Ilmastonmuutoksen ja vesienhoidon huomioon ottaminen tulvariskien hallinnassa

16.6.2026

Noora Veijalainen
Anne-Mari Rytkönen
Antti Parjanne

Sisällys

1 Esipuhe ... 3
2 Ilmastonmuutos tulvariskien hallinnan suunnittelussa ... 4
3 Ilmastonmuutokseen sopeutuminen kansallisella tasolla ... 5
4 Ilmastonmuutoksen vaikutukset vesivaroihin ... 7
4.1 Vaikutukset hydrologiaan ... 7
4.1.1 Valunta, virtaama ja vedenkorkeus ... 10
4.1.2 Alivirtaamat ja kuivuus ... 15
4.1.3 Pohja- ja maavesi ... 17
4.2 Vaikutukset merivedenkorkeuteen ... 18
4.3 Vaikutukset vedenlaatuun ja ekologiaan ... 19
4.4 Muut vaikutukset ... 19
4.5 Ilmastonmuutokseen sopeutuminen ... 20
5 Toimenpiteiden ilmastokestävyys ja yhteensovittaminen vesienhoidon suunnittelun kanssa ... 22
5.1 Ilmastokestävyyden arviointi ... 22
5.2 Vesienhoidon, tulva- ja kuivuusriskien hallinnan yhteensovittaminen ... 27
6 Lähteet ... 34
7 Liitteet ... 41
7.1 Valunnan muutokset vesienhoitoalueittain eri vuodeaikoina ... 41
7.2 Virtaaman muutokset eri vesistöissä ... 49

1 Esipuhe

Tulvariskien hallinnan suunnittelussa ilmastonmuutoksen huomioimista on kehitetty eri suunnittelukausilla. Toisella suunnittelukaudella ilmastonmuutoksen huomioimista tulvariskien hallinnan suunnittelussa pyrittiin parantamaan laatimalla tarkempi ohjeistus ja kehittämällä menetelmiä ilmastokestävyyden arvioimiseksi. Vuosina 2019–2020 toteutettiin Suomen ympäristökeskuksessa Ympäristöministeriön ja Maa- ja metsätalousministeriön rahoittama hanke Vesienhoidon ja tulvariskien hallinnan yhteensovittaminen ja ilmastonmuutoksen huomioiminen suunnittelussa (ClimVeturi), jossa tehtiin aiempi versio tästä ohjeesta ja vesienhoidon vastaavasta ohjeesta (Veijalainen ym. 2020a, Veijalainen ym. 2020b) ja kehitettiin toimenpiteiden ilmastokestävyyden arviointia. Nyt tulvariskien hallinnan kolmannella suunnittelukaudella aiempaa ohjeistusta on päivitetty uusimman tutkimustiedon ja tuoreiden skenaarioiden perusteella. Toimenpiteiden kestävyyden arviointimenetelmä, joka kuvattiin edellisen suunnittelukauden ohjeistuksessa, säilyi samana ja se kuvataan tässä oppaassa vastaavasti kuin aiemmassa oppaassa, ilman päivitystä.

Tässä oppaassa on kuvattu ilmastonmuutoksen vaikutuksia vesivaroihin ja menettelytapaa niiden huomioimiseksi ja sopeutumisen edistämiseksi tulvariskien hallinnan suunnittelussa. Suunnittelijoille opas tarjoaa tueksi vesienhoitoaluekohtaiset hydrologiset skenaariot ja kuvat hydrologisista muuttujista eri skenaarioissa. Opas toimii myös valtakunnallisena yhteenvetona ilmastonmuutoksen vaikutuksista tulviin ja tulvariskeihin. Oppaan luvussa 3 on kuvattu lyhyesti ilmastonmuutoksen sopeutumiseen liittyviä kansallisia strategioita ja hankkeita. Luvussa 4 on kuvattu ilmastonmuutoksen vaikutuksia vesivaroihin ja erilaisiin toimintoihin yleisesti. Luvussa 5 on esitetty edellisellä kaudella kehitetty menettelytapa toimenpiteiden ilmastokestävyyden arvioimiseksi ja kuvattu vesienhoidon ja tulvariskien hallinnan yhteensovittamista. Alueelliset, erilaisiin ilmastoskenaarioihin perustuvat hydrologiset skenaariot vuoteen 2069 on esitetty liitteissä.

Tavoitteena on, että tähän oppaaseen (luku 4 ja liitteet) voitaisiin viitata tulvariskien hallintasuunnitelmissa eikä ilmastonmuutoksen 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 päivitys on tehty Suomen ympäristökeskuksessa. Oppaan valmistelussa on käytetty aiempia ClimVeturi hankkeen tuloksia ja lisäksi YM:n ja MMM:n hankkeissa (VHSMHS Ilmastonmuutos, ILMAKEHITYS ja WSFS Kehitys) ja Digital Waters (DIWA) lippulaivahankkeessa tehtyjä uusiin ilmastoskenaarioihin perustuvia vesistömallilaskentoja. Lisäksi on hyödynnetty Elinvoimakeskuksen Ilmastoyksikön keräämää materiaalia ja eri hankkeissa, kuten AdaptFIRST ja ILMAKEHITYS- hankkeet, tehtyjä laskentoja ja raportteja. Myös WaterAdapt projektin loppuraporttia (Veijalainen ym. 2012), Suomen tulvariskit nyt ja tulevaisuudessa-julkaisua (Parjanne ym. 2018), Kuhasuo hankkeessa tehtyä raporttia kuivuusriskeistä (Snellman ym. 2023), From Failand to Winland (Winland)-hankkeen (Ahopelto ym. 2019; Veijalainen ym. 2019), Vesihuollon ilmastonmuutokseen sopeutuminen (VILSO)-hankkeen ja Nykyiset ja tulevat hydrologiset alueet (FUREG) hankkeen tuloksia (Veijalainen ym. 2026) sekä ilmasto-opas.fi tarjoamaa materiaalia on käytetty taustamateriaaleina. Myös ilmastonmuutoksen vaikutuksia laajasti tarkastelevia raportteja Ilmastopaneelilta, Valtioneuvoston kanslialta ja Suomen ympäristökeskukselta (Hilden ym. 2022, Gregow ym. 2021, Tuomenvirta ym. 2018, Gregow ym. 2016, Carter ym. 2007) on hyödynnetty. Asiantuntija-apua oppaan tai vesienhoidon vastaavan oppaan valmisteluun ovat antaneet muun muassa Kati Martinmäki-Aulaskari, Milla Mäenpää-Engelbredt, Juho Jakkila, Mikko Sane, Inese Huttunen, Marie Korppoo, Maiju Narikka ja Lauri Ahopelto Sykestä.

2 Ilmastonmuutos tulvariskien hallinnan suunnittelussa

Ilmastonmuutos vaikuttaa monella tavoin vesivaroihin, muuhun ympäristöön ja yhteiskuntaan. Vaikutukset ovat jo monelta osin havaittavissa, mutta niiden arvioidaan lisääntyvän olennaisesti lähivuosikymmeninä ja erityisesti vuosisadan loppupuolelle edettäessä. Tiedot ilmastonmuutoksen vaikutuksista ovat vielä osin puutteellisia, ja lyhyellä aikavälillä monet muut tekijät ovat merkittävämpiä tulvariskien kannalta. Tieto vaikutuksista tulvien kaltaisiin ääri-ilmiöihin on edelleen melko epävarmaa. Ilmastonmuutoksen 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 ilmastonmuutosta koskevat tiedot ja tarvittaessa mukauttaa tulvariskien hallinnan suunnittelua siltä pohjalta. Olemassa olevissa hallintasuunnitelmissa pyritään ottamaan huomioon ilmastonmuutoksen 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 ilmastonmuutokseen sopeutuvia ja mukautettavissa olevia toimenpiteitä pystytään kuitenkin kokonaisuutena katsoen hallitsemaan tulvariskejä myös vuosisadan lopulla.

Ilmastonmuutoksen 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 ilmastonmuutoksen tulvia lisäävä vaikutus tulisi huomioitua. Vuonna 2024 tarkistetuissa alustavissa arvioinneissa kuvattiin tarvittaessa aluetta koskevissa ilmastonmuutoksen vaikutusarvioissa tapahtuneet muutokset (Suomen ympäristökeskus 2025).

Tulvien suuruus, leviämisalueet ja ajankohta sekä näiden mahdolliset muutokset ovat keskeisiä lähtötietoja tulvariskien hallinnan suunnittelussa. Tulvavaarakarttojen ja erityisesti merkittäville tulvariskialueille laadittujen tulvariskikarttojen avulla voidaan tunnistaa potentiaaliset riskikohteet erisuuruisilla tulvilla nykytilanteessa sekä muodostaa arvioita ilmastonmuutoksen vaikutuksista (https://www.vesi.fi/tulvakartat ja https://www.syke.fi/ymparistotieto). Ilmastonmuutoksen 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.

Ilmastonmuutos 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.

Toisella tulvariskien hallinnan suunnittelukaudella (2022–2027) toimenpiteiden vaikutusten arviointia kehitettiin siten että siinä otettaisiin entistä paremmin ja johdonmukaisemmin huomioon ilmastonmuutos ja siihen liittyvät epävarmuudet sekä erilaiset suunnittelualueet ja tulvatilanteet. Kunkin toimenpide-ehdotuksen osalta arvioidaan sen sopeutuvuutta erilaisiin tulvatilanteisiin ja ilmastonmuutoksen vaikutuksiin. Sopeutuvuus on myös yhtenä tekijänä toimenpide-ehdotusten priorisoinnissa. Tässä oppaassa on esitetty periaatteet sopeutuvuuden ja ilmastokestävyyden arviointiin, myös epävarmuudet huomioon ottaen.

3 Ilmastonmuutokseen sopeutuminen kansallisella tasolla

Ilmastopolitiikkaan liittyvä kansallinen lainsäädäntö on kehittynyt vähitellen heijastaen kansainvälisten sopimusten sekä EU-lainsäädännön sisältämiä velvoitteita. Kesäkuussa 2015 tuli voimaan ensimmäinen ilmastolaki (609/2015), jossa määriteltiin yleisesti Suomen ilmastopolitiikan pitkän aikavälin suuntaviivat sekä säädettiin ilmastopolitiikan suunnittelujärjestelmästä (YM 2015). Uusi ilmastolaki (423/2022) tuli voimaan heinäkuussa 2022. Vuodesta 2023 lähtien sopeutumista on kansallisella tasolla toimeenpantu kansallisen ilmastonmuutokseen sopeutumissuunnitelman 2030 (KISS2030) mukaisesti (Valtioneuvosto 2023).

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

Kansallinen ilmastonmuutokseen sopeutumissuunnitelma 2030 (KISS2030) päämääränä on, että yhteiskunnan toimijoilla on käytössään tehokkaat keinot luontoon ja yhteiskuntaan kohdistuvien ilmastonmuutokseen liittyvien riskien arvioimiseksi ja hallitsemiseksi ja kyky ennaltaehkäistä, varautua ja hallita näitä riskejä (Valtioneuvosto/MMM 2023). Kansallinen ilmastonmuutokseen sopeutumissuunnitelma on osa ilmastolain mukaista ilmastopolitiikan suunnittelujärjestelmää ja toimeenpanee myös Suomen kansainvälisiä ilmastovelvoitteita. Suomen sopeutumispolitiikan toimeenpanon lähtökohta on jo pitkään ollut, että sopeutuminen sisällytetään hallinnon- ja toimialojen normaaliin suunnitteluun ja toimintaan. Sopeutumista onkin toimeenpantu useilla hallinnonalakohtaisilla suunnitelmilla ja toimialakohtaisella säätelyllä.

Vuonna 2023 käynnistyi ELY-keskusten valtakunnallinen ilmastoyksikkö tukemaan ilmastotyötä koko Suomessa. Vuoden 2026 alusta ilmastoyksikkö on hallinnollisesti osa Lapin elinvoimakeskusta. Ilmastoyksikkö mm. koostaa yhteenvetoa sopeutumisen työkaluista ja materiaaleista ja järjestää koulutusta ilmastonmuutoksen vaikutuksiin ja sopeutumiseen liittyen (https://elinvoimakeskus.fi/web/ilmastoyksikko/tyokalujamme-ilmastotyohon)

Luonnonvarasektorilla käynnissä olevia ja viimeaikaisia, ilmastonmuutoksen vaikutusten tutkimiseen ja sopeutumiseen liittyviä raportteja ja hankkeita on listattu maa- ja metsätalousministeriön Ilmastonmuutokseen sopeutuminen -sivuille (https://mmm.fi/luonto-ja-ilmasto/ilmastonmuutokseen-sopeutuminen).

Kansallisia arvioita ilmasto- ja sääriskeistä, haavoittuvuudesta sekä näiden alueellisesta vaihtelusta on tehty useita (Pilli-Sihvola ym. 2023, Hilden ym. 2023, Gregow ym. 2021, Virtanen 2023). Ilmastolaki 609/2015 ja 423/2022 edellyttävät, että riski- ja haavoittuvuustarkastelu ottaa huomioon uusimman tieteellisen tiedon. Johtopäätöksenä mm. että vaikuttavien sopeutumistoimien toteutumiseksi on tärkeä tunnistaa alueiden erityispiirteet ja suunnata toimia oikea-aikaisesti ja oikeisiin kohteisiin (Virtanen 2023).

Kokonaisarvio kansallisen sopeutumispolitiikan edistymisestä erityisesti kansallisen sopeutumissuunnitelman valossa ja kansainväliseen kehitykseen verraten tuotettiin vuonna 2022 (Hilden ym. 2022). Ilmastonmuutokseen sopeutumista on arvioitu myös maa- ja metsätalousministeriön ilmastonmuutokseen sopeutumisen toimintaohjelmassa (Pilli-Sihvola ja Haanpää 2024) ja ympäristöhallinnon sopeutumisen toimintaohjelmissa (YM 2016). Vesitalouden ja vesien- ja merensuojelun alalla yleisenä tavoitteena on, että tietoisuus ilmastonmuutoksen merkityksestä on korkealla tasolla ja että

ilmastonmuutos ja siihen sopeutuminen otetaan huomioon vesienhoitoa ja merenhoitoa koskevassa suunnittelussa ja päätöksenteossa (YM 2016). Tavoitteina on mm. priorisoida mahdollisuuksien mukaan ilmastonmuutokseen sopeutumista tukevia toimia tulva- ja kuivuusriskien hallinnassa, suunnitella vesien- ja merenhoidon tavoitteet ja toimenpiteet ilmastomuutokseen sopeutumisen kannalta kestävästi ja toteuttaa vesiin kohdistuvan kuormituksen hallinnassa muuttuvissa ilmasto-olosuhteissa toimivia ratkaisuja. Tavoitteisiin kuuluu myös monihyötyisten ja sopeutumista tukevien luontopohjaisten ratkaisuiden toimeenpanon tukeminen ja kuivuusriskien hallinnan kehittäminen.

Vesisektorilla haasteena on tunnistaa ratkaisuja, jotka sekä rajoittavat vesistöihin kohdistuvaa kuormitusta että pienentävät tulvahuippuja valuma-alueilla (YM 2016). Veden pidättäminen valuma-alueilla ja virtausnopeuksien rajoittaminen ovat esimerkkejä sopeutumiskeinoista. Perinteisten keinojen ohella uusia keinoja voi löytyä monitoiminnallisista luontopohjaisista ratkaisuista, jotka samanaikaisesti esimerkiksi vähentävät ravinnekuormitusta, edistävät maaperän hiilivaraston säilymistä ja rikastavat luonnon monimuotoisuutta (Paloniemi 2019).

Vuonna 2024 julkaistiin kuivuusriskien hallinnan kansalliset suuntaviivat, jotka ohjaavat Suomen kuivuusriskien hallintaa ja jossa listataan keinoja riskienhallinnan edistämiseksi (Ahopelto ym. 2024).

Ilmasto-opas.fi-sivustolle on koottu yhteen käytännönläheistä, tutkittua ja luotettavaa tietoa ilmastonmuutoksesta. Sivuston tarkoitus on yhteiskunnan ja väestön tukeminen ilmastonmuutoksen hillinnässä ja siihen sopeutumisessa. Verkkosivusto auttaa ilmastonmuutokseen liittyvien ilmiöiden ymmärtämisessä ja tiedon jäsentämisessä.

Ilmastonmuutoksen vesistövaikutuksista löytyy tietoa myös vesi.fi sivustolta ja sen aineistopankista. Sivustolta löytyy myös VILSO eli Vesihuollon ilmastonmuutokseen sopeutumisen työkalu https://www.vesi.fi/vilso/. Paikkatietoaineistoa löytyy lisäksi paikkatietoaineiston latauspalvelu Paitulista https://paituli.csc.fi/

4 Ilmastonmuutoksen vaikutukset vesivaroihin

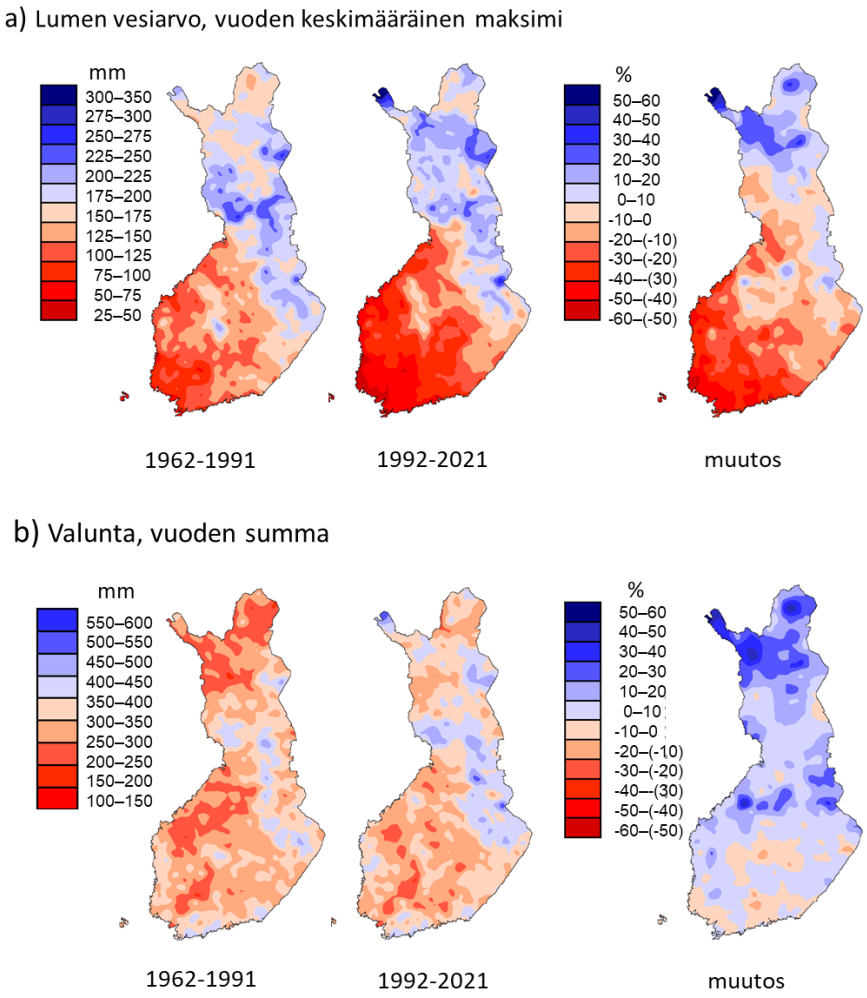
Ilmastonmuutos vaikuttaa Suomen vesistöihin monella tapaa sekä suorasti että epäsuorasti (Kuva 1). Vaikutusten voimakkuus vaihtelee kuitenkin voimakkaasti eri puolilla Suomea ja erityyppisissä vesistöissä. Lisäksi vaikutuksiin liittyy merkittäviä epävarmuuksia johtuen sekä ilmastonmuutoksen etenemisen vaikeasta ennustettavuudesta että monimutkaisten vaikutusmekanismien ja -ketjujen puutteellisesta tuntemisesta.



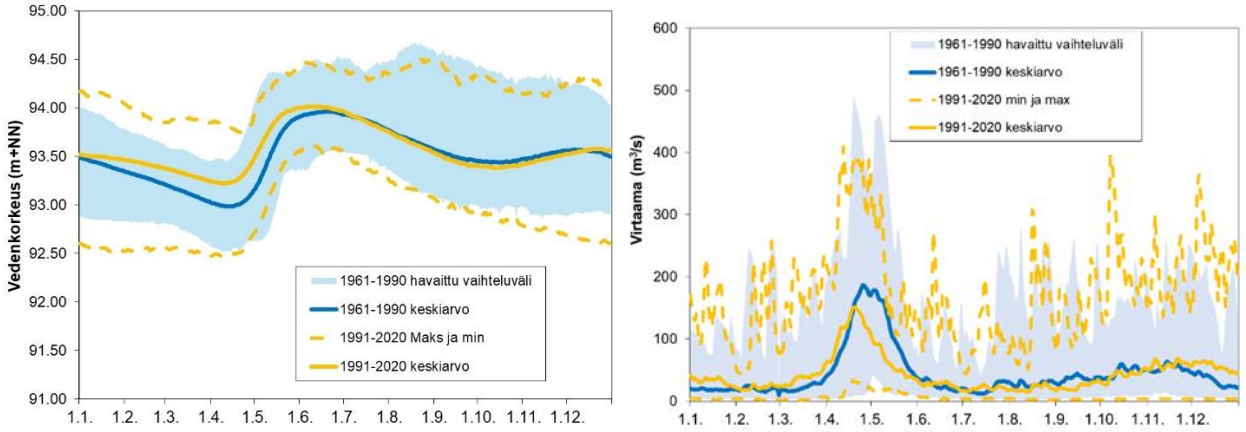
Kuva 1. Ilmastonmuutoksen vaikutuksia vesistöihin ja vesivaroihin (Veijalainen ym. 2020). Vaikutukset vaihtelevat vesistöittäin ja alueittain.

4.1 Vaikutukset hydrologiaan

Suomen ilmasto ja hydrologia on jo muuttunut viimeisen 50 vuoden aikana. Vuosien 1961–1990 jaksoon verrattaessa on keskilämpötila noussut 1991–2020 jaksolle jo noin 1,3 astetta ja sadanta kasvanut keskimäärin 9 % (Jokinen ym. 2021, Luomaranta ym. 2025). Vesistömalilla simuloitujen lumen vesiarvojen maksimit ovat keskimäärin pienentyneet Etelä- ja Keski-Suomessa lauhtuneiden talvien johdosta (Kolhinen ym. 2026, Kuva 2). Pohjois-Lapissa sademäärien kasvaessa lunta on kertynyt keskimäärin enemmän jaksolla 1992–2021 kuin 1962–1991 (Kolhinen ym. 2026 ja Kuva 2). Valunnan vuosisummassa muutokset ovat pääosin pieniä, lukuun ottamatta huomattavaa kasvua Pohjois-Lapissa ja paikoin Pohjois-Pohjanmaalla ja Kainuussa. Etelä- ja Keski-Suomessa on alueita, joissa simuloitu valunta 1992–2021 on jopa hieman pienempi kuin 1962–1991. Eri vuodenajoista erityisesti talven valunnat ovat kasvaneet selkeästi. Havainnoista näkyy tilastollisesti merkittäviä trendejä erityisesti lämpötilan muutoksiin liittyvissä hydrologisissa muuttujissa kuten talven virtaamien kasvussa ja kevättulvien aikaistumisessa (Korhonen 2019 ja Kuva 3). Vaikutuksen suuruus vaihtelee jonkin verran riippuen vesistöjen ominaisuuksista ja paikallisesta vaihtelusta.



Kuva 2. a) Lumen vesiarvon vuoden keskimääräisen maksimin (mm) ja b) valunnan keskimääräisen vuosisumman (mm) arvot jaksoilla 1962–1991 ja 1992–2021 sekä muutos jaksojen välillä perustuen Syken WSFS-P (Kolhinen ym. 2026) mallilla simuloituihin arvoihin havaittuja lämpötiloja ja sadantoja käyttäen.



Kuva 3. Havaittu keskimääräinen vedenkorkeus ja vedenkorkeuden vaihteluväli jaksolla 1961–1990 ja jaksolla 1991–2020 Pielisellä ja vastaavat virtaama-arvot Kyrönjoella, Skatilassa.

Tuoreimpien ilmastoskenaarioiden IPCC:n 6 arviointiraportin mukaisten (ns. SSP eli shared Socio-economic pathway ja IPCC:n käyttämät uusimmat ilmastomallit CMIP6, O'Neil ym. 2017; IPCC 2021) mukaan Suomen lämpötila nousee jaksolta 1981–2010 jaksolle 2040–69 mennessä keskimäärin 2,4 (1,0–3,8) astetta kesällä ja 3,3 (1,2–5.4) astetta talvella (Ruosteenoja ja Jylhä 2021). Vastaavat sadannan muutokset ovat keskimäärin

+5 % (-6– + 17 %) kesällä ja keskimäärin 12 % (0–24 %) talvella (Ruosteenoja ja Jylhä 2021). Epävarmuudet liittyen sekä päästöjen kehitykseen että ilmastomalleihin ja luonnolliseen vaihteluun ovat edelleen suuret eivätkä ole uuden mallisukupolven myötä pienentyneet. Nämä uudet skenaariot eivät kovin merkittävästi poikkea aiemmista (mm. edellisellä tulvariskien hallinnan suunnittelukierroksella käytetyistä); kesän lämpötila nousee niissä kuitenkin hieman aiempaa enemmän (Ruosteenoja ja Jylhä 2021, Ruosteenoja ym. 2016).

Nyt tehdyt hydrologiset laskennat ja niiden tulokset perustuvat IPCC:n kuudennen ilmastoraportin ilmastomalleihin (ns. CMIP 6 mallit IPCC 2021, Tebaldi et al. 2021). Tarkempiin laskelmiin on valittu Sykessä käyttöön yhdeksän globaalia ilmastomallia laajemmasta mallijoukosta (NASA Earth Exchange Global Daily Downscaled Projections NEX-GDDP-CMIP6, Thrasher et al. 2022). Skenaarioissa käytetään ilmastomallien lähtötietoina SSP-skenaarioita (Shared Socio-economic Pathway), jotka kuvaavat sosio-ekonomista kehitystä, päästöjen ja hiilinielujen kehitystä ja ilmakehän kasvihuonekaasujen pitoisuuksien kehitystä tällä vuosisadalla. SSP-skenaarioiden viimeiset luvut kertovat ilmastopakotteen lisäyksen suuruudesta (W/m2) vuoteen 2100 mennessä eli mitä suurempi luku on sitä suurempi ilmastopakote (esim. SSP1-2.6, pieni pakote ja pienet päästöt, SSP5-8.5 suuri pakote ja suuret päästöt). Ilmastomallit on valittu edustamaan keskimääräistä sekä äärimmäisiä (kuiva, märkä, lämmin, kylmä) skenaarioita ja valittu Ilmatieteen laitoksen arvioinnin perusteella hyvin toimivien globaalien ilmastomallien joukosta (Ruosteenoja 2021). Ne vastaavat melko hyvin laajempaa joukkoa, tosin lämpötilan nousu oli hieman suurempaa näiden yhdeksän mallin keskiarvossa kuin kaikkien mallien keskiarvossa ja joitain muitakin eroja voi olla.

Laskennat on edellisestä tulvariskien hallinnan suunnittelukierroksesta poiketen tehty tuoreemmalla referenssijaksolla 1991–2020 aiemman 1981–2010 sijaan. Jakso 1991–2020 oli Suomessa keskimäärin 0,6 astetta jaksoa 1981–2010 lämpimämpi ja 2 % sateisempi, joten siihen verrattuna ilmastoskenaarioiden lämpötilan nousut ovat hieman pienempiä. 1980-luvulla oli myös runsaslumisia talvia, joiden jääminen pois referenssijaksolta vaikuttaa jonkin verran tuloksiin. Koko Suomen tasolla valunta ei ole muuttunut paljoa kahden jakson välillä, jakson 1991–2020 keskimääräinen valunta oli noin 0,9 % suurempi kuin 1981–2010 jaksolla. Muutos ei kuitenkaan ole ollut tasaista, esim. Pohjois-Suomessa valunta on kasvanut enemmän ja paikoin Etelä- ja Keski-Suomessa taas vähemmän.

