalainen, N., Viitasalo, M. & Vehviläinen, B. 2015. Effect of climate change and agricultural adaptation on the nutrient loading from Finnish watersheds to the Baltic Sea. Science of the Total Environment 529: 168-181.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.05.055>
- IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- Joensuu, S., Tenhola, T. & Hyvärinen, A. 2015. Paikkatiedon hyödyntäminen metsätalouden vesiensuojelussa ja tulvasuojelussa. Tapio. 76 s. https://tapio.fi/kauppa/wp-content/uploads/2016/01/Paikkatiedon-hyodyntaminen-metsataloudessa-ja-tulvariskeissa_17.11.pdf
- Johansson, M., Boman, H., Kahma, K. K. & Launiainen, J. 2001. Trends in sea level variability in the Baltic Sea. Boreal Environment Research, Volume 6, Number 3: 159-179.
<http://www.borenv.net/BER/pdfs/ber6/ber6-159s.pdf>

Jylhä, K., Ruosteenoja, K., Venäläinen, A., Tuomenvirta, H., Ruokolainen, L., Saku, S. & Seitola, T. 2009. Arvioita Suomen muuttuvasta ilmastosta sopeutumistutkimuksia varten. ACCLIM-hankkeen raportti 2009. Ilmatieteen laitos, Helsinki. Raportti 2009:4.

Kahma, K., Pellikka, H., Leinonen, K., Leijala, U. & Johansson, M. 2014. Pitkän aikavälin tulvariskit ja alimmat suositeltavat rakentamiskorkeudet Suomen rannikolla. Ilmatieteen laitos, Raportteja 2014:6. Helsinki p. 48. ISBN 978-951-697-834-8 (pdf)

Korhonen 2019. Long-term changes and variability of the winter and spring season hydrological regime in Finland. Doctoral thesis. University of Helsinki.
<https://helda.helsinki.fi/handle/10138/298308>

Lehtonen, I. 2011. Äärisademäärien muutokset Euroopassa maailmanlaajuisten ilmastomallien perusteella. Pro gradu -tutkielma. Helsingin yliopisto, fysiikan laitos. 86 s.
<http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe201109052340>

Maa- ja metsätalousministeriö (MMM) 2005. Ilmastomuutoksen kansallinen sopeutumisstrategia. *mmm.fi › MMMjulkaisu2005_1.pdf › MMMjulkaisu2005_1* Viitattu 4.12.2019

Maa- ja metsätalousministeriö (MMM) 2011, päivitetty 2018. Maa- ja metsätalousministeriön ilmastomuutokseen sopeutumisen toimintaohjelma – Huoltovarmuutta, kestävää kilpailukykyä ja riskinhallintaa.

Maa- ja metsätalousministeriö (MMM) 2012. Miten väistämättömään ilmastomuutokseen voidaan varautua? – yhteenveto suomalaisesta sopeutumistutkimuksesta eri toimialoilla. Ilmastomuutoksen sopeutumistutkimusohjelman ISTO, 2006–2010.
www.mmm.fi/attachments/mmm/julkaisut/julkaisusarja/2012/67Wke725j/MMM_julkaisu_2012_6.pdf

Maa- ja metsätalousministeriö (MMM) 2014. Kansallinen ilmastomuutokseen sopeutumis suunnitelma 2022. Valtioneuvoston periaatepäätös 20.11.2014. 41 s. [https://mmm.fi › documents › 2014_5_ilmastomuutos.pdf.pdf](https://mmm.fi/documents › 2014_5_ilmastomuutos.pdf.pdf)

Mattila, T. 2014. Veden pidättäminen peltoon. Ravinnehuuhtoutumien hallinta (RaHa)-hanke.
https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/103473/RaHa_vedenvarastointi%20peltoon%20nettiin%204s.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Meier, H. E. M, Broman, B. & Kjellström, E. 2004. Simulated sea level in past and future climates of the Baltic Sea. Climate Research, Volume 27, Number 1: 59-75. <http://dx.doi.org/10.3354/cr027059>

Meriläinen, P., Lanki, T., Miettinen, I., Hokajärvi, A-M., Simola, A., Tiittanen, P. & Yli-Tuomi, T. 2019. Ilmastomuutos ja Vesihuolto- varautuminen ja terveysvaikutukset. Suomen Ilmastopaneeli, raportti 10/2019.

Mäkinen, K., Sorvali, J., Lipsanen, A. & Hilden, M. 2019. Kansallisen ilmastomuutokseen sopeutumis suunnitelman 2022 toimeenpanon väliarviointi. Maa- ja metsätalousministeriön julkaisuja 2019:11.

Oittinen, T. 2007. Valuma-alueella tehtyjen vesistötoimenpiteiden vaikutus yli- ja ali-virtaamiin. Opinnäytetyö. Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu.

- Parjanne, A., Silander, J., Tiitu, M. & Viinikka, A. 2018. Suomen tulvariskit nyt ja tulevaisuudessa – Varautuminen maankäytön, talouden ja ilmaston muutokseen. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 30/2018. <http://hdl.handle.net/10138/278893>
- Parjanne, A. 2019. Tulvariskien hallintatoimenpiteiden priorisointi. 7 s. Saatavana: www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Tulviin_varautuminen/Tulvariskien_hallinta/Tulvariskien_hallinnan_suunnittelu/Tulvariskien_hallinnan_suunnittelun_materiaalia.
- Pellikka, H., Leijala, U., Johansson, M. M., Leinonen, K., & Kahma, K. K. (2018). Future probabilities of coastal floods in Finland. *Continental Shelf Research*, 157, 32-42.
- ProAgria Keskusten liitto. 2019. Ilmastoviisas maatilayritys. Tietoa tuottamaan 145.
- Ruosteenoja, K., Jylhä, K. & Kämäräinen, M. 2016. Climate projections for Finland under the RCP forcing scenarios. *Geophysica*, Volume 51, Issue 1: 17–50. www.geophysica.fi/pdf/geophysica_2016_51_1-2_017_ruosteenoja.pdf
- Rytönen, A-M. & Marttunen, M. 2013. Monitavoitearviointiopas tulvaryhmille. 43 s. Saatavana: www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Tulviin_varautuminen/Tulvariskien_hallinta/Tulvariskien_hallinnan_suunnittelu/Tulvariskien_hallinnan_suunnittelun_materiaalia
- Suomen kuntaliitto. 2012. Hulevesiopas. 297 s. http://shop.kunnat.net/product_details.php?p=2714
- Suomen ympäristökeskus. 2019. Kuvaus tulvariskien alustavasta arvioinnista Suomessa vuonna 2018. Muisto 22.3.2019. 16 s. Saatavissa: www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Tulviin_varautuminen/Tulvariskien_hallinta/Tulvariskien_hallinnan_suunnittelu/Tulvariskien_hallinnan_suunnittelun_materiaalia#
- Tammelin, B., Forsius, J., Jylhä, K., Järvinen, P., Koskela K., Turunen, M.A, Vehviläinen, B. & Venäläinen, A. 2002. Ilmastomuutoksen vaikutus energiantuotantoon ja lämmitysenergian tarpeeseen. Ilmatieteen laitos Raportteja 2002:2.
- Tuomenvirta, H., Haavisto, R., Hildén, M., Lanki, T., Luhtala, S., Meriläinen, P., Mäkinen, K., Parjanne, A., Peltonen-Sainio, P., Pilli-Sihvola, K., Pöyry, J., Sorvali, J. & Veijalainen, N. 2018. Sää- ja ilmastoriskit Suomessa - Kansallinen arvio. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja. Valtioneuvoston kanslia. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-287-601-0>
- Ympäristöministeriö (YM) 2015. Ilmastolainsäädäntö. www.ym.fi/fi-fi/ymparisto/lainsaadanto_ja_ohjeet/Ilmastolainsaadanto
- Ympäristöministeriö (YM) 2016. Ympäristöhallinnon ilmastomuutokseen sopeutumisen toimintaohjelma 2022. Ympäristöministeriön raportteja 25/2016. 40 s.
- Veijalainen, N, Jakkila, J., Nurmi, T., Vehviläinen, B., Marttunen, M., Aaltonen, J. 2012. Suomen vesivarat ja ilmastomuutos-vaikutukset ja sopeutuminen, WaterAdapt-projektin loppuraportti. Suomen ympäristö 16/2012. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=413480&lan=fi>
- Veijalainen, N., Ahopelto, L., Marttunen, M., Jääskeläinen, J., Britschgi, R., Orvomaa, M., Belinskij, A. & Keskinen, M. 2019. Severe Drought in Finland: Modeling Effects on Water

Resources and Assessing Climate Change Impacts. Sustainability, 11, 2450.
<https://doi.org/10.3390/su11082450>

Vesienhoidon suunnitteluopas. 2019. Opasmateriaali ja taustadokumentit vesienhoidon suunnitteluun vuosille 2016 – 2021. [www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesiensuojelu/Vesienhoidon suunnittelu ja yhteisty/Suunnitteluopas](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesiensuojelu/Vesienhoidon_suunnittelu_ja_yhteisty/Suunnitteluopas)

Vienonen, S., Rintala, J., Orvomaa, M., Santala, E. & Maunula, M. 2012. Ilmastomuutoksen vaikutukset ja sopeutumistarpeet vesihuollossa. Suomen ympäristö 24/2012. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=417074&lan=fi

Wilby, R.L & Dessai, S. (2010) Robust adaptation to climate change (2010) (Weather 65:7: 180-185)

7 Liitteet

Liite 1. Tulvariskien hallinnan toimenpiteiden mahdollisia vaikutuksia vesienhoidon tavoitteisiin

Tulvariskien hallinnan toimenpide-ehdotusten arvioituja vaikutuksia vesienhoidon tavoitteisiin (VEHOTULVA-projektin sekä hallintasuunnitelmien 2016-2021 pohjalta).

Toimenpide	++	+	0	-	--	Kuvaus vaikutuksesta ekologiseen tilaan tai laatuun
Tulvariskien vähentäminen						
Maankäytön suunnittelu (uudet kaavoitukset)						riskitekijät vähenevät, yleensä +
Alimmat rakentamiskorkeudet						riskitekijät vähenevät.
Rakentamismääräykset						riskitekijät vähenevät
Rakennusjärjestys						riskitekijät vähenevät
Silta- ja rumpulausunnot						toteutettuna silta tai rumpu voi lisätä uomaeroosiota ja vaikuttaa kalastoon
Kohteiden tai toimintojen uudelleensijoittelu						riskitekijät vähenevät (voi kuitenkin aiheuttaa tilapäistä haittaa)
Kohteiden poistaminen tai toimintojen lopettaminen						riskitekijät vähenevät. Positiivinen erityisesti, jos kyseessä ympäristöä pilaavat kohteet
Rakennusten korottaminen						ekol.tila säilyy nykyisellään. Vähentää veden pidättämisen ja tulvasuojelutoimenpiteiden tarvetta alueella. Toimenpiteestä korkeintaan tilapäistä haittaa
Teiden korottaminen, liikennöitävyyden säilyminen (myös rumpujen putkitus tai tien muovitus)						ekol.tila säilyy nykyisellään. Vähentää veden pidättämisen ja tulvasuojelutoimenpiteiden tarvetta alueella. Toimenpiteestä korkeintaan tilapäistä haittaa
tierumpujen muuttaminen putkisilloiksi						
Kohteiden tulvansietokyvyn parantaminen						ekol.tila säilyy nykyisellään. Vähentää veden pidättämisen ja tulvasuojelutoimenpiteiden tarvetta alueella
haavoittuvan irtaimiston siirtäminen ylempiin kerroksiin						ei vaikutusta
kastumisen kestävien materiaalien ja rakenteiden käyttö						ekol.tila säilyy nykyisellään. Vähentää veden pidättämisen ja tulvasuojelutoimenpiteiden tarvetta alueella
Tulvaovet ja -ikkunat (vesitiiviit)						ekol.tila säilyy nykyisellään. Vähentää veden pidättämisen ja tulvasuojelutoimenpiteiden tarvetta alueella
maatalouden päästöjen rajoittaminen						ehkäisee ravinteiden pääsemistä vesistöön
Viemäreiden takaiskuventtiilit						ehkäisee ekologisen tilan heikkenemistä ja likaveden pääsyä vesistöön
Viemärintikapasiteetin lisäys tai verkoston kehittäminen tulvan kestäväksi						ehkäisee ekologisen tilan heikkenemistä ja likaveden pääsyä vesistöön
jätevedenpuhdistamon saneeraus						
Tulvamallinnus tai sen kehittäminen						ei vaikutusta
Tulvavaarakartoitus						ei vaikutusta
Tulvariskikartoitus						ei vaikutusta
Mahdollisten tulvavahinkojen arviointi						ei vaikutusta
Valmiustoimet						
tulvaennusteiden kehittäminen						ei vaikutusta.
varoitussuunnitelman kehittäminen						ei vaikutusta. Saattaa kuitenkin auttaa ehkäisemään haitallisten aineiden pääsyä vesistöön.
pelastussuunnitelma						ei vaikutusta
pelastustoimen suunnitelmat						ei vaikutusta
tulvantorjuntasuunnitelmat						ei vaikutusta

evakuointisuunnitelmat					ei vaikutusta
kuntien valmiussuunnitelmat					ei vaikutusta
teollisuuslaitosten turvallisuussuunnitelmat ja yritysten valmiussuunnitelmat					
viranomaisten tulvantorjuntaharjoitukset					ei vaikutusta
Tulvatilanteen dokumentointi					ei vaikutusta
tiedotuksen kehittäminen					ei vaikutusta
VAPEPA-toiminnan integroiminen viranomaistoiminnan tueksi (mm. SPR)					ei vaikutusta
Tulvasuojelu					
veden tilapäinen varastointi (tulvan pidätysaltaat eli ns. kuivat tekoaltaat) sekä veden johtaminen pengerrysalueille					Tulvatilanteessa viljelyalueista voi päästä ravinteita vesistöön suuriakin määriä.
veden tilapäinen varastointi (tilapäinen säännöstely)					
imeytymisen parantaminen (esim. imeytyskentät)					
avo-uomat (hulevedet)					
tulvatasanteet					
Ojitettujen soiden ennallistaminen tai ennallistumaan jättäminen					Vähentää alueen kiintoaine- ja ravinnepestöjä alapuolisiin vesistöihin.
Kosteikot					Tulva-alueiden tai tulvaherkkien alueiden muuttaminen kosteikoiksi osaltaan pienentää kiintoainetta ja ravinteiden kulkeutumista ja parantaa alueen ekologista tilaa ja vesien suojelua.
Veden pidätyskyvyn parantaminen metsäalueilla (putkipadot, silta- ja rumpaukut)					Pidättää kiintoainetta ja ravinteita. Parantaa alueen ekologista tilaa sekä tukee vesien suojelua.
Vesistökunnostushankkeissa pyritään säilyttämään varastotilavuus tulvien varalta					
Tekojärven rakentaminen					Rakentaminen muuttaa vesistön ekologista tilaa
vettä pidättävän rakenteen rakentaminen					Säännöstelyn lisääminen muuttaa vesistön ekologista tilaa
säännöstelyrakenteen muokkaaminen					Säännöstelyn lisääminen muuttaa vesistön ekologista tilaa
säännöstelyrakenteen poistaminen					
Säännöstelyjen toteuttaminen ja yhteensovittaminen koko vesistöalueen näkökulmasta					Säännöstelyn lisääminen muuttaa vesistön ekologista tilaa
säännöstelyn kehittäminen (lupaehtojen tai säännöstelykäytäntöjen muuttaminen)					Säännöstelyn lisääminen muuttaa vesistön ekologista tilaa
padotus- ja juoksutusselvitys					
hulevesiverkoston vedenjohtokyvyn parantaminen					
luonnonmukainen hulevesien hallinta					
hulevesien imeyttäminen					
viherkatot					
hulevesikosteikot					
tulvasuojelupadot					
tulvapadon muokkaaminen					
padottavan rakenteen poistaminen					
Ohitusuomat					riippuu toteutustavasta ja sijainnista
Tulvauomat					riippuu toteutustavasta ja sijainnista
sedimentoitumisen estäminen/vähentäminen					
kiinteät tulvavallit ja -seinät					Rakentaminen muuttaa vesistön luontaista käyttäytymistä tulvassa. Yhden rakennuksen suojauksen vaikutukset vähäiset.
aallonmurtajat					
penkereen rakentaminen					muuttaa vesistön luontaista käyttäytymistä tulvatilanteessa
penkereen korottaminen					muuttaa vesistön luontaista käyttäytymistä tulvatilanteessa

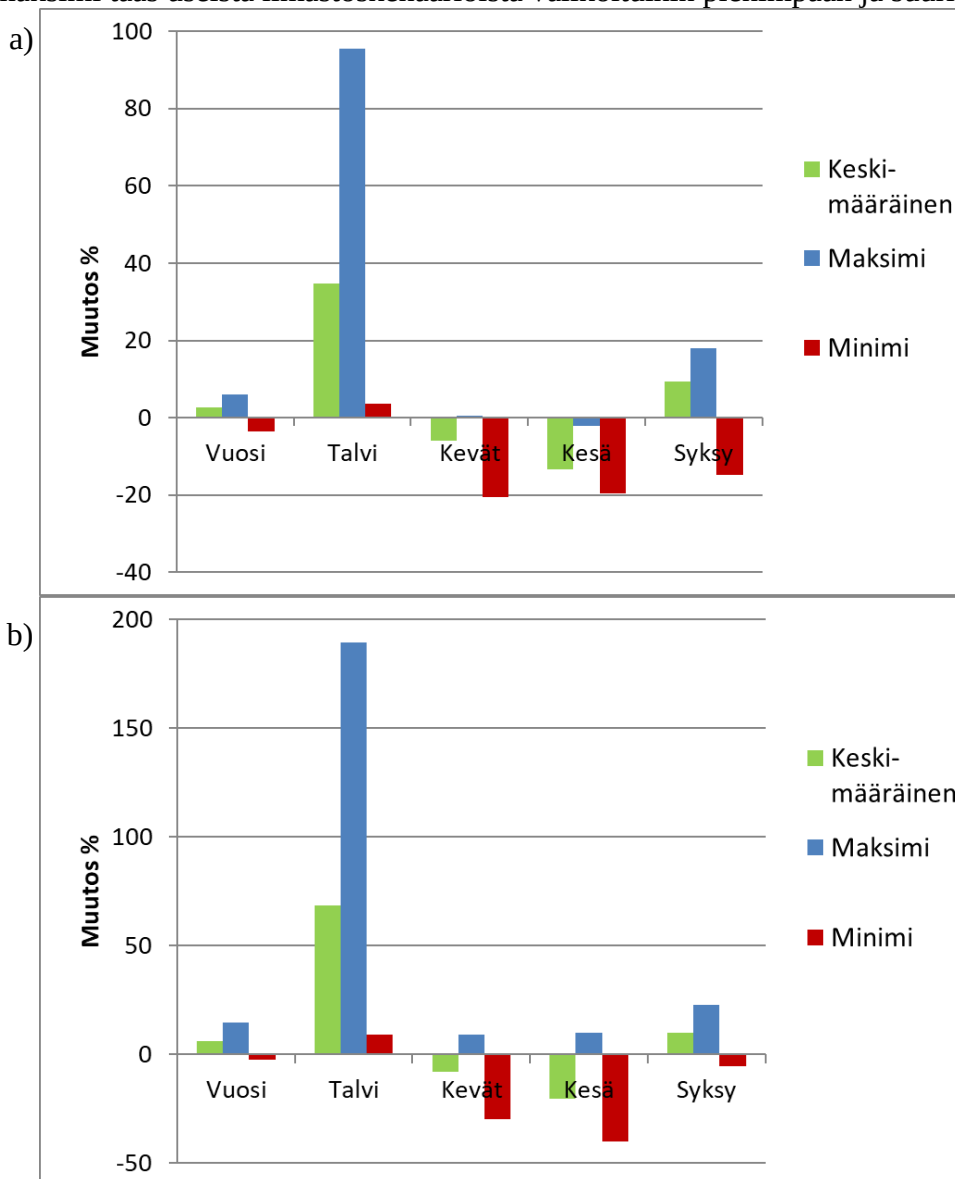
ruoppaus						Yleensä voimakas vaikutus toteuttamisen jälkeen
Jään sahaus jääpatojen syntymisen ehkäisemiseksi						
Jään hiekoittaminen jääpatojen syntymisen ehkäisemiseksi						riippuu hiekan määrästä, virtausolosuhteista. Masuunikuonahiekkaa kokeiltaessa on myös ilmennyt muita haitta-aineita.
muut vesistöjärjestelyt						
tulvantorjuntarakenteiden ylläpito ja seuranta						
toiminta tulvatilanteessa						
tilapäiset tulvavallit						
tilapäiset tulvaseinät						
ovi- ja ikkuna-aukkojen suojaus						
Sokkeleiden suojaus muovilla						
Maavalli						Vain isoilla valleilla voi olla vaikutusta (kiintoaine)
Vedellä täytettävät esteet tai kehikot						
Maalla täytettävät kehikot						
paperi- ja kartonkipaalit						
hiekkasäkit						
juuttisäkit						
säännöstelyjen optimointi						nopeilla vaihteluilla voi olla vaikutusta. Nostamisen ympäristövaikutukset pienempiä kuin laskemisen
poikkeusluvut (säännöstelyn ala- tai ylärajan tai ali- tai ylijuoksutuksen rikkominen)						
pumppaus						Yleensä pumpattava vesi on likaisempaa
evakuointi						
veden pidättäminen						Negatiivisia vaikutuksia ainoastaan, jos pidätysalue on pelto tms.
pengerten tausta-alueiden käyttö tulva-alueina						
jää- ja hyydepuomit						
jää- ja hyydepatojen rikkominen						esim. kaivinkoneesta voi aiheutua päästöjä
virtausesteiden hajottaminen (esim. maavallien rikkominen)						riippuu sijainnista ja veden laadusta
jää- ja hyydepatojen räjäyttäminen						eliöstö vaarassa (mm. kalat ja simpukat). Vaikutus paikallinen.
haavoittuvan irtaimiston siirtäminen ylempiin kerroksiin						Ei vaikutusta.
tiedottaminen tulvatilanteessa						positiivinen vaikutus voi syntyä, jos saastuttavat tai roskaavat aineet ehditään siirtää pois
Jälkitoimenpiteet						
jälleenrakentaminen						
siivous ja puhdistus						
fyysistä ja henkistä terveyttä edistävät toimenpiteet						
vahinkokorvaukset (avustukset, verot)						
toimintojen väliaikainen tai pysyvä uudelleen sijoittaminen						
tiedottaminen						
vapaaehtoistoiminnan edistäminen						
puhdistus ja ennallistamistoimenpiteet (mm. vaarallisten aineiden pääsyn estäminen vesistöön)						
Jälkitiedotus oikeista toimintatavoista						
kokemukset tulvasta ja kehittämisideat						
vakuutusjärjestelmä						