Syken hydrologisissa laskelmissa käytetyissä ilmastomalleissa Suomen keskilämpötila nousi 1991–2020 luvulta jaksolle 2020–49 1,4 °C (vaihteluväli 0,8–2,3 °C) päästöskenaariolla SSP1-2.6 (pienet päästöt), 1,6 °C (vaihteluväli 0,9–2,3 °C) päästöskenaariolla SSP2-4.5 (keskimääräiset päästöt) ja 1,8 °C (vaihteluväli 0,8–3,1 °C) päästöskenaariolla SSP5-8.5 (suuret päästöt). Jaksolla 2040–69 vastaavat keskimääräiset arvot ja vaihteluvälit olivat 1,9 °C (1,2–3,0° C) SSP1-2.6, 2,5 °C (1,8–3,8 °C) SSP2-4.5 ja 3,3 °C (2,2–4,2 °C) SSP5-8.5 päästöpoluilla. Jaksolla 2020–49 sadannan muutokset olivat keskimäärin 5,3 % (-1,4–13,8 %) SSP1-2.6, 4,4 % (-0,6–10,5 %) SSP2-4.5 ja 5,3 % (1,2–13,2 %) SSP5-8.5 päästöpoluilla ja jaksolla 2040–69 6,9 % (1,3–13,8 %) SSP1-2.6, 6,1 % (-1,0–17 %) SSP2-4.5 ja 7,9 % (-0,3–22,5 %) SSP5-8.5 päästöpoluilla. Jaksolla 2020–49 eri päästöskenaarioiden väliset erot ovat melko pieniä, mutta kasvavat vuosisadan jälkipuoliskolla. Eri ilmastomallien välillä on merkittäviä eroja kaikilla jaksoilla. Epävarmuudet liittyen sekä päästöjen ja hiilinielujen kehitykseen että ilmastomalleihin ja luonnolliseen vaihteluun ovat suuria. Nämä uudet skenaariot eivät kovin merkittävästi poikkea aiemmista (mm. edellisellä tulvariskien hallinnan suunnittelukierroksella käytetyistä); kesän lämpötila nousee niissä kuitenkin hieman aiempaa enemmän (Ruosteenoja ym. 2021). Lisäksi suurimpien päästöjen SSP5-8.5 skenaario tuottaa käytetyillä yhdeksällä ilmastomallilla aiempaa suurempaa lämpötilan nousua vuosisadan loppupuolelle. Valunnoissa talvivalunnat kasvavat hieman aiempaa enemmän johtuen erityisesti lämpötilan jakauman erilaisesta muutoksesta.

Rankkasateet kasvavat enemmän kuin keskisadanta. Rankimmat sateet voimistuvat suhteellisesti eniten talvella, mutta suurin osa rankkasateista saadaan jatkossakin kesällä (Suomen kuntaliitto 2012). On arvioitu, että ilmastonmuutoksen vaikutuksesta yli 2 mm/h intensiteetin sateet kesällä yleistyvät, kun taas sitä pienemmän intensiteetin sateet pienenevät (Utriainen ym. 2025). Eniten yleistyvät kaikkein harvinaisimmat rankkasateet (Utriainen ym. 2025).

4.1.1 Valunta, virtaama ja vedenkorkeus

Ilmastonmuutoksen tärkein vaikutus Suomen sisävesien **hydrologisiin oloihin** on siitä aiheutuva muutos valunnan, virtaamien ja vedenkorkeuksien vuodenaikaiseen vaihteluun. Vuosittaisen valunnan on arvioitu muuttuvan vuosisadan puoliväliin mennessä (jaksoon 1991–2020 verrattuna) keskimäärin noin 2–10 % vesistöalueesta ja ilmastoskenaariosta riippuen (Taulukko 1 ja Liite 1). 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 yhtä paljon leudompien talvien aikana. Pohjois-Suomessa valunnat vähenevät kesällä, kun aiemmin kesäkuulle jatkunut lumen sulamisesta aiheutuva valunta siirtyy aikaisemmaksi. Taulukon 1 tulosten tulkinnassa on hyvä muistaa, että osa ennustetusta kasvusta esim. talvivirtaamissa on jo tapahtunut viimeisten vuosien aikana (ks. kuva 2). Osa suurista prosentuaalisista muutoksista esimerkiksi talven valunnoissa Pohjois-Suomessa johtuu referenssijakson hyvin pienistä arvoista, jolloin muutoksesta tulee helposti suuri. Liitteessä 1 on esitetty vastaavat muutokset vesistöalueittain millimetreinä.

Taulukko 1. Valunnan muutoksia (%, keskiarvot, suluissa 80 % vaihteluväli) eri osissa Suomea jaksoilla 2020–49 ja 2040–69 referenssijaksoon 1991–2020 verrattuna eri vuodenaikoina vesienhoitoalueittain. Tulokset perustuvat yhdeksällä ilmastoskenaariolla laskettuihin valuntojen alueellisiin arvoihin. Skenaariot on poimittu laajemmasta joukosta skenaarioita edustamaan keskimääräisiä ja äärimmäisiä muutoksia.

	Vuoksi	Kymijoki Suomenlahti	Kokemäki Saaristo- ja Selkämeri	Oulujoki Iijoki	Kemijoki ja Tornionjoki	Teno-, Näätämö-, Paatsjoki
2020–49 Muutos (%)						
vuosi	**5,3** (-3…+14)	**4,3** (-4…+16)	**3,7** (-4…+13)	**4,9** (-2…+14)	**6,0** (-2…+15)	**3,9** (-3…+11)
talvi	**42** (+13…72)	**39** (+16…70)	**34** (+15…61)	**74** (12…137)	**85** (+21…173)	**87** (12…+197)
kevät	**-5** (-11…+7)	**-11** (-21…+1)	**-15** (-25…-3)	**-22** (-20…+4)	**-2** (-11…+9)	**8** (+2…14)
kesä	**-7** (-21…+6)	**-13** (-32…+4)	**-7** (-27…+11)	**-14** (-23…+3)	**-13** (-26…-3)	**-21** (-30…-6)
syksy	**4** (-11…+19)	**7** (-9…+23)	**6** (-7…+22)	**11** (-4…+28)	**16** (0…34)	**19** (+2…38)
2040–69 Muutos (%)						
vuosi	**7,3** (-3…+22)	**5,6** (-3…+18)	**4,8** (-5…+17)	**6,1** (-7…+21)	**7,8** (-3…+22)	**4,8** (-4…+17)
talvi	**64** (+26…100)	**59** (+27…94)	**49** (+22…83)	**114** (+36…177)	**161** (+50…250)	**159** (+43…300)
kevät	**-8** (-19…+4)	**-16** (-26…-3)	**-21** (-29…-10)	**-18** (-30…-1)	**-7** (-18…+5)	**9** (+0…20)
kesä	**-12** (-27…+4)	**-21** (-39…-3)	**-14** (-34…+8)	**-14** (-32…+8)	**-24** (-36…-10)	**-25** (-35…-17)
syksy	**5** (-11…+20)	**7** (-8…+24)	**6** (-7…+22)	**20** (+6…45)	**23** (+6…60)	**28** (+10…58)

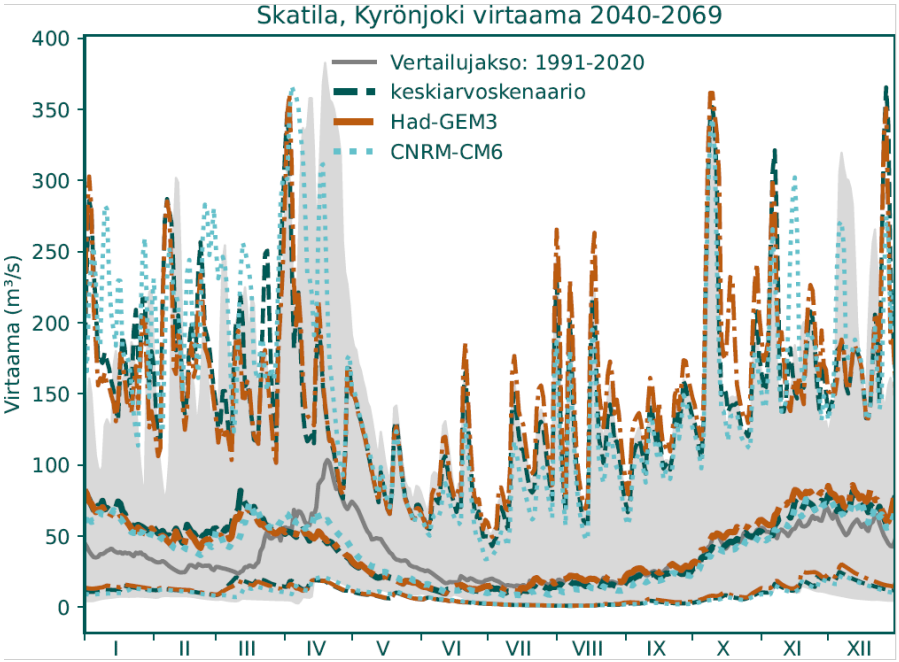
Taulukossa 1 on esitetty myös vaihteluväli eri ilmastoskenaarioiden antamille muutoksille **valunnassa** (Liitteessä 1 myös alueittain vastaavat tiedot millimetreinä kuvaajana**)**. Vaihteluväli on 80 % vaihteluväli yhdeksästä globaalin ilmastomallin ja neljän eri päästöpolun (SSP, O'Neil ym. 2017) muodostamasta joukosta ilmastoskenaarioita (yhteensä 35 skenaariota). Yhdeksän ilmastomallia on poimittu laajemmasta joukosta globaaleja ilmastomalleja. Tuloksista nähdään, että vaihtelu valunnan muutoksissa ja siten ilmastonmuutokseen liittyvä epävarmuus on hyvin suurta. Tosin osa eri vuodenaikojen muutoksista, erityisesti talven valunnan kasvu, ovat samansuuntaisia lähes kaikissa skenaarioissa. 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 1991–2020. Keskimääräinen muutos erilaisilla hydrologisilla alueilla pyrkii kuvaamaan ilmastonmuutoksen 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 2020–2049 ja 2040–2069 suhteessa vertailujaksoon 1991–2020. Eri skenaarioilla voidaan kuitenkin saada näistä poikkeavia tuloksia.

	Vuoksi	**Kymijoki Suomenlahti**	**Kokemäki Saaristo- ja Selkämeri**	**Oulujoki Iijoki**	**Kemijoki ja Tornionjoki**	**Teno-, Näätämö-, Paatsjoki**
2020–2049						
Sadanta	**0/+**	**0/+**	**0/+**	**0/+**	**0/+**	**0/+**
Valunta	**0/+**	**0/+**	**0/+**	**0/+**	**0/+**	**0/+**
Lumi	**-**	**-**	**-**	**-**	**0/-**	**0/-**
Rankkasateet	**+**	**+**	**+**	**+**	**+**	**+**
Hyyderiski	**++**	**++**	**++**	**++**	**+**	**+**
2040–2069						
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 4), 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). Suomen vesistöjen ominaisuudet ja virtaamien ja tulvien ajoitus vaihtelevat merkittävästi eri puolilla maata (Veijalainen ym. 2026), joten myös ilmastonmuutoksen vaikutus vaihtelee eri vesistöissä.



Kuva 4. Esimerkki simuloitujen virtaamien muutoksesta Kyrönjoelta. Päivittäinen 30 vuoden simuloitu keskivirtaama, maksimi- ja minimivirtaama referenssijaksolla 1991–2020 ja jaksolla 2040–69 keskiarvoskenaariolla ja kahdella eri yksittäisen ilmastomallin skenaariolla keskimääräisellä SSP2-4.5 päästöskenaariolla.

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 paljoa lämpimämpien talvien aikana. Tämän seurauksena tulvariski voi pienentyä pienillä latvajärvillä, joissa kevättulvat ovat nykyisin suurimpia tulvia (Parjanne ym. 2021, Veijalainen ym. 2012). Suurten keskusjärvien vedenkorkeudet tulevat nousemaan talvella nykyistä ylemmäksi ja kokonaisuudessaan tulvien suuruus kasvaa suurimmalla osalla skenaarioita. Suurten vesistöjen laskujoissa kuten Kokemäenjoessa, Kymijoessa ja Oulujoessa talvivirtaamien kasvu lisää hyydetulvien riskiä. Toisaalta pidentynyt kesäkausi tuo tulleessaan myös entistä alempien loppukesän vedenkorkeuksien ja virtaamien mahdollisuuden Etelä- ja Keski-Suomessa.

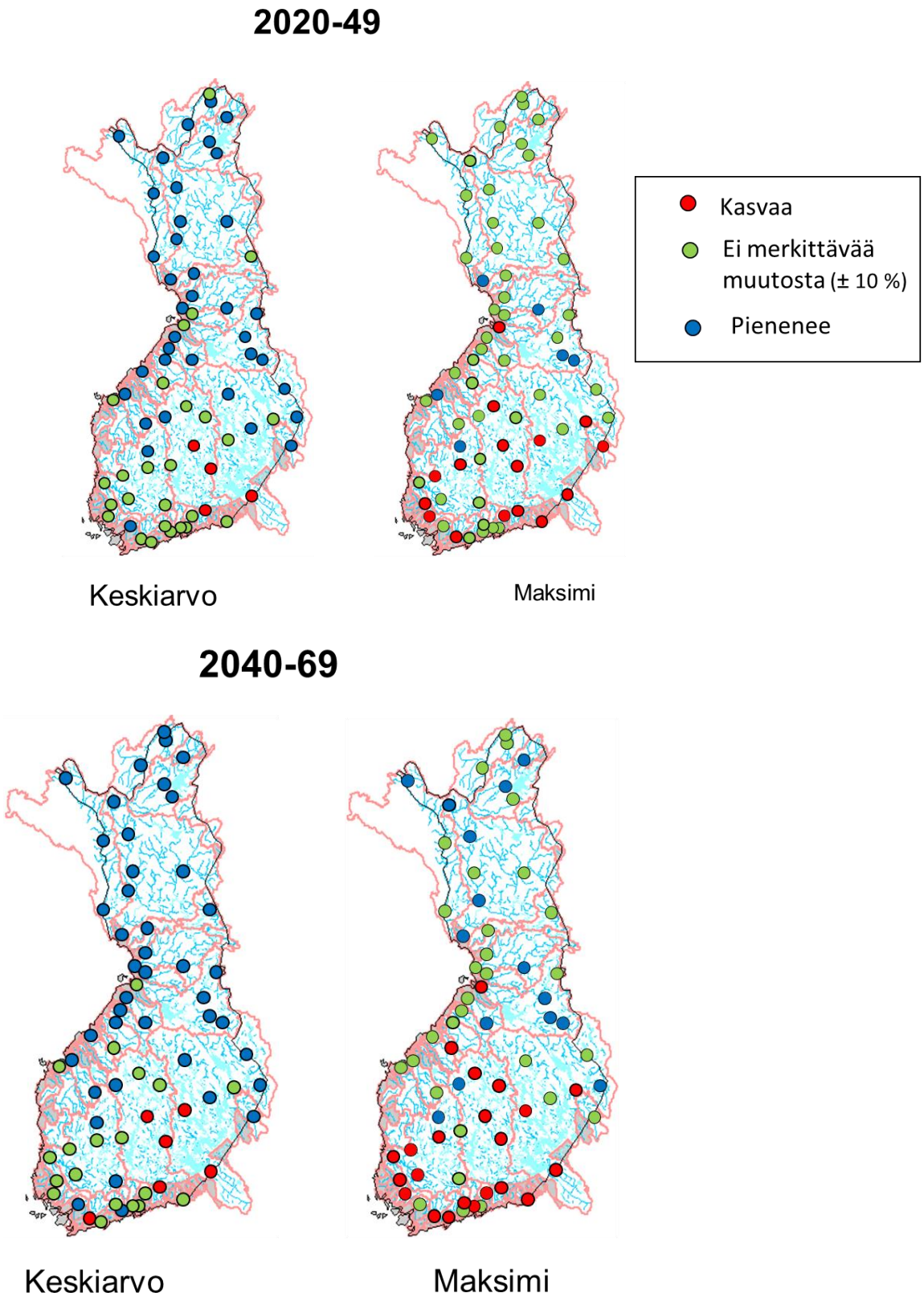
Etelä- ja Keski-Suomen (vesienhoitoalueet 1–4) **jokivesistöissä** kevättulvat pienenevät ja niissä vesistöissä, joissa kevättulvat ovat nykyään selvästi suurimpia tulvia, tulvariski todennäköisesti pienenee (Kuva 3). Sen sijaan syksyn ja talven tulvat kasvavat ja muuttuvat joissain vesistöissä vuoden suurimmiksi tulviksi. Talven jääpeiteajan lyheneminen ja virtaamien kasvu lisäävät hyydetulvien todennäköisyyttä hyyteelle alttiissa joissa. Rankkasateiden on ennakoitu lisääntyvän (Jylhä ym. 2009, Utrianen ym 2025) keskimääräisiä sateita enemmän ja niiden myötä lisääntyvät rajut kesätulvat taajama-alueilla ja pienissä jokivesissä. Uusimpien ilmastomallien tulosten mukaan kesällä sataa entistä harvemmin (Utriainen ym. 2025), mutta rankemmin, mikä voi lisätä sekä kuivuuden että tulvien riskiä. Rankkasateiden yleistymistä ei ole huomioitu kuvan 3 tuloksissa, joten etenkin pienillä valuma-alueilla tulvat voivat kasvaa sen tuloksia enemmän. Toisaalta kesien piteneminen ja vähäisemmät lumimäärät pahentavat entistä useammin loppukesän kuivuutta.

Pohjois-Suomen (vesienhoitoalueet 5–7) **jokivesissä** kevättulvien odotetaan kuitenkin vielä pysyvän keskimäärin ennallaan muutaman lähivuosikymmenen aikana lisääntyneen talven sadannan takia erityisesti Kemijoen, Ivalonjoen, Tenojoen ja Tornionjoen valuma-alueilla, mutta pienenevän vuosisadan loppupuolella suurimmalla osalla skenaarioista lämpenemisen edetessä skenaarioiden mukaisesti (Kuva 5). Runsassateisimmilla skenaarioilla tulvat voivat paikoitellen jopa hieman kasvaa lähivuosikymmeninä, mutta muutos on pieni ja mahtuu suurten tulvien arvioinnin epävarmuusrajoihin. Runsassateisimmilla ja viileimmillä skenaarioilla tulvat pysyvät Pohjois-Lapissa lähes nykyisen suuruisina vielä vuosisadan

loppupuolellakin. Etelä- Lapissa ja Pohjois-Pohjanmaalla kevättulvien ennakoidaan pienenevän etenkin vuosisadan puolivälin jälkeen lumen määrän vähetessä (Parjanne ym. 2021, Veijalainen ym. 2012, Veijalainen ym. 2010). Toisaalta syksyn ja talven tulvat kasvavat. Suurimmat tulvat tuottavilla skenaarioilla tarkastelluissa kohteissa tulvat pysyvät pääosin kutakuinkin entisen suuruisina.

Kasvavien talvivirtaamien, yleistyvien talvitulvien ja lisääntyvän hyyderiskin vuoksi on Etelä- ja Keski-Suomen **säännösteltyihin 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 ilmastonmuutoksen vaikutus. Arvioiden mukaan muutostarve koskee noin kolmasosaa 220 säännöstelyluvasta ja riippuu järven sijainnista, vesistön ominaisuuksista ja nykyisen säännöstelyluvan määrittelyistä (Dubrovin 2015).

Ilmastonmuutoksen vaikutuksesta kasvavat rankkasateiden intensiteetit (Utriainen ym. 2025) vaikuttavat myös vesistöjen tulviin erityisesti pienillä valuma-alueilla. Nyt tehdyissä laskelmissa (Kuva 5) rankkasateiden kasvua ei ole erikseen huomioitu. Keskimäärin pienialaisten rankkasateiden vaikutus Suomen vesistötulviin ei ole kovin suuri, mutta yksittäisillä pienillä valuma-alueilla, joissa tulva syntyy nopeasti yksittäisestä sadetapahtumasta, vaikutus on suurempi. Hulevesitulviin rankkasateiden kasvut vaikuttavat selvästi (katso kappale hulevesitulvista alempana). Rankkasateiden lisäksi myös erilaiset yhdistelmätulvat, mm. lumen sulamisen ja sateiden yhdistelmänä talvella maan olleessa jäässä, voivat lisääntyä ja vaikuttaa paikallisesti tulvariskiin. Näistä vaikutuksista ja niiden muutoksesta ilmatonmuutoksen myötä tarvitaan yhä lisää tutkimustietoa.



Kuva 5. Tulvien muuttuminen ilmastonmuutoksen vaikutuksesta eri puolilla Suomea 2020–2049 ja 2040–2069 jaksolle mennessä (verrattuna 1991–2020 jaksoon). Kuvissa 30 skenaarion keskimääräinen muutos ja maksimimuutos (Syke, WSFS-laskennat, Veijalainen).

Ilmastonmuutoksen on arvioitu lisäävän merkittävästi hyydetulvien riskiä etenkin lähivuosikymmeninä (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. Lähivuosikymmeninä 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 taas kovat pakkaset alkavat käydä entistä harvinaisemmiksi etenkin Etelä-Suomessa, joten hyyteen riski voi pidemmällä aikajaksolla alkaa taas pienetä (Aaltonen ym. 2010). Säännöstellyissä vesistöissä säännöstelykäytäntöjen ja -lupien muokkaaminen ottamaan paremmin huomioon talven suuret virtaamat ja hyydetulvien riski voi olla tarpeen tilanteeseen sopeutumiseksi.

Koska rankkasateiden on arvioitu lisääntyvän ilmastonmuutoksen myötä, myös taajamaseutujen hulevesi- tai rankkasadetulvat todennäköisesti lisääntyvä tulevaisuudessa (Luomaranta ym. 2025, Utriainen ym. 2025, 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 alueiden käytön suunnittelussa, jolloin hulevedet huomioidaan kaavoituksessa ja voidaan rakentaa erilaisia vettä läpäiseviä ja pidättäviä ratkaisuja (Jormola ym. 2016).

Taulukko 3. Kerran 100 vuodessa toistuvien tulvien muutokset 2020–2049 ja 2040–2069 verrattuna 1991–2020 jaksoon merkittävillä vesistöalueiden tulvariskialueilla vesistömallilaskelmien ja Gumbelin jakauman perusteella. +/- ei merkittävää muutosta, - pienenee (yli 10 %), + kasvaa yli 10 % ja ++ kasvaa yli 20 %. Tulokset ovat suuntaa antavia, rankkasateiden muutoksia ei ole huomioitu ja tulvan aikaisia säännöstelyjä ei ole täysin optimoitu.

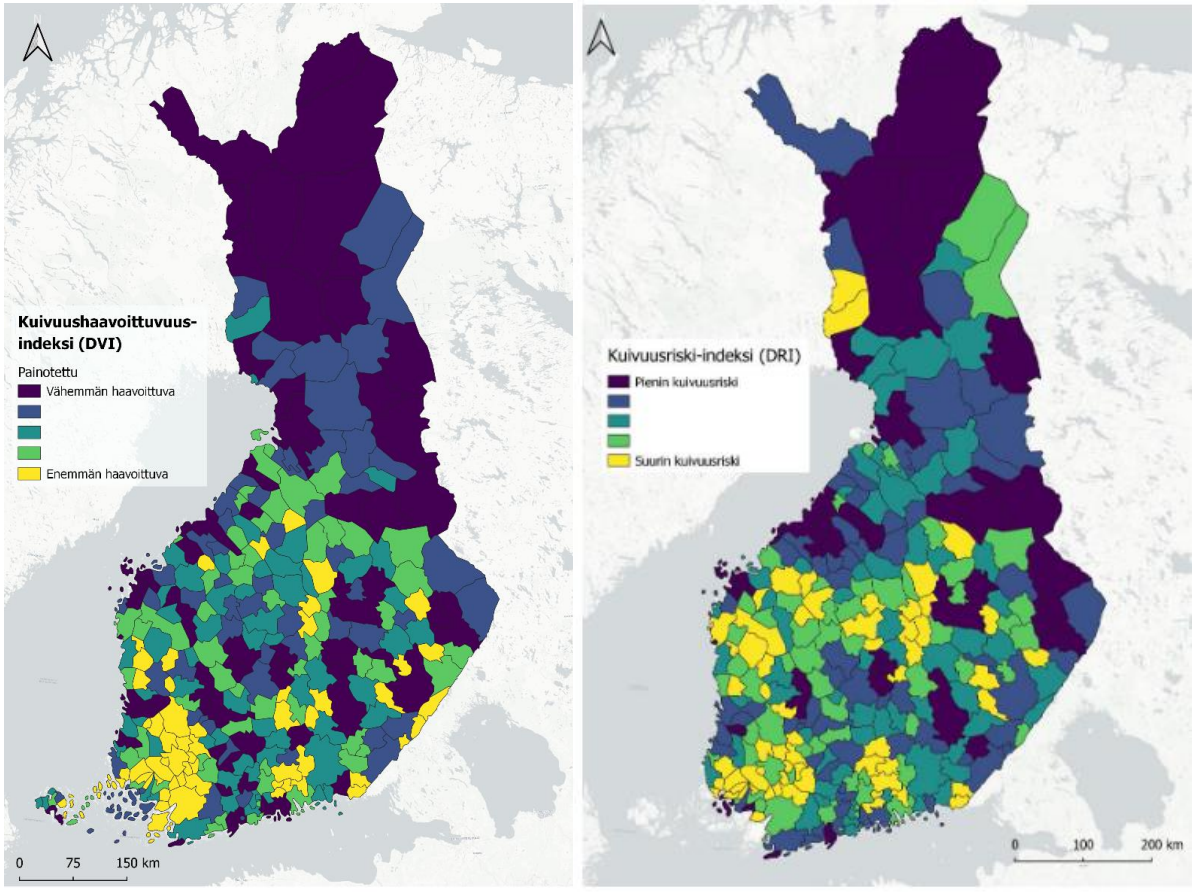
Merkittävä tulvariskikohde	1/100 tulvien muutos %			
	2020–49		2040–69	
	keskiarvo	maksimi	keskiarvo	maksimi
Kymijoen alaosa	+	++	+	++
Kokemäenjoki, Pori	+/-	+	+/-	++
Kokemäenjoki, Huittinen	+/-	+	+/-	++
Lapväärtinjoki	+	++	+	++
Laihianjoki	+/-	++	+/-	++
Kyrönjoki	+/-	++	+/-	+
Lapuanjoki	-	+/-	-	+/-
Kalajoki	-	+/-	-	+/-
Pyhäjoen alaosa	-	+/-	-	+/-
Iijoki, Pudasjärvi	-	+	-	+/-
Kemijärvi, tulovirtaama	-	+/-	-	+/-
Ounasjoki, Kittilä	-	+/-	-	+/-
Kemijoki, Rovaniemi	-	+/-	-	+/-
Tornionjoki, Tornio	+/-	+/-	+/-	+/-
Ivalojoki, Ivalo	-	+/-	-	+/-

4.1.2 Alivirtaamat ja kuivuus

Vedenhankinnan kannalta tärkeät **alivirtaamat** pienenevät ja alivirtaamakaudet kesällä pitenevät etenkin Etelä- ja Keski-Suomessa (Veijalainen 2023; Veijalainen ym. 2019; Veijalainen ym. 2012). Kesän keskivalunnan

arvioidaan pienenevän jaksolle 2040–69 mennessä esimerkiksi Kokemäenjoen vesienhoitoalueella keskimäärin 15 % (Taulukko 1). Etelä- ja Keski-Suomessa monien järvien vedenkorkeudet laskevat loppukesällä ja alkusyksyllä. 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 lisäsi kesän rankkasateiden lisääntyminen (Jylhä ym. 2009, Utriainen ym. 2025, ilmasto-opas, hulevesiopas) ja lämpimät ja sateiset syksyt ja talvet voivat toisaalta lisätä tulva- ja kontaminaatioriskejä joillain vedenottamolla. Ilmastonmuutos saattaa myös lisätä myrskytuhoja (Gregow et al. 2020, Jylhä ym. 2009), mikä saattaa vaikuttaa vedenottamoiden toimintavarmuuteen erityisesti sähkökatkojen myötä.

Kuivuushaavoittuvuutta on arvioitu indeksipohjaisella paikkatietoanalyysillä (Snellman ja Todorovic 2023). Kuivuushaavoittuvuuden arvioinnissa hyödynnettiin monipuolisesti tilastoja teollisuuden vedenkulutuksesta, yhdyskuntien vedenkäytöstä, kasteluvedentarpeesta, alkutuotannon merkityksestä elinkeinorakenteessa, peltojen kuivuusherkkyydestä sekä haavoittuvien ihmisryhmien osuudesta taajama-alueiden ulkopuolella. Suomen kuivuudelle haavoittuvimmat kunnat sijoittuvat etenkin Lounais-Suomen maatalousvaltaisille alueille (mm. Taivassalo, Punkalaidun, Koski, Marttila, Sauvo, Ypäjä, Oripää, Vehmaa, Somero) (Kuva 6). Ilmastonmuutos hieman pahentaa kuivuustilanteita etenkin Etelä- ja Keski-Suomessa (Veijalainen ym. 2019). Kuivuushaavoittuvuuden lisäksi on tarkasteltu myös kuivuusriskiä, jossa on yhdistetty kuivuusvaara ja haavoittuvuus.



Kuva 6. a) Kuivuushaavoittuvuusindeksi (DVI) (Snellman ja Todorovic 2023) ja kuivuusriksi-indeksi (DRI) meteorologiseen SPI indeksiin perustuen (Snellman ja Todorovic 2023). Suuremman haavoittuvuusindeksin arvon saavat kunnat ovat herkempiä kuivuuden vaikutuksille, kuten satotappioille. Kuivuusriski-indeksi taas yhdistä kuivuushaavoittuvuuden ja kuivuusvaaran.

Merkittävimmät riskit vesisektorilla muodostuvat tulevaisuudessakin poikkeuksellisista ääri-ilmiöistä, kuten suurtulvista ja vakavasta kuivuudesta (Tuomenvirta ym. 2018). Tällaiset ilmiöt ovat myös tulevaisuudessa

harvinaisia, mutta ilmastonmuutos tulee muuttamaan niiden todennäköisyyttä. Tarkkaa vaikutusta on ilmiöiden monimutkaisuuden ja poikkeuksellisuuden takia mahdotonta arvioida ja lisäksi paikalliset erot eri vesistöissä ovat merkittäviä. Paikoin ilmastonmuutos kuitenkin todennäköisesti lisää näiden ääri-ilmiöiden (rankkasateiden, kuivuuden) riskiä ja siten riskiä suurille vahingoille ja vaikutuksille.

Vesihuollon ilmastonmuutokseen sopeutumisen tueksi on kehitetty VILSO eli Vesihuollon ilmastonmuutoksen sopeutumisen työkalu https://www.vesi.fi/vilso/. Vilso-työkalun avulla laitokset voivat tunnistaa sopeutumistarpeitaan vesihuollon eri osa-alueilla. Ilmastonmuutos voi aiheuttaa haasteita ongelmia raakaveden laadun ja riittävyyden, vedentuotannon jatkuvuuden ja jätevesien viemäröinnin ja käsittelyn suhteen.

4.1.3 Pohja- ja maavesi

Ilmastonmuutoksen vaikutuksia **pohjavesivaroihin** on tutkittu vähemmän kuin pintavesiin kohdistuvia vaikutuksia. Tehtyjen laskentojen perusteella talviaikaiset pohjavedenkorkeudet nousevat, 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 syvyys keskimäärin pienenee ilmastonmuutoksen myötä, eniten Etelä-, Lounais- ja Länsi-Suomessa (ilmasto-opas.fi). Roudan syvyyteen vaikuttaa pakkassumman lisäksi myös lumimäärä, jonka pieneneminen voi vuorostaan kasvattaa routaa. Vaihtelu roudan määrässä pysyykin etenkin lähivuosikymmeninä suurena.

Vastaavasti kuin pohjavesivarasto myös **maavesivarasto** on ilmastonmuutoksen 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.

Syys- ja talvisateiden ennustetaan lisääntyvän, minkä seurauksena **pohjaveden laatu** voi heikentyä. Maaperän ollessa veden kyllästämää likaista pintavettä voi suodattua tavanomaista enemmän suoraan pohjavedenottamoiden kaivoihin. Suurimpia pintavalunnan ja suotautuvan veden riskinaiheuttajia ovat kasvinsuojelu- ja torjunta-aineet sekä metaboliitit, kuten koliformiset bakteerit ja lääkeainejäämät. Riski kasvaa etenkin sellaisilla alueilla, joilla pohjaveden pinta on lähellä maanpintaa. Ongelmia vedenlaadussa saattaa esiintyä myös pienissä pohjavesimuodostumissa, jossa alentuneet pohjavedenvirtaamat johtavat hapen puutteeseen sekä liuenneen raudan, mangaanin ja metallien korkeisiin pitoisuuksiin. Tästä saatiin viitteitä vuosien 2002–2003 kuivuuden aikana. Myös vuosi 2018 oli poikkeuksellisen vähäsateinen: kuivimmilla alueilla sademäärä jäi vain kolmasosaan tavanomaisesta. Vesilaitoksille tehdyn kyselyn mukaan kuivuuden vaikutukset ja sen aiheuttamat toimenpiteet painottuivat pohjavettä raakavetenään käyttäviin vesilaitoksiin, joista kahdella kolmasosalla pohjaveden pinnankorkeudet laskivat kuivuuden seurauksena (Vesilaitosyhdistys 2019).

4.2 Vaikutukset merivedenkorkeuteen

Ilmatieteen laitoksen ja Aalto yliopiston tutkimuksissa on arvioitu ilmastonmuutoksen vaikutusta merivedenkorkeuteen Itämeressä (Pellikka ym. 2023, Leijala 2025; Leijala ym. 2026). Kun otetaan huomioon valtamerten pinnannousu erilaisilla päästökehityspoluilla, paikallinen maankohoaminen sekä Itämeren tuulisuuden muutokset, on odotettavissa, että Suomen rannikon merenpinta muuttuu kuluvan vuosisadan aikana seuraavasti (Leijala 2025, Leijala ym 2026):

- Tiukkojen päästövähennyksien (RCP2.6/SSP1-2.6-skenaario) toteutuessa, merenpinta nousisi Suomenlahdella 5–15 cm, ja Selkämerellä ja Perämerellä merenpinta laskisi 10–40 cm.

- Keskitason päästöpolulla (RCP4.5/SSP2-4.5-skenaario, jota pidetään tällä hetkellä todennäköisimpänä kehitysvaihtoehtona), merenpinta kohoaisi Suomenlahdella 20–30 cm, Selkämerellä merenpinta laskisi 0–25 cm ja Perämerellä laskua tapahtuisi 20–30 cm.

- Voimakkaana jatkuvien päästöjen (RCP8.5/SSP5-8.5-skenaario) realisoituessa, merenpinta nousisi kauttaaltaan Suomen rannikolla: Suomenlahdella 50–60 cm, Selkämerellä 5–35 cm ja Perämerellä 0–10 cm.

Lyhyellä aikavälillä Suomen rannikon vedenkorkeus vaihtelee tuulen ja ilmanpaineen heilahtelujen mukana. Erityisen korkeat vedenkorkeudet esiintyvät Itämerellä tyypillisesti myrskyjen aikaan, jolloin vesi nousee kovien tuulien ja matalan ilmanpaineen takia (Leijala 2025, Leijala ym. 2026).

4.3 Vaikutukset vedenlaatuun ja ekologiaan

Ilmastonmuutoksen 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. On kuitenkin hyvin vaikea erottaa ilmastonmuutoksen 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 ilmastonmuutoksen vaikutuksesta ovat varsin epävarmoja ja vielä puutteellisesti ymmärrettyjä. Lisäksi ilmastonmuutoksen aiheuttamien muutosten suuruudet ja suunnat todennäköisesti poikkeavat merkittävästi toisistaan erityyppisissä vesistöissä ja vesimuodostumissa eri puolilla Suomea. Ilmastonmuutoksella tulee kuitenkin olemaan vaikutuksia vedenlaatuun ja sisävesien luontoon. Tarkemmin vedenlaatua ja ekologiaa on käsitelty vesienhoidon toimenpiteiden suunnittelun oppaassa Ilmastonmuutoksen huomioiminen vesienhoitosuunnitelmissa (Veijalainen ym. 2026). Kuormitusmalli WSFS-Vemalan (Huttunen ym. 2016) tuloksia kuormituksista on saatavilla avoimessa paikkatietoaineistossa (WSFS-Vemala kuormitustiedot, Suomen ympäristökeskus (Syke 2026, https://ckan.ymparisto.fi/dataset/wsfs-vemala-kuormitustiedot) WMS- ja WFS-rajapintoina (WMS sis. visualisoinnit), GeoPackage-latauspaketteina sekä ympäristöhallinnolle lisäksi QGISin GEO-käyttöliittymän kautta. Paikkatietoaineistosta voi tarkastella skenaariotuloksia tarkemmin eri alueille Suomessa.

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 luonnonvara-aloilla tauti- ja tuholaisriski, sään ääri-ilmiöiden lisääntyminen ja kuivuus aiheuttavat suurimpia riskejä. Ilmastonmuutoksen terveysvaikutukset väestölle ovat Suomessa maailmanlaajuisesti tarkastellen keskimääräistä huomattavasti vähäisempiä, mutta helteen aiheuttamat terveyshaitat, vesiepidemiat, vektorivälitteiset infektiosairaudet, liukastumistapaturmat ja rakennusten kosteusvaurioihin liittyvät sisäilmaongelmat aiheuttavat kasvavia terveysriskejä (Tuomenvirta ym. 2018, Carter 2007).

Ilmastonmuutoksesta 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 RePOWER-CEST hankkeessa arvioitu kasvavan jaksolla 2040–69 noin 5 % 1981–2010 jaksoon verrattuna. Lisäksi matkailuala voi saada suhteellista hyötyä eurooppalaisessa katsannossa. Kiinteistöjen ja liikenteeseen liittyvän rakentamisen kustannukset lisääntyisivät jonkin verran lähivuosikymmeninä ja enemmän myöhemmin. Ilmastonmuutokseen liittyy huomattavia epävarmuuksia ja etenkin siihen liittyvät globaalit riskit ja välilliset vaikutukset voivat kasvaa hyvinkin suuriksi pidemmällä aikavälillä.

4.5 Ilmastonmuutokseen sopeutuminen

Ilmastonmuutokseen sopeutumisella tarkoitetaan toiminnan sopeuttamista jo havaittuihin ja ennakoituihin muutoksiin. Ilmastonmuutoksen suorat ja paikoin myös välilliset vaikutukset lisääntyvät jatkossa ja sopeutumista tarvitaan kaikilla sektoreilla. Vuodesta 2023 lähtien sopeutumista on kansallisella tasolla toimeenpantu kansallisen ilmastonmuutokseen sopeutumissuunnitelman 2030 (KISS2030) mukaisesti (Valtioneuvosto/MMM 2023). Vesivarojen hoidossa ja käytössä tarvitaan **kokonaisvaltaista, valuma-alueen laajuista, sektorirajat ylittävää suunnittelua ja ohjauskeinoja tukemaan muutoksiin sopeutumista.** Sopeutumiseen kytkeytyy myös ilmastonmuutoksen hillintä, sillä hillintätoimet voivat vaikuttaa ilmastonmuutoksen vaikutuksiin ja sopeutumistarpeisiin. Ilmastonmuutokseen sopeutumistyötä alueilla koordinoi Elinvoimakeskuksen ilmastoyksikkö, joka on kerännyt paljon tietoa ja työkaluja sopeutumisesta nettisivuilleen (https://elinvoimakeskus.fi/web/ilmastoyksikko/tyokalujamme-ilmastotyohon)

Toimenpiteiden suunnittelussa olisi syytä ottaa huomioon ilmastonmuutoksen tarkasteluun soveltuva, **vesienhoitolain ulottuvuutta (2033) pidempi aikaskaala,** esim. investointihankkeissa käyttöajan mukainen aikajänne (esim. 50…100 vuotta). Ilmastoskenaarioissa aikajänteenä käytetään tyypillisesti 30 vuoden jaksoja, esim. 2020…2049, 2040…2069 ja 2070…2099. Kun toimenpiteen suunnittelussa otetaan huomioon muunneltavuus ja joustavuus, tulee huomioiduksi myös ilmastomallien epävarmuudet.

Tulvasuojelussa tulisi sopeutua muuttuviin tulvien suuruuksiin. Jos tulvien ennakoidaan ilmastonmuutoksen 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 mahdollisesti pienenevätkin useimmilla ilmastoskenaarioilla lumen määrän ja kevättulvien pienetessä. Tämä johtuu ilmastonmuutokseen liittyvistä epävarmuuksista erityisesti ääri-ilmiöihin liittyen ja ilmastonmuutoksen 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 ilmastonmuutoksen kielteisiä vaikutuksia vedenkorkeuksiin ja virtaamiin voitaisiin lieventää tarkastelluissa järvissä, joille tämän on arvioitu olevan tarpeellista. Esimerkiksi Näsijärvellä tuli vuonna 2024 lainvoimaiseksi uusi säännöstelylupa, jossa luovuttiin kevään pakollisesta vedenkorkeuden alentamisesta eli ns. kevätkuopasta ja tehtiin kevätkuopasta harkinnanvarainen riippuen lumen vesiarvosta.

Säännöstelylupien muuttamistarpeesta ilmastonmuutokseen sopeutumiseksi tehtiin selvitys vuonna 2015 (Dubrovin 2015). Vuosina 2015–2025 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.

Kuivuuden vaikutuksille herkille alueille voidaan kohdentaa vettä säästäviä ja kuivuuden vaikutuksia lieventäviä toimenpiteitä (Ahopelto ym. 2019, Snellman ym. 2023). Vuonna 2024 on julkaistu kuivuusriskien hallinnan kansalliset suuntaviivat (Ahopelto ym. 2024), jotka ohjaavat Suomen kuivuusriskien hallintaa sekä listaavat keinoja riskienhallinnan edistämiseksi. Suuntaviivojen mukaan kuivuusriskien hallinta koostuu **ennakkovaroituksista ja indikaattoreista, haavoittuvuus- ja riskitarkasteluista sekä riskienhallinta- ja valmiussuunnitelmista**. Riskienhallinta- ja valmiussuunnitelmat ovat alueellisten toimijoiden yhteinen tapa hallita kuivuusriskejä. Niitä on pilotoitu mm. LOSSI hankkeessa Lounais-Suomessa. Lounais-Suomessa Sirppujoelle on tehty Suomen ensimmäinen kuivuusriskien hallintasuunnitelma (Ahopelto ym. 2020), jota päivitetään vuonna 2026. Toimialojen yhteisten laajempien hallintasuunnitelmien lisäksi toimialojen ja yksittäisten laitosten omat riskienhallintatoimet ovat tärkeitä.

Maataloussektorilla leutojen ja sateisten talvien on todettu vaikuttavan vesienhoidon toimenpiteiden tehokkuuteen, koska tällöin suurin osa kuormituksesta muodostuu kasvukauden ulkopuolella. Todennäköisesti ilmaston muuttuessa tarvitaan entistä enemmän toimenpiteitä, jotta voidaan edes ylläpitää saavutetut vesistökuormituksen vähenemät. Tärkeimpänä toimenpiteenä kuormituslisäyksen kompensoimiseksi ehdotetaan **eroosioriskiä vähentävien toimenpiteiden**, kuten talviaikaisen kasvipeitteisyyden ja kevennetyn muokkauksen, **kohdentamista peltojen kaltevuuden mukaan**. Toimenpiteiden kohdentaminen kalteville pelloille auttaa merkittävästi kiintoaineen ja partikkelimaisen fosforin kuormituksen hallinnassa (Puustinen ym. 2019). Tasaisilla pelloilla talviaikainen kasvipeitteisyys saattaa toisaalta jopa lisätä fosforikuormitusta (Uusitalo ym. 2007). Lounais-Suomessa TEHO-projektissa tehtyjen skenaariotulosten perusteella eri viljelytoimenpiteillä (mm. suojavyöhykkeet ja talviaikainen kasvipeitteisyys kaltevilla pelloilla) ja tarkemmalla lannoituksella ilmastonmuutoksen vaikutusta kuormituksiin voidaan hillitä, mutta Lounais-Suomessa ilmastonmuutostilanteissa on vaikea päästä nykytilannetta pienempiin kuormituksiin (Huttunen ym. 2010, Huttunen ym. 2015). Kaltevuuden lisäksi toimenpiteiden kohdentamisessa tulisi huomioida myös muut kuormitusriskiin vaikuttavat tekijät kuten maalajin eroosioherkkyys sekä vesistöjen ja pohjavesialueiden läheisyys. Maatalouden ilmastotoimia on koottu yhteen Elinvoimakeskuksen Ilmastoyksikön toimesta osoitteessa https://elinvoimakeskus.fi/web/ilmastoyksikko/muistilistat-maa-ja-mets%C3%A4talouden-sopeutumiseen

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). Sopeutumiseen tarvitaan vesitalouden hallintajärjestelmien kuten säätösalaojituksen kehitystä sekä muita maan kasvukunnosta huolehtimisen toimenpiteitä kuten hyvän maarakenteen ja sen vedenpidätyskyvyn ylläpitämistä sekä eroosion estämistä (Peltonen-Sainio ym. 2017). Pitkät kuivat kaudet lisäävät tarvetta varautua keinokasteluun (ProAgria Keskusten liitto 2019). Jatkossa tulisi tarkemmin selvittää, missä määrin maatalousuomien hydro-morfologisia 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 kestävään maatalouden vesienhallintaan. (Västilä 2020)

Vihreä infrastruktuuria, erityisesti luonnollisia vedenpidätystoimia ja maaperän sulkemista vähentäviä toimenpiteitä pidetään keskeisinä ratkaisuina 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://nwrm.eu/) on kerätty tietoa ja laadittu ohjeita luonnonmukaisista vedenpidätystoimenpiteistä. Engineering with Nature julkaisi vuonna 2022 kattavan oppaan luontopohjaisten ratkaisujen hyödyntämisestä tulvariskien hallinnassa (https://ewn.erdc.dren.mil/international-guidelines-on-natural-and-nature-based-features-for-flood-risk-management/).

Metsien ja soiden merkitys valunnan säätelyssä ja tulvien hallinnassa korostuu entisestään tulevaisuudessa. Veden pinnan säätely etenkin ojitetuissa suometsissä, 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.

Hjerppe ym. 2014, Oittinen 2007) valuma-aluetoimenpiteillä ei voida merkittävästi vaikuttaa poikkeuksellisiin tulviin.

Ennusteiden mukainen valunnan äärevöityminen korostaa tarvetta huomioida pintavesien virtausreitit ja vesimäärät myös **metsätaloustoimenpiteiden suunnittelussa**. Paikkatietomenetelmillä voidaan kustannustehokkaasti kartoittaa vedenpidätykseen soveltuvia maastonkohteita karkealla tasolla. Edelleen tulisi kehittää toimintamallia ja työkaluja, jossa metsätalousalueiden 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 ilmastonmuutoksen hillintään ja sopeutumiseen. Ennallistamistoimissa tulisi ottaa huomioon nykyistä laajemmat kokonaisuudet, kuten valuma-alueet, ja pyrkiä kohdentamaan toimenpiteitä myös ilmastonmuutoksen 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. vedenottokaivojen oikeanlainen sijoittamisella ja rakentamisella (Vienonen ym. 2012, Meriläinen ym. 2019). 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).

Ilmastonmuutosten välittömiin ja välillisiin vesistövaikutuksiin liittyy vielä paljon epävarmuuksia ja tietotarpeita. Riittävä vesistöjen tilan seuranta-aineisto on edellytys muutosten tunnistamiselle. Vesienhoidon luokittelun nykyisen seurannan muuttujat eivät mittaa hyvin tummumista tai sen humus/kiintoainekuorman ekologisia vesistövaikutuksia. Tarvetta vesien humuskuormituksen ja sen vaikutusten tutkimiselle ovat esittäneet sekä kansalaiset että tutkijat (mm. Finér ym. 2020). Oleellinen tutkimus- ja kehitystarve olisi vertailuolojen asettaminen ottaen huomioon vesistöjen luontaisen humuspitoisuuden sekä ilmastonmuutoksen ja talvisateiden aiheuttaman ”taustatummumisen”, jotta maankäytön, erityisesti ojitusten, vaikutus tummumiseen ja sen vaikutuksiin voitaisiin arvioida määrällisesti ja edelleen huomioida vesien tilaluokituksessa. Lisäksi tulisi pyrkiä tunnistamaan alueellista ja vesimuodostumakohtaista riskiä vesien tummumiselle. (Aroviita 2020). BlueAdapt-hankkeessa (2018–2023) kehitettiin menetelmiä arvioida vesistöjen herkkyyttä ilmastonmuutoksen vaikutuksille. Sykessä on kehitetty orgaanisen aineen kuormituksen, hiilen kierron ja happamien sulfaattimaiden mallinnusta WSFS-Vemala-vedenlaatumallissa (Korppoo ym. 2024, Korppoo ym. 2025).

5 Toimenpiteiden ilmastokestävyys ja yhteensovittaminen vesienhoidon suunnittelun kanssa

5.1 Ilmastokestävyyden arviointi

Tulvariskien hallinnan suunnittelussa tulisi tarkastella toimenpiteitä erityisesti ilmastokestävyyden näkökulmasta. Toisella tulvariskien hallinnan suunnittelukaudella ja vesienhoidon suunnittelussa kehitettiin vuonna 2019–2020 menetelmä ilmastokestävyyden tarkasteluun. Se esitettiin edellisen suunnittelukierroksen oppaassa ilmastonmuutoksen huomioimisesta (tämän oppaan edellinen versio Veijalainen ym. 2020). Tässä on esitetty vastaava kuvaus menetelmästä kuin tuossa oppaassa ilman päivitystä.

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 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 paremmin sopeutuvaksi. Myös vesienhoidossa arvioidaan, edistääkö tai heikentääkö vesienhoidon toimenpide ilmastonmuutokseen tai poikkeuksellisiin vesioloihin varautumista (ks. kohta 5.2).

Tulvariskien hallinnan ilmastokestävyyttä voidaan arvioida alla ja tämän oppaan aiemmassa versiossa (Veijalainen ym. 2020) kuvatun menetelmän mukaisesti. Toimenpiteiden ilmastokestävyyden arvioinnissa otetaan huomioon muuttuvat olosuhteet, toimenpiteen joustavuus sekä vaikutus ilmastonmuutoksen hillintään. Arvioinnin tavoitteena on ollut tunnistaa jokaisella sektorilla sellaiset toimenpiteet, jotka säilyttävät toimivuutensa erilaisissa olosuhteissa. Arvioinnin tuloksena voidaan myös tunnistaa, millaiset sää- ja ilmasto-olot ovat kullekin sektorille ongelmallisia. Lisäksi voidaan pohtia, onko nykyisessä toimenpidevalikoimassa riittävästi toimenpiteitä vastaamaan ennakoituihin muutoksiin. Arvioinnin perusteella työryhmä voi harkita, tulisiko ohjauskeinoina esittää esimerkiksi toimenpiteiden kehittämistä kestävämmäksi tai onko tarvetta kehittää kokonaan uusia toimenpiteitä.

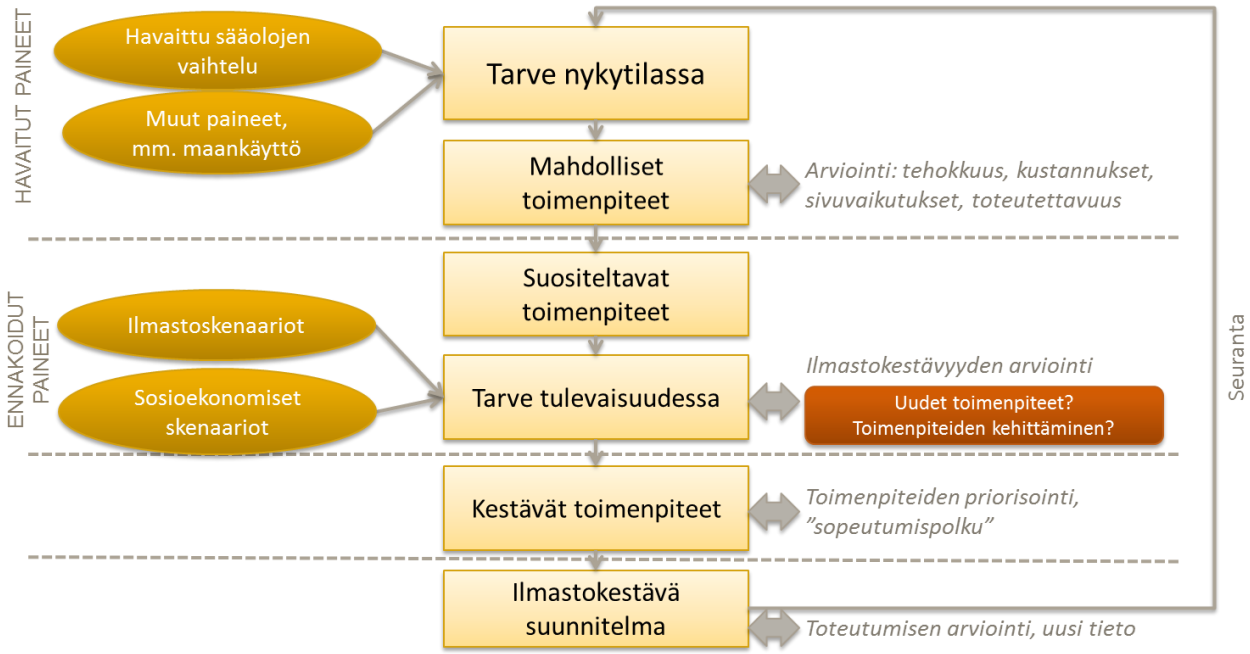
Jos tulvien ennakoidaan ilmastonmuutoksen myötä kasvavan (esim. suurten vesistöjen keskusjärvissä ja niiden laskujoissa) tulisi ennakoitu kasvu huomioida uusia suunnitelmia tehtäessä esim. kaavoituksessa ja vesirakenteita tehtäessä. Sen sijaan mahdollisesti pieneneviä tulvia ei voida ainakaan vielä ottaa suunnittelun lähtökohdaksi, vaikka tulvat saattavat joissain osissa Suomea pienenentyä useimmilla ilmastoskenaarioilla lumen määrän ja kevättulvien pienetessä. Tämä johtuu ilmastonmuutokseen liittyvistä epävarmuuksista erityisesti ääri-ilmiöiden osalta sekä ilmastonmuutoksen hitaasta ja mahdollisesti epälineaarisesta etenemisestä. Yleensä vesistöissä on myös skenaarioita, joissa tulvat eivät oleellisesti muutu.

Ilmastokestävyyden arvioinnin on tarkoitus auttaa tulvariskien hallinnan suunnittelijoita toimenpiteiden valinnassa ja priorisoinnissa, huomioiden merkittävien tulvariskialueiden erityispiirteet ja ilmastonmuutoksen alueelliset vaikutukset. Yksittäisten toimenpiteiden ilmastokestävyyden pohjalta voidaan arvioida tulvariskien hallintasuunnitelmien sopeutuvuutta. Toimenpiteiden valinnassa tavoitteena on mahdollisuuksien mukaan priorisoida ilmastokestäviä toimenpiteitä.

Esimerkki toimenpiteiden ilmastokestävyyden tarkastelusta.

Kemijoen tulvariskien hallintasuunnitelmassa vuosille 2016–2021 arvioitiin ehdotettujen toimenpiteiden sopeutuvuus ilmastonmuutokseen. 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 ilmastonmuutoksen 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 ilmastonmuutoksen 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.

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 (2010–2039), keskipitkälle (2040–2069) ja pitkälle (2070–2099) 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 5 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 hyydetulvariskissä voi tapahtua muutosta nykytilanteeseen.

- **Rankkasateiden ja sadannan kasvu**

  Katso alueellinen arvio rankkasateiden ja sadannan kasvusta (esim. taulukko 2, Luomaranta ym. 2025, Gregow ym. 2021). Sadanta kasvaa ja rankkasateet voimistuvat ja yleistyvät. Rankkasateet voivat lisätä etenkin taajamien hulevesitulvariskiä. Tulvahuippujen ennustettavuus hankaloituu.

- **Meriveden pinnan nousu**

  Katso alueellinen arvio merivedenpinnan noususta (osio 4.2, Leijala ym. 2026).
  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 kaavoituspaineet ja maankäytön muutoksen pitkäaikaisskenaariot on hyvä ottaa huomioon osana toimenpiteen sopeutuvuutta muuttuviin olosuhteisiin. Alueellisten arvioiden apuna voi käyttää esimerkiksi maakuntakaavoja sekä tulevaisuuden tulvariskiarvioita (Parjanne ym. 2018).

Edellä mainittujen lisäksi voi olla hyödyllistä arvioida toimenpiteen käytettävyyttä pitkillä 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 jälkeenpäin 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 joustavammaksi.

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 vaikusta 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 ilmastokestävyyden kokonaisarvosana arvioidaan muuttuviin olosuhteisiin mukautumisen ja toimenpiteen joustavuuden perusteella sanallisesti. Arviointi tehdään asiantuntijatyönä ELY-keskuksissa ja / tai tulvaryhmässä. Ilmastokestävyyden kokonaisarviota käytetään yhtenä tekijänä toimenpiteiden priorisoinnissa (oletus painoarvo 15 %, kts. Ohjeistus Toimenpiteiden priorisointi). 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 sovitettava 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. Elinvoimakeskukset 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 laadittu Sirppujoelle.

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 ilmastonmuutoksen seurauksiin. Toisaalla sama toimenpide voi parantaa varautumista alueilla, joissa veden niukkuus on tai voi jatkossa nousta ongelmaksi. Samoin säännöstelykäytännön kehittämisellä voi eri alueilla olla erisuuntaisia vaikutuksia.

Ilmastonmuutoksen 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**
Tulvariskiin	Edistää merkittävästi varautumista ja sopeutumista poikkeuksellisiin vesioloihin	Edistää hieman varautumista ja sopeutumista poikkeuksellisiin vesioloihin	Ei vaikutusta varautumiseen ja sopeutumiseen poikkeuksellisten vesiolojensuhteen	Heikentää hieman varautumista ja sopeutumista poikkeuksellisiin vesioloihin	Heikentää merkittävästi varautumista ja sopeutumista poikkeuksellisiin vesioloihin
Kuivuusriskiin	Edistää merkittävästi varautumista ja sopeutumista poikkeuksellisiin vesioloihin	Edistää hieman varautumista ja sopeutumista poikkeuksellisiin vesioloihin	Ei vaikutusta varautumiseen ja sopeutumiseen poikkeuksellis-ten 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 ympäristötavoitteista[1].