Liite 2: Valunnan muutokset vesienhoitoalueittain eri vuodeaikoina

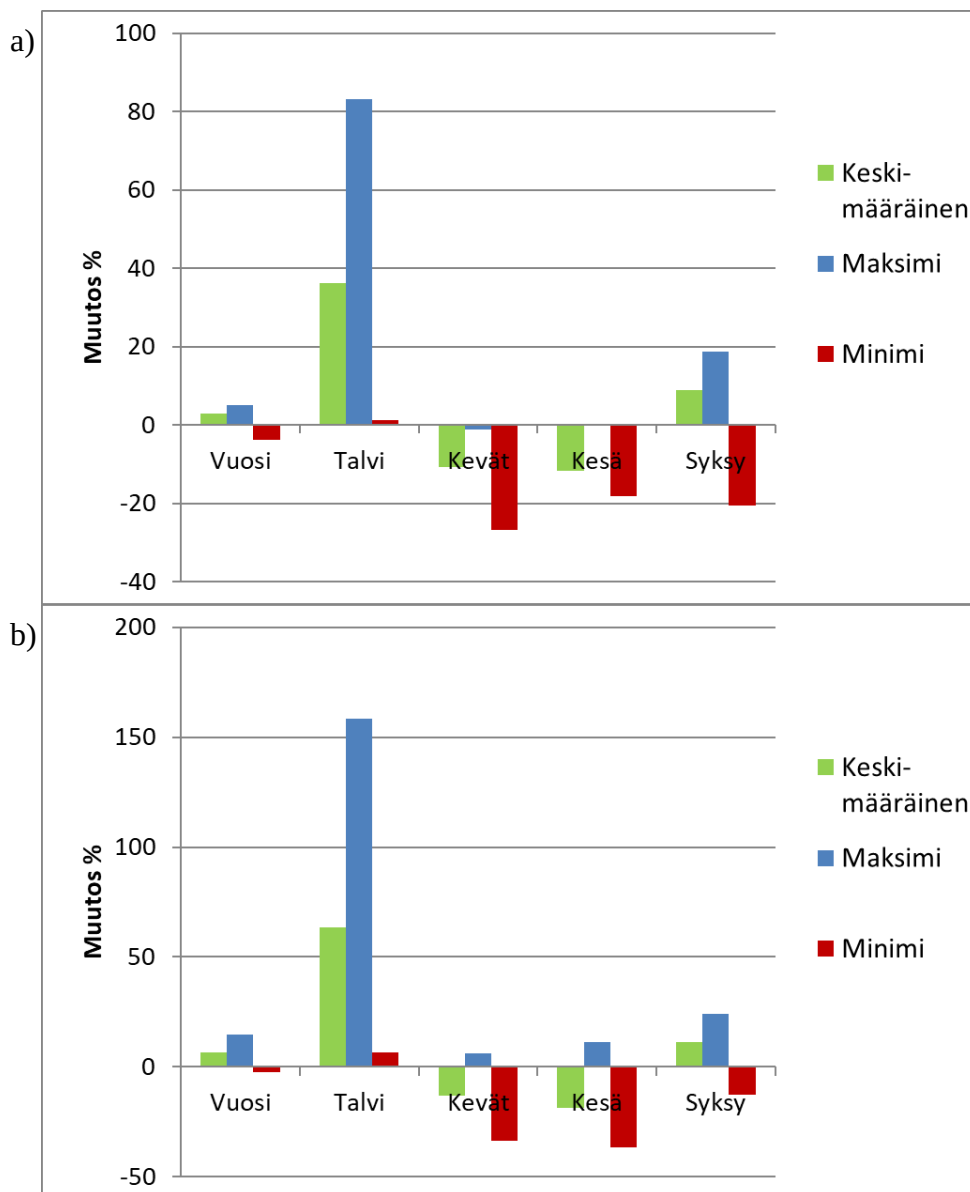
Alueittain yhteenvetokuva vuosi- ja vuodenaikaismuutoksista ja esimerkki päivittäisistä virtaamista yhdestä kohteesta alueella.

Lukuohje

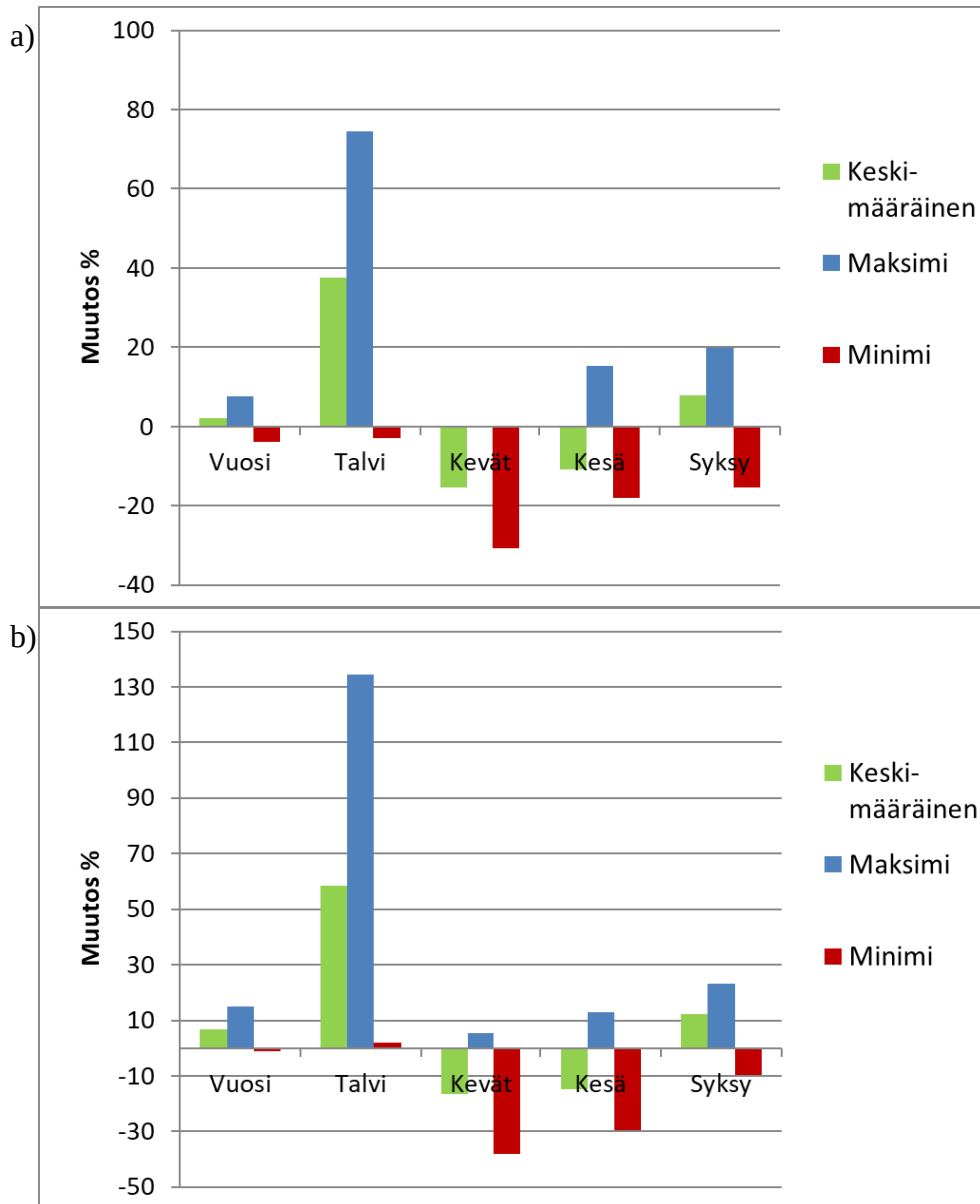
Kuvat L1-L7: Palkit näyttävät prosentuaaliset muutokset valunnassa jaksoilla 2010–39 ja 2040–69 referenssijaksoon 1981–2010 verrattuna koko vuoden ja eri vuodenaikojen keskiarvojen osalta. Tulkinnassa kannattaa muistaa, että referenssijakson talven valunnat ovat lähtökohtaisesti pieniä, jolloin prosentuaaliset muutokset kasvavat helposti suureksi. Kannattaa myös huomioida, että nykyhetkeen mennessä osa muutoksesta on jo tapahtunut, koska viime vuodet ovat olleet keskimäärin lauhempia kuin referenssijakso 1981–2010. Keskiarvo perustuu ns. keskiarvoskenaarioon (usean globaalien mallin keskiarvo RCP4.5 päästöskenaariolla), minimi ja maksimi taas useista ilmastoskenaarioista valikoituihin pienimpään ja suurimpaan arvoon.



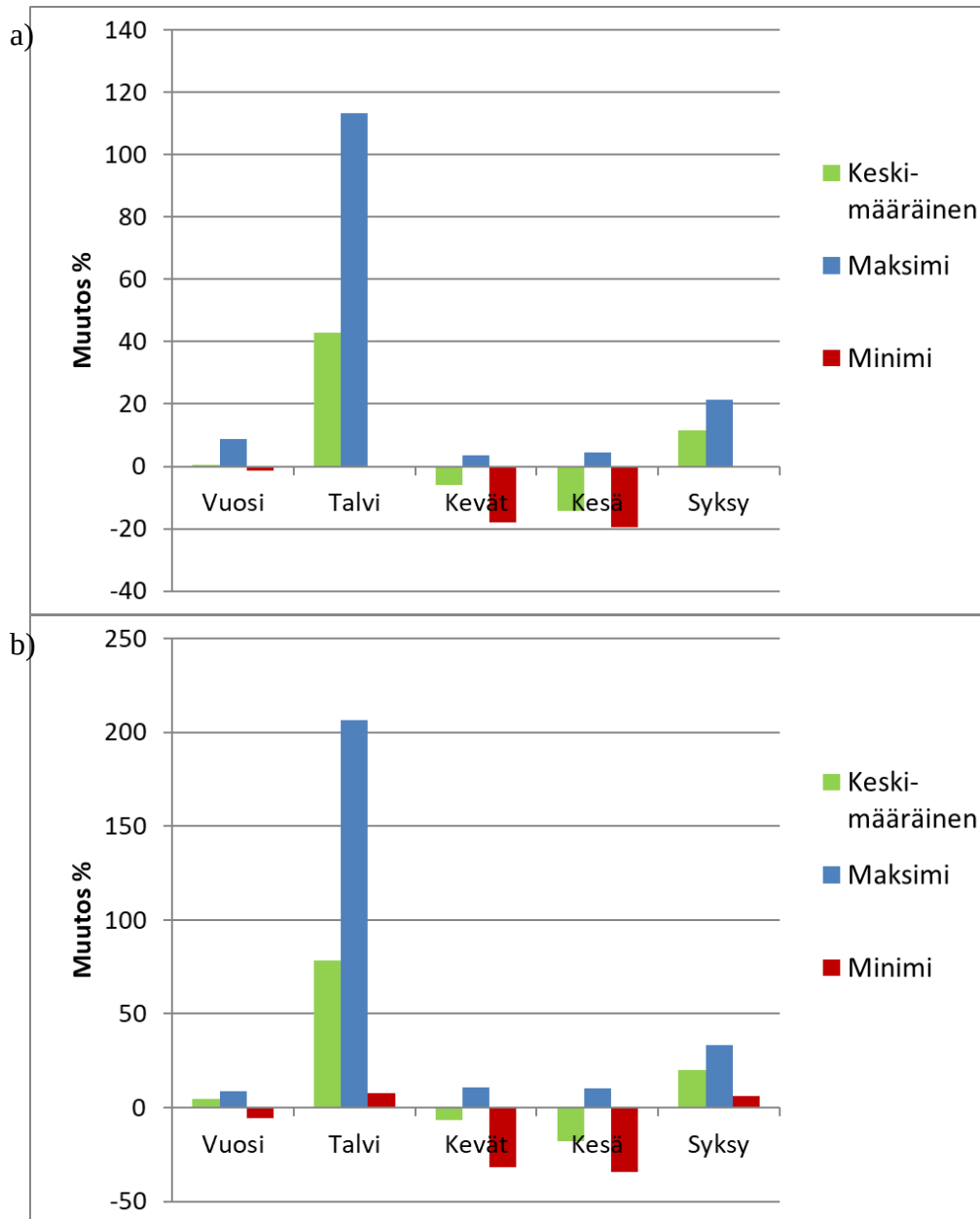
Kuva L1. Vesienhoitoalue 1. Vuoksen alue. Muutokset alueen valunnassa jaksoilla a) 2010–39 ja b) 2040–69 (referenssijakso 1981–2010).



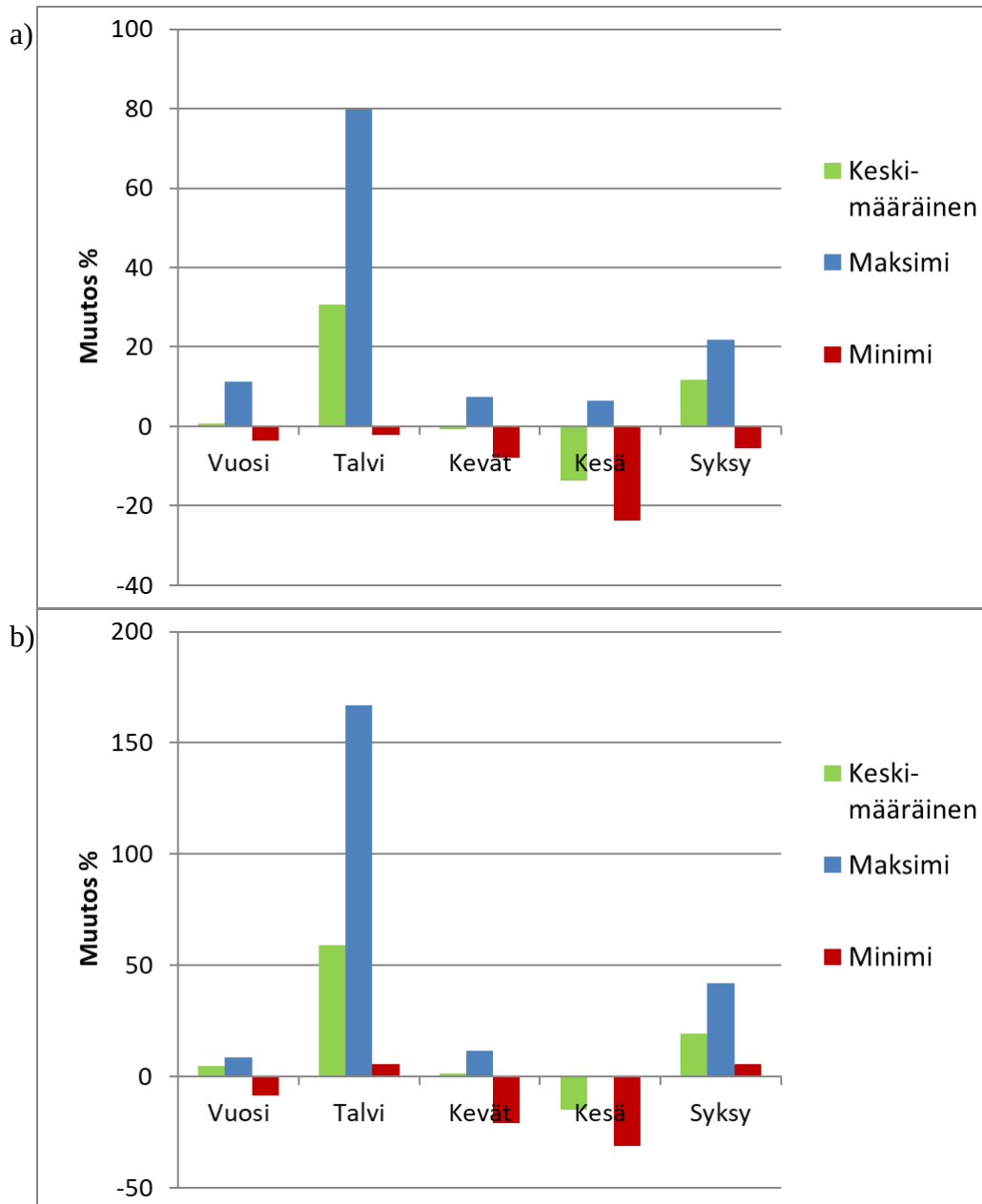
Kuva L2. Vesienhoitoalue 2. Kymijoen-Suomenlahden alue. Muutokset alueen valunnassa jaksoilla a) 2010–39 ja b) 2040–69 (referenssijakso 1981–2010).



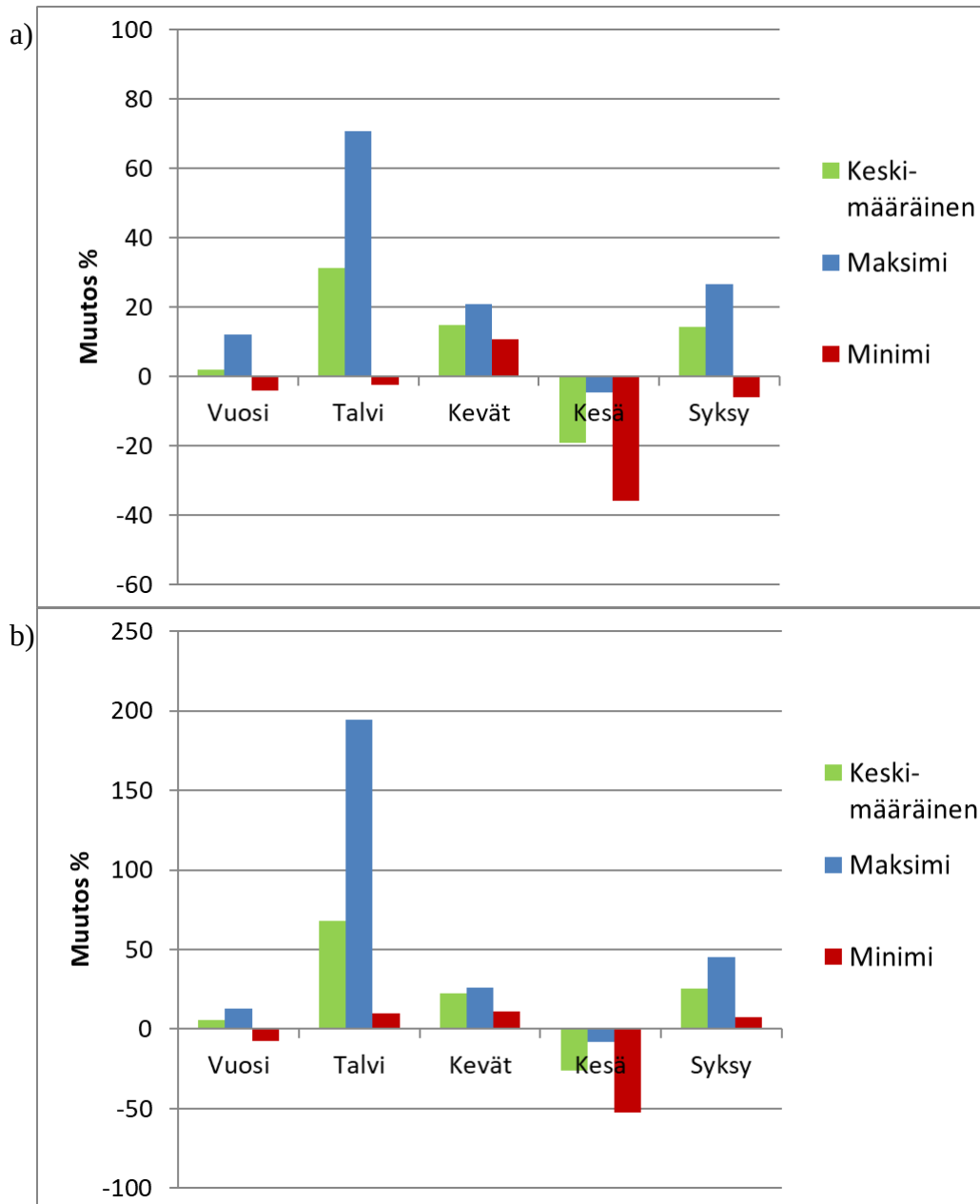
Kuva L3. Vesienhoitoalue 3. Kokemäenjoen-Saaristomeren-Selkämeren alue. Muutokset alueen valunnassa jaksoilla a) 2010–39 ja b) 2040–69 (referenssijakso 1981–2010).



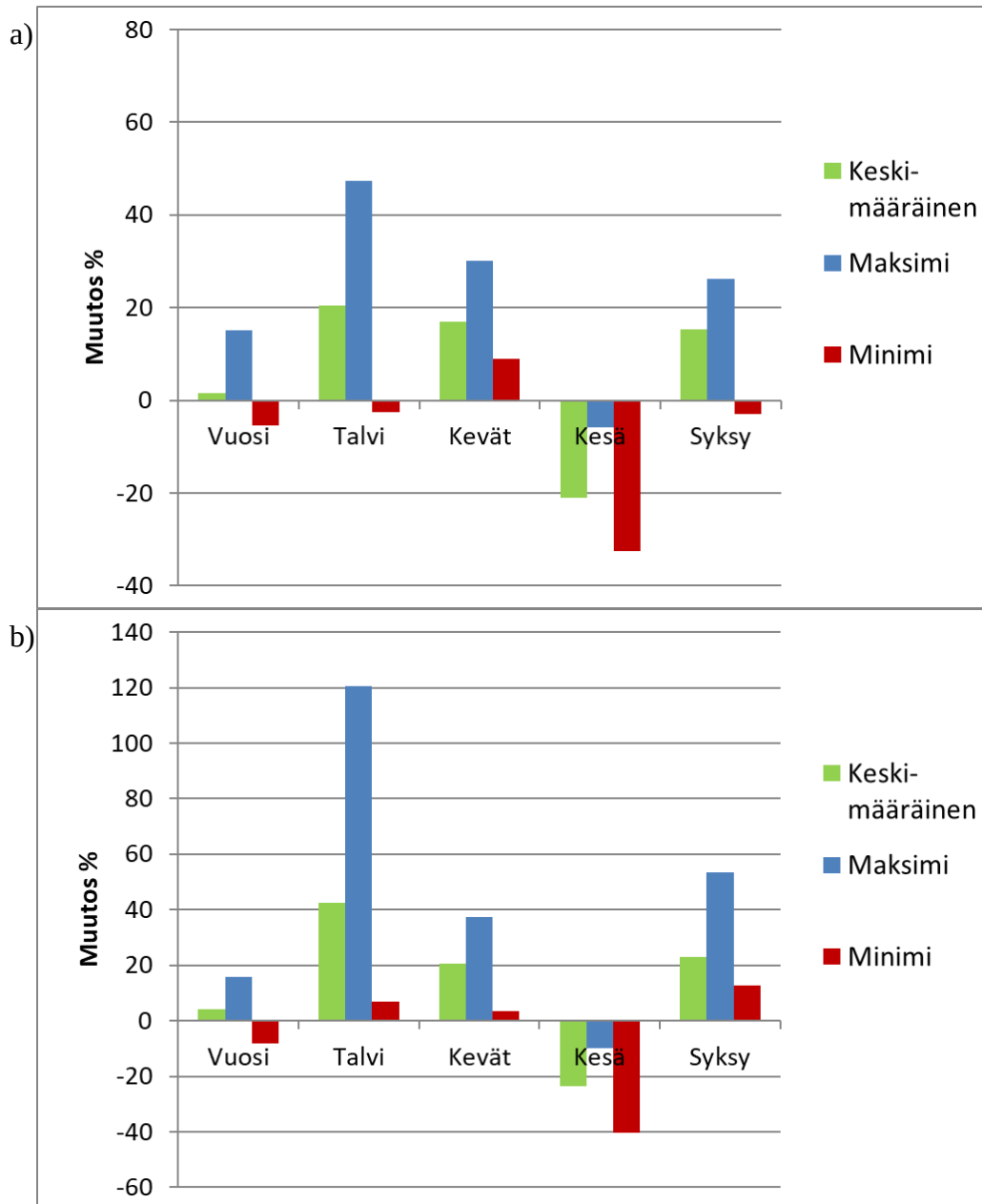
Kuva L4. Vesienhoitoalue 4. Oulujoen-Iijoen alue. Muutokset alueen valunnassa jaksoilla a) 2010–39 ja b) 2040–69 (referenssijakso 1981–2010).



Kuva L5. Vesienhoitoalue 5. Kemijoen alue. Muutokset alueen valunnassa jaksoilla a) 2010–39 ja b) 2040–69 (referenssijakso 1981–2010).



Kuva L6. Vesienhoitoalue 6. Tornionjoen alue. Muutokset alueen valunnassa jaksoilla a) 2010–39 ja b) 2040–69 (referenssijakso 1981–2010).



Kuva L7. Vesienhoitoalue 7. Tenon, Näätämojoen ja Paatsjoen alue. Muutokset alueen valunnassa jaksoilla a) 2010–39 ja b) 2040–69 (referenssijakso 1981–2010).

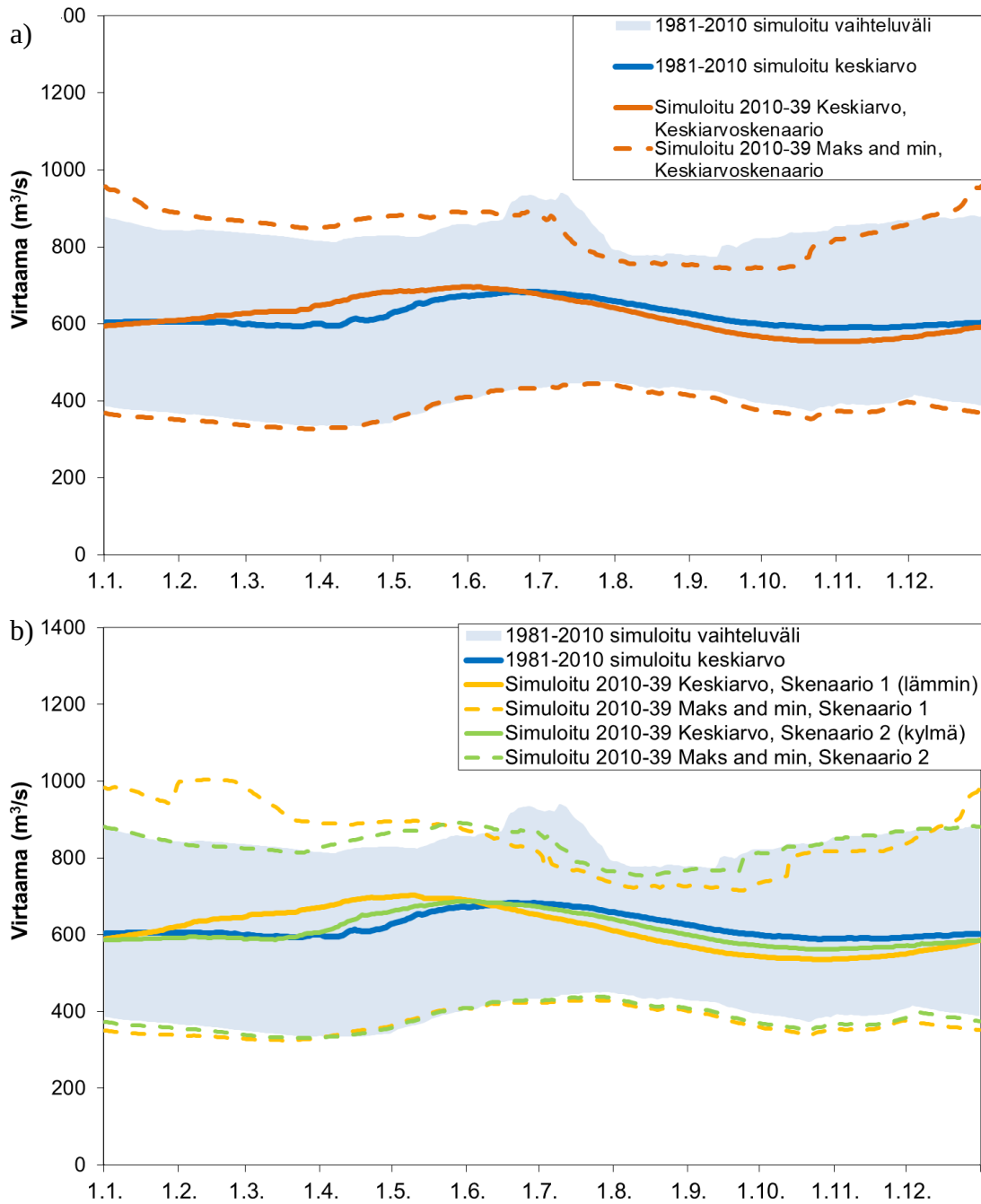
Liite 3: Virtaaman muutokset eri vesistöissä

Lukuohje

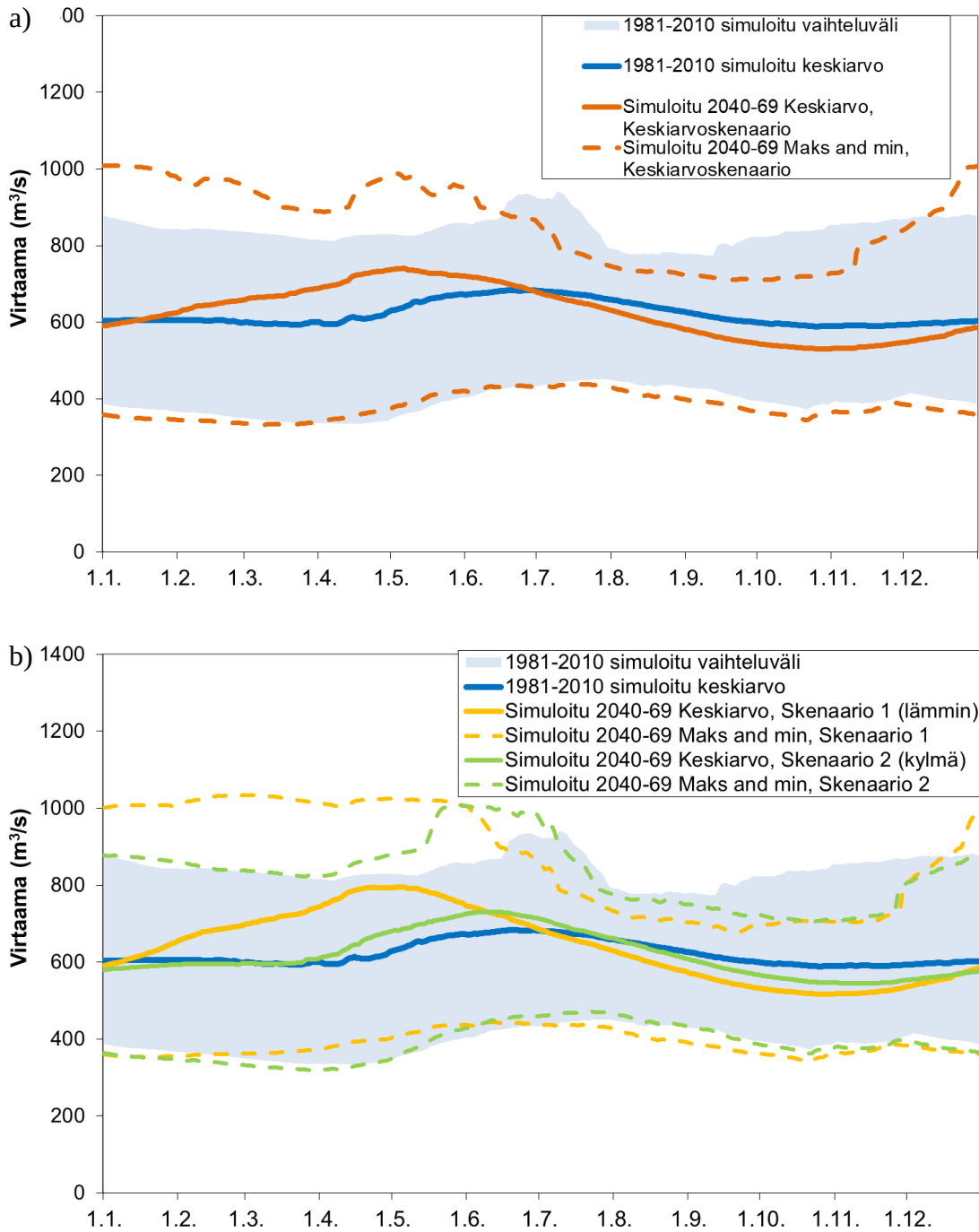
Kuvat L8-L3. Virtaamat valikoiduissa jokipisteissä tai järvien luusuoissa referenssijaksolla 1981–2000 ja jaksoilla 2010–39 ja 2040–69. Ensimmäisessä kuvassa on esitetty referenssijakso suhteessa keskiarvoskenaarioon (usean globaalin mallin keskiarvo RCP4.5 päästöskenaariolla). Sinisellä referenssijakson 1981-2010 keskiarvo ja vaihteluväli (päivittäisten 30 vuoden simuloitujen arvojen keskiarvo, minimi ja maksimi). Punaisella jakson 2040-69 keskiarvoskenaariolla simuloitujen virtaamien keskiarvo, maksimi ja minimi. Toisessa kuvassa valittu kaksi erilaista ilmastoskenaariota, keskimääräistä kylmempi ja keskimääräistä lämpimämpi, jotka kuvaavat eri skenaarioiden välisiä eroja ja siten ilmastomuutokseen liittyvää epävarmuutta. On hyvä muistaa, että todellisuudessa epävarmuus on vielä tätäkin suurempi, koska kuvissa esitetty vain muutama skenaario, eikä mitään yksittäistä skenaariota voida pitää merkittävästi todennäköisempänä kuin toista.

Virtaamat on esitetty seuraaville joki- tai järvi-kohteille:

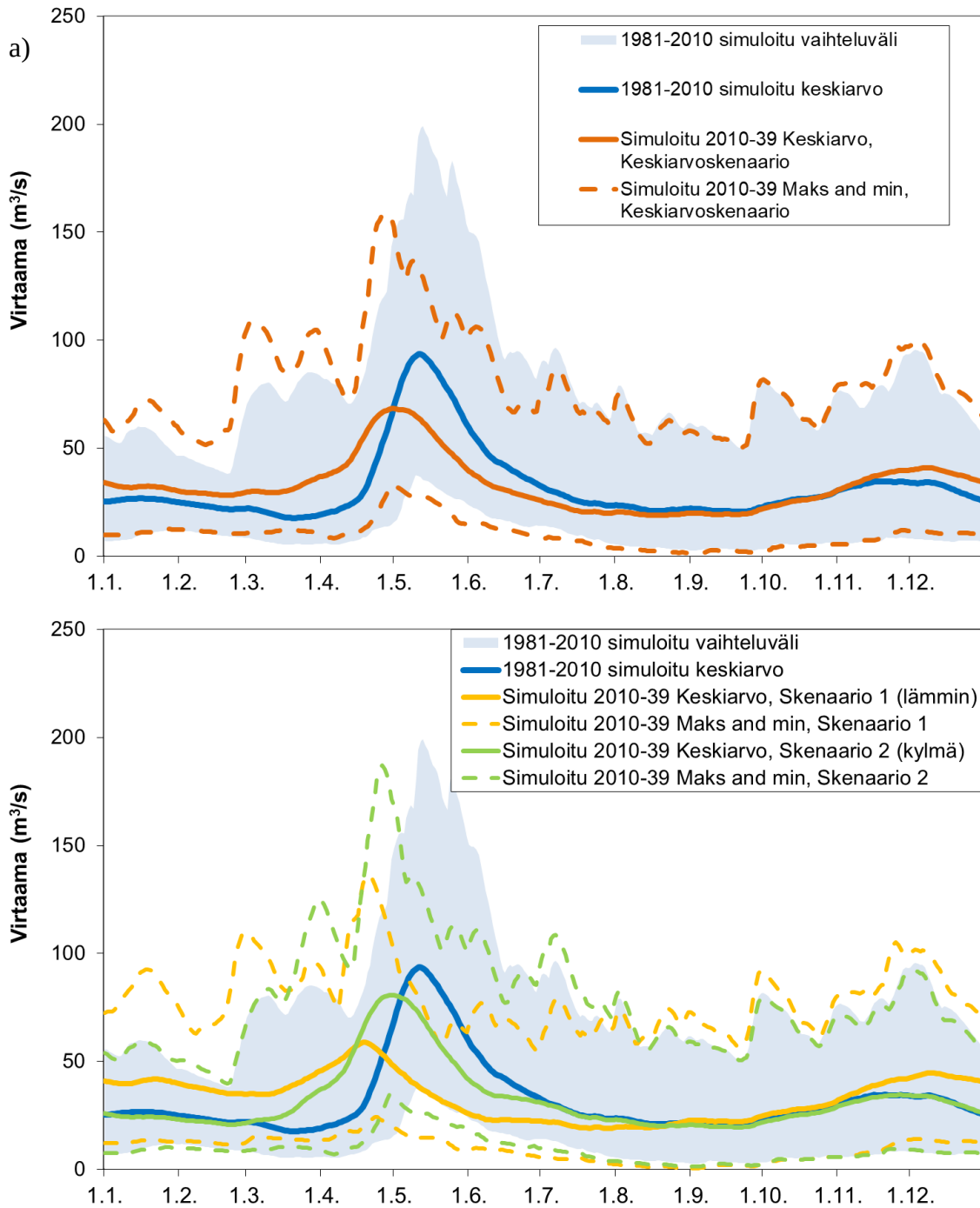
- Vuoksi
- Kiimasjärvi
- Päijänne lähtövirtaama
- Vantaanjoki
- Aurajoki
- Kokemäenjoki (Pori)
- Kyrönjoki
- Siikajoki
- Oulujoki
- Iijoki
- Kemijoki
- Tornionjoki
- Tenojoki



Kuva L8. Vuoksen päivittäinen keski- maksimi- ja minimivirtaama referenssijaksolla ja jaksolla 2010–39 a) keskiarvoskenaariolla, b) ääriarvoskenaarioilla, lämmin ja kylmä skenaario

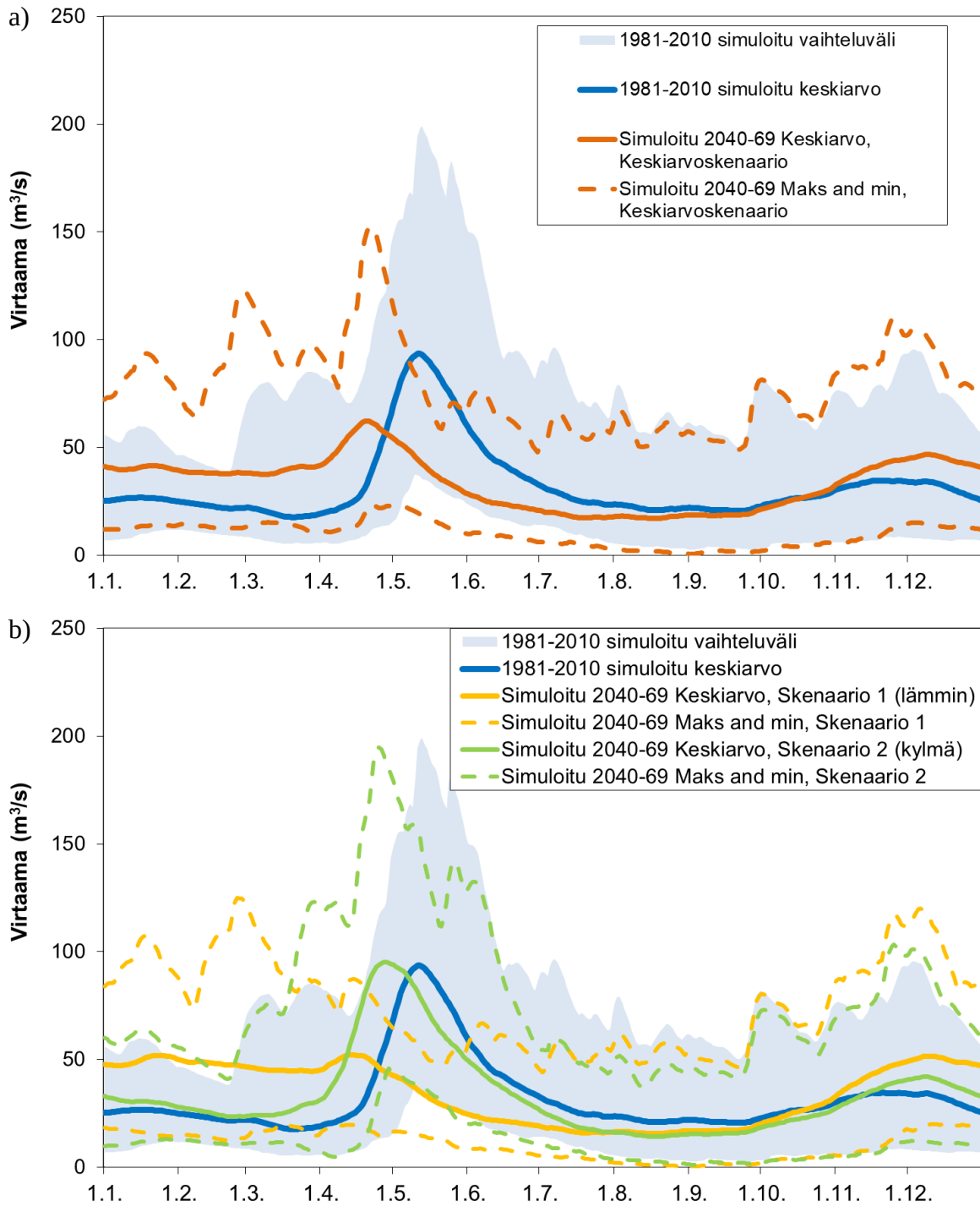


Kuva L9. Vuoksen päivittäinen keski- maksimi- ja minimivirtaama referenssijaksolla ja jaksolla 2040–69 a) keskiarvoskenaariolla, b) ääriarvoskenaarioilla, lämmin ja kylmä skenaario

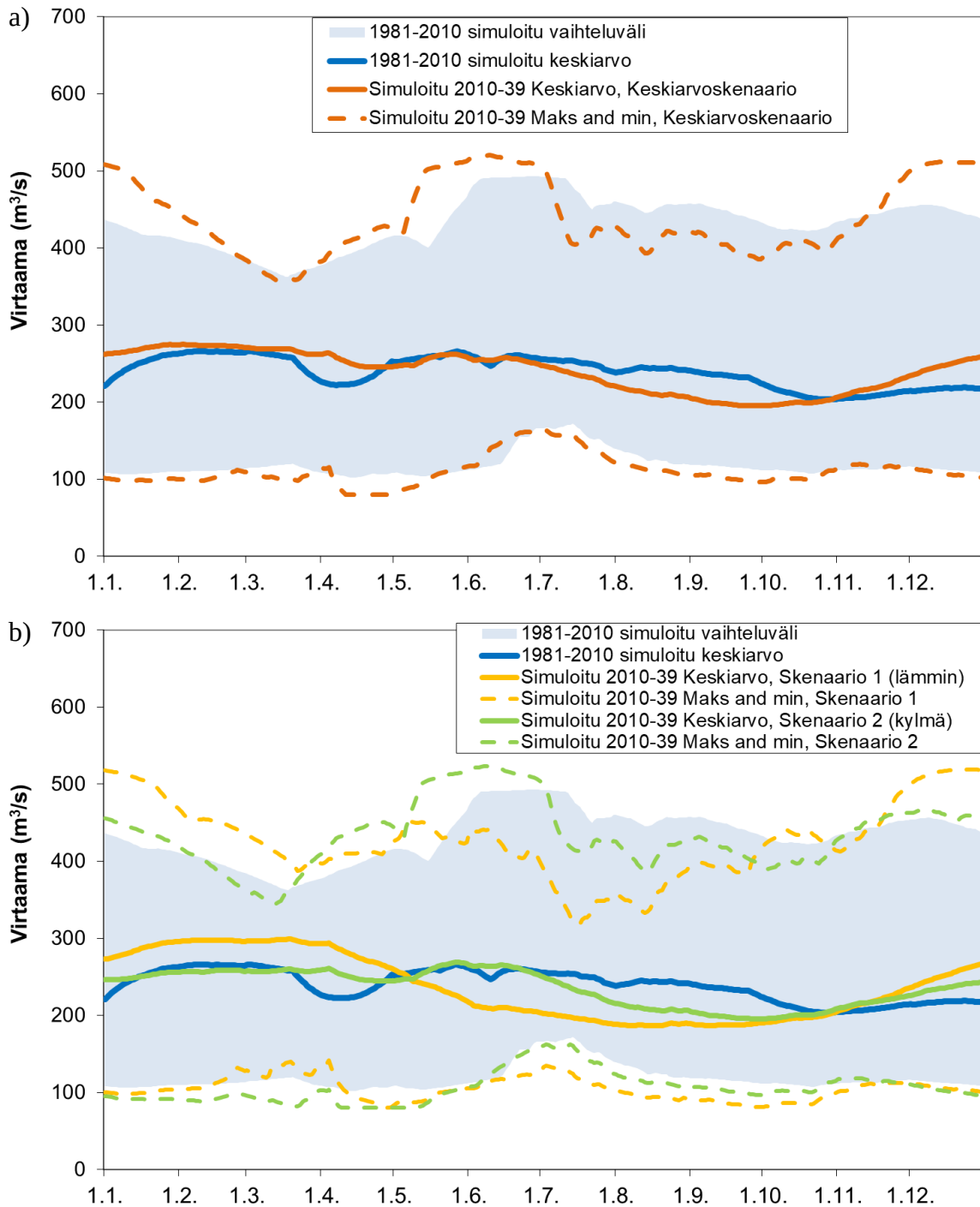


b)