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 täyttyessä:

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 (Rytkönen & Marttunen, 2013). Tulvariskien hallinnan toimenpiteiden priorisointia kehitettiin edelleen 2. suunnittelukaudella. 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)	Suositeltu 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 ilmaston ja muiden olosuhteiden muuttuessa, sitä korkeampi pistearvo.
Muut vaikutukset (Monitavoitearviointi)	15 %	Muut hyödyt kuvastavat toimenpiteestä saatavia muita kuin tulvariskien hallinnan hyötyjä, esimerkiksi vesienhoidon tai ilmastonmuutokseen 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 -palveluun (https://seuranta.vaikutavesiin.fi/) on koottu monenlaista tietoa pinta- ja pohjavesien tilasta sekä niihin vaikuttavista toiminnoista. Vesienhoidon paikkatietoaineistoja on saatavilla myös Syken kartta- ja tietopalveluista (https://www.syke.fi/fi/ymparistotieto), ks. tarkemmat kuvaukset metatietopalvelusta.

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. Vastaavasti sellaisia vesienhoidon toimenpiteitä, jotka heikentävät varautumista poikkeuksellisiin vesioloihin ja ilmastonmuutokseen, tulisi välttää.

Vesienhoidon ja tulvariskien hallinnan toimenpiteiden ristiinarviointia kehitettiin edellisellä suunnittelukaudella ja arviointi tehdään samoin periaattein tällä suunnittelukaudella. Vesienhoidon toimenpiteiden arvioinnissa on otettu huomioon kunkin toimenpiteen vaikutus tulva- ja kuivuusriskeihin.

Lisäksi on tarkasteltu vaikutusta luonnon monimuotoisuuteen, hygieniaan, maisemaan ja roskaantumiseen (taulukko 3, Hjerppe & Lehtoranta 2019). Arviot on esitetty toimialakohtaisissa oppaissa. Myös tulvariskien hallinnassa kukin toimenpide on luokiteltu johonkin taulukon 3 luokista sen perusteella, minkälainen vaikutus sillä toteutuessaan olisi vesienhoidon tavoitteiden saavuttamiseen. Vesienhoidon kannalta myönteisten (++/+) ja kielteisten (-/--) tulvariskien hallinnan toimenpiteiden osalta arvioidaan myös vaikutuksen laajuutta. Vaikutusalue määritellään vesimuodostumien avulla.

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 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 ilmastonmuutoksen seurauksiin. Toisaalla sama toimenpide voi parantaa varautumista alueilla, joissa veden niukkuus on tai voi jatkossa nousta ongelmaksi. Samoin säännöstelykäytännön kehittämisellä voi eri alueilla olla erisuuntaisia vaikutuksia.

Toisella tulvariskien hallinnan suunnittelukaudella toimenpiteiden vaikutukset eri vesimuodostumiin olivat suurimmaksi osaksi positiivisia (88 %). Noin 11 % vaikutus vesimuodostumiin oli neutraali, ja negatiivisten vaikutusten osuus oli 1,2 %. Jos vertaa ensimmäisellä kaudella ehdotettuihin toimenpiteisiin, vaikutukset olivat kokonaisuudessaan myönteisemmät. Tämä tarkoittaa sitä, että vesienhoidon tavoitteet pystyttiin ottamaan entistä kokonaisvaltaisemmin huomioon toimenpiteiden suunnittelussa ja vaikutusten arvioinnissa.

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.

Vesi.fi:n Tulvakarttapalvelussa (https://www.vesi.fi/tulvakartat) ovat esillä elinvoimakeskusten laatimat tulvavaara- ja tulvariskikartat merkittäviltä tulvariskialueilta. Lisäksi saatavilla on tulvavaarakartat yli 100 muulta alueelta ja koko Suomen rannikolta. Tulvavaarakarttojen perusteella nähdään, mitkä alueet ovat tulvavaarassa eri toistuvuustason tulvilla.

Syken ja Ilmatieteen laitoksen yhteistyönä toimiva Tulvakeskus aloitti toimintansa vuonna 2014 (www.vesi.fi/tulvakeskus). Tulvakeskus ennustaa ja varoittaa tulvista sekä ylläpitää niihin liittyvää jatkuvaa tilannekuvaa.

Taulukossa 4 on esitetty tulva-aiheiset paikkatietoaineistot. Paikkatietoaineistot ovat saatavilla (jos ei toisin mainita) ympäristöhallinnon QGIS-paikkatieto-ohjelmiston GEO-käyttöliittymän kautta sekä internetin puolelta vesi.fi:n Tulvakarttapalvelusta ja ympäristötieto-palvelusta (https://www.syke.fi/ymparistotieto), ks. tarkemmat kuvaukset metatietopalvelusta.

Taulukko 4. Ympäristöhallinnon tulva-aiheiset paikkatietoaineistot.

Havaitut tulva-alueet	Havaittu tulva-alue on jonkun tietyn toteutuneen tulvan veden peittämä alue, joka on rajattu maastohavaintojen (tulva-alueen reunan merkitseminen tai kuvaaminen) tai kaukokartoitusaineiston (ilmakuvaus (stillkuvat/videointi) tai satelliittikuvat) perusteella.
Määritetyt tulva-alueet (tulvavaarakartat, tulvavaaravyöhykkeet)	Määritetty tulva-alue koostuu tulvavaaravyöhykkeistä, jotka kuvaavat tietyn vedenkorkeuden aiheuttamaa tulvan peittämää aluetta ja vaaran astetta tietyllä todennäköisyydellä (toistuvuusaika). Avoimesti saatavilla on vesistö- ja meritulvat sekä erikoisskenaariot (muut tulvakartat).
Yleispiirteinen hulevesitulvakartta	Hulevesitulvariskien alustavan arvioinnin helpottamiseksi on laadittu pintavaluntamallinnus kaikille Suomen taajama-alueille. https://www.vesi.fi/hulevesitulvat
Määritettyjen tulva-alueiden tulvariskiruudut	Tulvariskiruudut kuvaavat tulvavaara-alueelle sijoittuvaa asukasmäärää ja rakennuksien kerrosalaa 250 m ruuduittain. Ruudut on laskettu tulvavaaravyöhykkeiden sekä rakennus- ja huoneistorekisterin rakennuspisteiden päällekkäisanalyysillä kullekin tulvaskenaariolle.
Tulvariskialueet	Paikkatietoaineisto sisältää maa- ja metsätalousministeriön 19.12.2024 nimeämät vesistö- ja meritulvien merkittävät tulvariskialueet sekä ELY-keskusten tunnistamat muut tulvariskialueet. Alueiden rajauksissa on otettu huomioon tulvakartoituksen tarpeet.
Tulvatietojärjestelmä (Hertta-sovellus, rajattu käyttöoikeus)	Kokoaa erilaisen tulvatiedon tietokantaan ja paikkatietotietojärjestelmään. Tietosisältö edellä mainittujen lisäksi: • Havaitut tulvavedenkorkeudet ja tulvavirtaamat (varta vasten tulvan takia mitatut) • Määritetyt (mallinnetut) tulvavedenkorkeudet ja tulvavirtaamat (toistuvuusajat) • Määritetyt alimmat suositeltavat rakentamiskorkeudet • Esiintyneet tulvat (kuvaus tapahtuneista tulvista, esim. ajankohta, tulvatyypit ja vahingot) • Tulevaisuuden tulvat (kuvaus tulvaskenaarioista, esim. todennäköisyys ja vahingot) • Tulvariskikohteet (tunnistettuja tulvariskikohteita kuvauksineen ja vaikutustietoineen) • Tiedot tulvariskien hallintasuunnitelmista sekä niihin sisältyvistä toimenpiteistä

6 Lähteet

Aapala, K., Alanen, A., Eisto, K., Kuusela, S. & Siikamäki, P. (toim.) 2018. Ennallistaminen ja luonnonhoito muuttuvassa ilmastossa – työpajamuistio.16 s. (linkki muistioon)

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. (linkki artikkeliin)

Ahopelto, L., Parjanne, A., Tuukkanen, T. 2024. Kuivuusriskien hallinnan kansalliset suuntaviivat. Maa- ja metsätalousministeriön julkaisuja 2024:26 (linkki raporttiin)

Ahopelto ym. 2020. Sirppujoen vesistöalueen kuivuusriskien hallintasuunnitelma (linkki raporttiin)

Aroviita, J. Seurannan tarpeet ja ilmastonmuutos. Sähköpostiviesti 12.2.2020.

Bergström, S., Andréasson J., Veijalainen, N., Vehviläinen, B. Einarsson, B., Jónsson, S. Kurpniece, L. Kriaučiūnienė, J., Meilutytė-Barauskienė, D., Beldring, S. Lawrence, D. & Roald, L.A. 2012. Chapter 6. Modelling Climate Change Impacts on the Hydropower System. In: Thorsteinsson, T., Björnsson, H. (toim.) 2012. Climate Change and Energy Systems. Impacts, Risks and Adaptation in the Nordic and Baltic countries. TemaNord 2011:502. Nordic council of Ministers, Copenhagen.

Carter, T.R. (toim.). 2007. Suomen kyky sopeutua ilmastonmuutokseen: FINADAPT. Suomen ympäristö I/2007. Suomen ympäristökeskus, Helsinki.

de Wit, H.A., Valinia, S., Weyhenmeyer, G.A., Futter, M.N., Kortelainen, P., Austnes, K., Hessen, D.O., Räike, A., Laudon, H.& Vuorenmaa, J. 2016. Current browning of surface waters will be further promoted by wetter climate. Environmental Science & Technology Letters, 3(12), s.430-435.

Dubrovin, T. 2015. Sopeutumistarve ilmastonmuutokseen vesistöjen säännöstelyssä. Suomen ympäristökeskus. 14s. (linkki raporttiin)

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. 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.

European commission. 2025. European Water Resilience strategy (linkki strategiadokumenttiin)

Finér, L., Lepistö, A., Karlsson, K., Räike, A., Tattari, S., Huttunen, M., Härkönen, L., Joensuu, S., Kortelainen, P., Mattsson, T., Piirainen, S., Sarkkola, S., Sallantaus, T. & Ukonmaanaho, L. 2020. Metsistä ja soilta tuleva vesistökuormitus 2020 – MetsäVesi -hankkeen loppuraportti. 77 s. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2020:6.

Forsius ym. 2017. Observed and predicted future changes of total organic carbon in the lake Päijänne catchment (southern Finland): Implications for water treatment of the Helsinki metropolitan area. Boreal Env. Res. 22:317-336.

Forsius, M., Anttila, S., Arvola, L., Bergström, I., Hakola, H., Heikkinen, H.I., Helenius, J.,Hyvärinen, M.,Jylhä, K., Karjalainen, J., Keskinen, T., Laine, K., Nikinmaa, E., Peltonen-Sainio, P., Rankinen, K., Reinikainen, M.,

Setälä, H. & Vuorenmaa, J. 2013. Impacts and adaptation options of climate change on ecosystem services in Finland: a model based study. Current Opinion in Environmental Sustainability 5(1), 26-40. (linkki artikkeliin)

Gregow, H., Mäkelä, A., Tuomenvirta, H., Juhola, S., Käyhkö, J., Perrels, A., Kuntsi-Reunanen, E., Mettiäinen, I., Näkkäläjärvi, K., Sorvali, J., Lehtonen, H., Hildén, M., Veijalainen, N., Kuosa, H., Sihvonen, M., Johansson, M., Leijala, U., Ahonen, S., Haapala, J., Korhonen, H., Ollikainen, M., Lilja, S., Ruuhela, R., Särkkä, J. & Siiriä, S-M., 2021. Ilmaston-muutokseen sopeutumisen ohjauskeinot, kustannukset ja alueelliset ulottuvuudet [Policies, costs and regional aspects of climate change adaptation]. Suomen ilmastopaneelin raportti 2/2021. (linkki raporttiin)

Gregow, H. ym. 2020. Review on winds, extratropical cyclones and their impacts in Northern Europe and Finland. Ilmatieteen laitos. Raportteja 2020:3. (linkki raporttiin)

Haakana, M., Ollila, P., Regina, K., Riihimäki, H. & Tuomainen, T. 2015. Menetelmä maankäytön kehityksen ennustamiseen. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 51/2015. 34 s. (linkki raporttiin)

Hilden, M, Tikkakoski, P, Sorvali, J H, Mettiäinen, I, Käyhkö, J, Helminen, M, Määttä, H, Berninger, K, Meriläinen, P, Ahonen, S, Kolstela, J O, Juhola, S, Tynkkynen, O, Gregow, H, Groundstroem, F, Halonen, J I, Munck af Rosenschöld, J, Tuomenvirta, H, Carter, T R, Lehtonen, H, Luomaranta, A & Mäkelä, A. 2022. Adaptation to climate change in Finland: Current state and future prospects. Publications of the Government's analysis, assessment and research activities, no. 61, vol. 2022, Valtioneuvoston kanslia. (linkki artikkeliin)

Hjerppe, T. & Lehtoranta, V. 2019. Opas toimenpiteiden vaikutusarvioista suunnittelukaudelle 2021–2027.

Huttunen, M., Huttunen, I., Vehviläinen, B. & Salmi, B. 2010. TEHO-hankkeen skenaariot SYKE-WSFS-VEMALA mallilla. TEHO-raportit. (linkki raporttiin)

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. (linkki artikkeliin)

Huttunen, I., Huttunen, M., Piirainen, V., Korppoo, M., Lepistö, A., Räike, A., Tattari, S., Vehviläinen, B. & 2016. A National-Scale Nutrient Loading Model for Finnish Watersheds—VEMALA. Environmental Modeling and Assessment 21, 83–109. (linkki artikkeliin)

IPCC, 2021. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Joensuu, S., Tenhola, T. & Hyvärinen, A. 2015. Paikkatiedon hyödyntäminen metsätalouden vesiensuojelussa ja tulvasuojelussa. Tapio. 76 s. (linkki raporttiin)

Jokinen, P.P., Kaukoranta, J-P. Kangas, A., Alenius, P., Eriksson, P., Johansson, M., Wilkman, S., 2021. Tilastoja Suomen ilmastosta ja merestä 1991–2020. Ilmatieteen laitos. Raportteja 2021:8. (linkki artikkeliin)

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

Kolhinen, V., Huttunen, M., Jakkila, J., Havu, P., Menberu, M., Kumpumäki, M., Fazel, N., Koistinen, A., Vehviläinen, B., Veijalainen, N., 2026. The development and validation of a national-scale process-based hydrological model for Finland. Journal of Hydrology 665, 134650. (linkki artikkeliin)

Korhonen 2019. Long-term changes and variability of the winter and spring season hydrological regime in Finland. Doctoral thesis. University of Helsinki. (linkki väitöskirjaan)

Korppoo, M. Huttunen, M., Sane, M., Fazel, N., Narikka, M., Veijalainen, N. 2024. Happamien sulfaattimaiden nykyisen ja tulevan hydrologian simulointi WSFS-Vemala-mallilla. Vesitalous 1/24, p. 45-49.

Korppoo, M., Huttunen, I., Huttunen, M., Narikka, M., Silander, J., Jilbert, T., Forsius, M., Kortelainen, P., Kotamäki, N., Uvo, C., and Ronkanen, A.-K.: Simulating carbon fluxes in boreal catchments: WSFS-Vemala model development and key insights, EGUsphere [preprint], (linkki artikkeliin)

Koskiaho, J., & Puustinen, M. 2019). Suspended solids and nutrient retention in two constructed wetlands as determined from continuous data recorded with sensors. *Ecological Engineering*, *137*, 65-75.

Lehtonen, I. 2011. Äärisademäärien muutokset Euroopassa maailmanlaajuisten ilmastomallien perusteella. Pro gradu -tutkielma. Helsingin yliopisto, fysiikan laitos. 86 s. (linkki pro-gradu tutkielmaan)

Leijala, U. 2024: Merenpinnan nousu vaikuttaa rannikon tulvariskeihin, Vesitalous 26(10), 8–10, (linkki artikkeliin)

Leijala, U., Johansson, M., Pellikka, H., Sane, M., Snellman, R. 2026/Tulossa. Meritulvien toistuvuusarviot tulvakarttojen pohjaksi. Ilmatieteen laitoksen raportteja x:2026.

Lento, J., W. Goedkoop, J. Culp, K.S. Christoffersen, Kári Fannar Lárusson, E. Fefilova, G. Guðbergsson, P. Liljaniemi, J.S. Ólafsson, S. Sandøy, C. Zimmerman, T. Christensen, P. Chambers, J. Heino, S. Hellsten, M. Kahlert, F. Keck, S. Laske, D. Chun Pong Lau, I. Lavoie & B. Levenstein, Mariash, H. , Rühland, K. , Saulnier-Talbot, E., Schartau, A.K. & Svenning, M. 2019. State of the Arctic Freshwater Biodiversity. Conservation of Arctic Flora and Fauna International Secretariat, Akureyri, Iceland. ISBN 978-9935-431-77-6

Luomaranta, A., Virman, M., Rantanen, M., Hautala, J., Ruosteenoja, K., Mäkelä, A. 2025. Sateisuuden havaittuja ja ennakoituja muutoksia Suomen maakunnissa. Ilmatieteen laitos Raportteja 2025:2. (linkki raporttiin)

Luonnovarakeskus. 2019. SOMPA. Uudet maatalous- ja metsämaan viljely- ja hoitomenetelmät – avain kestävään biotalouteen ja ilmastonmuutoksen hillintään. Hyviä esimerkkejä. (linkki luonnonvarakeskuksen sivulle)

Lepistö, A., Kortelainen, P. & Mattsson, T. 2008. Increased organic C and N leaching in a northern boreal river basin in Finland. Global Biogeochemical Cycles Vol 22 GB3029:1-10.

Maa- ja metsätalousministeriö (MMM). 2005. Ilmastonmuutoksen kansallinen sopeutumisstrategia. *https://mmm.fi › MMMjulkaisu2005_1.pdf › MMMjulkaisu2005_1* Viitattu 4.12.2019

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

Maa- ja metsätalousministeriö (MMM). 2012. Miten väistämättömään ilmastonmuutokseen voidaan varautua? – yhteenveto suomalaisesta sopeutumistutkimuksesta eri toimialoilla. Ilmastonmuutoksen sopeutumistutkimusohjelman ISTO, 2006–2010. (linkki raporttiin)

Maa- ja metsätalousministeriö (MMM). 2014. Kansallinen ilmastonmuutokseen sopeutumissuunnitelma 2022. Valtioneuvoston periaatepäätös 20.11.2014. 41 s.

Maa- ja metsätalousministeriö. 2018. Happamien sulfaattimaiden aiheuttamien haittojen vähentämisen suuntaviivat vuoteen 2020 Väliraportti. Maa- ja metsätalousministeriön työryhmämuistio 2018:1

Valtioneuvosto/Maa- ja metsätalousministeriö. 2023. Valtioneuvoston selonteko kansallisesta ilmastonmuutokseen sopeutumissuunnitelmasta vuoteen 2030 : Hyvinvointia ja turvallisuutta muuttuvassa ilmastossa. Valtioneuvoston julkaisuja 2023:73 (linkki raportiin)

Mattila, T. 2014. Veden pidättäminen peltoon. Ravinnehuuhtoutumien hallinta (RaHa)-hanke. (linkki raporttiin)

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

Mustonen, K. R., Mykrä, H., Marttila, H., Sarremejane, R., Veijalainen, N., Sippel, K., Muotka, T. & Hawkins, C. P. 2018. Thermal and hydrologic responses to climate change predict marked alterations in boreal stream invertebrate assemblages. Global Change Biology, 24(6), 2434-2446.

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

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

O'Neill, B.C., Kriegler, E., Ebi, K.L., Kemp-Benedict, E., Riahi, K., Rothman, D.S., Ruijven, B.J. van, Vuuren, D.P. van, Birkmann, J., Kok, K., Levy, M., Solecki, W., 2017. The roads ahead: Narratives for shared socioeconomic pathways describing world futures in the 21st century. Global Environmental Change 42, 169–180. (linkki artikkeliin)

Parjanne, A. 2015. Tulvariskien hallintasuunnitelmien viimeistely ja tallentaminen. 10 s. (linkki vesi.fi sivulle)

Parjanne, A. 2019. Tulvariskien hallintatoimenpiteiden priorisointi. 7 s. (linkki vesi.fi sivulle)

Parjanne, A., Silander, J., Tiitu, M. & Viinikka, A. 2018. Suomen tulvariskit nyt ja tulevaisuudessa – Varautuminen maankäytön, talouden ja ilmaston muutokseen. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 30/2018Pellikka, 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.

Parjanne, A., Rytkönen, A.-M., Veijalainen, N., 2021. Framework for climate proofing of flood risk management strategies in Finland. Water Security 14, 100096. (linkki artikkeliin)

Pellikka, H., Johansson, M. M., Nordman, M., and Ruosteenoja, K., 2023. Probabilistic projections and past trends of sea level rise in Finland. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 23, 1613–1630 (linkki artikkeliin)

Peltonen-Sainio, P. Sorvali, J., Müller, M., Huitu, O., Neuvonen, S., Nummmelin, T., Rummukainen, A., Hynynen, J., Sievänen, R., Helle, P., Rask, M., Vehanen, T. & Kumpula, J. 2017. Sopeutumisen tila 2017. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 18/2017. LUKE.

Pilli-Sihvola K, Haanpää S. 2024. Maa- ja metsätalousministeriön hallinnonalan ilmastonmuutokseen sopeutumisen toimintaohjelma vuoteen 2027. Riskienhallintaa ja kilpailukykyä muuttuvassa ilmastossa Maa- ja metsätalousministeriön julkaisuja 2024:15

Pilli-Sihvola, K. ym 2023. Ilmastonmuutokseen liittyvät riskit ja haavoittuvuudet Suomessa. Tarkastelu kansallisen ilmastonmuutokseen sopeutumissuunnitelman 2030 taustaksi. Valtioneuvoston julkaisuja 2023:72

ProAgria Keskusten liitto. 2019. Ilmastoviisas maatilayritys. Tietoa tuottamaan 145. ProAgria.

Puustinen, M., Tattari, S., Väisänen, S., Virkajärvi, P., Räty, M., Järvenranta, K., Koskiaho, J., Röman, E., Sammalkorpi, I., Uusitalo, R. & Lemola, R. 2019. Ravinteiden kierrätys alkutuotannossa ja sen vaikutukset vesien tilaan: KiertoVesi-hankkeen loppuraportti. 146 s. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 22/2019.

Puustinen, M., Tattari, S., Koskiaho, J. & Linjama, J. 2007. Influence of seasonal and annual hydrological variations on erosion and phosphorus transport from arable land in Finland. Soil & Tillage Research 93 (2007) 44-55.

Ruosteenoja, Kimmo, Jylhä, Kirsti, 2021. Projected climate change in Finland during the 21st century calculated from CMIP6 model simulations. Geophysica 56, 39–69.

Ruosteenoja, K., Jylhä, K. & Kämäräinen, M. 2016. Climate projections for Finland under the RCP forcing scenarios. Geophysica, Volume 51, Issue 1: 17–50. (linkki artikkeliin)

Ruosteenoja, K., Jylhä, K. 2021. Projected climate change in Finland during the 21st century calculated from CMIP6 model simulations. Geophysica 56, 39–69.

Ruosteenoja, K. 2021. Applicability of CMIP6 models for building climate projections for northern Europe (No. 2021:7), Finnish Meteorological Institute Reports. Finnish Meteorological Institute, Helsinki. (linkki artikkeliin)

Rytkönen, A-M. & Marttunen, M. 2013. Monitavoitearviointiopas tulvaryhmille. 43 s. Saatavana: (linkki vesi.fi sivulle)

Räike A, Kortelainen P, Mattsson T & Thomas DN. 2016. Long-term trends (1975–2014) in the concentrations and export of carbon from Finnish rivers to the Baltic Sea: organic and inorganic components compared. Aquatic Sciences DOI 10.1007/s00027-015-0451-2

Räike, A., Taskinen, A., Härkönen, L., Kortelainen, P., Lepistö, A.: 2024. Browning from headwaters to coastal areas in the boreal region: Trends and drivers. Science of The Total Environment, Volume 927, (linkki artikkeliin)

Snellman ja Todorovic (2023) Kuivuusvaara ja -haavoittuvuuskarttojen tuottaminen Suomessa. (linkki raporttiin)

Suomen ympäristökeskus. 2025. Kuvaus tulvariskien alustavasta arvioinnista Suomessa vuonna 2024. (linkki raporttiin)

Suomen ympäristökeskus. 2026. WSFS-Vemala kuormitustiedot -paikkatietoaineisto. (linkki paikkatietoaineiston metatietoihin)

Suomen kuntaliitto. 2012. Hulevesiopas. 297 s. (linkki hulevesioppaaseen)

Suuronen, A., H. Mykrä, M. Marofi, M. Huttunen, A. Vilmi, J. Turunen, K. Vuorio, K. Karttunen, R. Virtanen, M. Kuoppala and J. Aroviita, 2025. Sisävesien biologisen monimuotoisuuden tilan arviointi seuranta-aineistojen ja lajistomallinnuksen avulla. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 34/2025. (linkki artikkeliin)

Tammelin, B., Forsius, J., Jylhä, K., Järvinen, P., Koskela K., Turunen, M.A, Vehviläinen, B. & Venäläinen, A. 2002. Ilmastonmuutoksen vaikutus energiantuotantoon ja lämmitysenergian tarpeeseen. Ilmatieteen laitos Raportteja 2002:2.

Tapio. 2019. Kaukaa viisasta metsänhoitoa. Vesiensuojelun merkitys korostuu ilmaston muuttuessa. (linkki tapio.fi sivulle)

Tebaldi, C., Debeire, K., Eyring, V., Fischer, E., Fyfe, J., Friedlingstein, P., Knutti, R., Lowe, J., O'Neill, B., Sanderson, B., van Vuuren, D., Riahi, K., Meinshausen, M., Nicholls, Z., Tokarska, K. B., Hurtt, G., Kriegler, E., Lamarque, J.-F., Meehl, G., Moss, R., Bauer, S. E., Boucher, O., Brovkin, V., Byun, Y.-H., Dix, M., Gualdi, S., Guo, H., John, J. G., Kharin, S., Kim, Y., Koshiro, T., Ma, L., Olivié, D., Panickal, S., Qiao, F., Rong, X., Rosenbloom, N., Schupfner, M., Séférian, R., Sellar, A., Semmler, T., Shi, X., Song, Z., Steger, C., Stouffer, R., Swart, N., Tachiiri, K., Tang, Q., Tatebe, H., Voldoire, A., Volodin, E., Wyser, K., Xin, X., Yang, S., Yu, Y., and Ziehn, T. 2021. Climate model projections from the Scenario Model Intercomparison Project (ScenarioMIP) of CMIP6, Earth Syst. Dynam., 12, 253–293.

Thrasher, B., Wang, W., Michaelis, A., Melton, F., Lee, T., & Nemani, R. 2022. NASA Global Daily Downscaled Projections, CMIP6. Nature Scientific Data, 9 (254), (linkki artikkeliin)

Toimenpideohjelmien suunnittelun suuntaviivojen koostamisen alatyöryhmä. 2025. Vesien- ja merienhoidon toimenpiteiden suunnittelun suuntaviivat 2028–2033. 6/2025. (linkki raporttiin)

Tolkkinen, M.J., Heino, J., Ahonen, S.H.K., Lehosmaa, K., & Mykrä, H. (2020). Streams and riparian forests depend on each other: a review with a special focus on microbes. Forest Ecology and Management, painossa.

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. (linkki artikkelin)

Utriainen, L., Virman, M., Laakso, A., Ritvanen, J., Jylhä K. & Merikanto, J. 2025. Less frequent but more intense summertime precipitation in Finland: results from a convection-permitting climate model. Boreal Env. Res. 30: 93-109.

Uusitalo, R., Turtola, E & Lemola, R. 2007. Phosphorus losses from a subdrained clayey soil as affected by cultivation practices. Agricultural and Food Science 16: 352-365.

Veijalainen, N. 2023. Ilmastonmuutoksen vaikutukset kuivuuteen Suomessa. Vesitalous 5/2023, s. 32-36.

Ympäristöministeriö (YM). 2015. Ilmastolainsäädäntö. (linkki ympäristöministeriön sivuille)

Ympäristöministeriö (YM). 2016. Ympäristöhallinnon ilmastonmuutokseen 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 ilmastonmuutos-vaikutukset ja sopeutuminen, WaterAdapt-projektin loppuraportti. Suomen ympäristö 16/2012. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. (linkki raporttiin)

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. (linkki artikkeliin)

Veijalainen, N., Fazel, N., Jakkila, J., Niemi, T., Siivola, E., Bertacchi Uvo, C., Ronkanen, A-K. 2026. Hydrologinen luokittelu auttaa ymmärtämään Suomen vesistöjen käyttäytymistä. Vesitalous 2/2026. s 43-47.