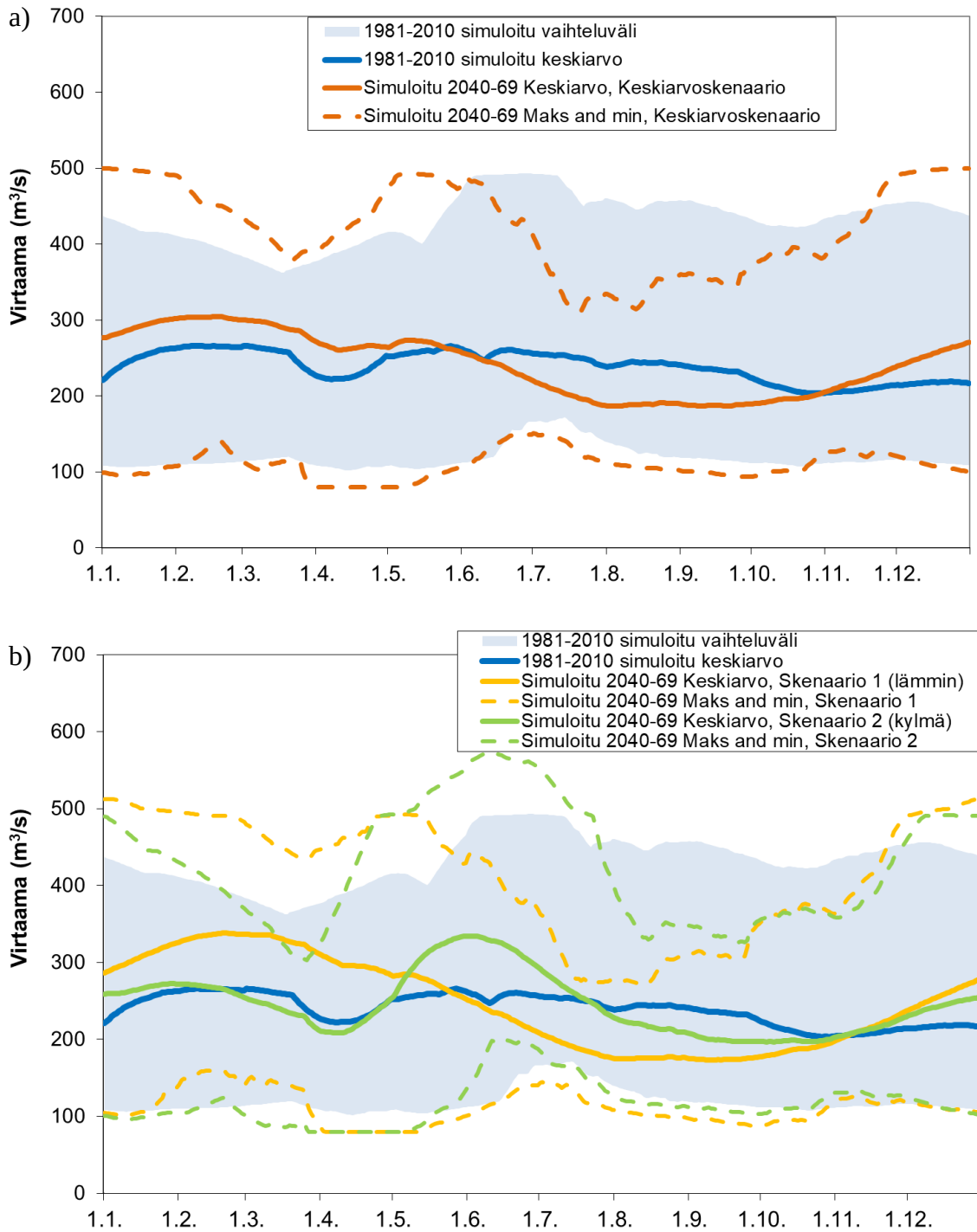
Kuva L10. Kiimasjärven lähtövirtaaman päivittäinen keski- maksimi- ja minimiarvo (esimerkki latvajärvestä Kymijoen vesistössä) referenssijaksolla ja jaksolla 2010–39 a) keskiarvoskenaariolla, b) ääriarvoskenaarioilla, lämmin ja kylmä skenaario



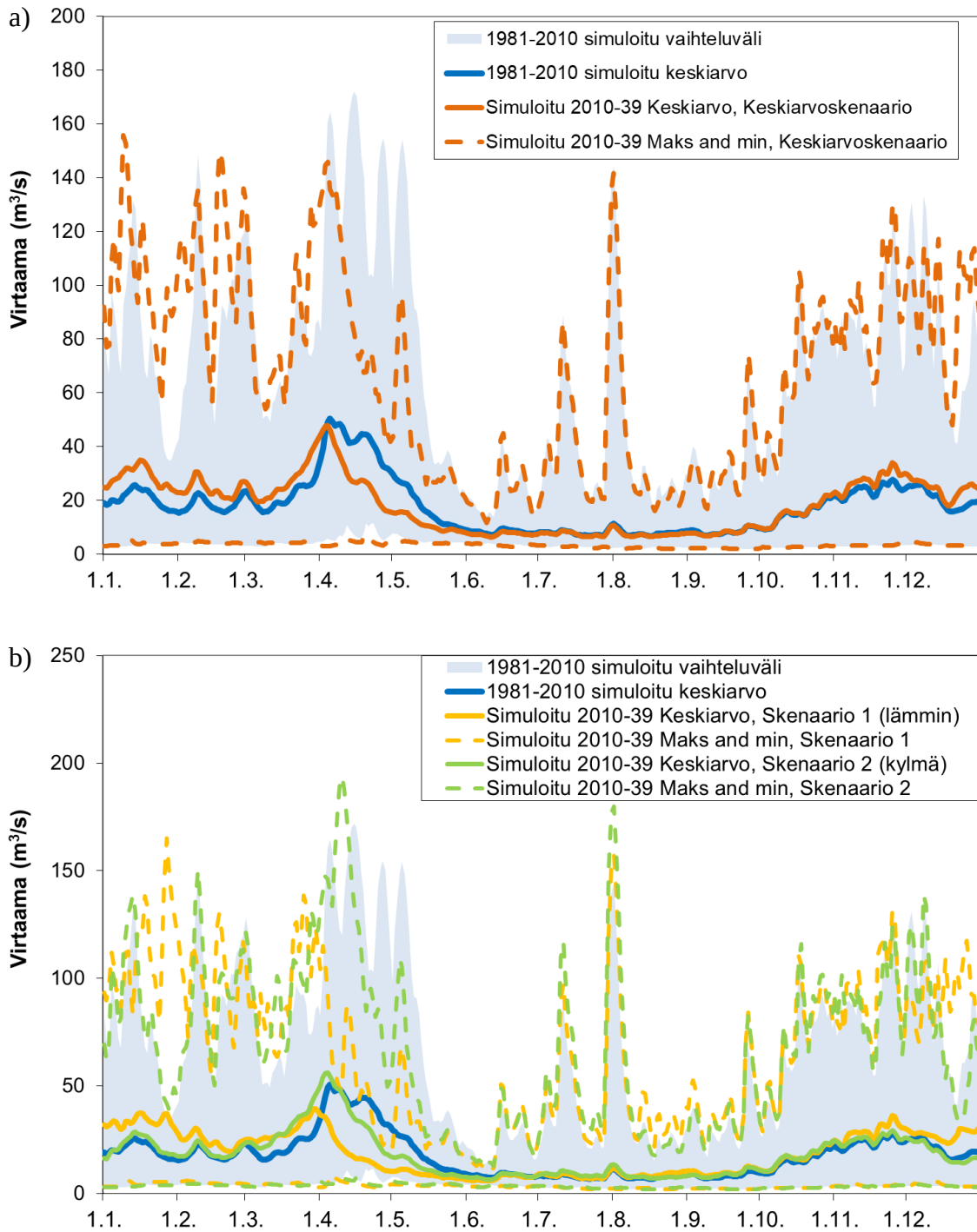
Kuva L11. Kiimasjärven lähtövirtaaman päivittäinen keski- maksimi- ja minimiarvo (esimerkki latvajärvestä Kymijoen vesistössä) referenssijaksolla ja jaksolla 2040–69 a) keskiarvoskenaariolla, b) ääriarvoskenaarioilla, lämmin ja kylmä skenaario



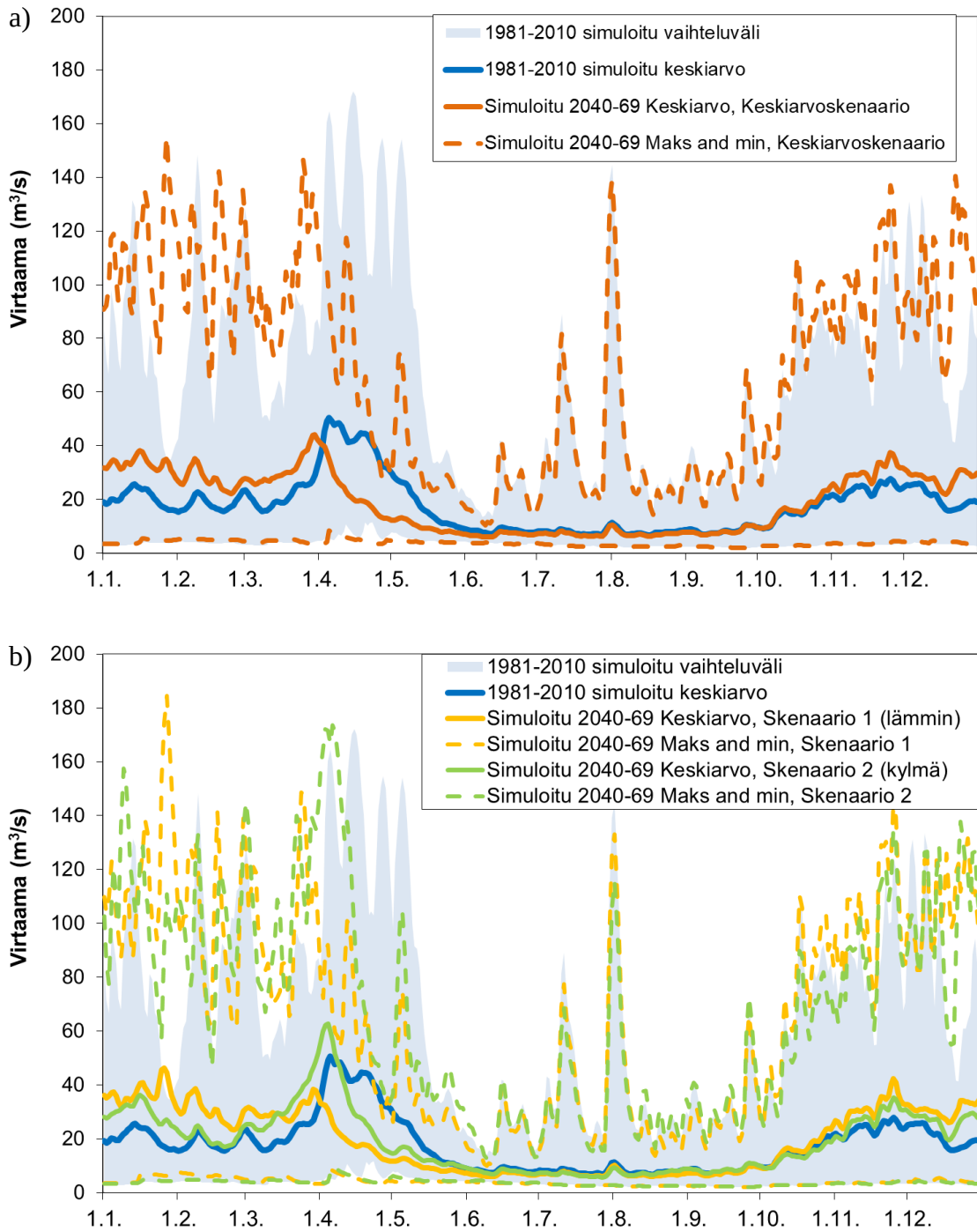
Kuva L12. Päijänteen lähtövirtaaman päivittäinen keski- maksimi- ja minimiarvo referenssijaksolla ja jaksolla 2010–39 a) keskiarvoskenaariolla, b) ääriarvoskenaarioilla, lämmin ja kylmä skenaario



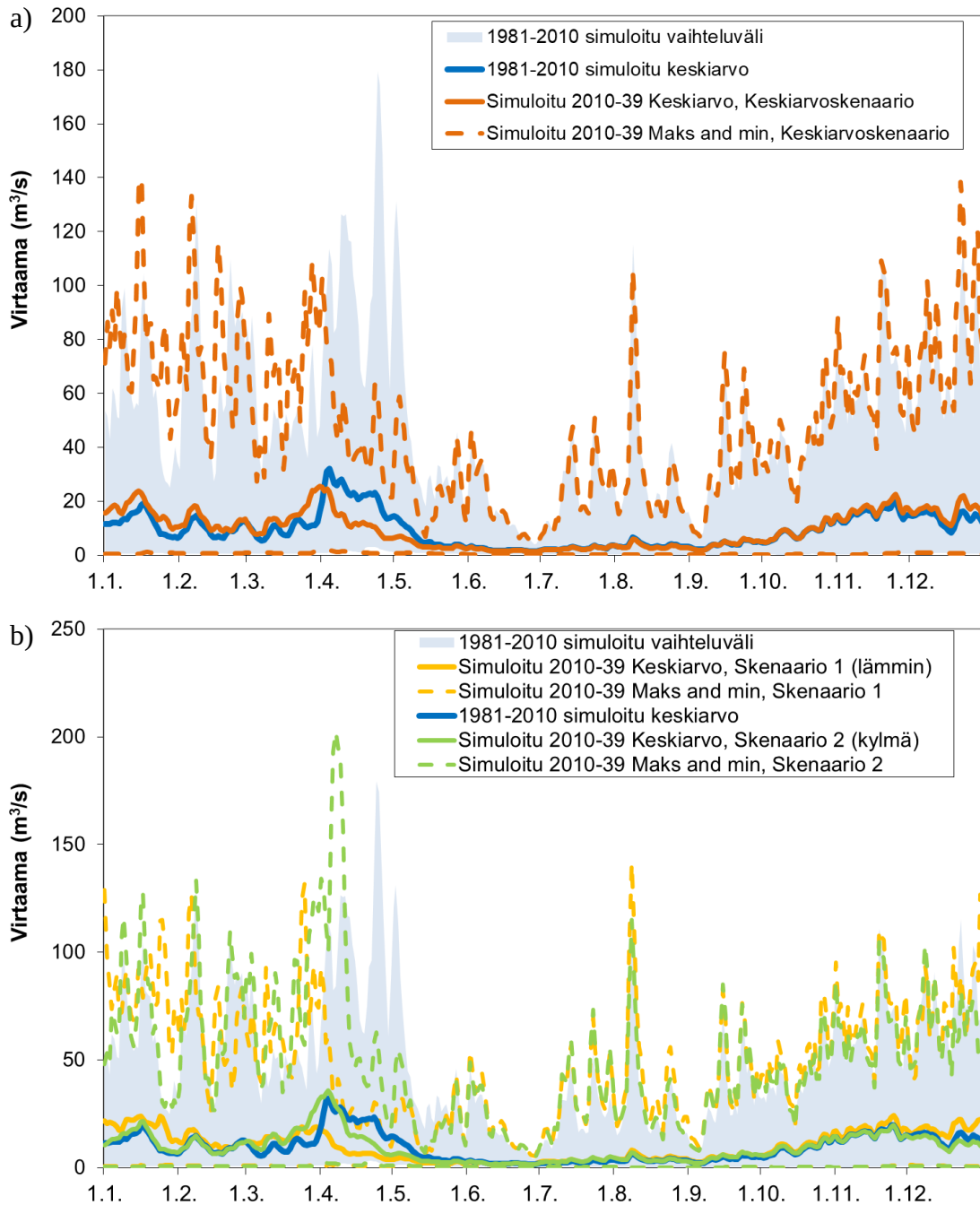
Kuva L13. Päijänteeseen lähtövirtaaman päivittäinen keski- maksimi- ja minimiarvo referenssijaksolla ja jaksolla 2040–69 a) keskiarvoskenaariolla, b) ääriarvoskenaarioilla, lämmin ja kylmä skenaario



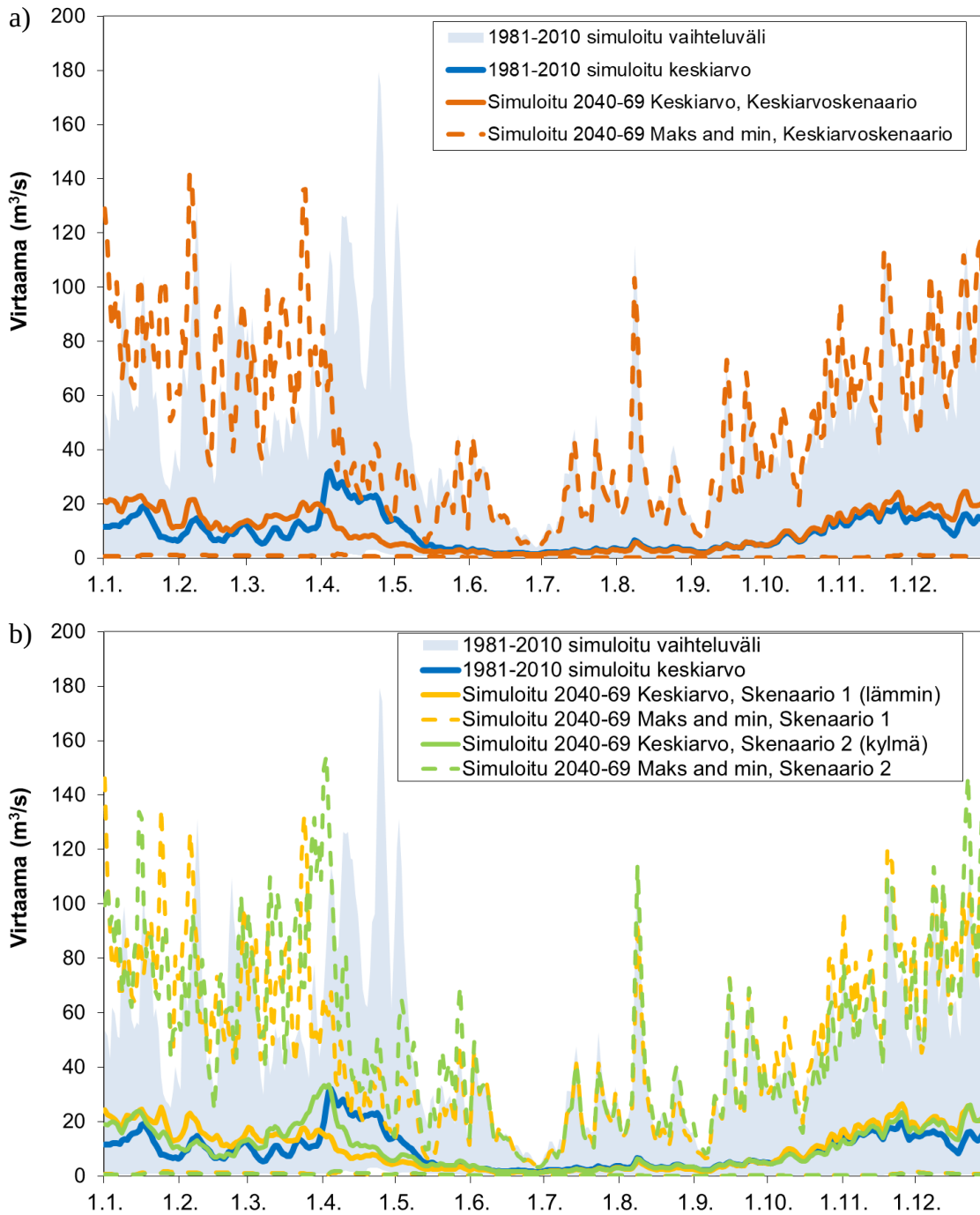
Kuva L14. Vantaanjoen päivittäinen keski- maksimi- ja minimivirtaama referenssijaksolla ja jaksolla 2010–39 a) keskiarvoskenaariolla, b) ääriarvoskenaarioilla, lämmin ja kylmä skenaario



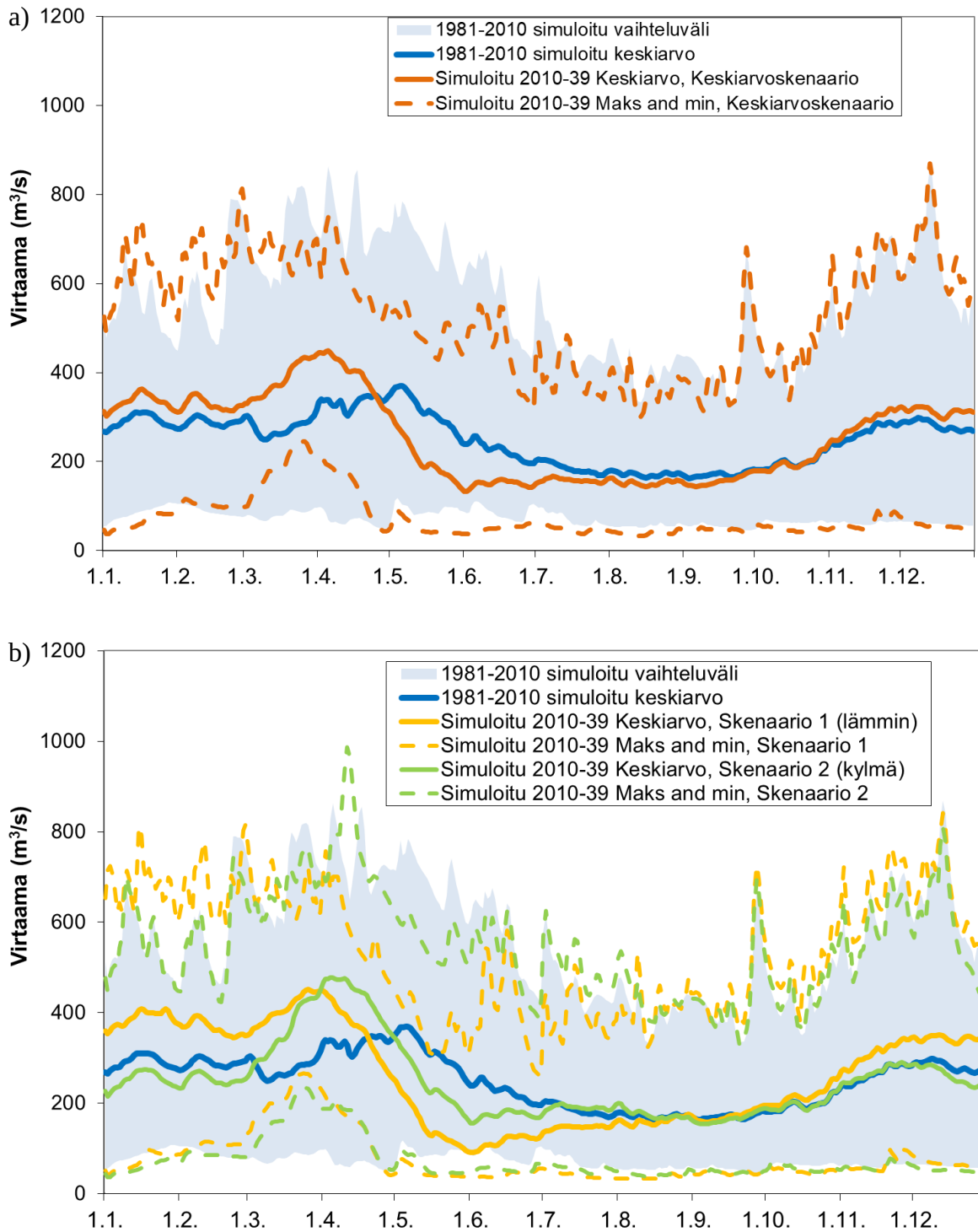
Kuva L15. Vantaanjoen päivittäinen keski- maksimi- ja minimivirtaama referenssijaksolla ja jaksolla 2040–69 a) keskiarvoskenaariolla, b) ääriarvoskenaarioilla, lämmin ja kylmä skenaario



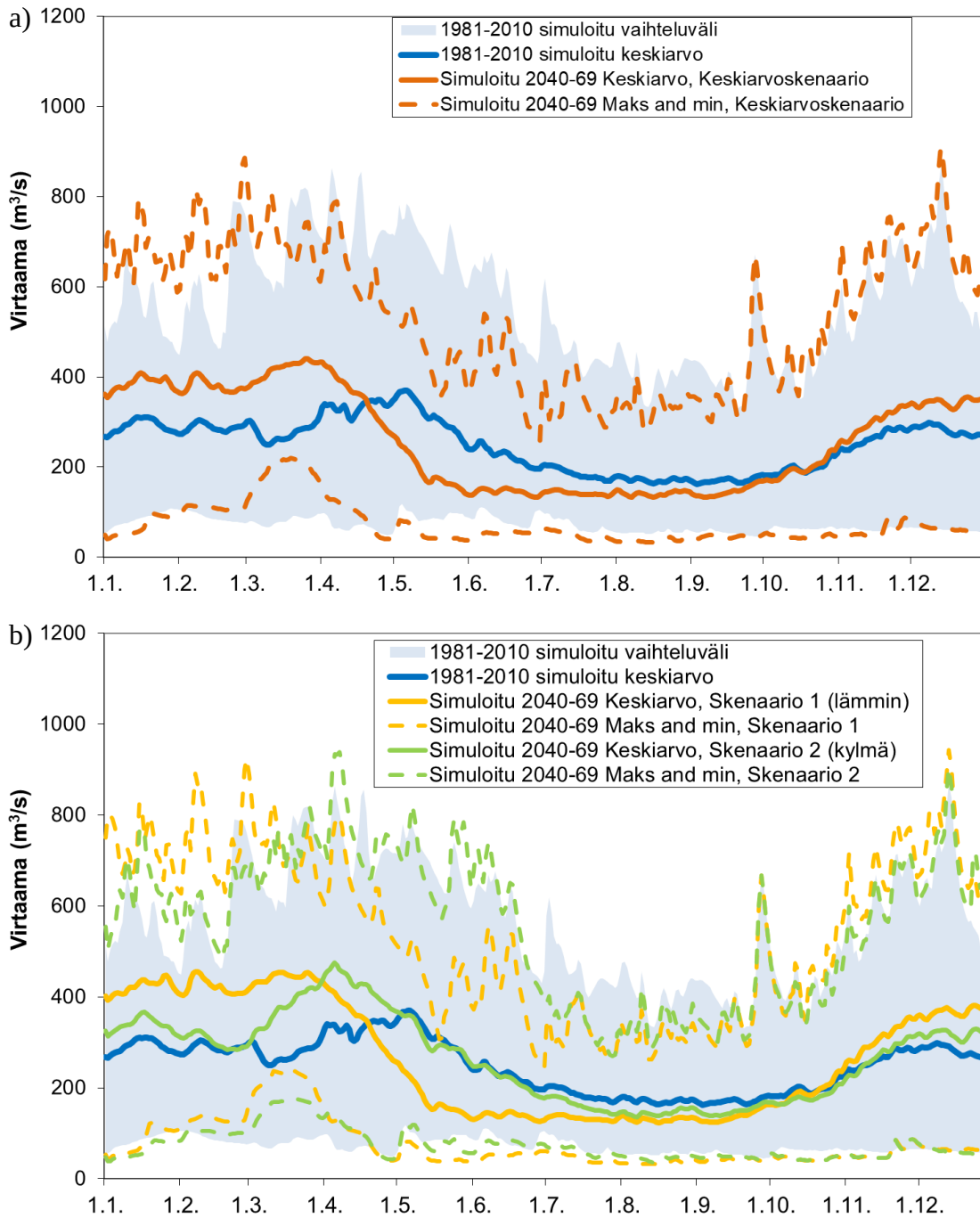
Kuva L16. Aurajoen päivittäinen keski- maksimi- ja minimivirtaama referenssijaksolla ja jaksolla 2010–39 a) keskiarvoskenaariolla, b) ääriarvoskenaarioilla, lämmin ja kylmä skenaario



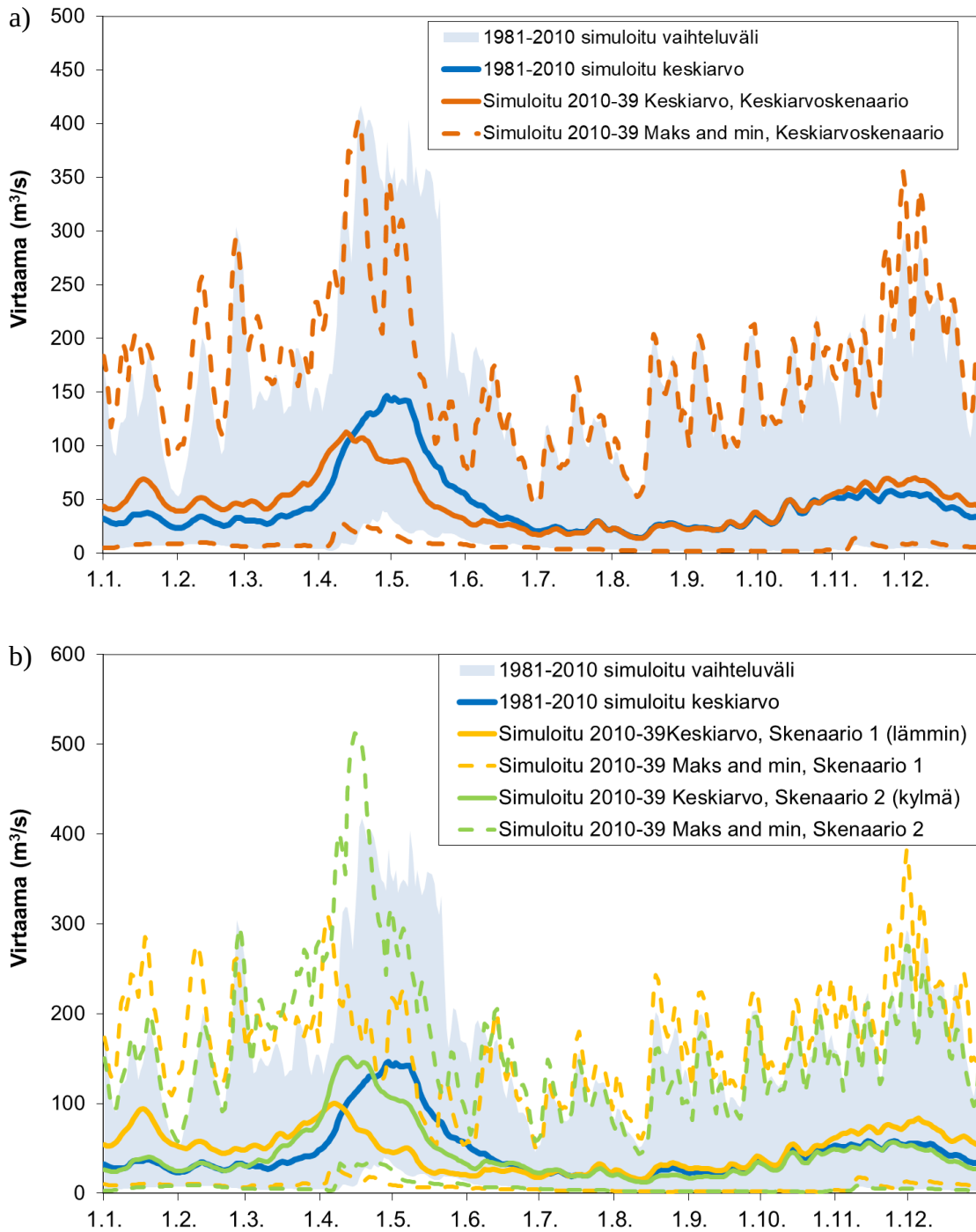
Kuva L17. Aurajoen päivittäinen keski- maksimi- ja minimivirtaama referenssijaksolla ja jaksolla 2040–69 a) keskiarvoskenaariolla, b) ääriarvoskenaarioilla, lämmin ja kylmä skenaario



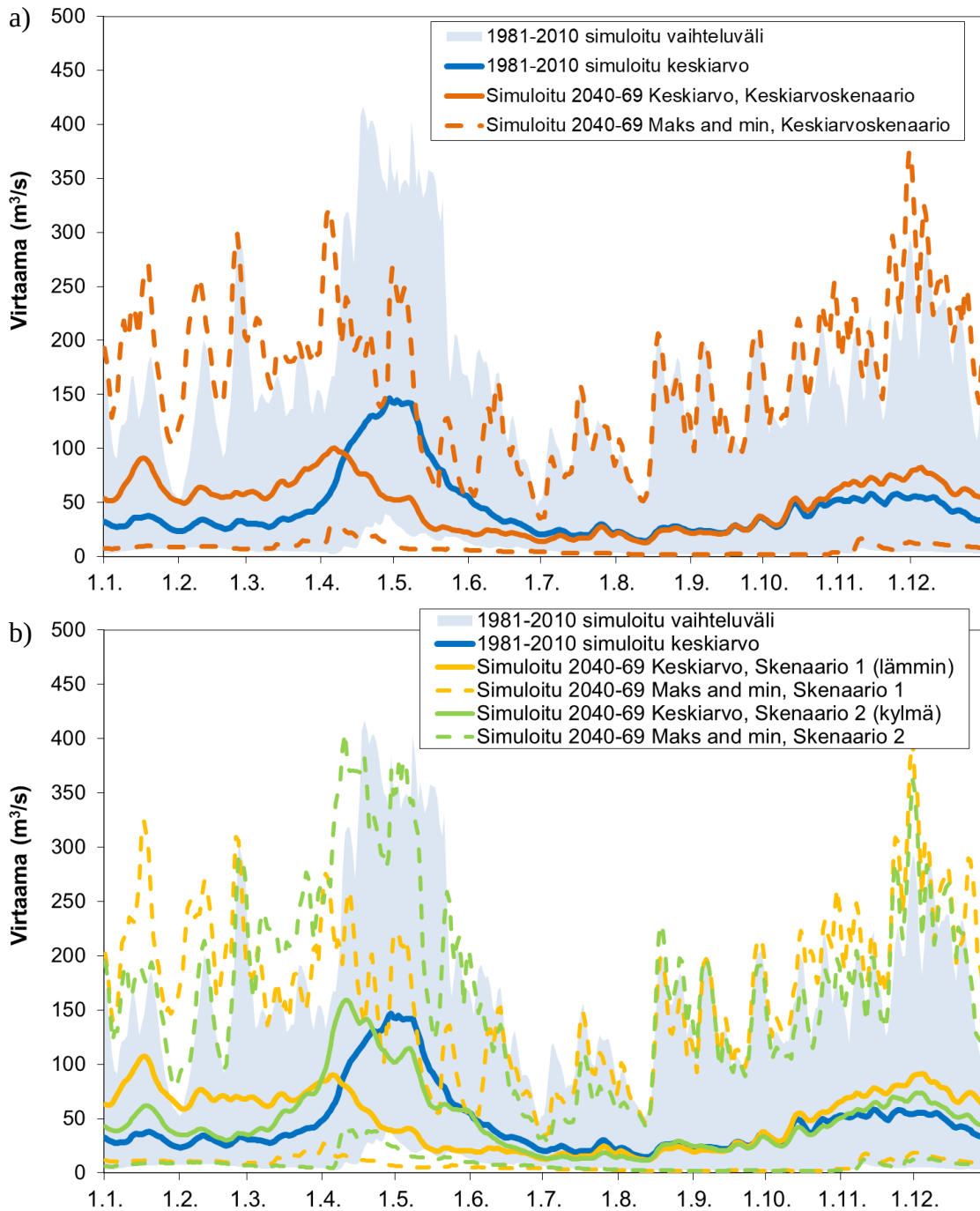
Kuva L18. Kokemäenjoen (Pori) päivittäinen keski- maksimi- ja minimivirtaama referenssijaksolla ja jaksolla 2010–39 a) keskiarvoskenaariolla, b) ääriarvoskenaarioilla, lämmin ja kylmä skenaario



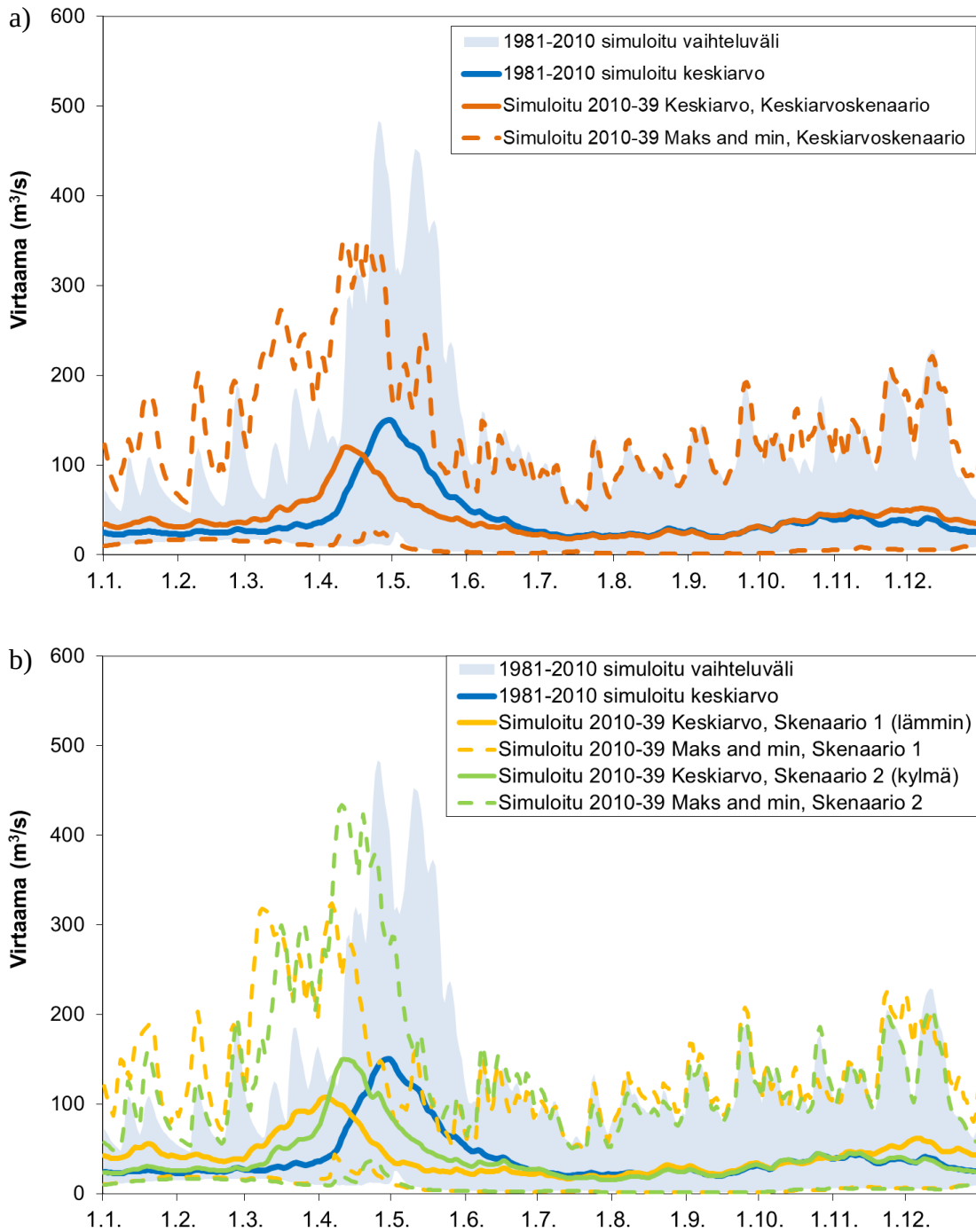
Kuva L19. Kokemäenjoen (Pori) päivittäinen keski- maksimi- ja minimivirtaama referenssijaksolla ja jaksolla 2040–69 a) keskiarvoskenaariolla, b) ääriarvoskenaarioilla, lämmin ja kylmä skenaario



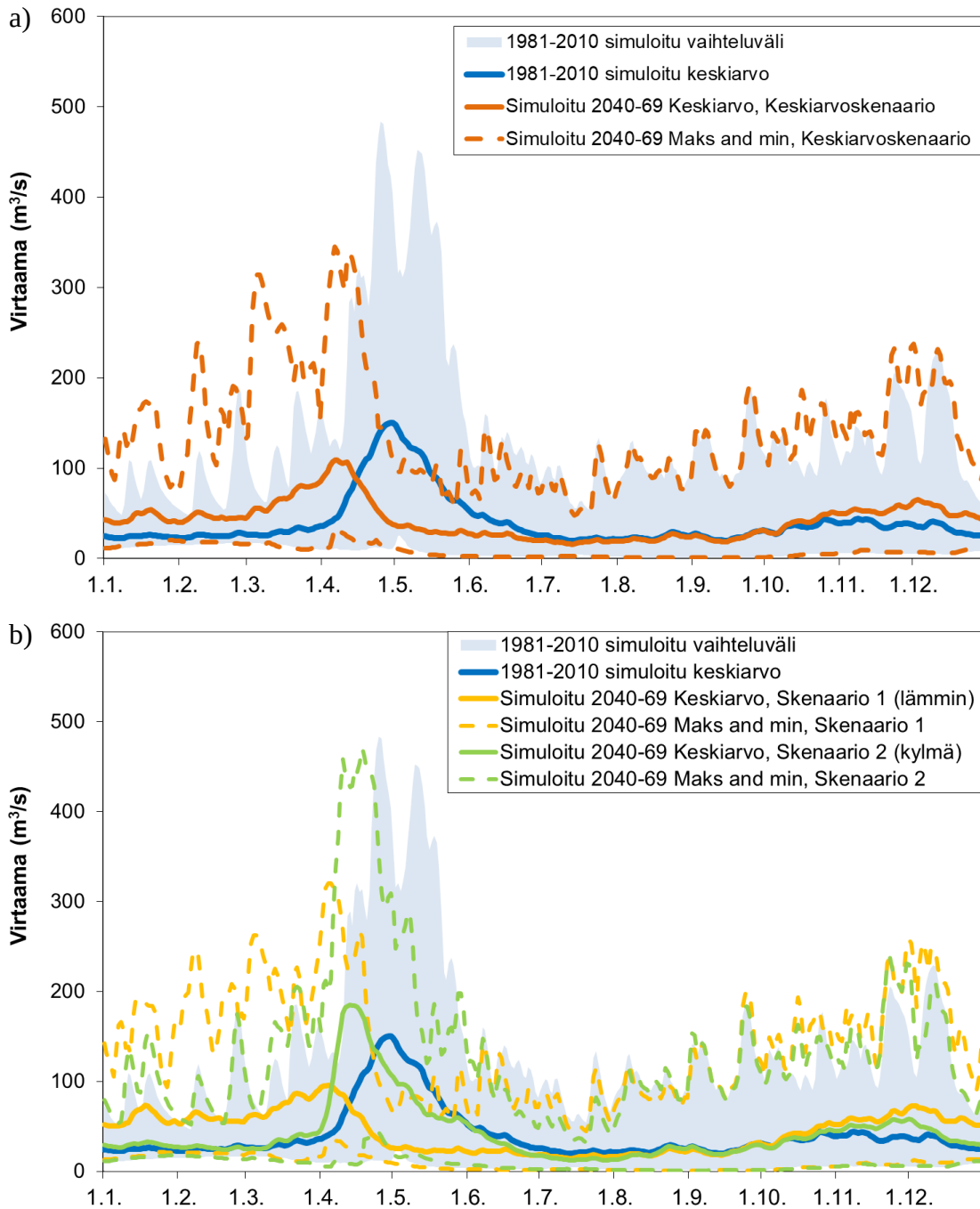
Kuva L20. Kyrönjoen päivittäinen keski- maksimi- ja minimivirtaama referenssijaksolla ja jaksolla 2010–39 a) keskiarvoskenaariolla, b) ääriarvoskenaarioilla, lämmin ja kylmä skenaario



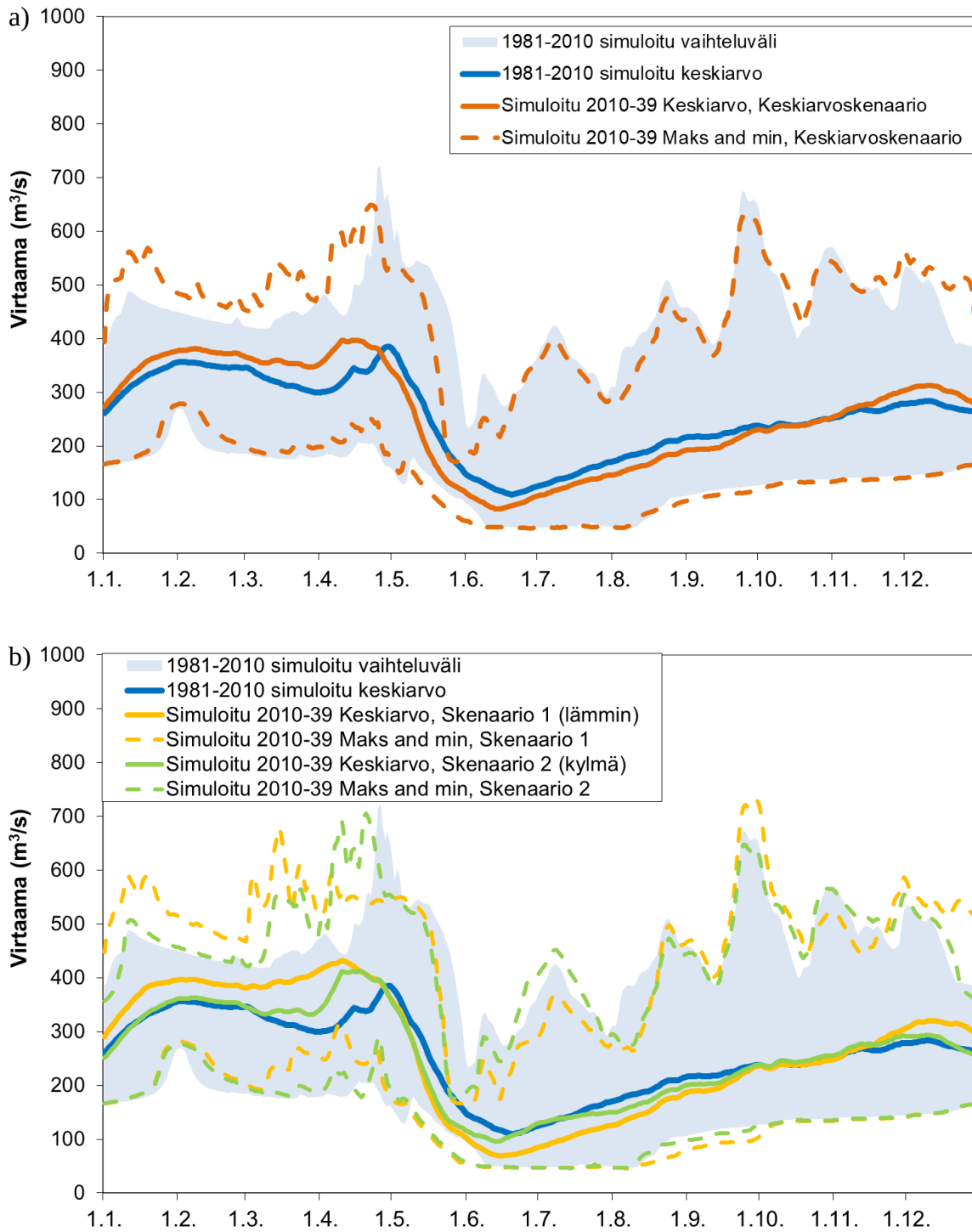
Kuva L21. Kyrönjoen päivittäinen keski- maksimi- ja minimivirtaama referenssijaksolla ja jaksolla 2040–69 a) keskiarvoskenaariolla, b) ääriarvoskenaarioilla, lämmin ja kylmä skenaario