Veijalainen, N. Rytkönen, A-M, Parjanne, A. 2020a. Ilmastonmuutoksen huomioon ottaminen vesienhoitotyössä. Vesienhoidon toimenpiteiden suunnittelu vuosille 2022–2027. (linkki raporttiin)

Veijalainen, N. Rytkönen, A-M, Parjanne, A. 2020b. Ilmastonmuutoksen ja vesienhoidon huomioon ottaminen tulvariskien hallinnassa. Sisäinen ohje. 30.3.2020. (linkki raporttiin)

Vesienhoidon suunnitteluopas. 2019. Opasmateriaali ja taustadokumentit vesienhoidon suunnitteluun vuosille 2016–2021. (linkki raporttiin)

Vesilaitosyhdistys VVY. 2019. Kesän 2018 kuivuuden vaikutukset vesilaitoksilla. (linkki raporttiin)

Vienonen, S., Rintala, J., Orvomaa, M., Santala, E. & Maunula, M. 2012. Ilmastonmuutoksen vaikutukset ja sopeutumistarpeet vesihuollossa. Suomen ympäristö 24/2012. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. (linkki raporttiin)

Virtanen. 2023 Ilmastonmuutokseen liittyvät alueelliset ominaispiirteet ja haavoittuvuudet Suomessa. Tarkastelu Kansallisen ilmastonmuutokseen sopeutumissuunnitelman 2030 taustaksi. Maa- ja metsätalousministeriö 2023:11. ISBN 978-952-366-588-0 (linkki artikkeliin)

Vuorenmaa J, Forsius M & Mannio J. 2006. Increasing trends of total organic carbon concentrations in small forest lakes in Finland from 1987 to 2003. Sci Total Environ, 365, 47 – 65, (linkki artikkeliin)

Västilä, K. 2020. Asiantuntijakommentti VHS-ilmastonmuutos-oppaaseen. Sähköpostiviesti 4.2.2020.

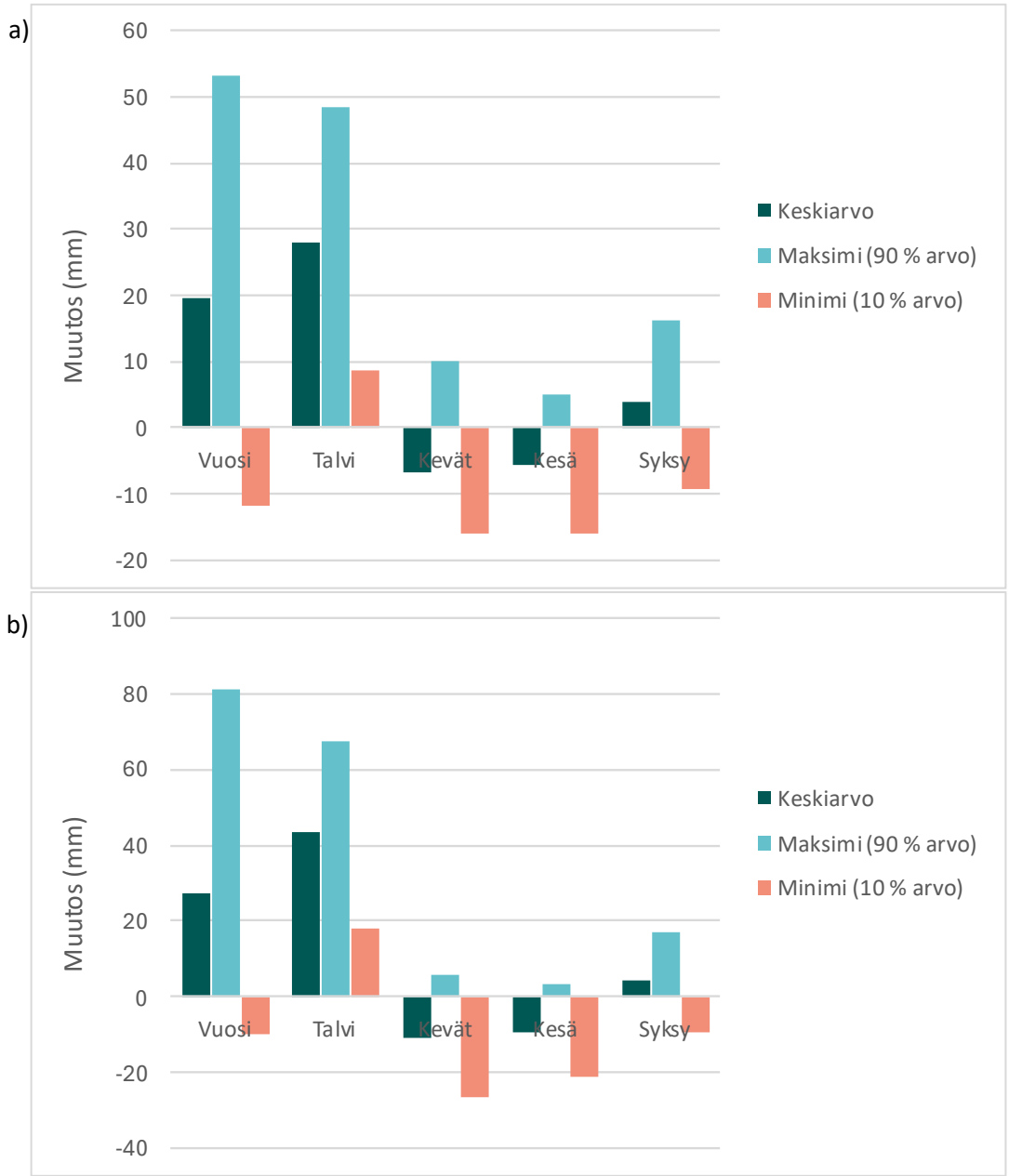
Wilby, R.L & Dessai, S. 2010. Robust adaptation to climate change. Weather 65:7: 180-185.

7 Liitteet

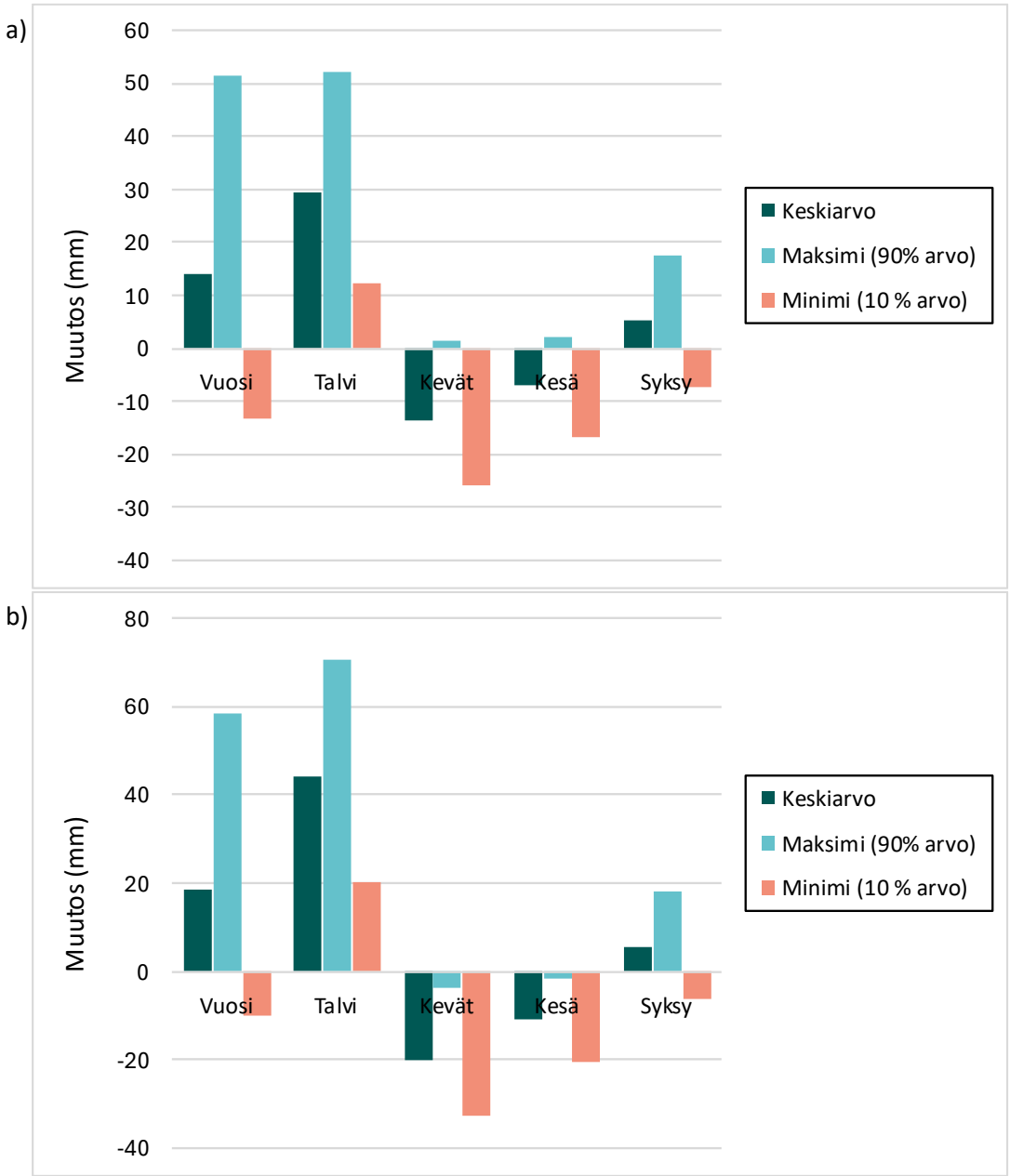
7.1 Valunnan muutokset vesienhoitoalueittain eri vuodeaikoina

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

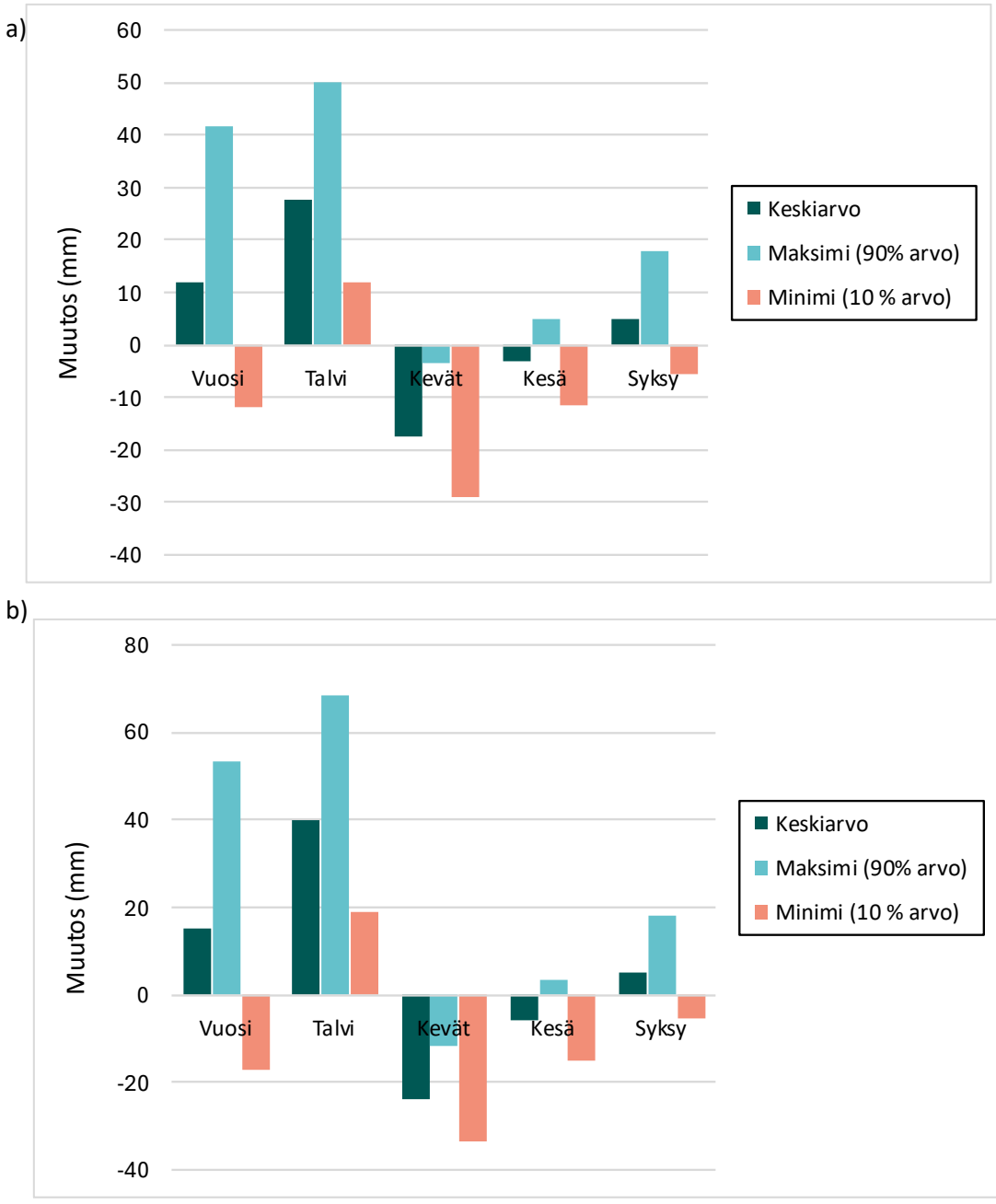
Lukuohje
Kuvat L1-L7 vesienhoitoalueittain: Palkit näyttävät muutokset mm:nä valunnassa jaksoilla 2020–49 ja 2040–69 vertailujaksoon 1991–2020 verrattuna koko vuoden ja eri vuodenaikojen keskiarvojen osalta. Tulokset on tällä kertaa esitetty mm:nä prosenttien sijaan sillä se antaa selkeämmän kuvan muutoksista. Keskiarvo perustuu yhdeksän eri ilmastomallin ja neljän SSP-päästöskenaarion keskiarvoon, minimi ja maksimi ovat vastaavan joukon 10 % ja 90 % prosenttipisteisiin.



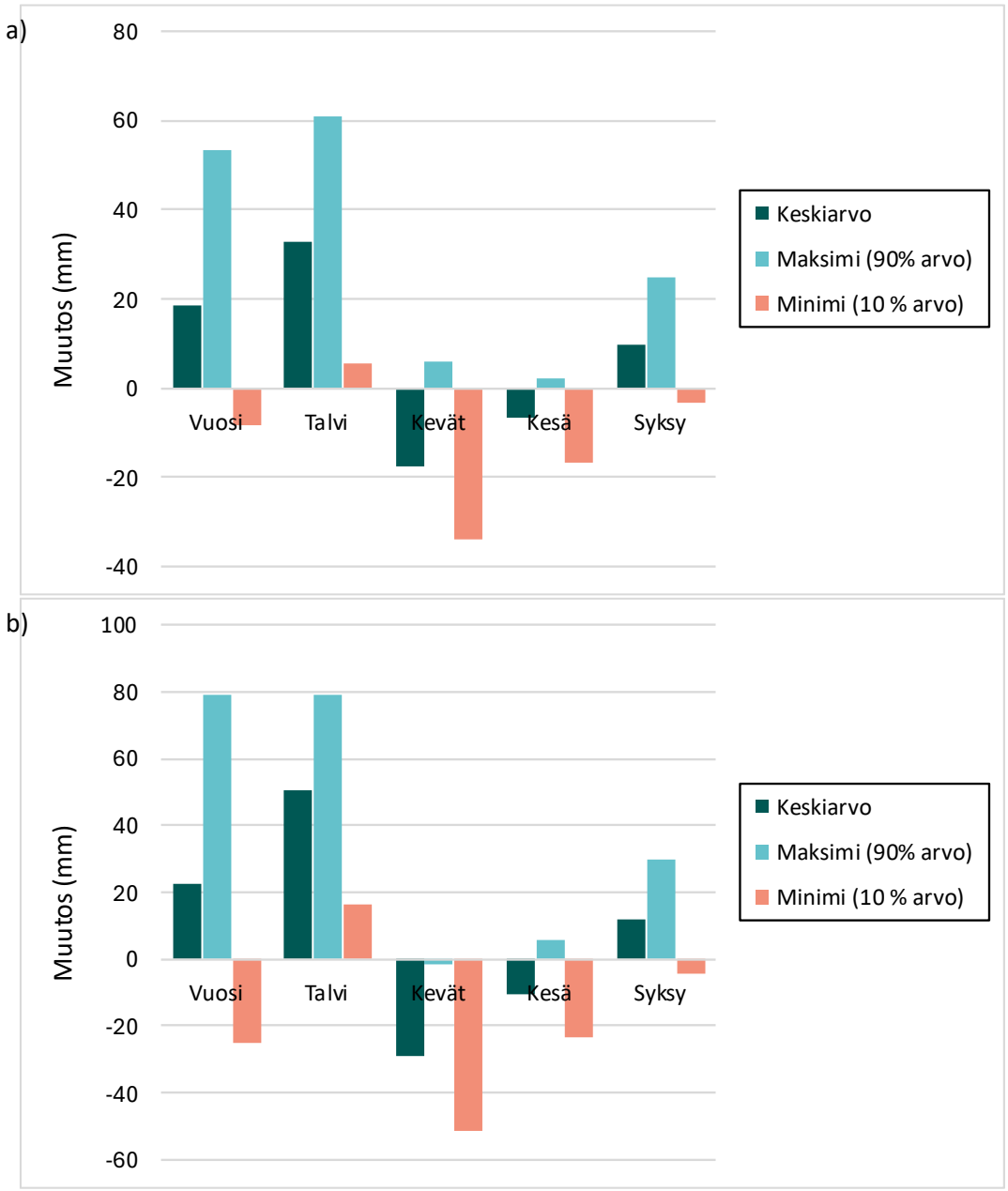
Kuva L1. Vesienhoitoalue 1. Vuoksen alue. Muutokset alueen valunnassa jaksoilla a) 2020–49 ja b) 2040–69 (referenssijakso 1991–2020).



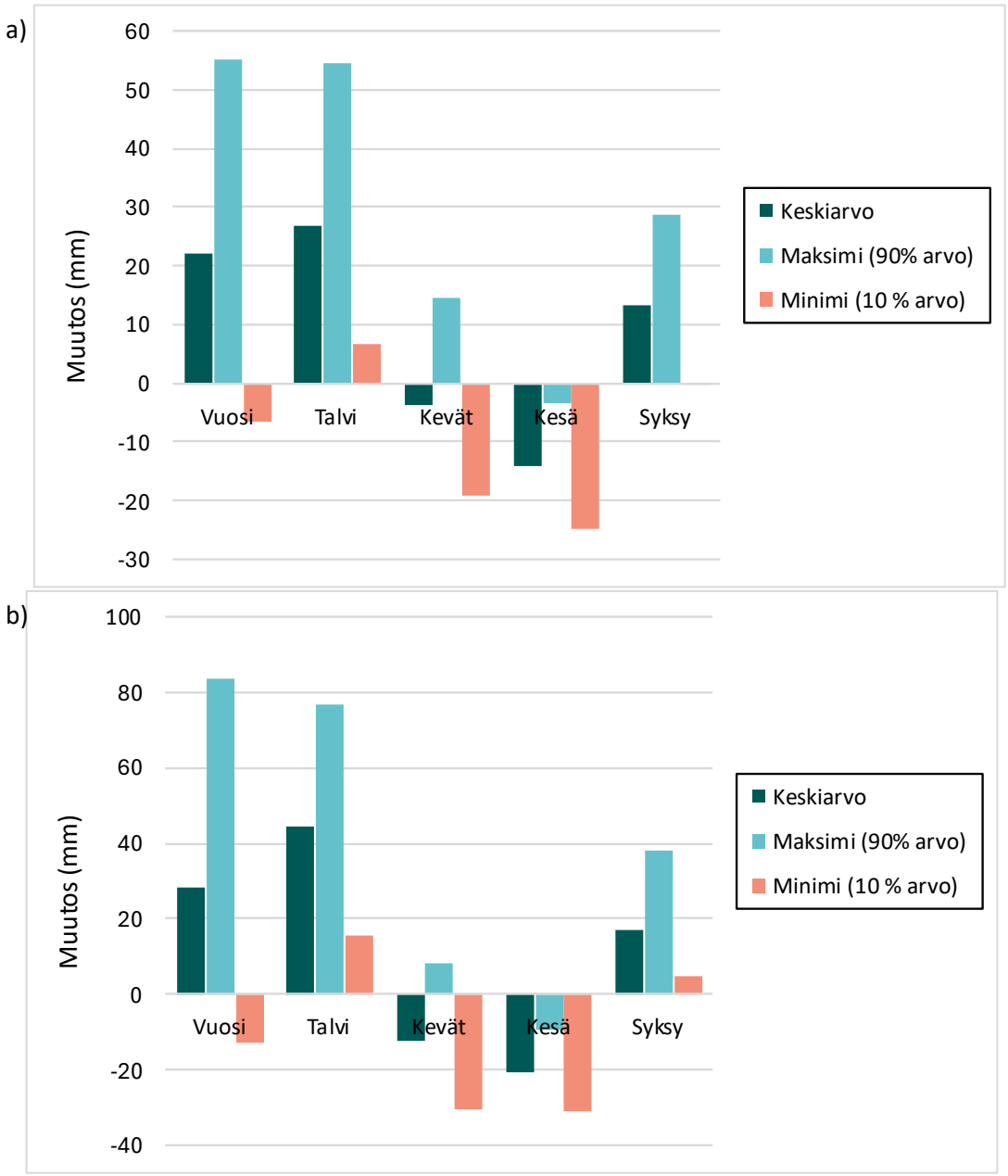
Kuva L2. Vesienhoitoalue 2. Kymijoen-Suomenlahden alue. Muutokset alueen valunnassa jaksoilla a) 2020–49 ja b) 2040–69 (referenssijakso 1991–2020).



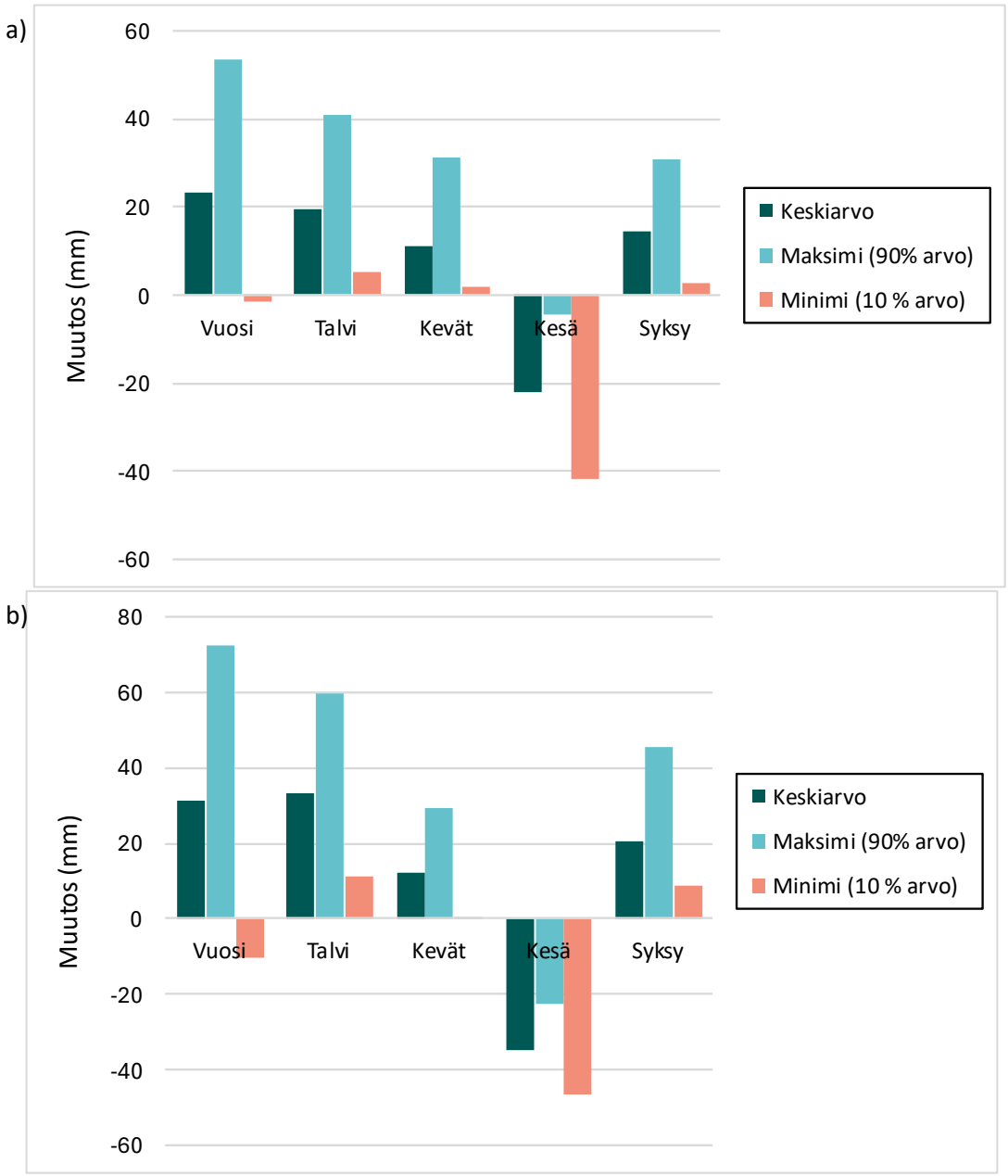
Kuva L3. Vesienhoitoalue 3. Kokemäenjoen-Saaristomeren-Selkämeren alue. Muutokset alueen valunnassa jaksoilla a) 2020–49 ja b) 2040–69 (referenssijakso 1991–2020).



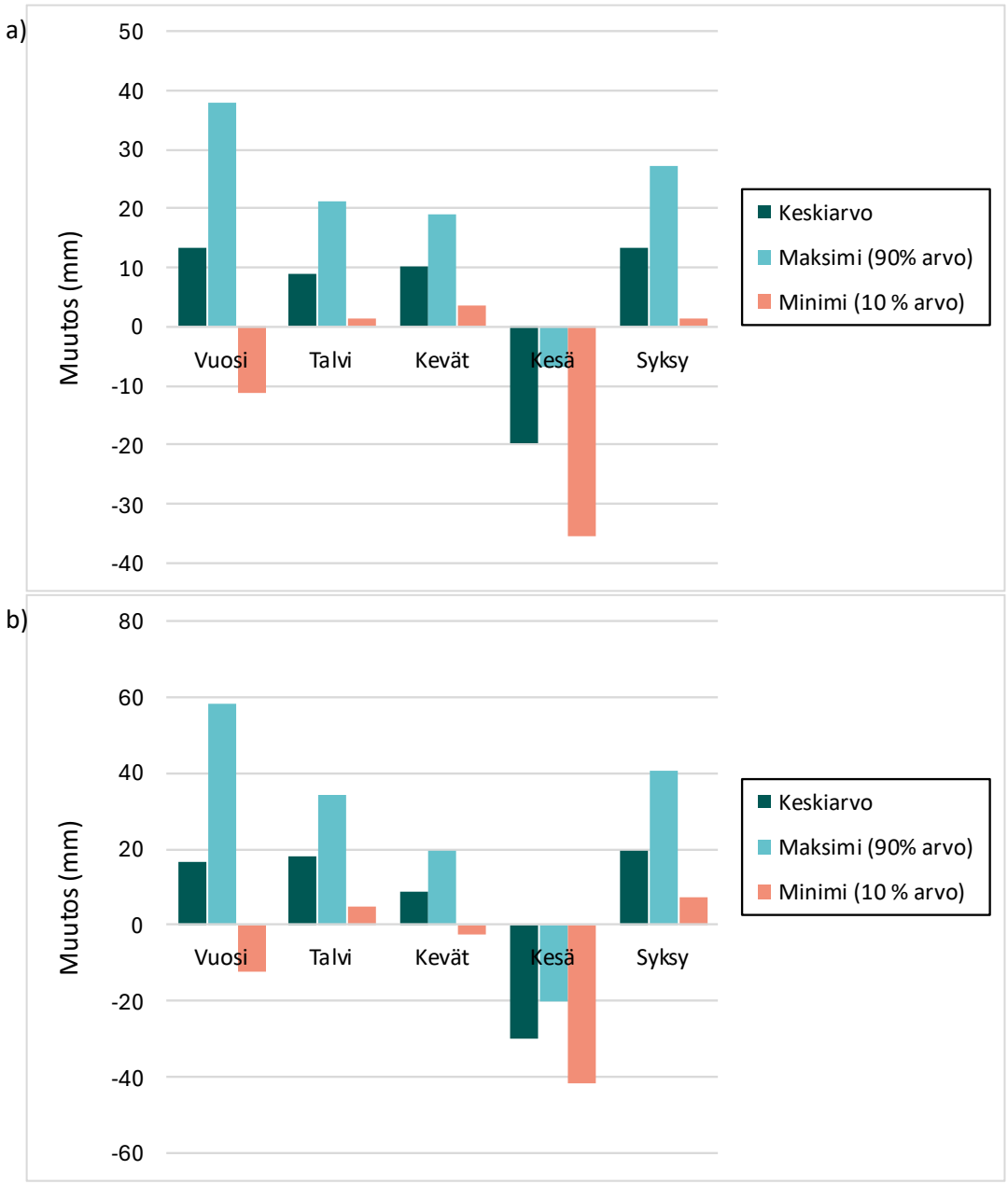
Kuva L4. Vesienhoitoalue 4. Oulujoen-Iijoen alue. Muutokset alueen valunnassa jaksoilla a) 2020–49 ja b) 2040–69 (referenssijakso 1991–2020).



Kuva L5. Vesienhoitoalue 5. Kemijoen alue. Muutokset alueen valunnassa jaksoilla a) 2020–49 ja b) 2040–69 (referenssijakso 1991–2020).



Kuva L6. Vesienhoitoalue 6. Tornionjoen alue. Muutokset alueen valunnassa jaksoilla a) 2020–49 ja b) 2040–69 (referenssijakso 1991–2020).