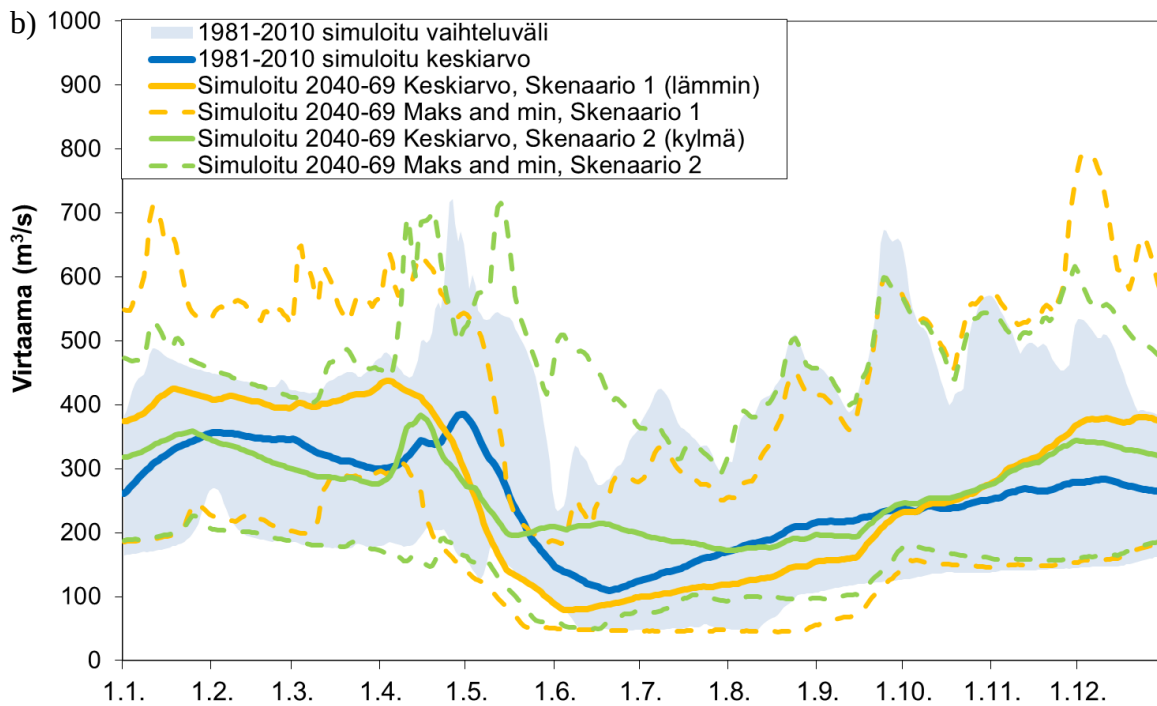
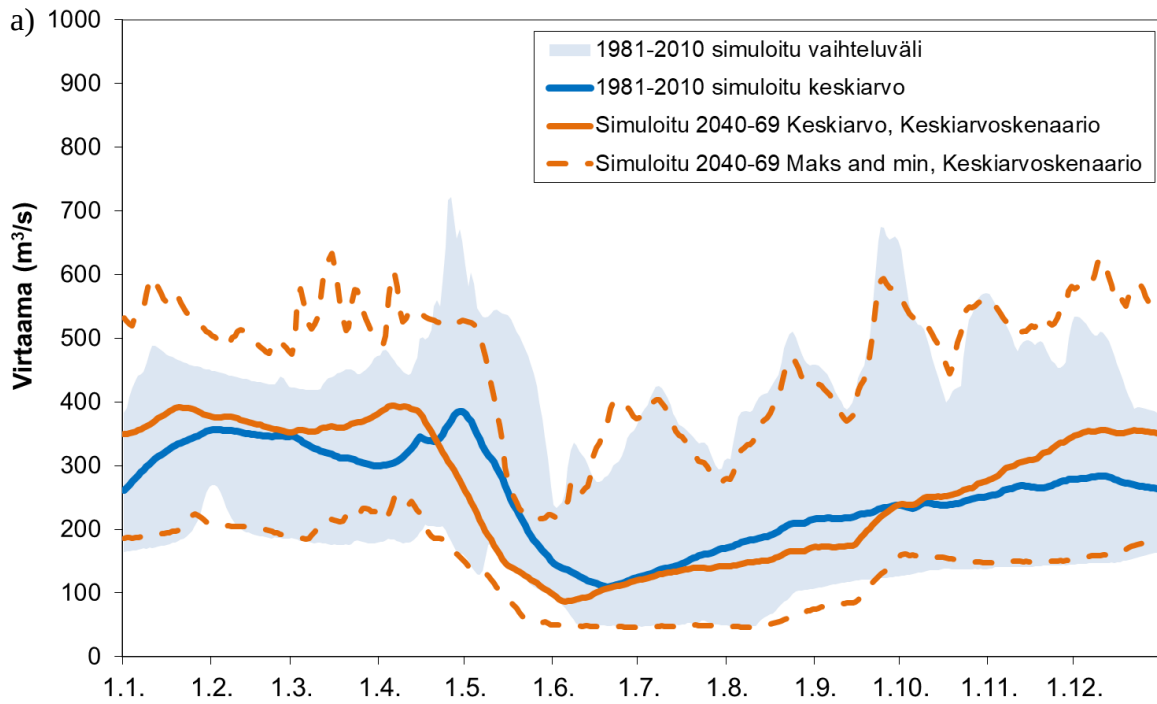
Kuva L22. Siikajoen päivittäinen keski- maksimi- ja minimivirtaama referenssijaksolla ja jaksolla 2010–39 a) keskiarvoskenaariolla, b) ääriarvoskenaarioilla, lämmin ja kylmä skenaario



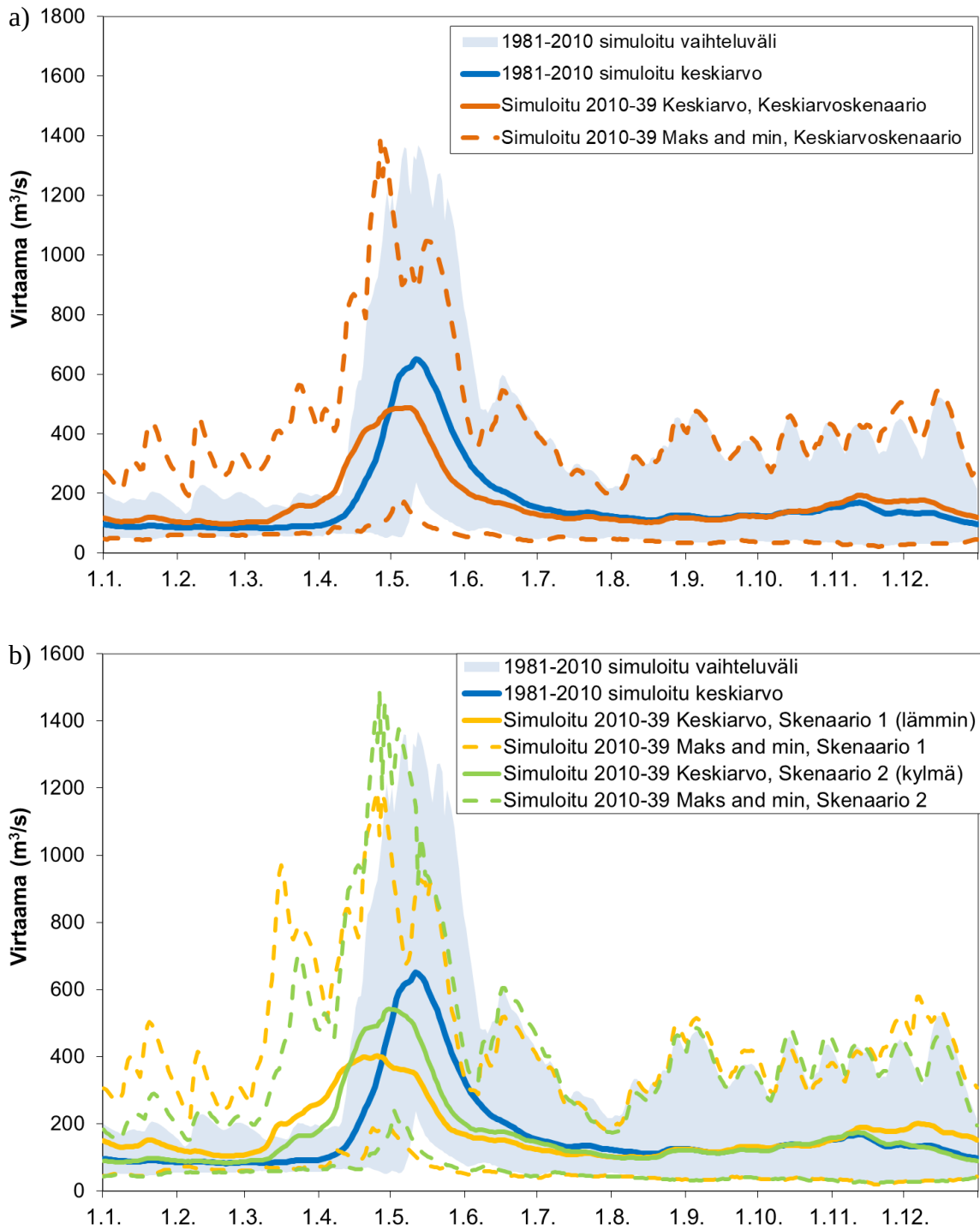
Kuva L23. Siikajoen päivittäinen keski- maksimi- ja minimivirtaama referenssijaksolla ja jaksolla 2040–69 a) keskiarvoskenaariolla, b) ääriarvoskenaarioilla, lämmin ja kylmä skenaario



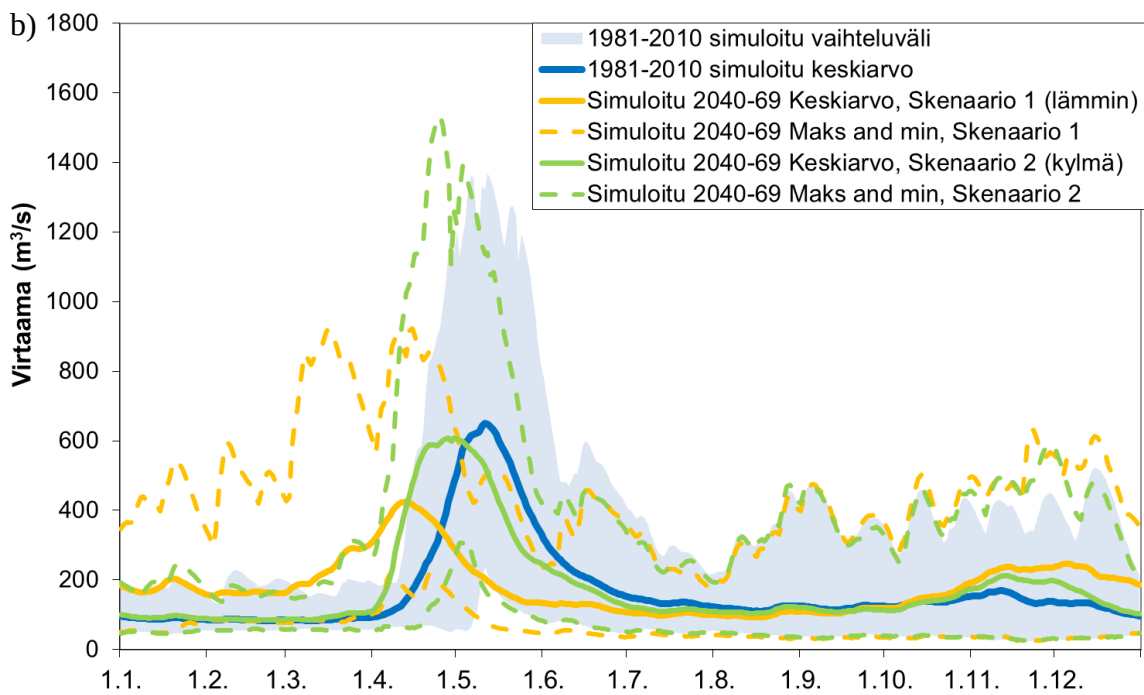
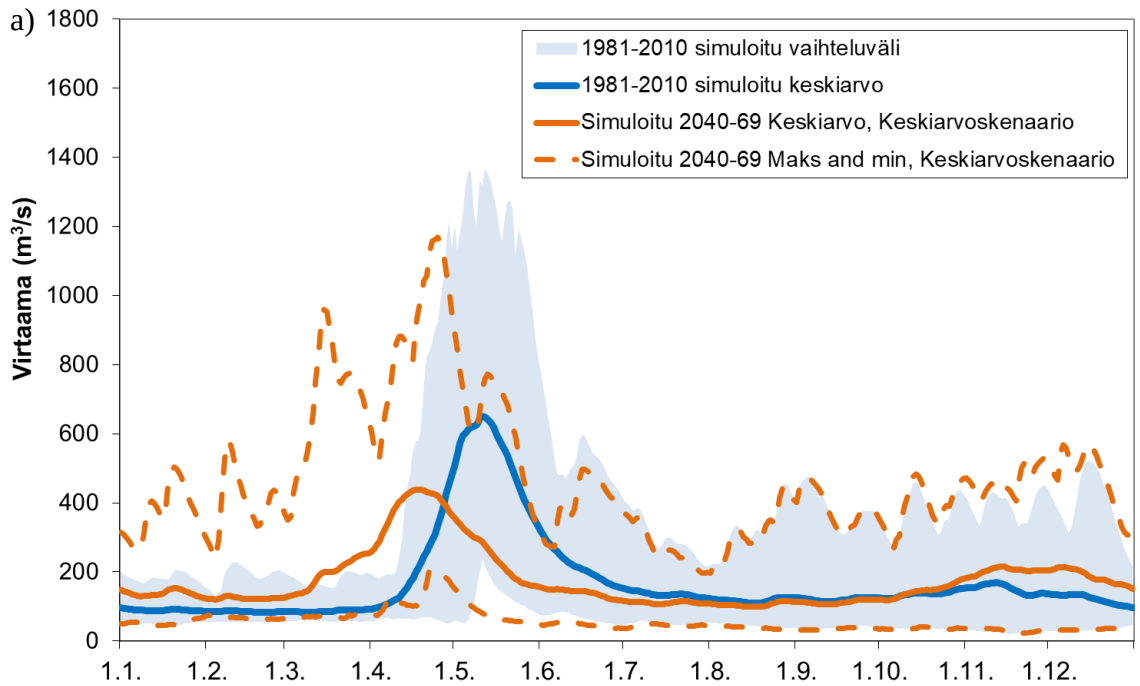
Kuva L24. Oulujoen (Merikoski) päivittäinen keski- maksimi- ja minimivirtaama referenssijaksolla ja jaksolla 2010–39 a) keskiarvoskenaariolla, b) ääriarvoskenaarioilla, lämmin ja kylmä skenaario



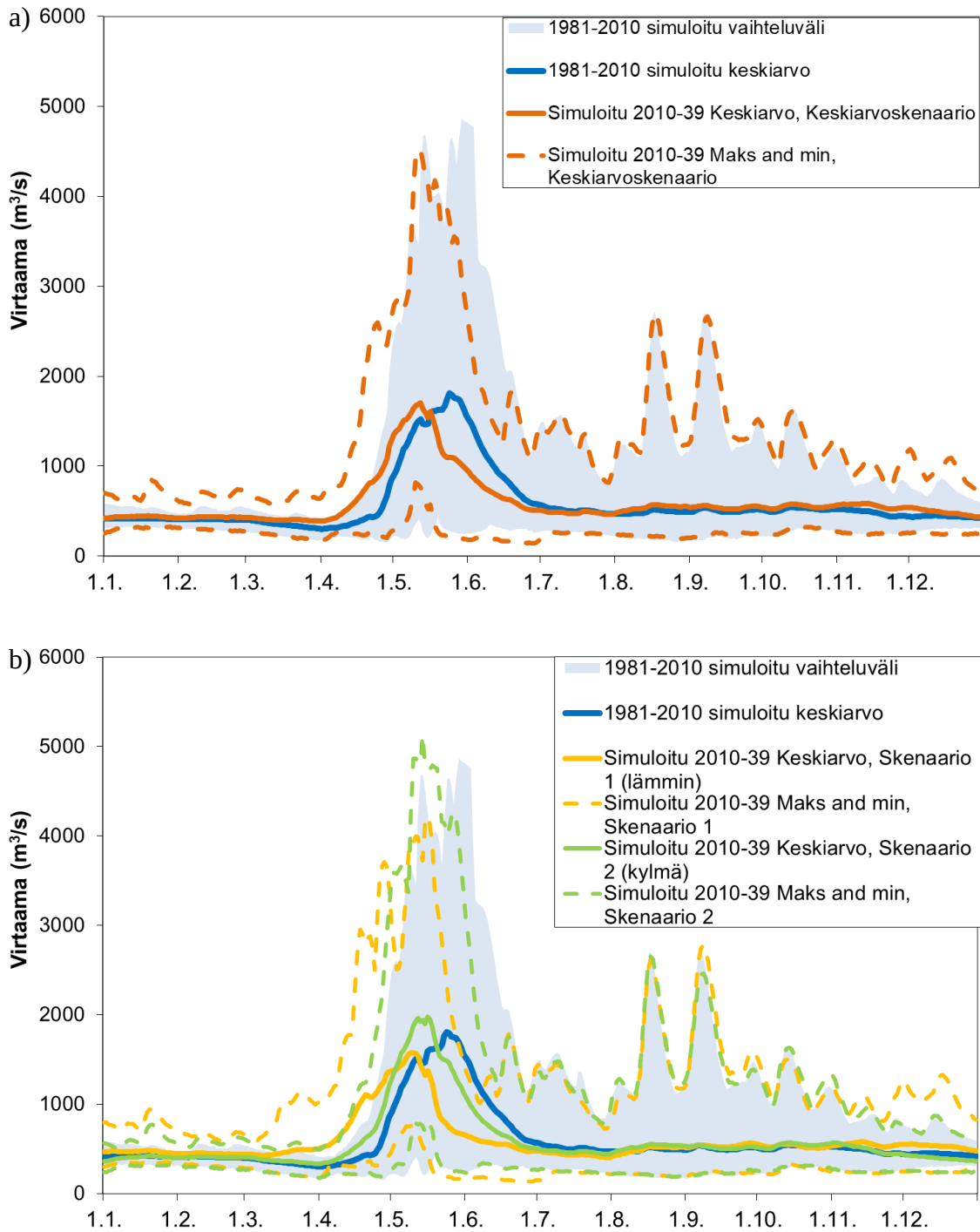
Kuva L25. Oulujoen päivittäinen keski- maksimi- ja minimivirtaama referenssijaksolla ja jaksolla 2040–69 a) keskiarvoskenaariolla, b) ääriarvoskenaarioilla, lämmin ja kylmä skenaario



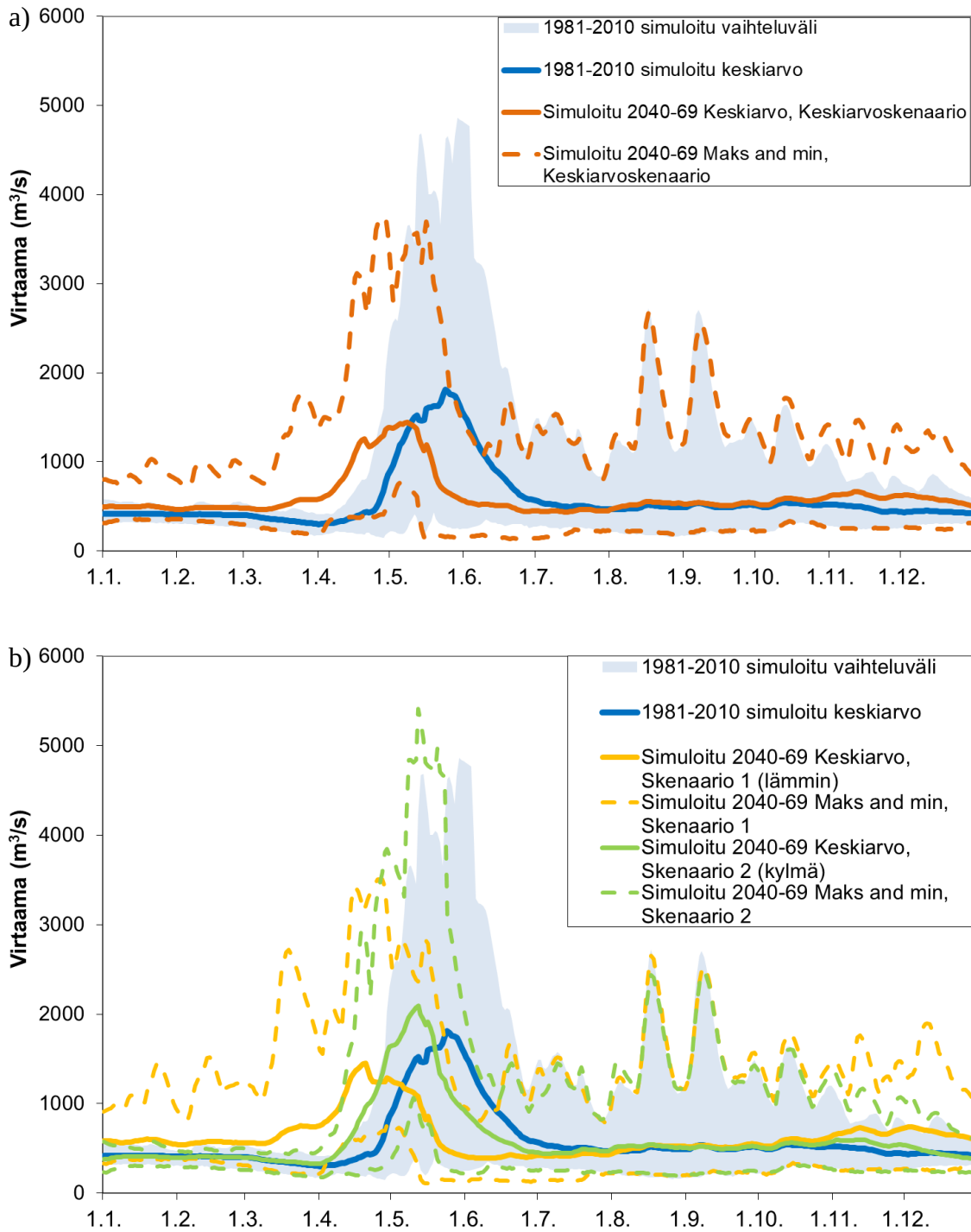
Kuva L26. Iijoen (Raasakka) päivittäinen keski- maksimi- ja minimivirtaama referenssijaksolla ja jaksolla 2010–39 a) keskiarvoskenaariolla, b) ääriarvoskenaarioilla, lämmin ja kylmä skenaario



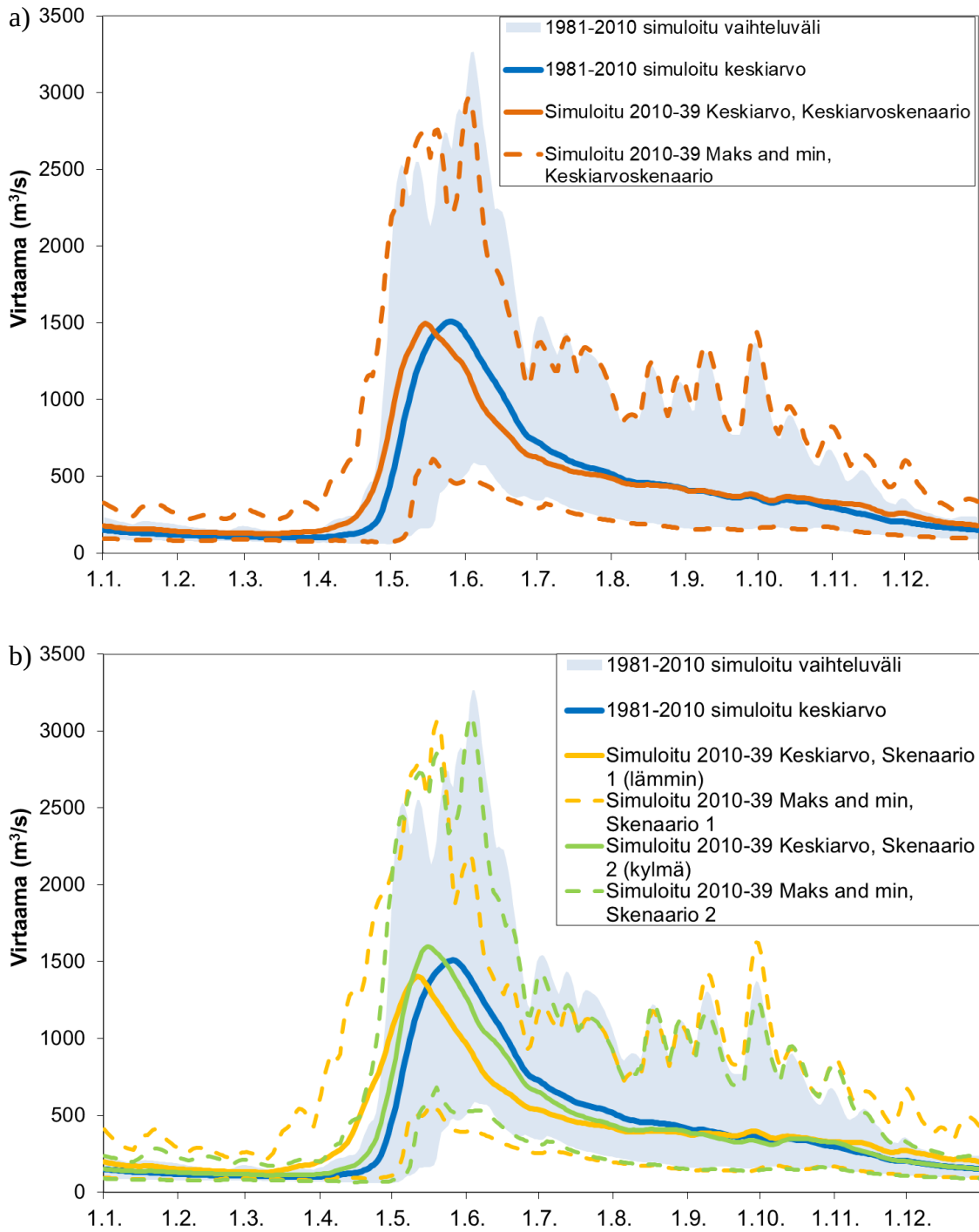
Kuva L27. Iijoen (Raasakka) päivittäinen keski- maksimi- ja minimivirtaama referenssijaksolla ja jaksolla 2040–69 a) keskiarvoskenaariolla, b) ääriarvoskenaarioilla, lämmin ja kylmä skenaario



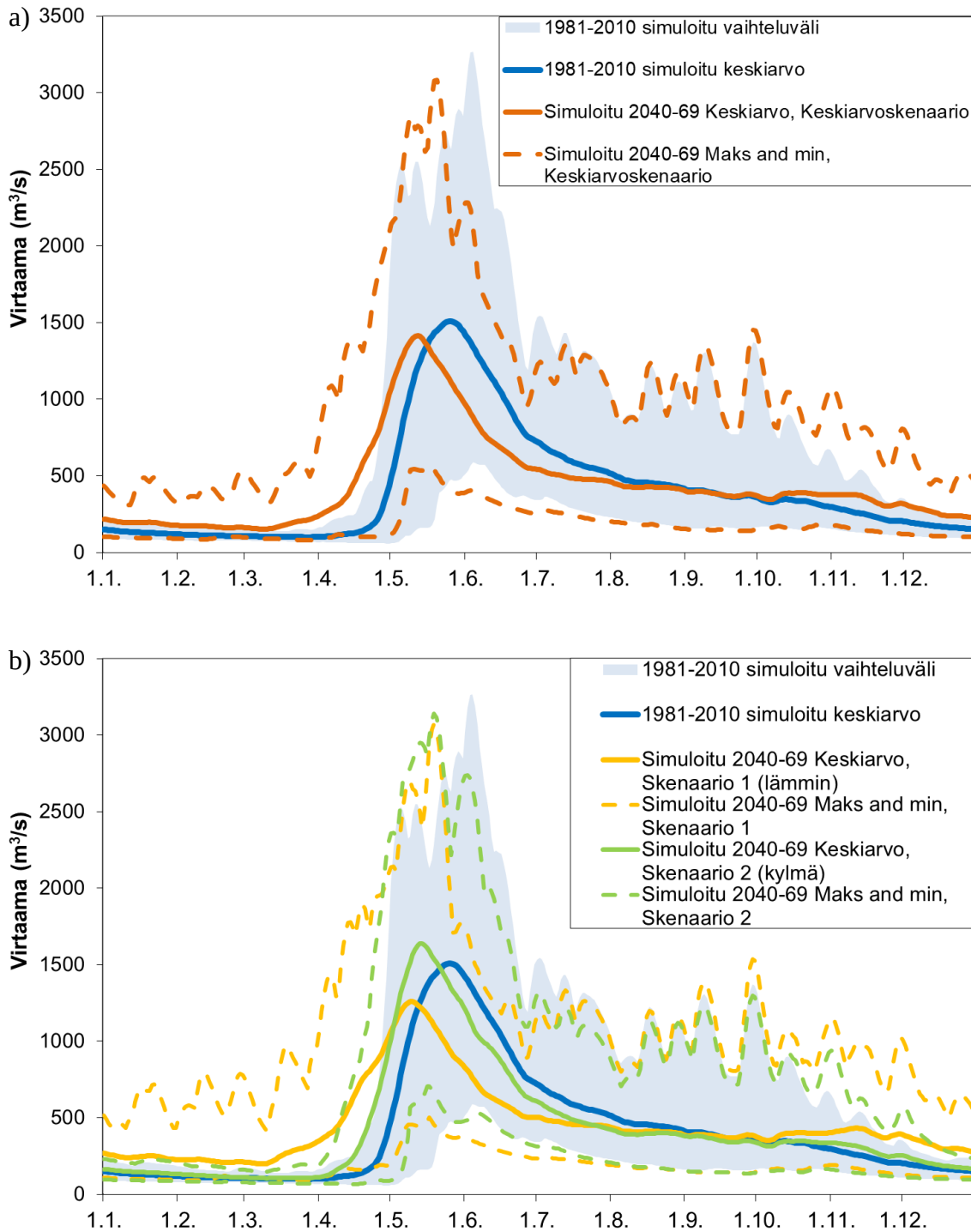
Kuva L28. Kemijoen (Isohaara) päivittäinen keski- maksimi- ja minimivirtaama referenssijaksolla ja jaksolla 2010–39 a) keskiarvoskenaariolla, b) ääriarvoskenaariolla, lämmin ja kylmä skenaario



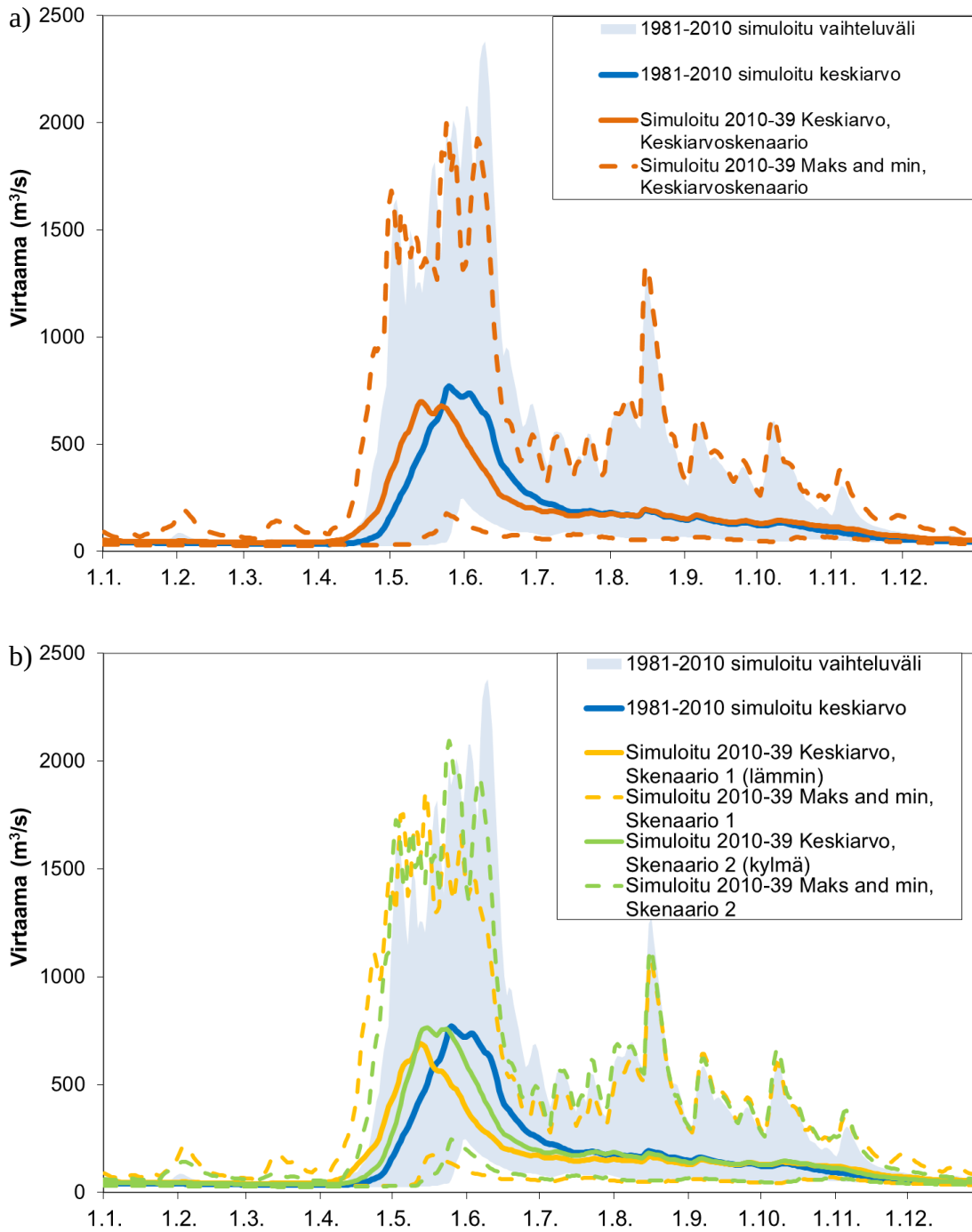
Kuva L30. Kemijoen (Ipäivittäinen keski- maksimi- ja minimivirtaama referenssijaksolla ja jaksolla 2040–69 a) keskiarvoskenaariolla, b) ääriarvoskenaarioilla, lämmin ja kylmä skenaario



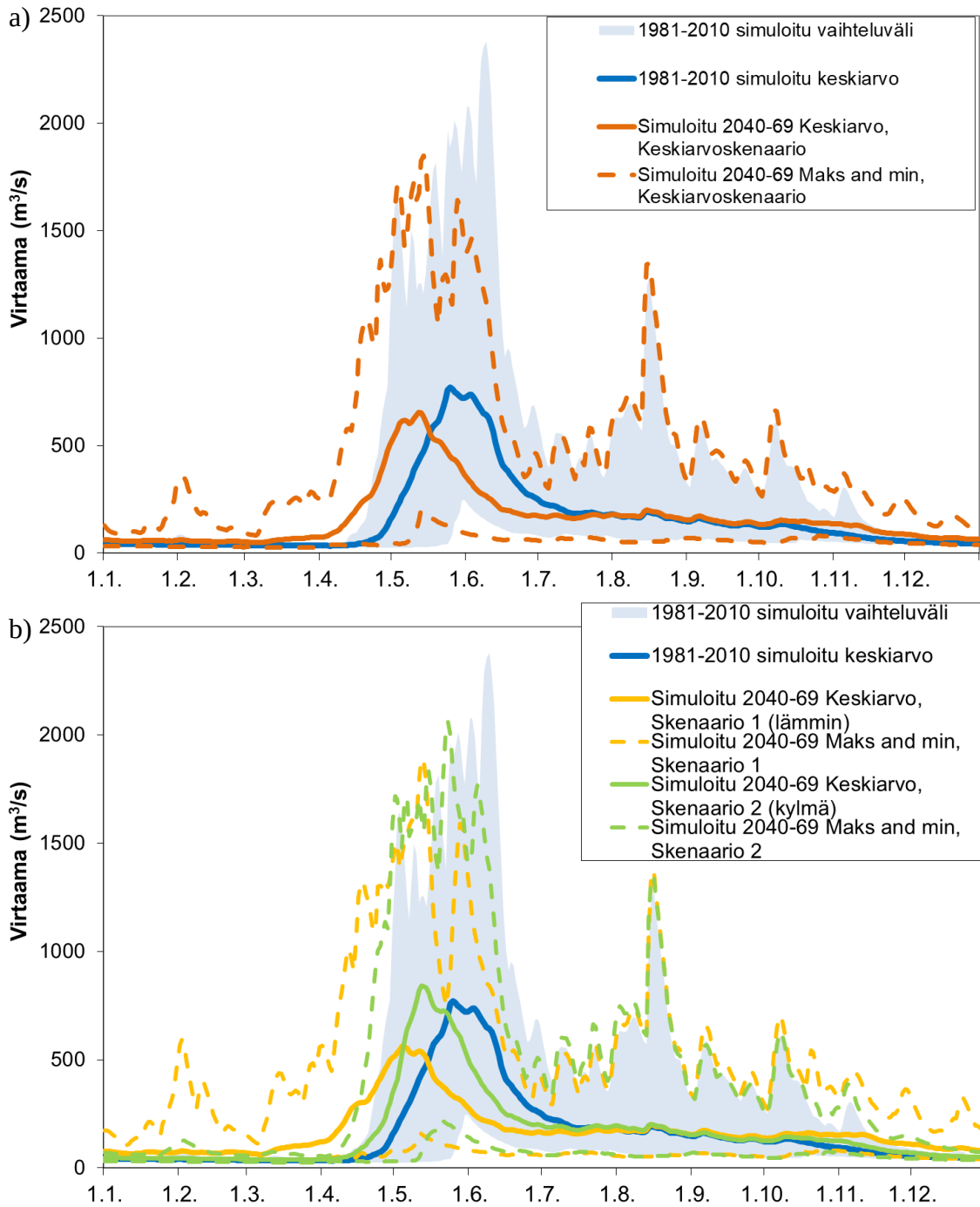
Kuva L31. Tornionjoen (Tornio) päivittäinen keski- maksimi- ja minimivirtaama referenssijaksolla ja jaksolla 2010–39 a) keskiarvoskenaariolla, b) ääriarvoskenaarioilla, lämmin ja kylmä skenaario



Kuva L32. Tornionjoen (Tornio)päivittäinen keski- maksimi- ja minimivirtaama referenssijaksolla ja jaksolla 2040–69 a) keskiarvoskenaariolla, b) ääriarvoskenaarioilla, lämmin ja kylmä skenaario



Kuva L33. Tenojoen päivittäinen keski- maksimi- ja minimivirtaama referenssijaksolla ja jaksolla 2010–39 a) keskiarvoskenaariolla, b) ääriarvoskenaarioilla, lämmin ja kylmä skenaario



Kuva L34. Tenojoen päivittäinen keski- maksimi- ja minimivirtaama referenssijaksolla ja jaksolla 2040–69 a) keskiarvoskenaariolla, b) ääriarvoskenaarioilla, lämmin ja kylmä skenaario

Liite 4: Yhteenvetotaulukot ilmastonmuutoksen vaikutuksista vesienhoitoalueittain

Yhteenvetotaulukoihin on koottu ilmastonmuutoksen vaikutuksia vesienhoidon ja tulvariskien hallinnan kannalta tarpeellisiin suureisiin. Tulokset perustuvat ClimVeturi-hankkeen laskentoihin, jotka tehty käyttäen useita ilmastoskenaarioita, ilmasto-oppaan tietoihin, sekä muihin oppaassa käytettyihin lähteisiin (katso lähdeluettelo). Esim. ravinnekuormituksen osalta arviot pohjautuvat Marisplan-hankkeen tuloksiin (Huttunen ym. 2015). Muutosten referenssijaksena suurimmassa osassa arvioita on käytetty vuosia 1981–2010.

Taulukko L1. Ilmastomuutoksen vaikutusten kokoomataulukko, koko Suomi

Muuttuja	2010-39	2040-69
Virtaama ja valunta	0-+6 %, mären n. +10 %, kuivin -2-(-4) %	0-+10 %, mären skenaario +10-20 %, kuivin n. -5 %
	Keskimäärin pientä kasvua (2-3 %) keskivirtaamissa	Keskimäärin pientä kasvua (5 %) keskivirtaamissa
Sadanta	0-10 %, mären n. +10 %, kuivin n. 0 %	4-10 %, mären +15-20 %, kuivin n. 0 %
	Sadanta kasvaa eniten talvella, kesän sadanta muuttuu vain vähän	Sadanta kasvaa eniten talvella, noin kaksi kertaa enemmän kuin keskimäärin, pienimmät muutokset kesällä
Tulvat (n. 1/100 toistuvuus)	-10-+10 %, katso paikallinen arvio, vaihtelee vesistöittäin	-40-+20 %, katso alueellinen arvio
	Talvi- ja syystulvat kasvavat, mutta kevättulvat pienenevät (paitsi Lapissa).	Talvi- ja syystulvat kasvavat, mutta kevättulvat pienenevät (paitsi Pohjois-Lapissa)
Minimivirtaama	Pienenee 5-10 %, paitsi Lapissa kasvaa. Kuivimmilla skenaarioilla pienenee Lappia lukuun ottamatta 10-25 %.	Pienenee 5-10 %, paitsi Lapissa kasvaa. Kuivimmilla skenaarioilla pienenee Lappia lukuun ottamatta 10-35 %.
Lumen määrä	Muutos lumen vesiaron maksimissa keskim. -20-40 %. Ääriskenaariossa -40-50 %	-25-55 %. Ääriskenaariossa -40-70 %
	Lumipeitteen kesto lyhenee ja keskimääräinen maksimiarvo pienenee suuressa osassa maata, pienimmät muutokset Pohjois-Lapissa.	Lumipeitteen kesto lyhenee ja keskimääräinen maksimiarvo pienenee koko maassa, pienimmät muutokset Pohjois-Lapissa.
Jääpeite	Maksimipaksuus ohenee n. 0-15 cm	Maksimipaksuus ohenee n. 10-20 cm
	Lyhenee hieman ja muuttuu epävarmemmaksi, kohvajään osuus kasvaa	Lyhenee selkeästi ja muuttuu epävarmemmaksi, kohvajään osuus kasvaa
Maatalouden kuormitus (muutos vuosista 2000-2010 vuosiin 2051-60)		Itämereen päätyvä kuormitus N: keskiarvo 0 % (kuiva-8...märkä +7 %), P: keskiarvo +21 % (kuiva 0...märkä 37 %)
		Ravinnekuormitus (kok.P, N) kasvaa talvikuukausina valunnan kasvaessa ja vähenee kasvukaudella valunnan pienentyessä. Märässä skenaariossa kuormitus lisääntyy eniten, kuivassa paikoin vähenee, paikoin lisääntyy hieman.
Kuormitus muista maankäyttömuodoista (muutos vuosista 2000-2010 vuosiin 2051-60)		Itämereen päätyvä kuormitus N: keskiarvo +5 % (kuiva -5...märkä +18 %), P: keskiarvo +3 % (kuiva -6...märkä +15 %)
		Maankäytöstä johtuva kuormitus kasvaa valunnan lisääntyessä. Kevättulvan suuruus voi vaikuttaa P kuormitukseen. Haja-asutuksen kuormitus vähenee jäteveden käsittelyvaatimusten noustua, pistekuormitus ei muutu. Metsätalouden orgaanisen tyyppien kuormitus kasvaa valunnan kasvun myötä.
Meriveden pinnan nousu	Meren pinta nousee etenkin Suomenlahdella, Pohjanlahdella maankohoaminen kompensoi nousua	
Meriveden pinnan lyhytaikaisvaihtelu	Merivedenpinnan lyhytaikaiseen nousuun vaikuttavat matalapaineet ja myrskyt lisääntyvät hieman	
Muut muutokset valuma-alueella, esim. maankäyttö	Rakennetun alan osuus kasvaa, turvetuotantoala vähenee, metsämaan osuus hieman pienenee. Viljelysmaan kokonaismäärä ei muutu, mutta eloperäisten viljelysmaiden ala kasvaa Etelä-Suomessa noin 12 000 ha ja Pohjois-Suomessa 18 000 ha vuoteen 2040 mennessä.	Vaihtelee alueittain