Kuva L7. Vesienhoitoalue 7. Tenon, Näätämöjoen ja Paatsjoen alue. Muutokset alueen valunnassa jaksoilla a) 2020–49 ja b) 2040–69 (referenssijakso 1991–2020).

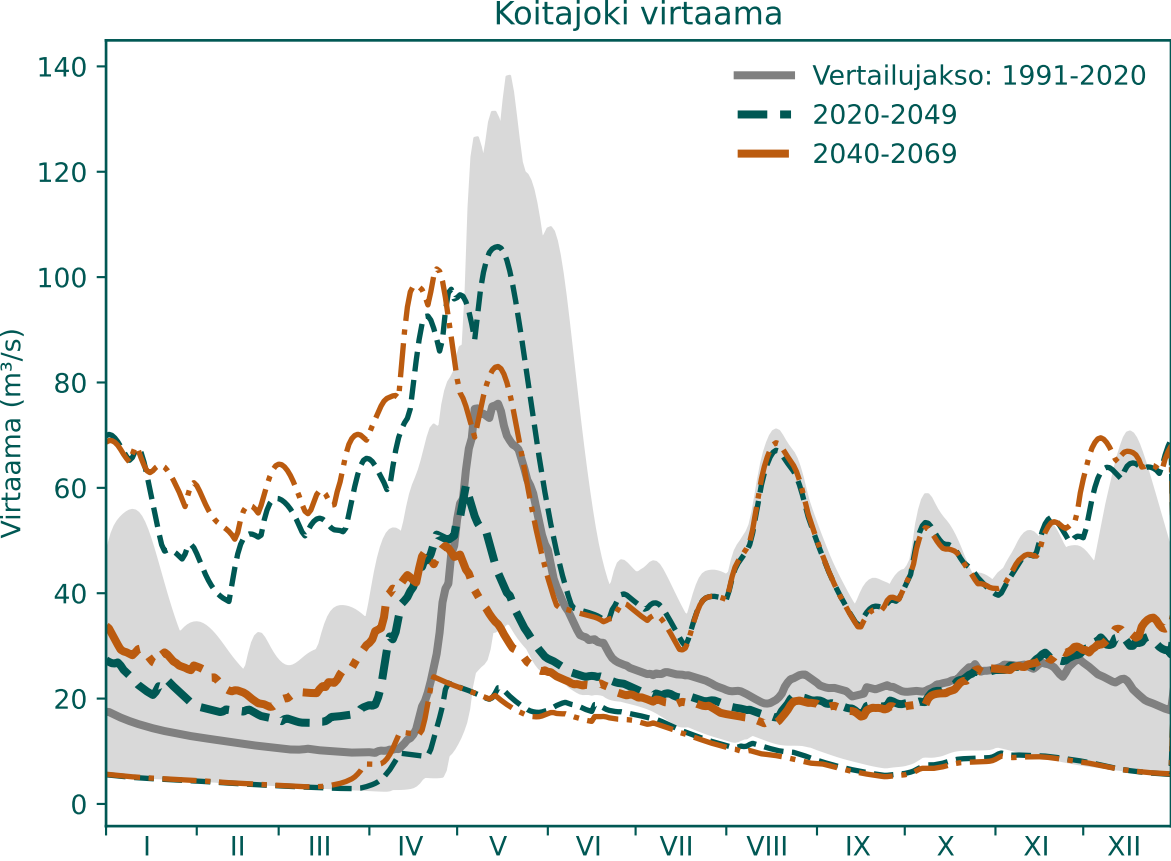
7.2 Virtaaman muutokset eri vesistöissä

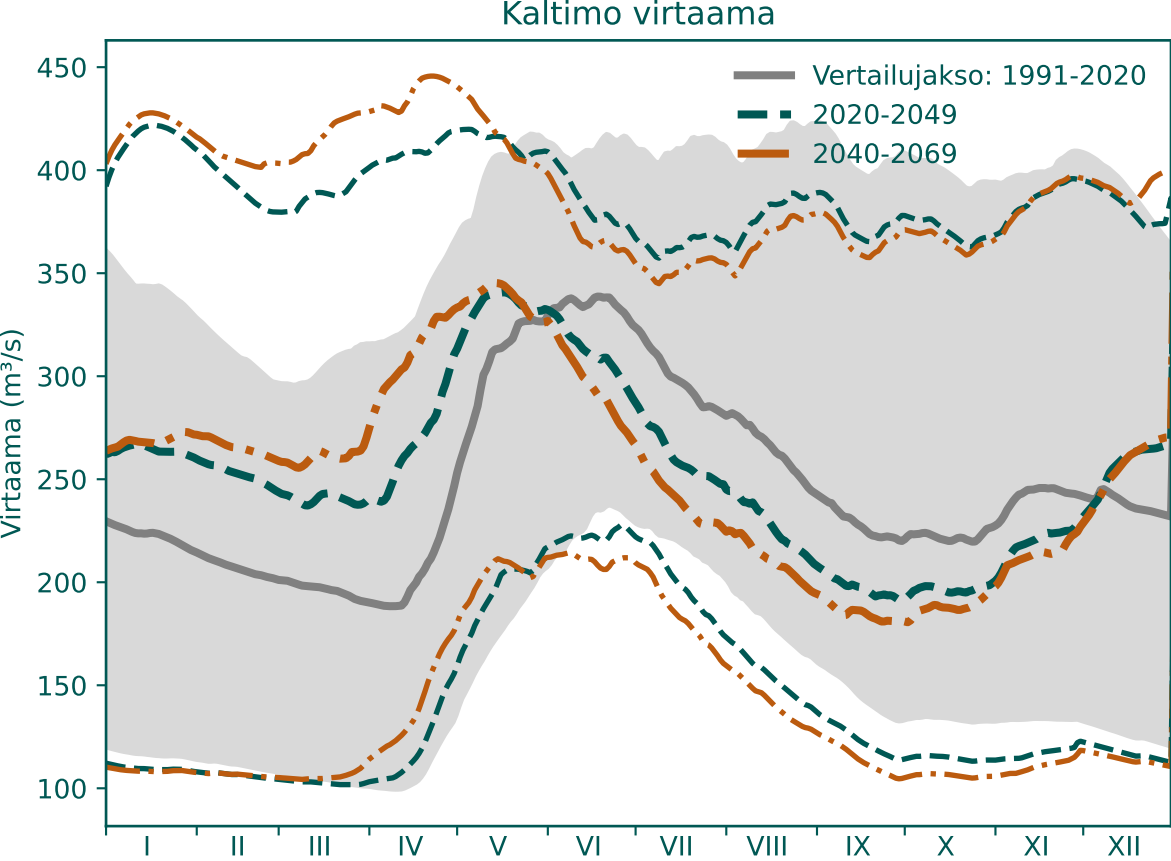
Lukuohje
Kuvat Liite 2. Simuloidut virtaamat valikoiduissa jokipisteissä tai järvien luusuoissa referenssijaksolla 1991–2020 ja jaksoilla 2020–2049 ja 2040–2069. Kuvassa on esitetty referenssijakso suhteessa keskiarvoskenaarioon (usean globaalin mallin keskiarvo SSP2-4.5 päästöskenaariolla) kahdella eri jaksolla. Harmaalla referenssijakson 1991–2020 keskiarvo ja vaihteluväli (päivittäisten 30 vuoden simuloitujen arvojen keskiarvo, minimi ja maksimi). Tummanvihreällä jakson 2020–2049 keskiarvoskenaariolla simuloitujen virtaamien keskiarvo, maksimi ja minimi ja punaisella vastaavat arvot jaksolla 2040–2069.

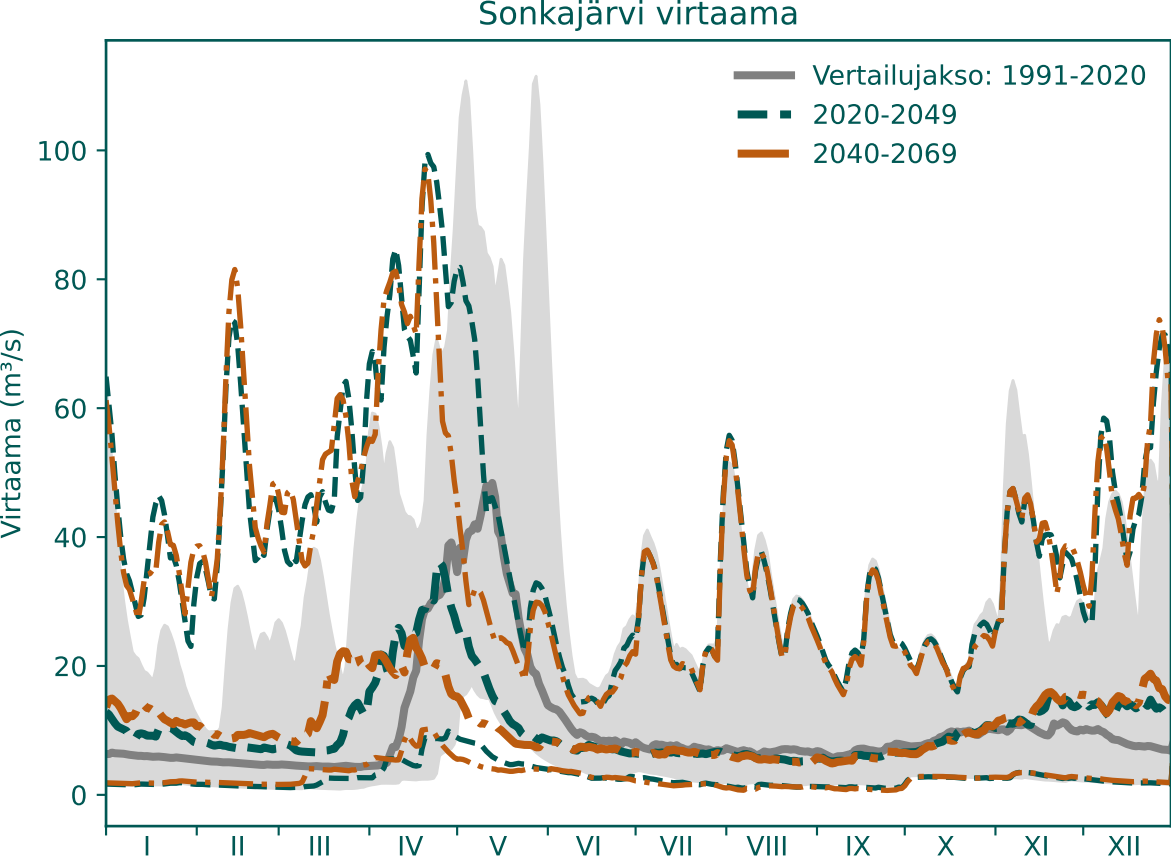
On hyvä muistaa, että kyseessä on vain yksi skenaario ja epävarmuus ilmastonmuutoksen vaikutuksesta on suurta, eikä mitään yksittäistä skenaariota voida pitää merkittävästi todennäköisempänä kuin toista. Erityisesti tulvat ovat herkkiä eri ilmastoskenaarioille ja rankkasateiden muutoksille. Muilla skenaarioilla voidaankin saada näistä tuloksista poikkeavia tuloksia erityisesti tulvien osalta. Kohteissa, joissa säännöstely vaikuttaa virtaamiin (esim. Merikoski, Oulujoki) tulokset riippuvat paljon valitusta säännöstelykäytännöstä ja säännöstelyn sopeutumisesta.

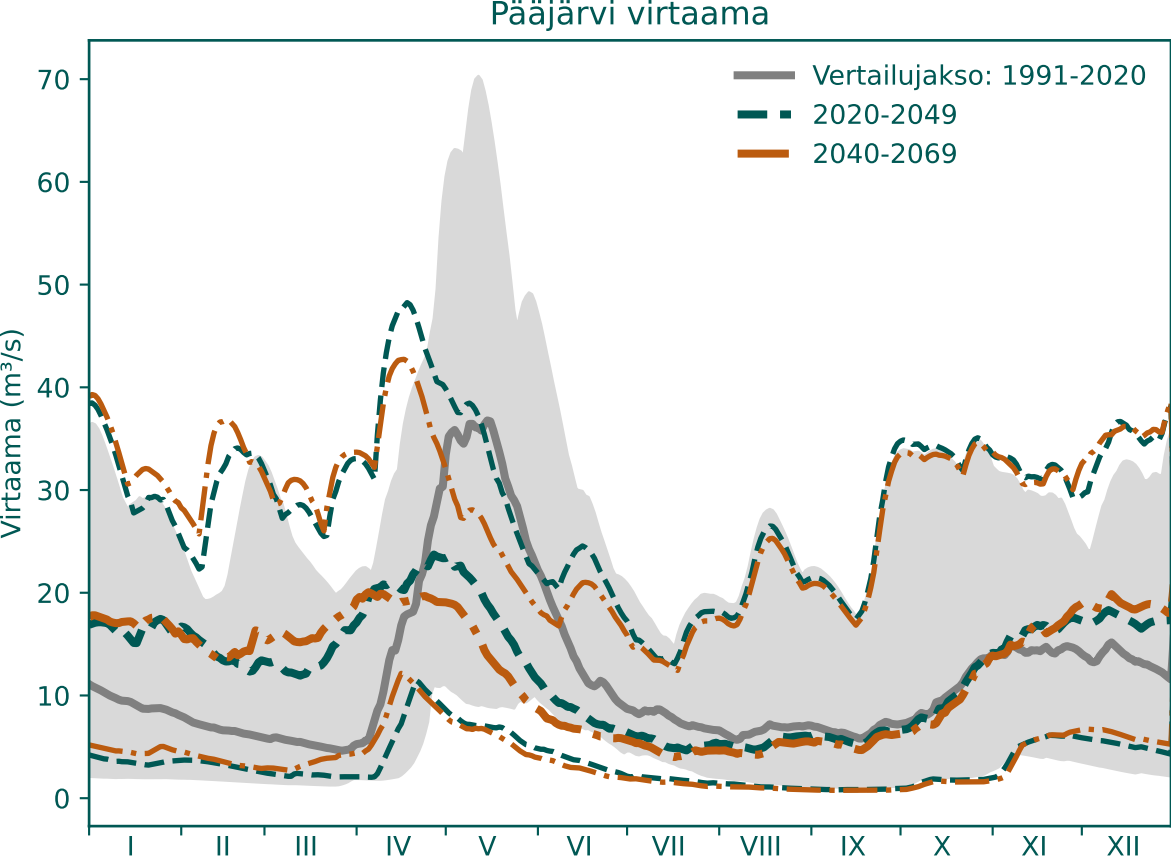
Virtaamat on esitetty seuraaville joki- tai järvikohteille:

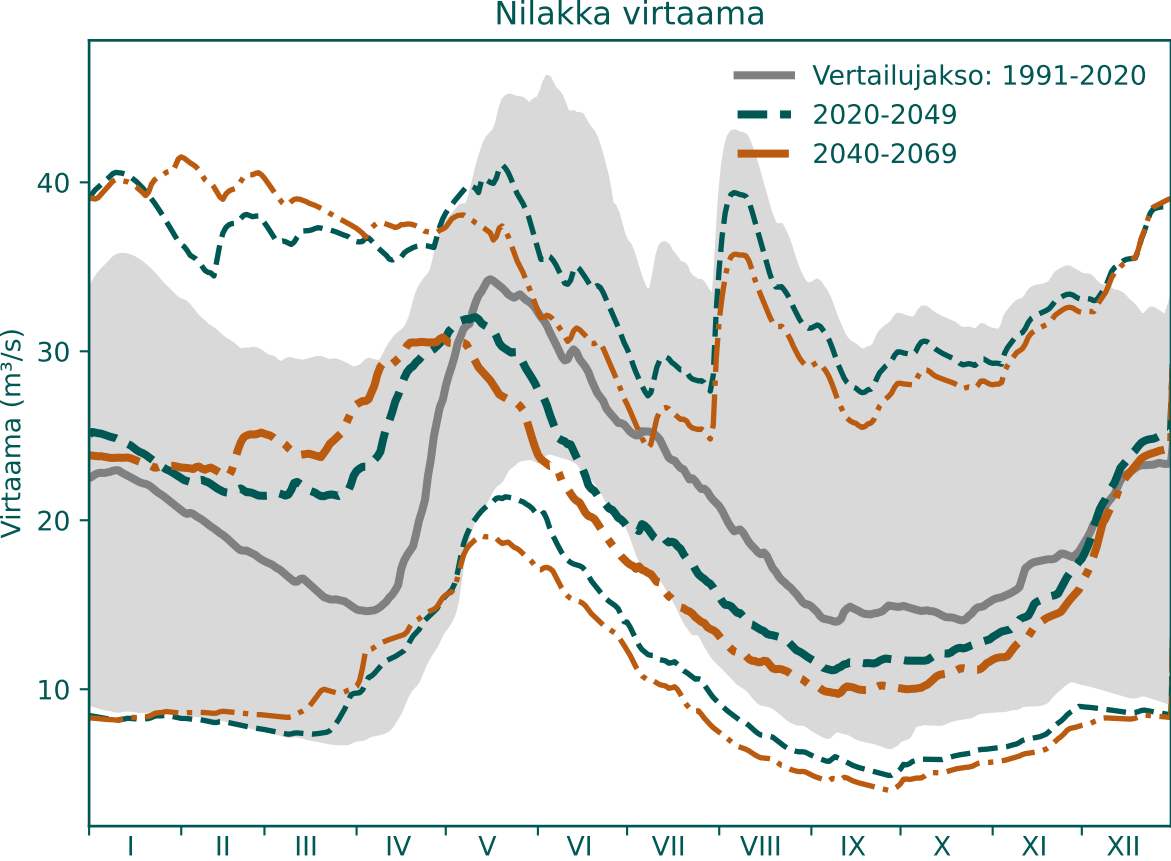
Koitajoki, Möhkönkoski
Pielisjoki, Kaltiomo
Sonkajärvi
Pääjärvi
Nilakka
Leppävesi
Vakkola, Porvoonjoki
Hanala, Vantaanjoki
Hypöistenkoski, Aurajoki
Varunteenkoski, Puujoki
Harjavalta, Kokemäenjoki
Karviajoki, kokonaisvirt
Skatila, Kyrönjoki
Keppo; Lapuanjoki
Niskankoski, Kalajoki
Länkelä, Siikajoki
Lentua
Merikoski, Oulujoki
Raasakka, Iijoki
Kemihaara, Kummaniva
Ounasjoki, Marraskoski
Isohaara, Kemijoki
Muonionjoki, Muonio
Karunki, Tornionjoki
Onnelansuvanto, Tenojoki
Ivalojoki, Pajakoski

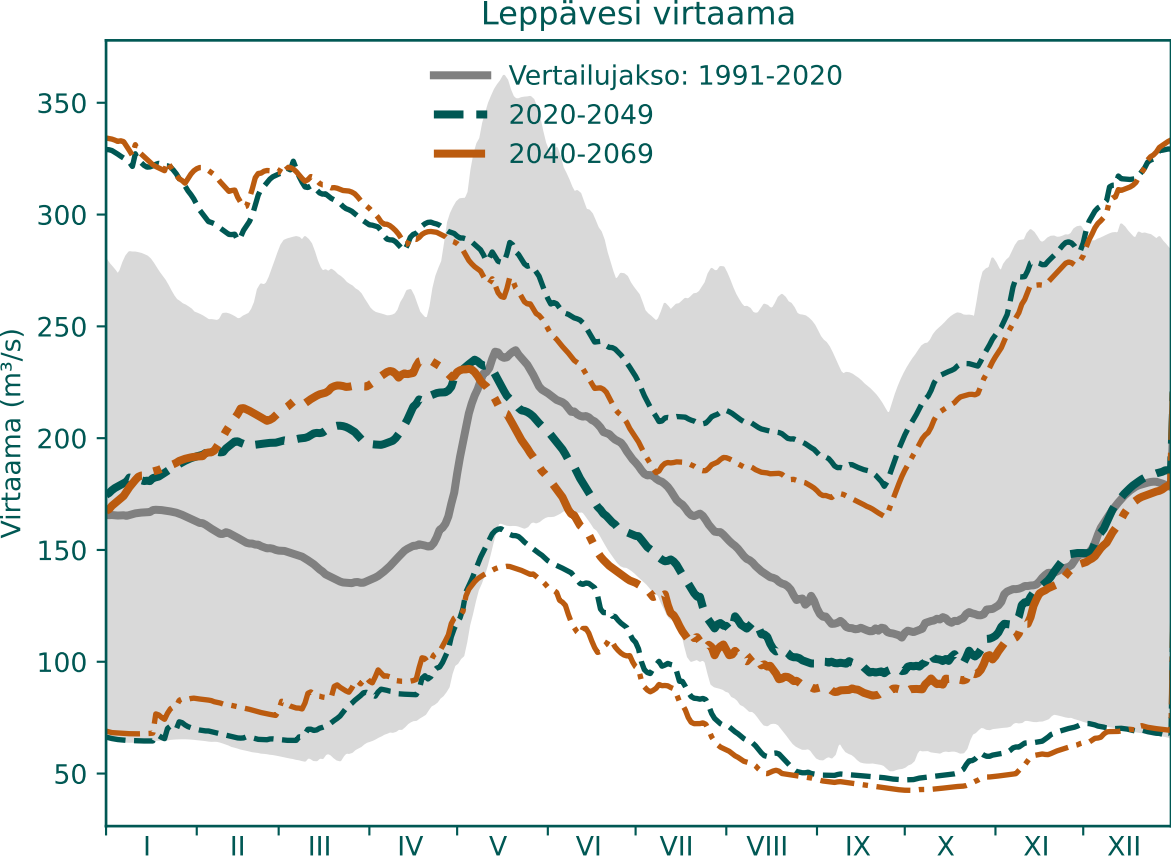

Koitajoki virtaama
Vertailujakso: 1991-2020
2020-2049
2040-2069
Virtaama (m³/s)
0
20
40
60
80
100
120
140
I
II
III
IV
V
VI
VII
VIII
IX
X
XI
XII

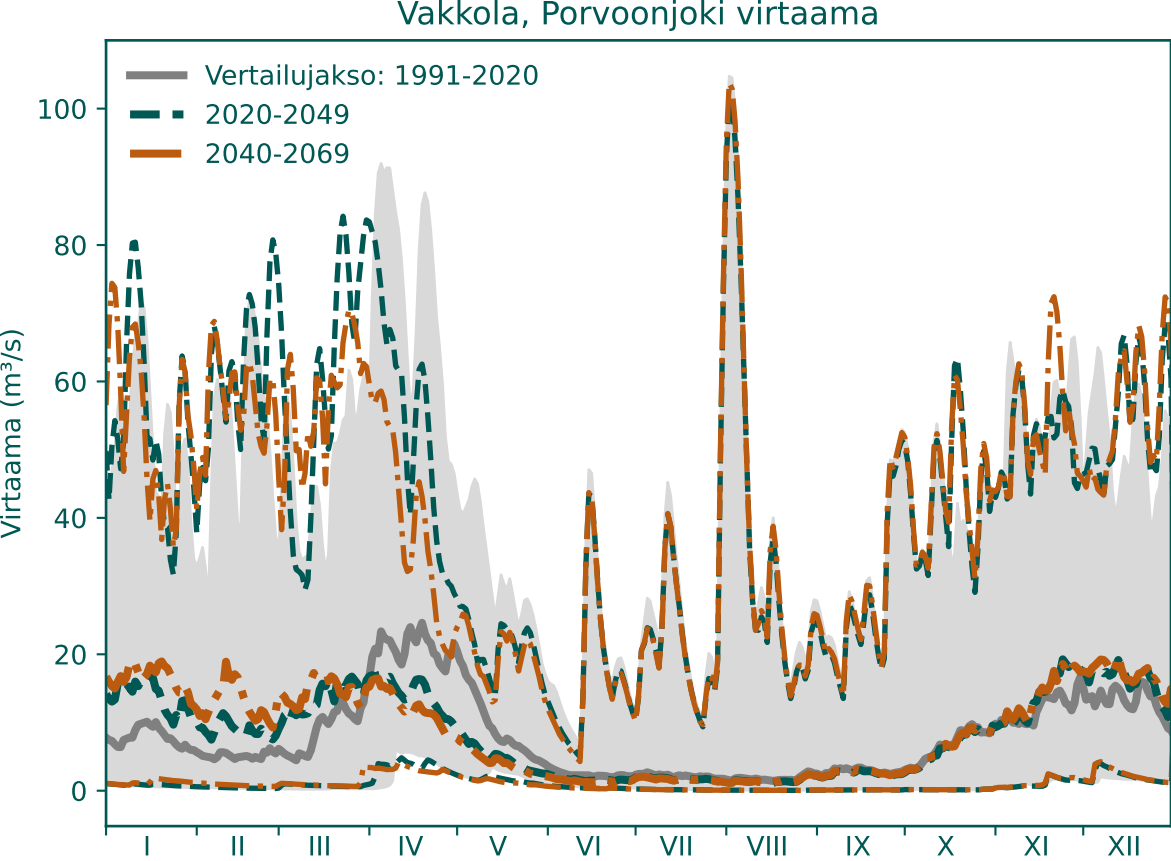

Kaltimo virtaama
Vertailujakso: 1991-2020
2020-2049
2040-2069
Virtaama (m³/s)
450
400
350
300
250
200
150
100
I
II
III
IV
V
VI
VII
VIII
IX
X
XI
XII

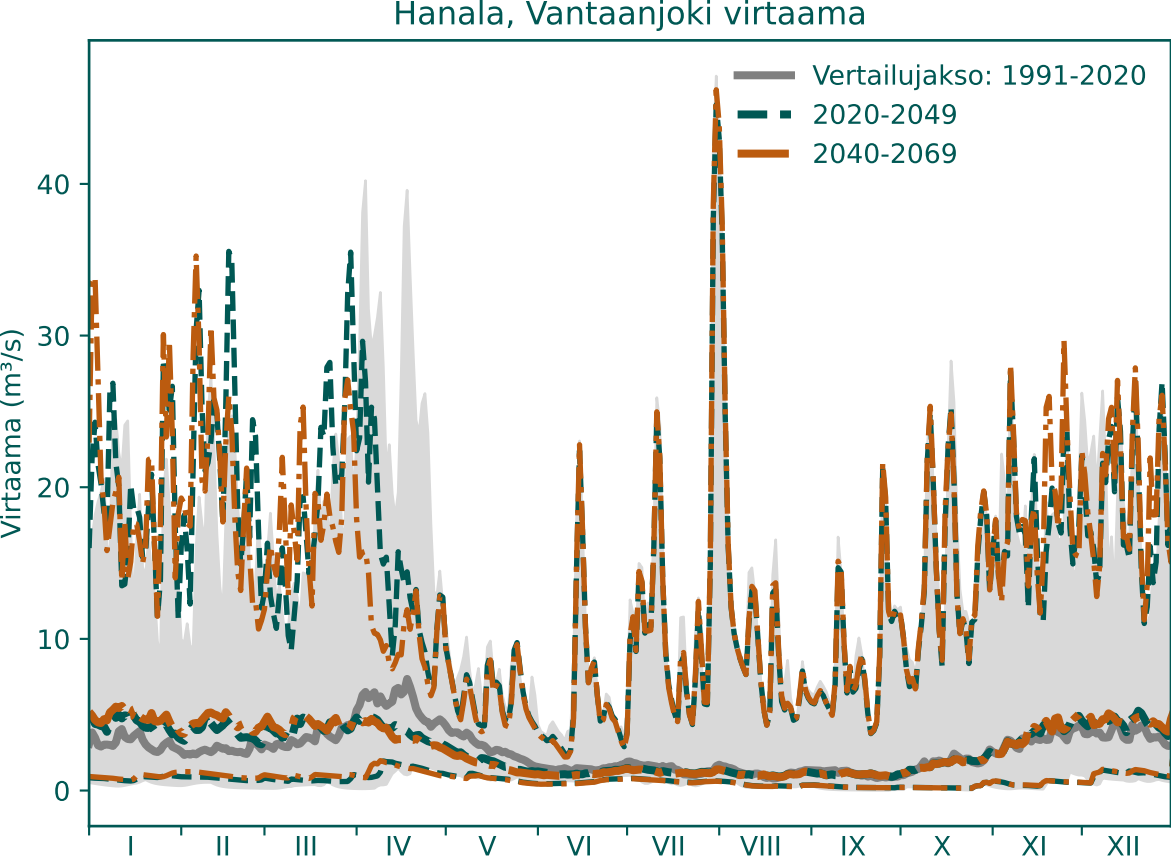

Sonkajärvi virtaama
Vertailujakso: 1991-2020
2020-2049
2040-2069
Virtaama (m³/s)
0
20
40
60
80
100
I
II
III
IV
V
VI
VII
VIII
IX
X
XI
XII