Taulukko L2. Ilmastomuutoksen vaikutusten kokoomataulukko, VHA1, Vuoksi

Muuttuja	2010-39	2040-69
Virtaama ja valunta	-3-+5 %, mären skenaario n. +8 %, kuivin -5 %	-4-+6 %, mären +5-10%, kuivin n. -10 %
	Ei juuri muutosta (0-2 %) keskivirtaamissa	Keskimäärin pientä kasvua (1-4 %) keskivirtaamissa
Sadanta	0-10 %, mären n. +10 %, kuivin n. 0%	4-10 %, mären +15-20%, kuivin n. 0%
	Sadanta kasvaa eniten talvella, kesän sadanta muuttuu vain vähän	Sadanta kasvaa eniten talvella, noin kaksi kertaa enemmän kuin keskimäärin, pienimmät muutokset kesällä
Tulvat (n. 1/100 toistuvuus)	-10-+10 %, katso paikallinen arvio	-40-+20%, katso paikallinen arvio
	Talvi- ja syystulvat kasvavat, mutta kevättulvat pienenevät. Kylmissä skenaarioissa kevättulva pienenee vain vähän.	Talvi- ja syystulvat kasvavat, mutta kevättulvat pienenevät. Kylmissä skenaarioissa kevättulva pienenee vain vähän.
Minimivirtaama	Pienenee 2-10 %. Kuivimmilla skenaarioilla -10-15 %	Pienenee 5-10 %. Kuivimmilla skenaarioilla -10-25 %
Lumen määrä	Muutos lumen vesiarvon maksimissa -20-40 % suhteessa 1981-2010. Ääriskenaarioissa -40-50 %	Keskimäärin -25-55 %, ääriskenaarioissa -40-70 %
	Lumipeitteen kesto lyhenee ja keskimääräinen maksimiarvo pienenee. Lämpimissä skenaarioissa lumen määrä vähenee voimakkaasti.	Lumipeitteen kesto lyhenee ja keskimääräinen maksimiarvo pienenee selvästi. Lämpimissä skenaarioissa lumen määrä vähenee voimakkaasti.
Jääpeite	Maksimipaksuus ohenee n. 0-15 cm, ääriskenaarioilla suuremmat muutokset.	Maksimipaksuus ohenee n. 10-20 cm, ääriskenaarioilla suuremmat muutokset.
	Lyhenee hieman ja muuttuu epävarmemmaksi, kohvajään osuus kasvaa	Lyhenee selkeästi ja muuttuu epävarmemmaksi, kohvajään osuus kasvaa
Maatalouden kuormitus (muutos vuosista 2000-2010 vuosiin 2051-60)		Kuormitus Vuoksen vesistöä N: keskiarvo -3 % (-8...+2 %) P: keskiarvo +4 % (-8...+17 %)
		Ravinnekuormitus (P, N) kasvaa talvikuukausina ja vähenee kasvukaudella.
Kuormitus muista maankäyttömuodoista (muutos vuosista 2000-2010 vuosiin 2051-60)		Vuoksen vesistöä Itämereen päätyvä kuormitus N: keskiarvo +11 % (kuiva-2...märkä +25 %) P: keskiarvo +11 % (0...+28 %)
		Maankäytöstä johtuva kuormitus kasvaa valunnan lisääntyessä. Haja-asutuksen kuormitus vähenee, pistekuormitus ei muutu.
Meriveden pinnan nousu	Ei vaikutusta	Ei vaikutusta
Meriveden pinnan lyhytaikaisvaihtelu	Ei vaikutusta	Ei vaikutusta
Muut muutokset valuma-alueella, esim. maankäyttö		

Taulukko L3. Ilmastomuutoksen vaikutusten kokoomataulukko, VHA 2, Kymijoki-Suomenlahti

Muuttuja	2010-39	2040-69
Virtaama ja valunta	0-+3 %, mären skenaario n. +8 %, kuivin -5 %	-4-+6 %, mären +5-10%, kuivin n. -8 %
	Ei juuri muutosta (0-2 %) keskivirtaamissa	Keskimäärin pientä kasvua (1-3 %) keskivirtaamissa
Sadanta	0-5 %, mären n. +10 %, kuivin n. 0%	4-10 %, mären +15-20%, kuivin n. 0%
	Sadanta kasvaa eniten talvella, kesän sadanta muuttuu vain vähän	Sadanta kasvaa eniten talvella, noin kaksi kertaa enemmän kuin keskimäärin, pienimmät muutokset kesällä
Tulvat (n. 1/100 toistuvuus)	-20-+10 %, katso paikallinen arvio	-40-+20%, katso paikallinen arvio
	Talvi- ja syystulvat kasvavat, mutta kevättulvat pienenevät. Rankkasadetulvat kasvavat	Talvi- ja syystulvat kasvavat, mutta kevättulvat pienenevät. Rankkasadetulvat kasvavat
Minimivirtaama	Pienenee 5-15 %, Kuivimmilla skenaarioilla -15-25 %	Pienenee 5-20 %, Kuivimmilla skenaarioilla -15-30 %
Lumen määrä	Muutos lumen vesiarvon maksimissa keskimäärin -30-50 % (vrt. 1981-2010), ääriskenaarioissa -40-50 %	Keskimäärin -30-70 %, ääriskenaarioissa -60-80 %
	Lumipeitteen kesto lyhenee ja keskimääräinen maksimiarvo pienenee. Lämpimissä skenaarioissa lumen määrä vähenee voimakkaasti.	Lumipeitteen kesto lyhenee ja keskimääräinen maksimiarvo pienenee selvästi. Lämpimissä skenaarioissa lumen määrä vähenee voimakkaasti.
Jääpeite	Maksimipaksuus ohenee n. 5-15 cm, ääriskenaarioilla enemmän.	Maksimipaksuus ohenee n. 10-20 cm, ääriskenaarioilla enemmän
	Lyhenee hieman ja muuttuu epävarmemmaksi, kohvajään osuus kasvaa	Lyhenee selkeästi ja muuttuu epävarmemmaksi, kohvajään osuus kasvaa
Maatalouden kuormitus (muutos vuosista 2000-2010 vuosiin 2051-60)		Kuormitus Suomenlahteen N: keskiarvo +5 % (kuiva -5...märkä +14 %) P: keskiarvo +23 % (kuiva -6... märkä+39 %)
		Ravinnekuormitus (P, N) kasvaa talvikuukausina ja vähenee kasvukaudella.
Kuormitus muista maankäyttömuodoista (muutos vuosista 2000-2010 vuosiin 2051-60)		Kuormitus Suomenlahteen N: keskiarvo +12 % (kuiva -6...märkä +29 %) P: keskiarvo +12 % (kuiva -7...märkä+30 %)
		Maankäytöstä johtuva kuormitus kasvaa valunnan lisääntyessä. Haja-asutuksen kuormitus vähenee, pistekuormitus ei muutu.
Meriveden pinnan nousu	n. 0 cm, ääriskenaarioilla +10 cm	n. +10 cm, ääriskenaarioilla +25 cm
Meriveden pinnan lyhytaikaisvaihtelu	Vaikuttaa vain rannikolla ja suistoalueilla. Maankohoaminen kompensoi pitkäaikaista merivedenpinnan nousua.	Vaikuttaa vain rannikolla ja suistoalueilla. Pitkäaikainen merivedenpinnan nousu on voimakkaampaa kuin maankohoaminen
Muut muutokset valuma-alueella, esim. maankäyttö		

Taulukko L4. Ilmastomuutoksen vaikutusten kokoomataulukko, VHA3, Kokemäenjoki-Saaristomeri-Selkämeri

Muuttuja	2010-39	2040-69
Virtaama ja valunta	-2-+4 %, mären skenaario +8 % kuivin -5 %	-2-+7 %, mären +5-10%, kuivin n. -5 %
	Ei juuri muutosta (0-2 %) keskivirtaamissa	Keskimäärin pientä kasvua (1-4 %) keskivirtaamissa
Sadanta	0-10 %, mären n. +10 %, kuivin n. 0%	4-10 %, mären +15-20%, kuivin n. 0%
	Sadanta kasvaa eniten talvella, kesän sadanta muuttu vain vähän	Sadanta kasvaa eniten talvella, noin kaksi kertaa enemmän kuin keskimäärin, pienimmät muutokset kesällä
Tulvat (n. 1/100 toistuvuus)	-20-+10 %, katso alueellinen arvio	-25-+15%, katso alueellinen arvio
	Talvi- ja syystulvat kasvavat, mutta kevättulvat pienenevät	Talvi- ja syystulvat kasvavat, mutta kevättulvat pienenevät
Minimivirtaama	Pienenee 5-10 % Kuivimmilla skenaarioilla pienenee 10-25 %	Pienenee 5-15 %, Kuivimmilla skenaarioilla pienenee 10-35 %
Lumen määrä	Muutos lumen vesiarvon maksimissa keskimäärin -25-45 % (vrt. 1981-2010), äärimmillään -40-60 %	Keskimäärin -35-55 %, äärimmillään -50-80 %
	Lumipeitteen kesto lyhenee ja keskimääräinen maksimiarvo pienenee, mutta lumisiakin talvia esiintyy. Lämpimissä skenaarioissa vähenee voimakkaasti.	Lumipeitteen kesto lyhenee ja keskimääräinen maksimiarvo pienenee selvästi. Lämpimissä skenaarioissa vähenee voimakkaasti.
Jääpeite	Maksimipaksuus ohenee n. 0-15 cm	Maksimipaksuus ohenee n. 10-20 cm
	Lyhenee hieman ja muuttuu epävarmemmaksi, kohvajään osuus kasvaa	Lyhenee selkeästi ja muuttuu epävarmemmaksi, kohvajään osuus kasvaa
Maatalouden kuormitus (muutos vuosista 2000-2010 vuosiin 2051-60)		Kuormitus Pohjanlahteen N: keskiarvo +6 % (kuiva -3...märkä +14 %) P: keskiarvo +26 % (kuiva +4...märkä +46 %)
		Ravinnekuormitus (P, N) kasvaa talvikuukausina ja vähenee kasvukaudella.
Kuormitus muista maankäyttömuodoista (muutos vuosista 2000-2010 vuosiin 2051-60)		Kuormitus Pohjanlahteen N: keskiarvo +8 % (kuiva -6...märkä +24 %) P: keskiarvo +10 % (kuiva -5...märkä +27%)
		Maankäytöstä johtuva kuormitus kasvaa valunnan lisääntyessä. Haja-asutuksen kuormitus vähenee, pistekuormitus ei muutu.
Meriveden pinnan nousu	n. -10 cm, ääriskenaarioissa 0 cm	n. -15 cm, ääriskenaarioissa 0 cm
Meriveden pinnan lyhytaikaisvaihtelu	Maankohoaminen on voimakkaampaa kuin pitkäaikainen merivedenpinnan nousu.	Maankohoaminen on voimakkaampaa kuin pitkäaikainen merivedenpinnan nousu
Muut muutokset valuma-alueella, esim. maankäyttö		

Taulukko L5. Ilmastomuutoksen vaikutusten kokoomataulukko, VHA4, Oulujoki-Iijoki

Muuttuja	2010-39	2040-69
Virtaama ja valunta	0-+7 %, märin skenaario n. +10 %, kuivin n. -2%	0-+10 %, märin n. +10%, kuivin n. -5
	Ei juuri muutosta (0-2 %) keskivirtaamissa	Keskimäärin pientä kasvua (n. 3 %) keskivirtaamissa
Sadanta	0-10 %, märin n. +10 %, kuivin n. 0%	4-10 %, märin +15-20%, kuivin n. 0%
	Sadanta kasvaa eniten talvella, kesän sadanta muuttuu vain vähän	Sadanta kasvaa eniten talvella, noin kaksi kertaa enemmän kuin keskimäärin, pienimmät muutokset kesällä
Tulvat (n. 1/100 toistuvuus)	-20-+10 %, katso paikallinen arvio	-30-+15%, katso paikallinen arvio
	Talvi- ja syystulvat kasvavat, mutta kevättulvat keskimäärin pienenevät tai pysyvät ennallaan	Talvi- ja syystulvat kasvavat, mutta kevättulvat pienenevät
Minimivirtaama	Pienenee 5-10 %, Kuivimmilla skenaarioilla pienenee 10-25 %	Pienenee 0-10 %, Kuivimmilla skenaarioilla pienenee 10-25 %
Lumen määrä	Muutos lumen vesiarvon maksimissa keskimäärin -25-45 % suhteessa 1981-2010, ääriskenaarioissa -40-60 %	keskimäärin -35-55 %, ääriskenaarioissa -50-80 %
	Lumipeitteen kesto lyhenee ja keskimääräinen maksimiarvo pienenee, mutta runsaslumisiakin talvia esiintyy. Muutokset suurempia rannikon läheisyydessä kuin sisämaassa.	Lumipeitteen kesto lyhenee ja keskimääräinen maksimiarvo pienenee selvästi. Lämpimissä skenaarioissa lumen määrä vähenee voimakkaasti.
Jääpeite	Maksimipaksuus ohenee n. 0-15 cm	Maksimipaksuus ohenee n. 10-20 cm
	Lyhenee hieman ja muuttuu epävarmemmaksi, kohvajään osuus kasvaa	Lyhenee selkeästi ja muuttuu epävarmemmaksi, kohvajään osuus kasvaa
Maatalouden kuormitus (muutos vuosista 2000-2010 vuosiin 2051-60)		Kuormitus Perämereen N: keskiarvo -11 % (kuiva -15...märkä -5 %), P: keskiarvo +21 % (kuiva +11...märkä +34 %)
		Ravinnekuormitus (P, N) kasvaa talvikuukausina ja vähenee kasvukaudella.
Kuormitus muista maankäyttömuodoista (muutos vuosista 2000-2010 vuosiin 2051-60)		Kuormitus Perämereen N: keskiarvo +2 % (kuiva -5...märkä +9 %), P: keskiarvo -2 % (kuiva -7...märkä +5 %)
		Maankäytöstä johtuva kuormitus kasvaa valunnan lisääntyessä. Kevättulvan suuruus voi vaikuttaa P kuormitukseen. Haja-asutuksen kuormitus vähenee, pistekuormitus ei muutu.
Meriveden pinnan nousu	n. -10 cm, ääriskenaarioissa 0 cm Maankohoaminen on voimakkaampaa kuin pitkäaikainen merivedenpinnan nousu.	n. -15 cm, ääriskenaarioissa 5 cm Maankohoaminen on voimakkaampaa kuin pitkäaikainen merivedenpinnan nousu.
Meriveden pinnan lyhytaikaisvaihtelu	Lyhytaikaisvaihtelussa ei merkittävää muutosta nykyiseen	Merivedenpinnan lyhytaikaiseen nousuun vaikuttavat matalapaineet ja myrskyt lisääntyvät hieman
Muut muutokset valuma-alueella, esim. maankäyttö		

Taulukko L6. Ilmastomuutoksen vaikutusten kokoomataulukko, VHA5-6, Kemijoki-Tornionjoki

Muuttuja	2010-39	2040-69
Virtaama ja valunta	0-+6 %, märin n. +10 %, kuivin -2-(-4) %	0-+10 %, märin skenaario +5-11%, kuivin n. -7 %
	Ei juuri muutosta (0-3 %) keskivirtaamissa	Keskimäärin pientä kasvua (5 %) keskivirtaamissa
Sadanta	0-10 %, märin n. +10 %, kuivin n. 0%	4-10 %, märin +15-20%, kuivin n. 0%
	Sadanta kasvaa eniten talvella, kesän sadanta muuttu vain vähän	Sadanta kasvaa eniten talvella, noin kaksi kertaa enemmän kuin keskimäärin, pienimmät muutokset kesällä
Tulvat (n. 1/100 toistuvuus)	-20-+5 %, katso paikallinen arvio	-25-0 %, katso paikallinen arvio
	Kevättulva keskimäärin pysyy ennallaan tai pienenee hieman, mutta kylmissä skenaarioissa jopa kasvaa	Kevättulvat pienenevät hieman, kylmissä skenaarioissa ei juuri muutosta
Minimivirtaama	Kasvaa tai pysyy ennallaan Lapissa minimivirtaama talvella kasvaa	Kasvaa tai pysyy ennallaan. Lapissa minimivirtaama talvella kasvaa, kesällä pienenee
Lumen määrä	Muutos lumen vesiarvon maksimissa -20-40 % suhteessa 1981-2010, 'lämpimin skenaario -40-50 %, kylmässä pysyy ennallaan	-25-55 %, 'lämpimin skenaario -40-70 %
	Muutokset lumessa suurempia rannikon läheisyydessä kuin tunturialueilla. Lumipeitteen kesto lyhenee ja keskimääräinen maksimiarvo pienenee hieman. Lämpimissä skenaarioissa lumen määrä vähenee. Toisaalta toisen ääripään skenaarioilla lumen maksimivesiarvo pysyy Lapissa ennallaan, paikoin voi lumisimpina vuosina jopa kasvaa.	Muutokset lumessa suurempia rannikon läheisyydessä kuin tunturialueilla Lumipeitteen kesto lyhenee ja keskimääräinen maksimiarvo pienenee. Lämpimissä skenaarioissa lumen määrä vähenee selvästi. Toisaalta toisen ääripään skenaarioilla lumen maksimivesiarvo vähenee Lapissa vain 10 % .
Jääpeite	Maksimipaksuus ohenee n. 0-15 cm. Ääriskenaarioilla suurempi muutos.	Maksimipaksuus ohenee n. 10-20 cm. Ääriskenaarioilla suurempi muutos.
	Lyhenee hieman ja muuttuu epävarmemmaksi, kohvajään osuus kasvaa	Lyhenee selkeästi ja muuttuu epävarmemmaksi, kohvajään osuus kasvaa
Maatalouden kuormitus (muutos vuosista 2000-2010 vuosiin 2051-60)		Kuormitus Perämereen N: keskiarvo -11 % (kuiva -15...märkä -5 %), P: keskiarvo +21 % (kuiva +11...märkä +34 %)
		Ravinnekuormitus (P, N) kasvaa talvikuukausina ja vähenee kasvukaudella.
Kuormitus muista maankäyttömuodoista (muutos vuosista 2000-2010 vuosiin 2051-60)		Kuormitus Perämereen N: keskiarvo +2 % (kuiva -5...märkä +9 %), P: keskiarvo -2 % (kuiva -7...märkä +5 %)
		Maankäytöstä johtuva kuormitus kasvaa valunnan lisääntyessä. Kevättulvan suuruus voi vaikuttaa P kuormitukseen. Haja-asutuksen kuormitus vähenee, pistekuormitus ei muutu.
Meriveden pinnan nousu	n. -16 cm, ääriskenaarioissa -3 cm Perämerellä maankohoaminen todennäköisesti jatkuu merenpinnan nousua voimakkaampana	n. -23 cm, ääriskenaarioissa -6 cm Perämerellä maankohoaminen todennäköisesti jatkuu merenpinnan nousua voimakkaampana
Meriveden pinnan lyhytaikaisvaihtelu	Lyhytaikaisvaihtelussa ei merkittävää muutosta nykyiseen	Merivedenpinnan lyhytaikaiseen nousuun vaikuttavat matalapaineet ja myrskyt lisääntynevät hieman
Muut muutokset valuma-alueella, esim. maankäyttö		

Ilmastomuutoksen vaikutusten kokoomataulukko, VHA 7, Teno-Näätämö-Paatsjoki

Muuttuja	2010-39	2040-69
Virtaama ja valunta	0-+6 %, mären n. +10 %, kuivin -3-(-6) %	0-+12 %, mären skenaario +5-15%, kuivin n. -9 %
	Ei juuri muutosta (0-3 %) keskivirtaamissa	Keskimäärin pientä kasvua (4 %) keskivirtaamissa
Sadanta	0-10 %, mären n. +10 %, kuivin n. 0%	4-10 %, mären +15-20%, kuivin n. 0%
	Sadanta kasvaa eniten talvella, kesän sadanta muuttu vain vähän	Sadanta kasvaa eniten talvella, noin kaksi kertaa enemmän kuin keskimäärin, pienimmät muutokset kesällä
Tulvat (n. 1/100 toistuvuus)	-20-+5 % katso paikallinen arvio	-25-0 % katso paikallinen arvio
	Kevättulva keskimäärin pysyy ennallaan tai pienenee hieman, kylmissä skenaarioissa jopa kasvaa	Kevättulvat pienenevät hieman, kylmissä skenaarioissa ei juuri muutosta
Minimivirtaama	Kasvaa tai pysyy ennallaan Lapissa minimivirtaama talvella kasvaa	Kasvaa tai pysyy ennallaan. Lapissa minimivirtaama talvella kasvaa, kesällä pienenee
Lumen määrä	Muutos lumen vesiarvon maksimissa -20-40 % suhteessa 1981-2010, lämpimin skenaario -40-50 %, kylmässä pysyy ennallaan	-25-55 %, lämpimin skenaario -40-70 %
	Pohjois-Lapissa muutokset lumessa vähäisempiä kuin etelässä. Lumipeitteen kesto lyhenee hieman. Lämpimissä skenaarioissa lumen määrä vähenee. Toisaalta toisen ääripään skenaarioilla lumen maksimivesiarvo pysyy Lapissa ennallaan, paikoin voi lumisimpina vuosina jopa kasvaa.	Pohjois-Lapissa muutokset lumessa vähäisempiä kuin etelässä. Lumipeitteen kesto lyhenee ja keskimääräinen maksimiarvo pienenee hieman. Lämpimissä skenaarioissa lumen määrä vähenee voimakkaasti. Toisaalta toisen ääripään skenaarioilla lumen maksimivesiarvo vähenee Lapissa vain 10 %.
Jääpeite	Maksimipaksuus ohenee n. 0-15 cm. Ääriskenaarioilla suurempi muutos.	Maksimipaksuus ohenee n. 10-20 cm. Ääriskenaarioilla suurempi muutos.
	Lyhenee hieman ja muuttuu epävarmemmaksi, kohvajään osuus kasvaa	Lyhenee selkeästi ja muuttuu epävarmemmaksi, kohvajään osuus kasvaa
Maatalouden kuormitus (muutos vuosista 2000-2010 vuosiin 2051-60)		N: keskiarvo -11 % (-15...+5 %), P: keskiarvo +21 % (-7...+5 %)
		Ravinnekuormitus (P, N) kasvaa talvikuukausina ja vähenee kasvukaudella.
Kuormitus muista maankäyttömuodoista (muutos vuosista 2000-2010 vuosiin 2051-60)		N: keskiarvo +2 % (-5...+9 %), P: keskiarvo -2 % (-7...+5 %)
		Maankäytöstä johtuva kuormitus kasvaa valunnan lisääntyessä. Kevättulvan suuruus voi vaikuttaa P kuormitukseen. Haja-asutuksen kuormitus vähenee, pistekuormitus ei muutu.
Meriveden pinnan nousu	ei vaikutusta	ei vaikutusta
Meriveden pinnan lyhytaikaisvaihtelu	ei vaikutusta	ei vaikutusta
Muut muutokset valuma-alueella, esim. maankäyttö		