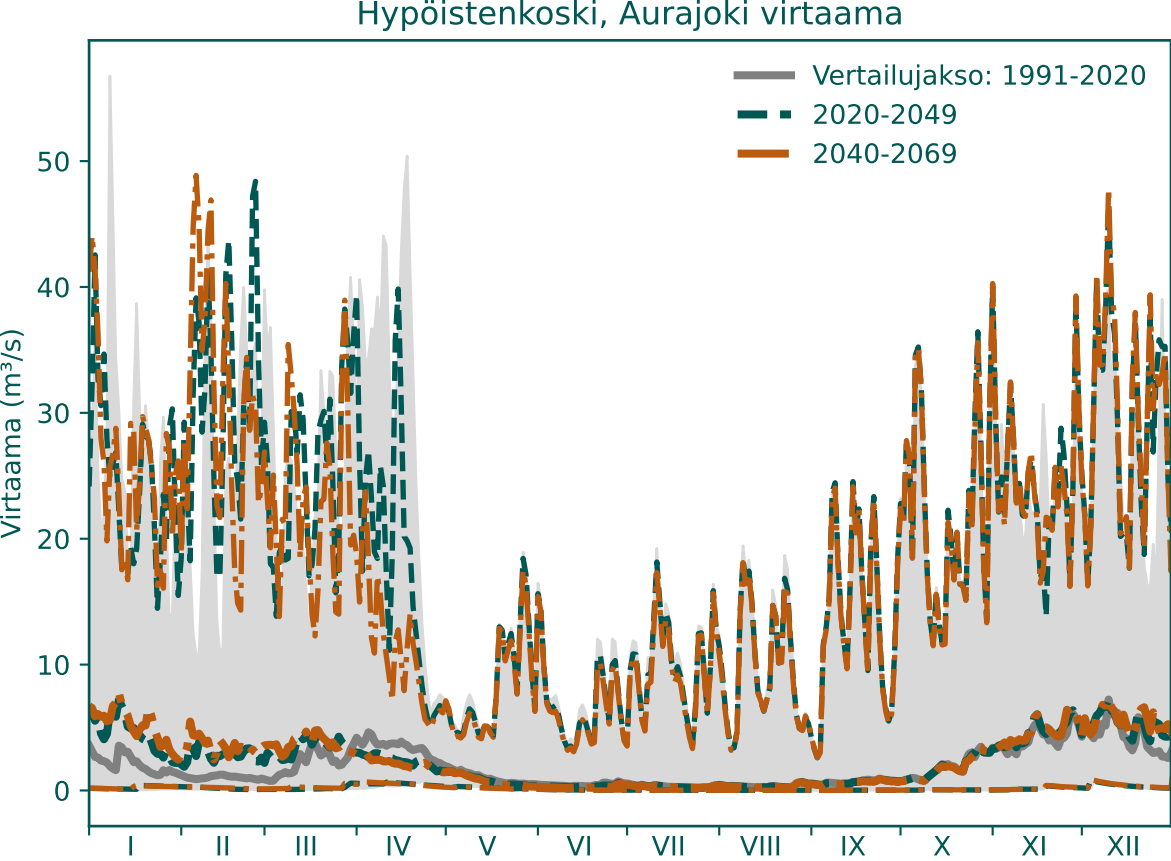

Pääjärvi virtaama
Vertailujakso: 1991-2020
2020-2049
2040-2069
Virtaama (m³/s)
0
10
20
30
40
50
60
70
I
II
III
IV
V
VI
VII
VIII
IX
X
XI
XII

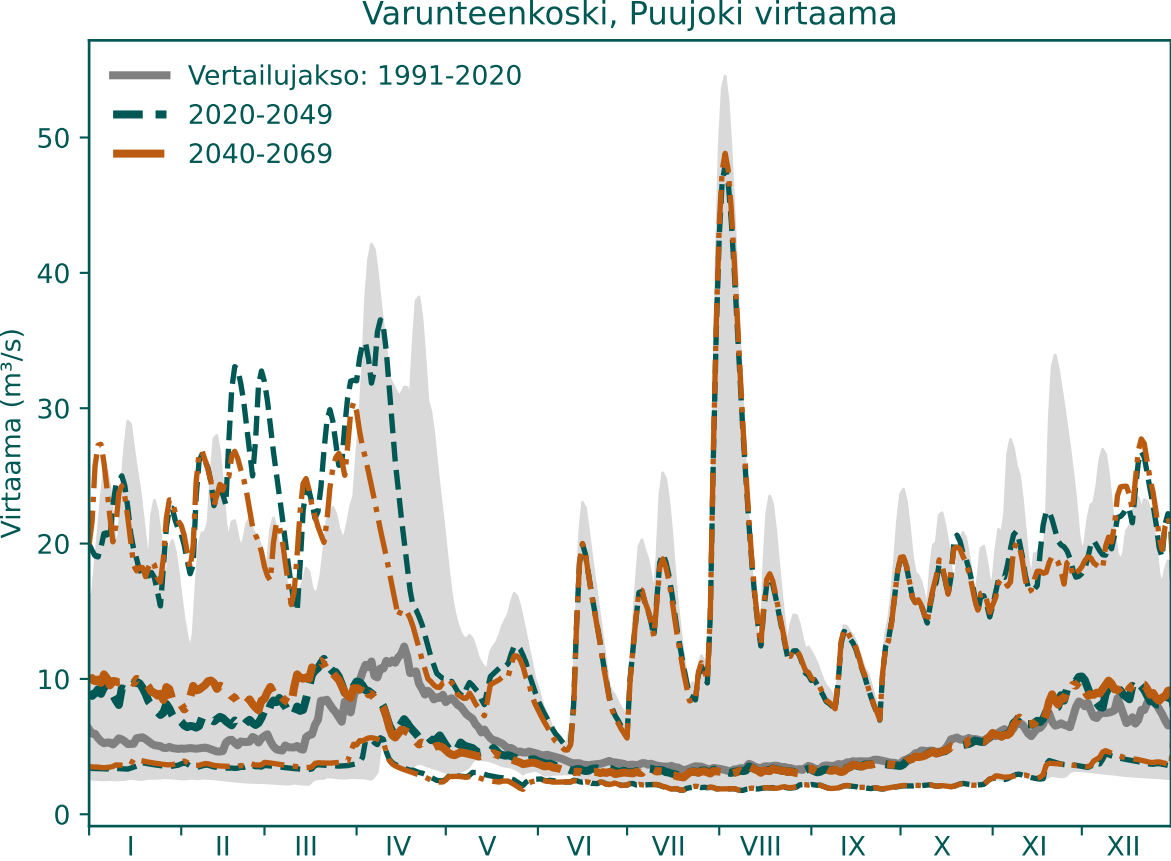

Nilakka virtaama
Vertailujakso: 1991-2020
2020-2049
2040-2069
Virtaama (m³/s)
40
30
20
10
I
II
III
IV
V
VI
VII
VIII
IX
X
XI
XII

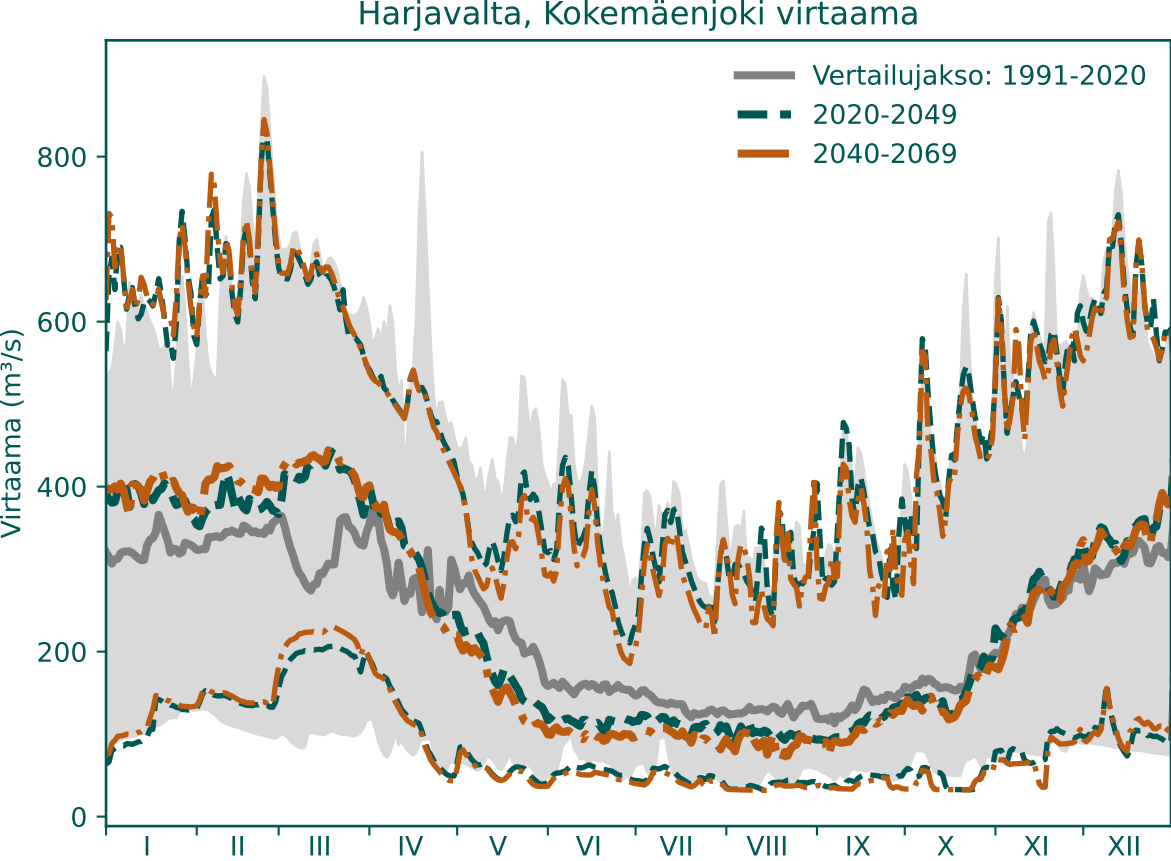

Leppävesi virtaama
Vertailujakso: 1991-2020
2020-2049
2040-2069
Virtaama (m³/s)
350
300
250
200
150
100
50
I
II
III
IV
V
VI
VII
VIII
IX
X
XI
XII

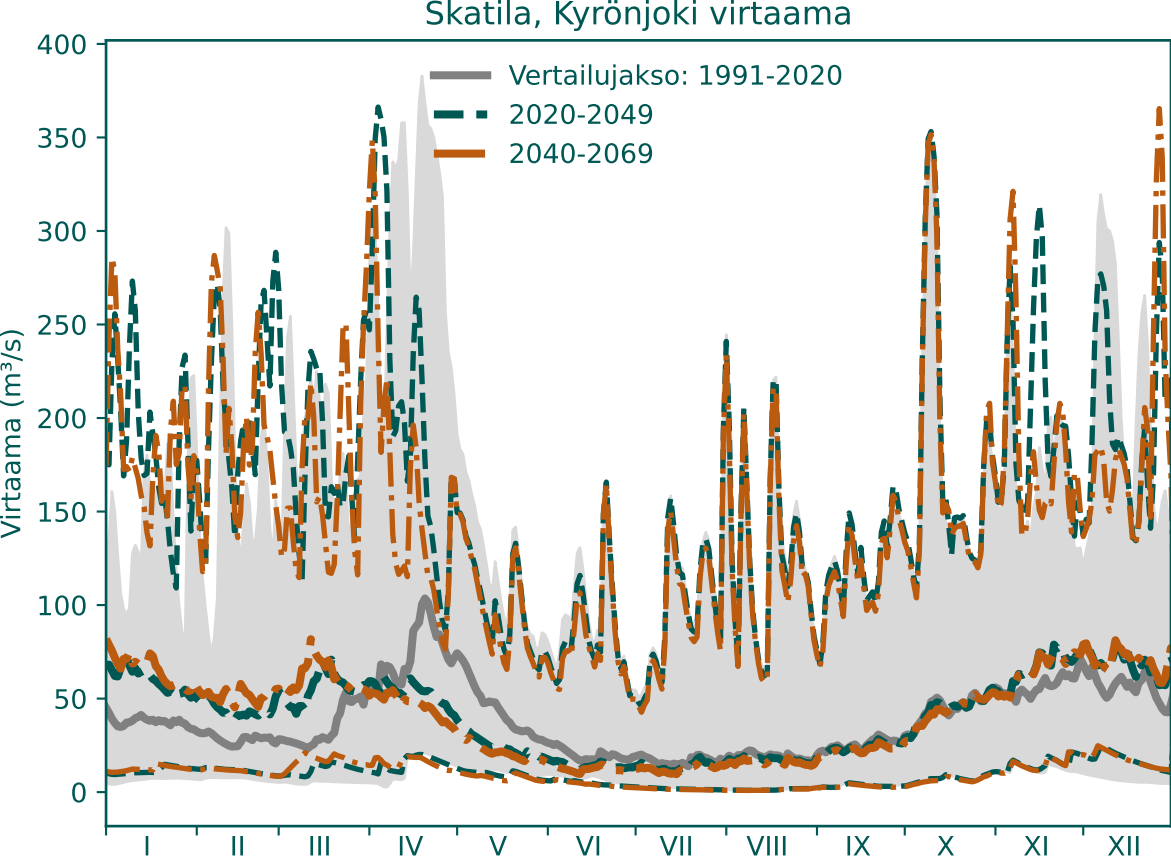

Vakkola, Porvoonjoki virtaama
Vertailujakso: 1991-2020
2020-2049
2040-2069
Virtaama (m³/s)
0
20
40
60
80
100
I
II
III
IV
V
VI
VII
VIII
IX
X
XI
XII

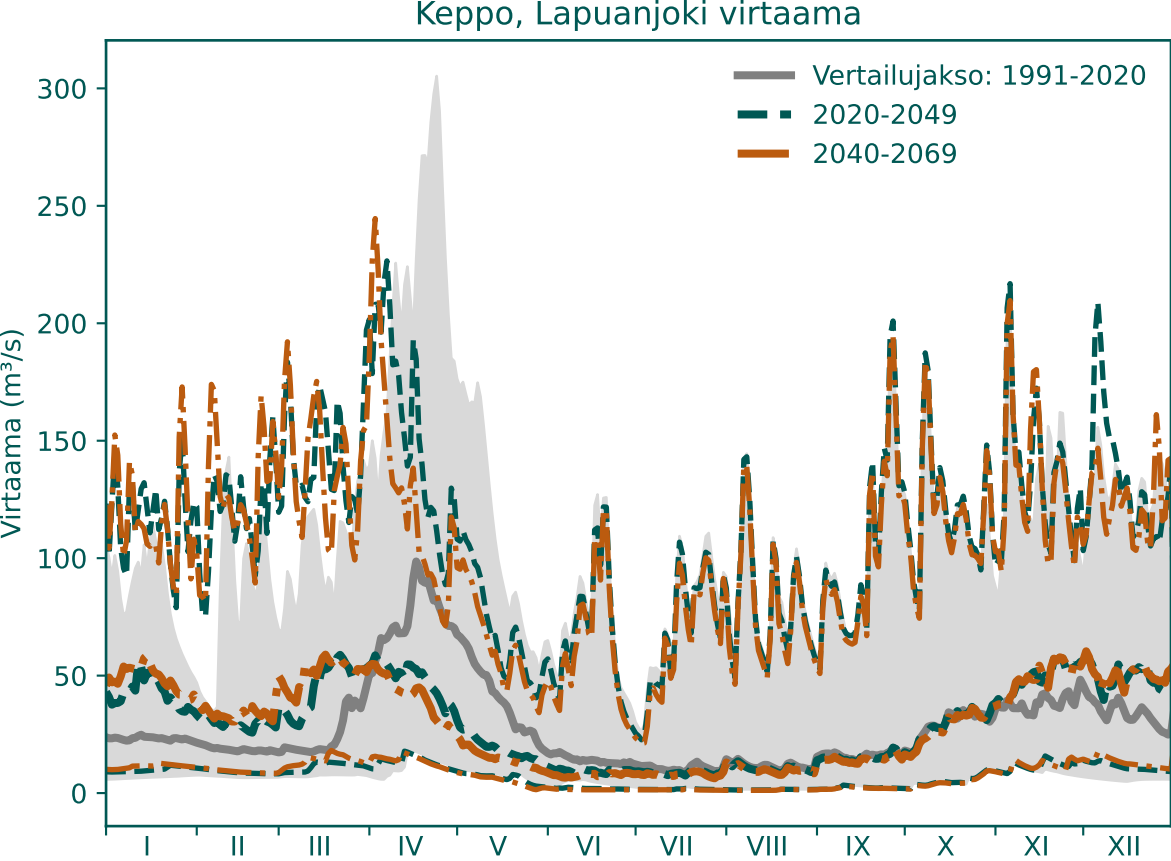

Hanala, Vantaanjoki virtaama
Vertailujakso: 1991-2020
2020-2049
2040-2069
Virtaama (m³/s)
0
10
20
30
40
I
II
III
IV
V
VI
VII
VIII
IX
X
XI
XII

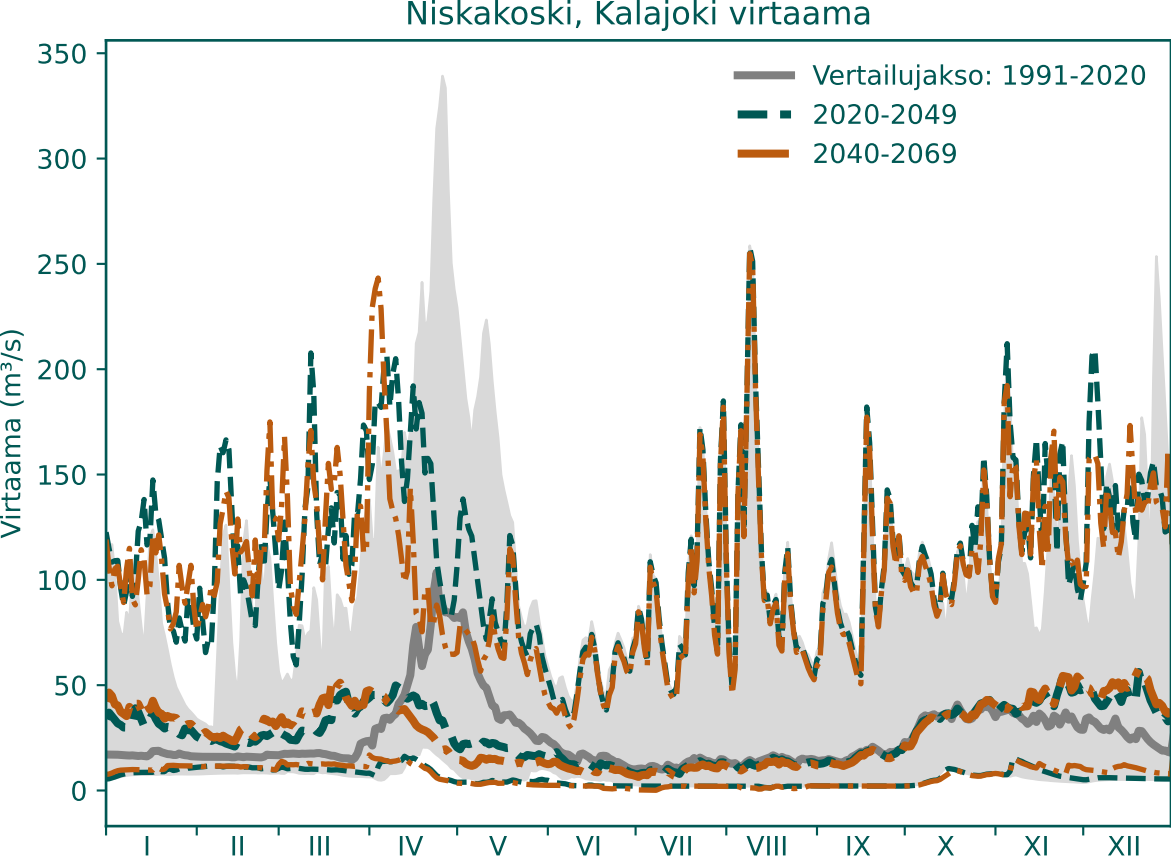

Hypöistenkoski, Aurajoki virtaama
Vertailujakso: 1991-2020
2020-2049
2040-2069
Virtaama (m³/s)
0
10
20
30
40
50
I
II
III
IV
V
VI
VII
VIII
IX
X
XI
XII

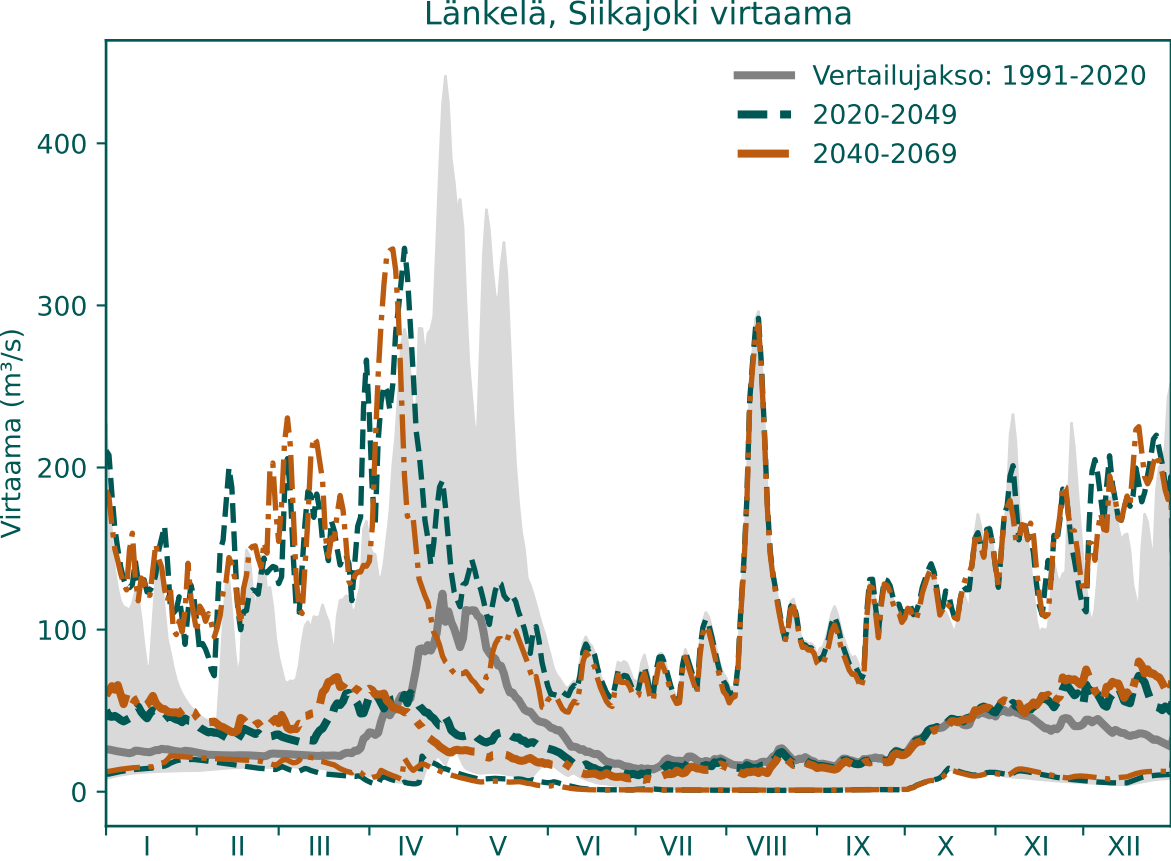

Varunteenkoski, Puujoki virtaama
Vertailujakso: 1991-2020
2020-2049
2040-2069
Virtaama (m³/s)
0
10
20
30
40
50
I
II
III
IV
V
VI
VII
VIII
IX
X
XI
XII

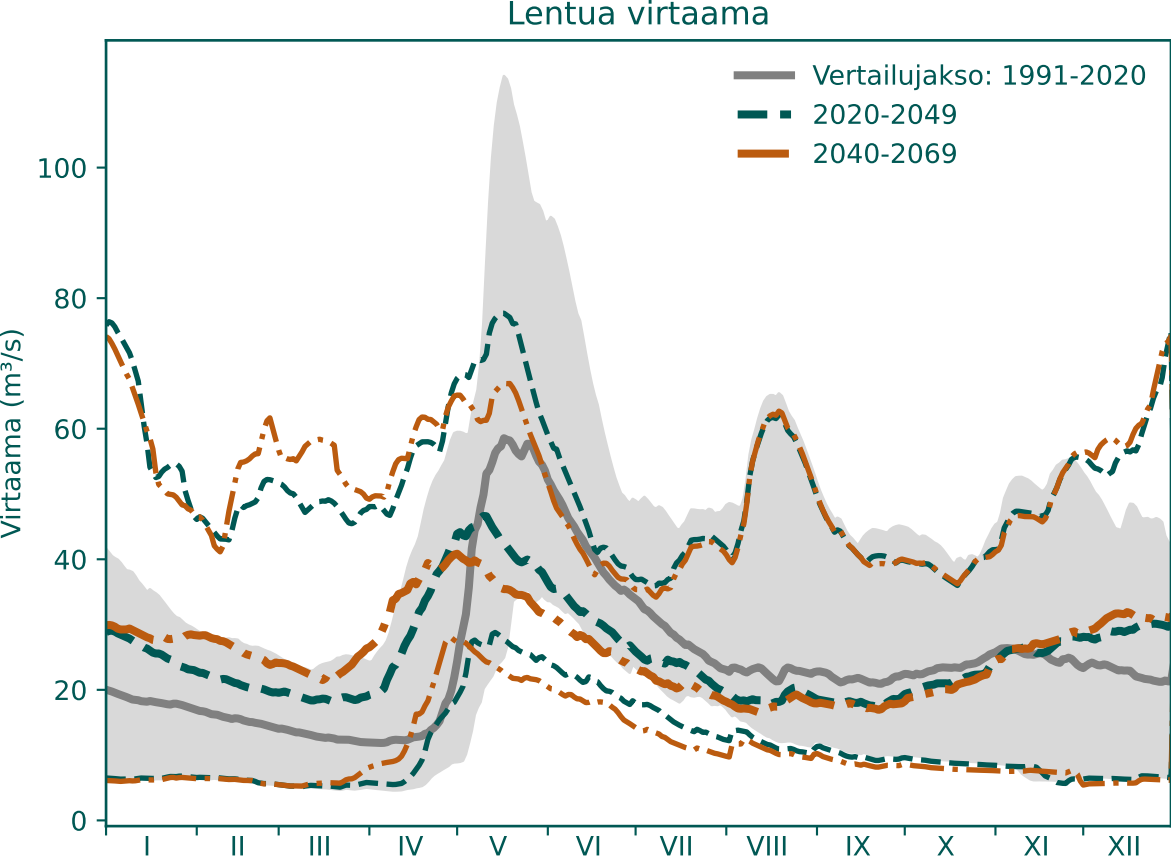

Harjavalta, Kokemäenjoki virtaama
Vertailujakso: 1991-2020
2020-2049
2040-2069
Virtaama (m³/s)
0
200
400
600
800
I
II
III
IV
V
VI
VII
VIII
IX
X
XI
XII

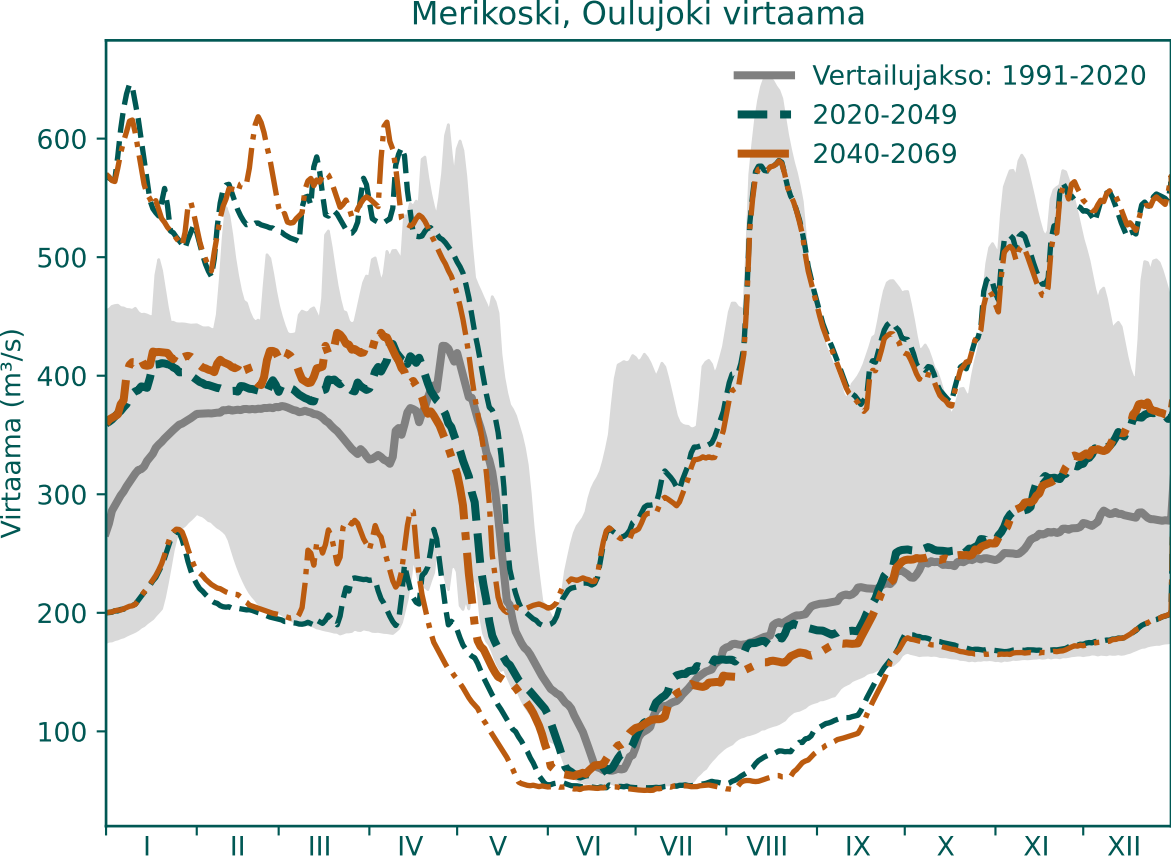

Skatila, Kyrönjoki virtaama
Vertailujakso: 1991-2020
2020-2049
2040-2069
Virtaama (m³/s)
400
350
300
250
200
150
100
50
0
I
II
III
IV
V
VI
VII
VIII
IX
X
XI
XII

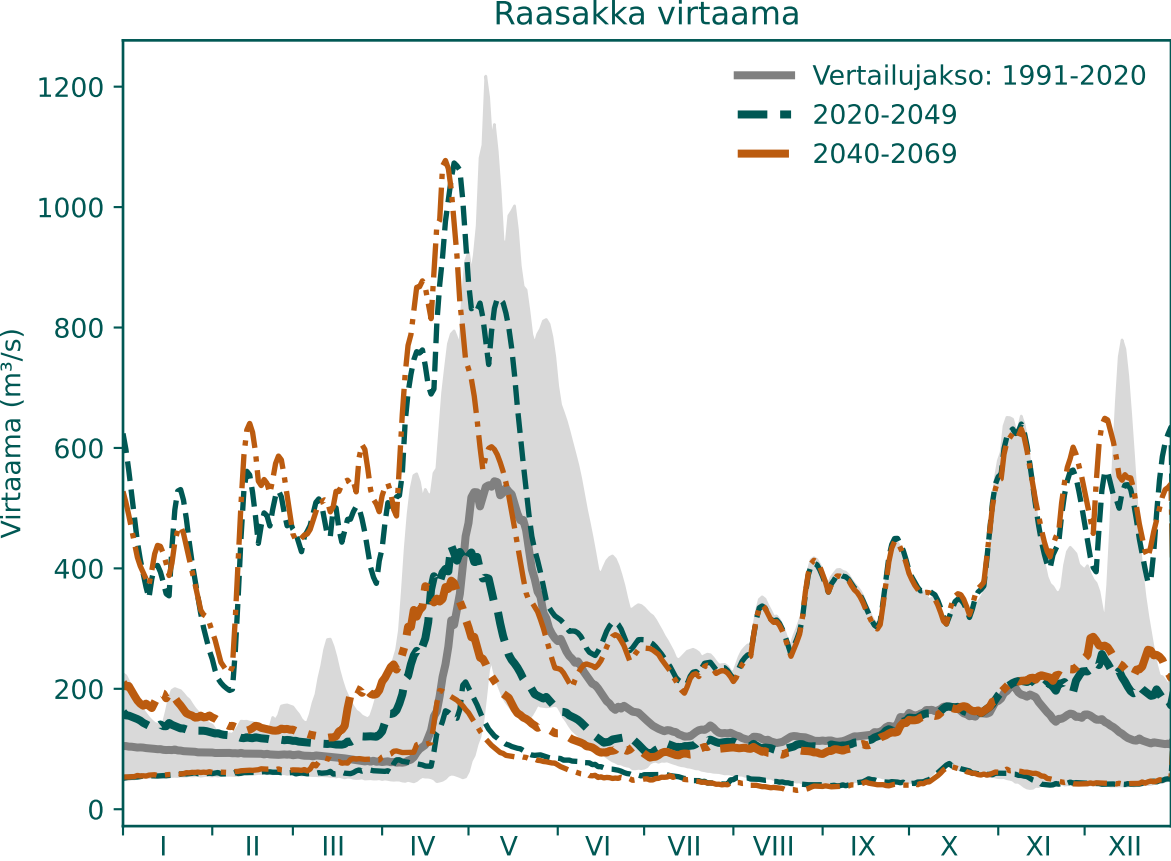

Keppo, Lapuanjoki virtaama
Vertailujakso: 1991-2020
2020-2049
2040-2069
Virtaama (m³/s)
300
250
200
150
100
50
0
I
II
III
IV
V
VI
VII
VIII
IX
X
XI
XII

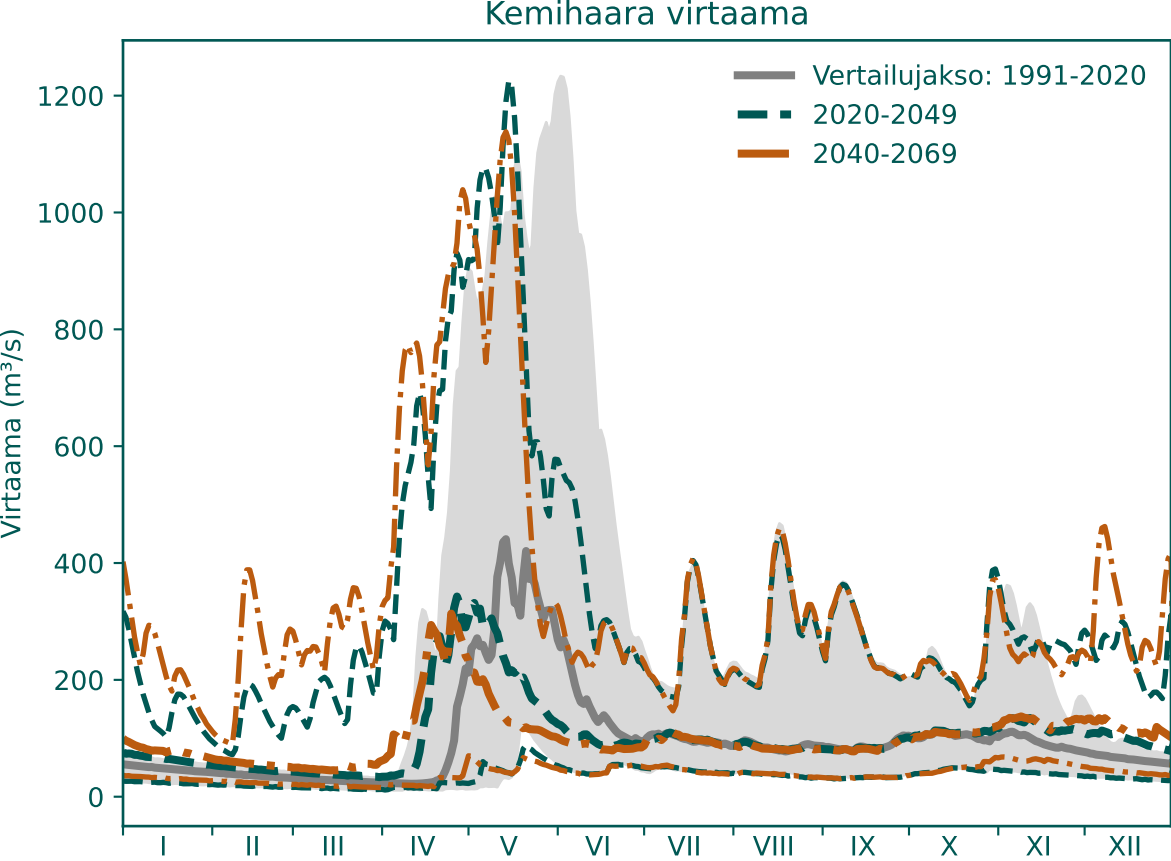

Niskakoski, Kalajoki virtaama
Vertailujakso: 1991-2020
2020-2049
2040-2069
Virtaama (m³/s)
350
300
250
200
150
100
50
0
I
II
III
IV
V
VI
VII
VIII
IX
X
XI
XII

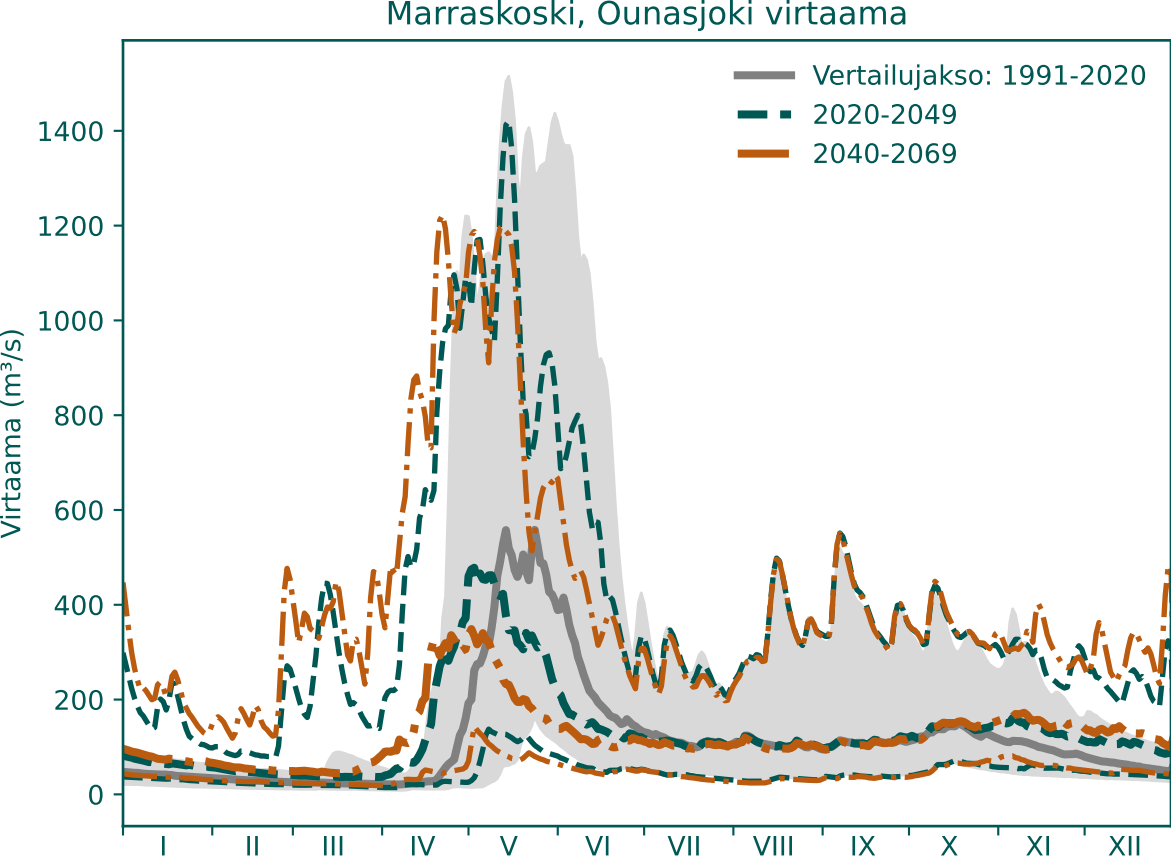

Länkelä, Siikajoki virtaama
Vertailujakso: 1991-2020
2020-2049
2040-2069
Virtaama (m³/s)
0
100
200
300
400
I
II
III
IV
V
VI
VII
VIII
IX
X
XI
XII

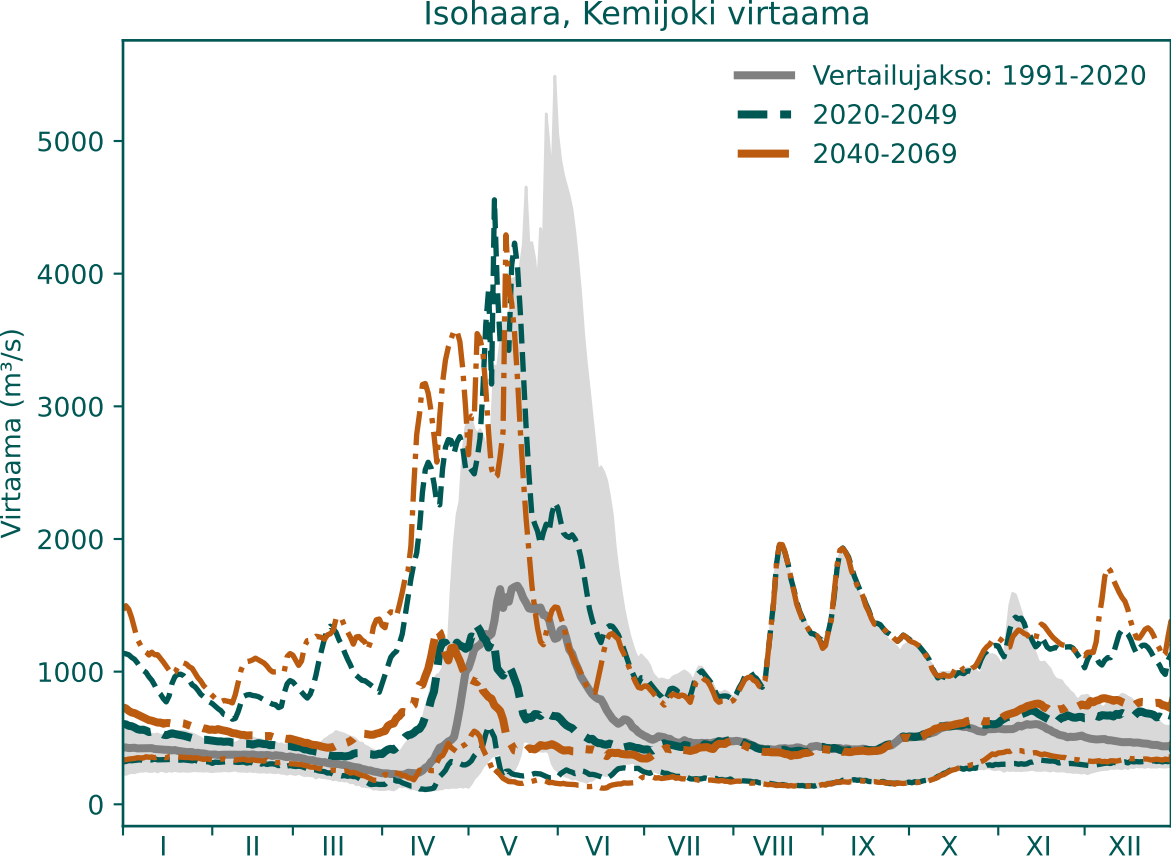

Lentua virtaama
Vertailujakso: 1991-2020
2020-2049
2040-2069
Virtaama (m³/s)
0
20
40
60
80
100
I
II
III
IV
V
VI
VII
VIII
IX
X
XI
XII

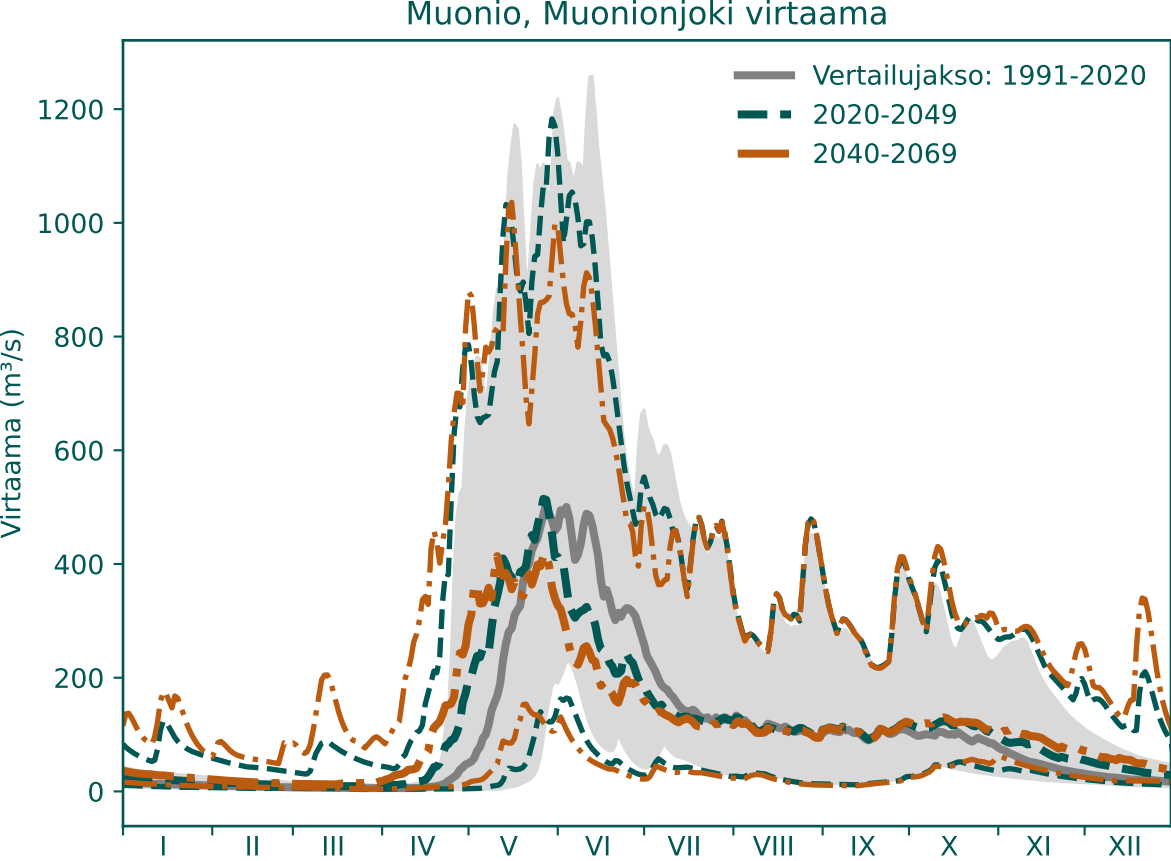

Merikoski, Oulujoki virtaama
Vertailujakso: 1991-2020
2020-2049
2040-2069
Virtaama (m³/s)
600
500
400
300
200
100
I
II
III
IV
V
VI
VII
VIII
IX
X
XI
XII

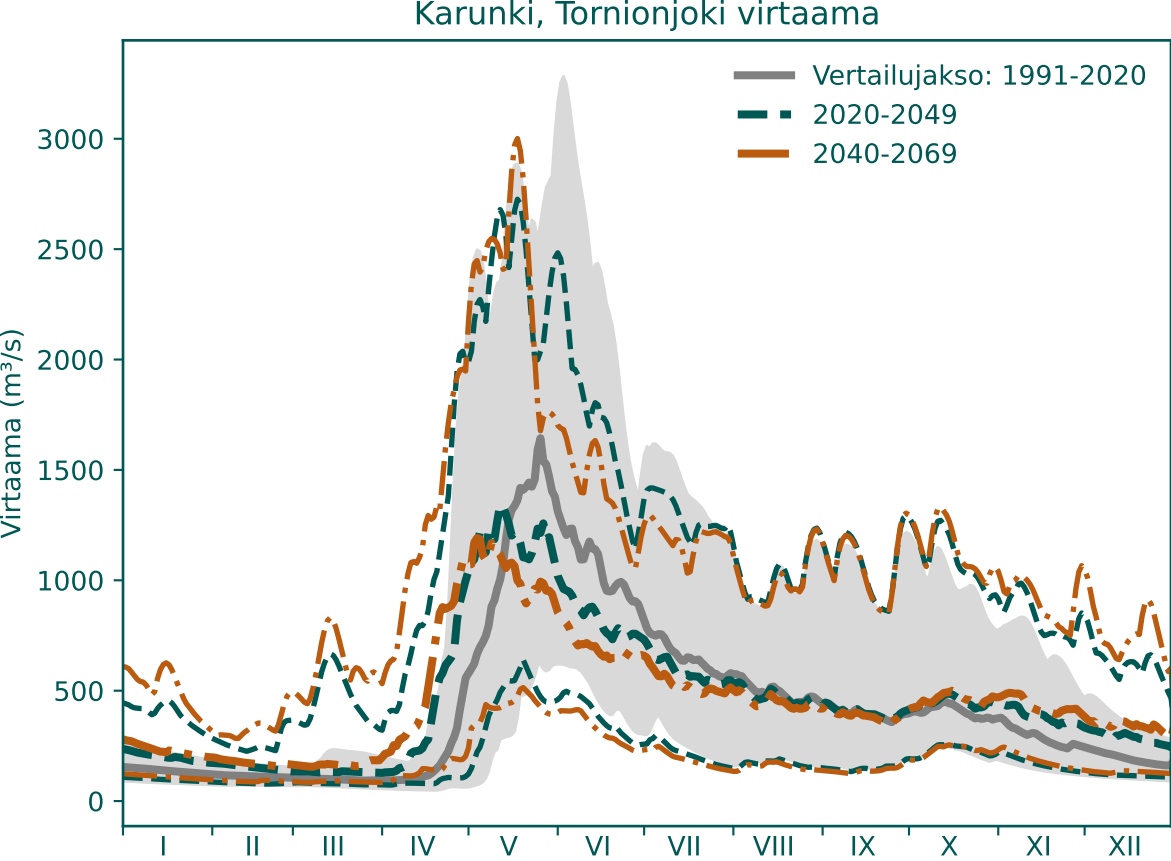

Raasakka virtaama
Vertailujakso: 1991-2020
2020-2049
2040-2069
Virtaama (m³/s)
0
200
400
600
800
1000
1200
I
II
III
IV
V
VI
VII
VIII
IX
X
XI
XII

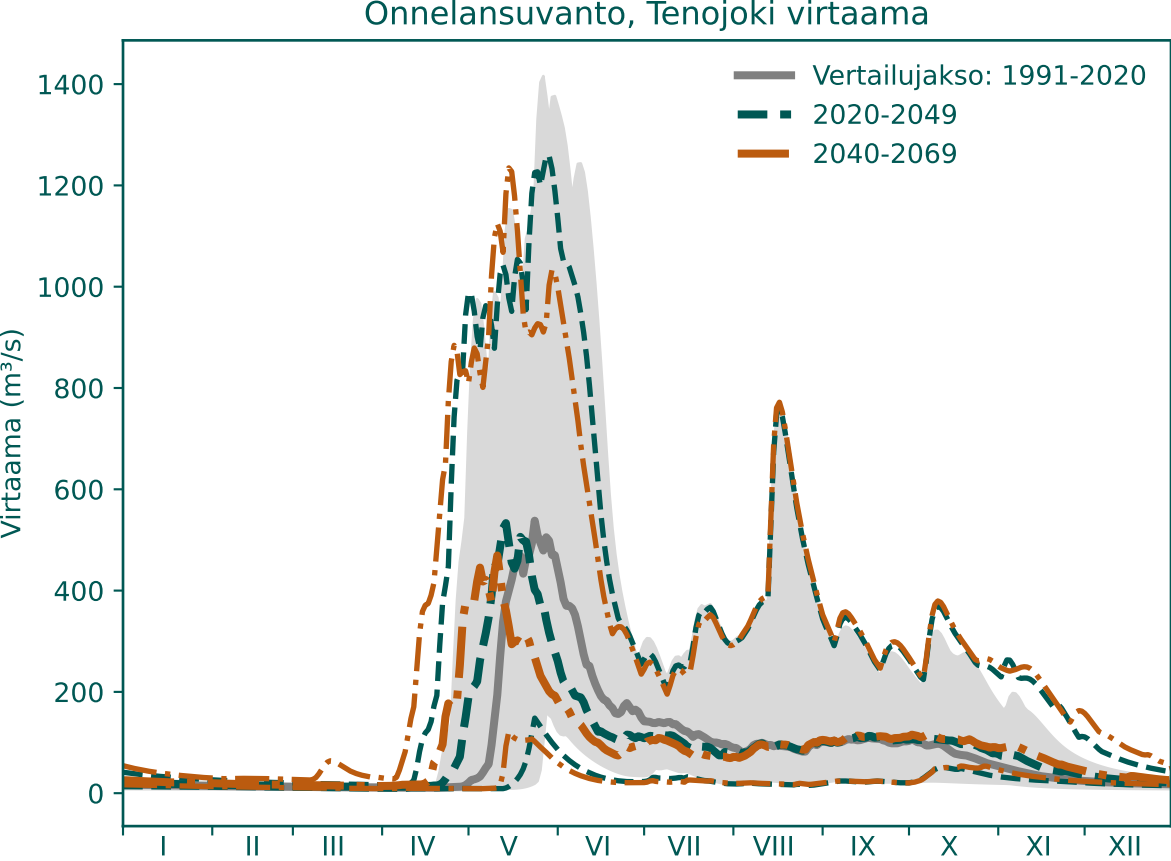

Kemihaara virtaama
Vertailujakso: 1991-2020
2020-2049
2040-2069
Virtaama (m³/s)
0
200
400
600
800
1000
1200
I
II
III
IV
V
VI
VII
VIII
IX
X
XI
XII

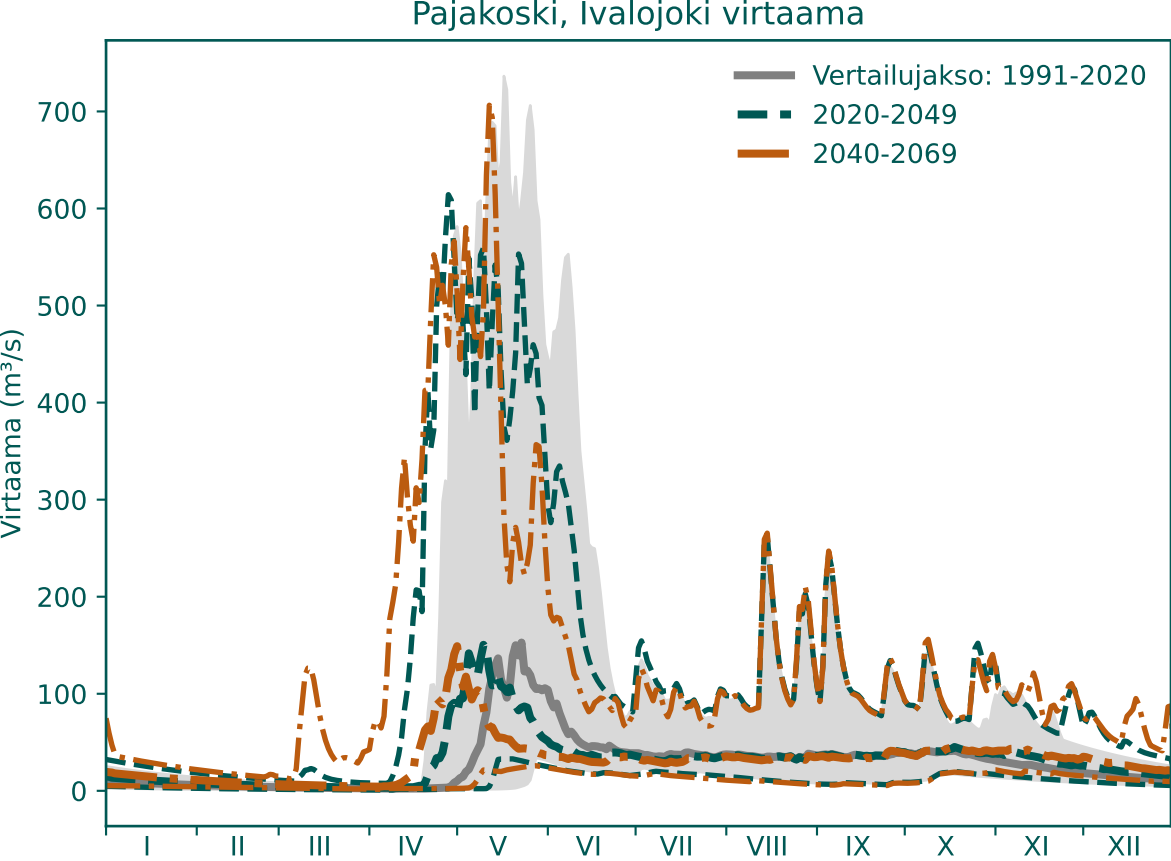

Marraskoski, Ounasjoki virtaama
Vertailujakso: 1991-2020
2020-2049
2040-2069
Virtaama (m³/s)
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
I
II
III
IV
V
VI
VII
VIII
IX
X
XI
XII


Isohaara, Kemijoki virtaama
Vertailujakso: 1991-2020
2020-2049
2040-2069
Virtaama (m³/s)
0
1000
2000
3000
4000
5000
I
II
III
IV
V
VI
VII
VIII
IX
X
XI
XII


Muonio, Muonionjoki virtaama
Vertailujakso: 1991-2020
2020-2049
2040-2069
Virtaama (m³/s)
0
200
400
600
800
1000
1200
I
II
III
IV
V
VI
VII
VIII
IX
X
XI
XII


Karunki, Tornionjoki virtaama
Vertailujakso: 1991-2020
2020-2049
2040-2069
Virtaama (m³/s)
3000
2500
2000
1500
1000
500
0
I
II
III
IV
V
VI
VII
VIII
IX
X
XI
XII


Onnelansuvanto, Tenojoki virtaama
Vertailujakso: 1991-2020
2020-2049
2040-2069
Virtaama (m³/s)
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
I
II
III
IV
V
VI
VII
VIII
IX
X
XI
XII


Pajakoski, Ivalojoki virtaama
Vertailujakso: 1991-2020
2020-2049
2040-2069
Virtaama (m³/s)
0
100
200
300
400
500
600
700
I
II
III
IV
V
VI
VII
VIII
IX
X
XI
XII