

# Ilmastonmuutoksen vaikutukset vesistöihin ja maankäyttöön valuma-alueilla

Verrattomat vetemme - miten tulla vesistöviisaaksi kunnaksi?

26.4.2021

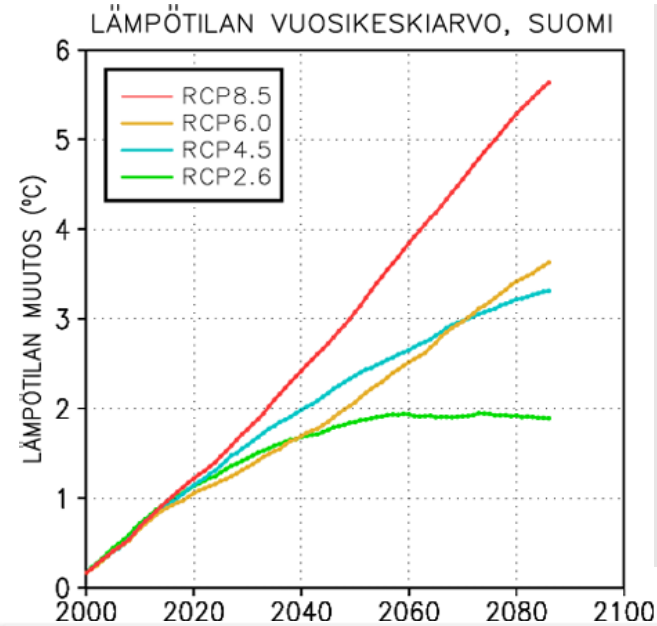
Timo Huttula

[timo.huttula@vesistosaatio.fi](mailto:timo.huttula@vesistosaatio.fi)

# Vaikutukset sääilmiöihin 1/2

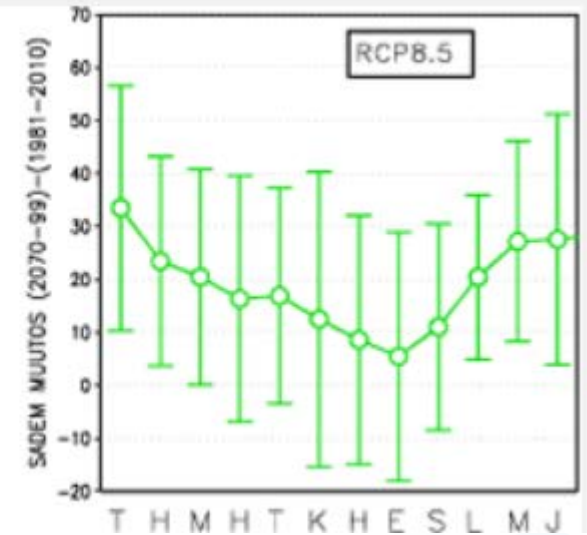
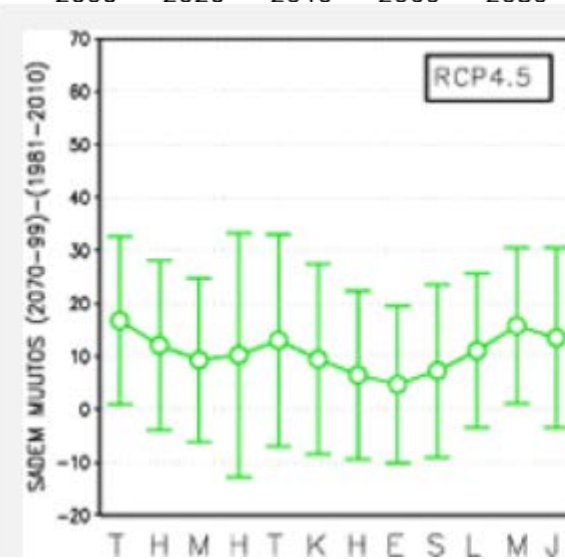
## Keski-arvot

- Lämpötila nousee keskimäärin 1,8-3,2 C vuosisadan puoliväliin mennessä (1981-2010 verrattuna)
  - Eniten kasvaa talven lämpötila
  - Suomen lämpötila kasvaa nopeammin kun maapallon keskilämpötila
  - Muutos suurin Pohjois-Suomessa
  - RCP8.5-skenaario → Keski-Suomessa saattaa vallita vuosisadan lopulla samankaltainen lämpötilailmasto kuin nykyisin Unkarissa.
  - Päästöjä kohtuullisen tehokkaasti leikattaessakin (RCP4.5-skenaario) meitä odottaisivat likimain Puolan lämpöolot: talvella lisää lämmintä 2 - 7 °C ja kesällä 1 - 4 °C.
- Sadanta lisääntyy keskimäärin 5-17 %
  - Suurimmat sadannan kasvut talvella
  - RCP8.5-skenaario → meille vuodessa saman verran vettä kuin mitä nykyisin sataa monin paikoin Englannissa.
- Vaihteluväli eri skenaarioilla suuri
  - etenkin vuosi sadan lopulla päästöskenaarioista riippuen
- Vuodenaikojen rytmi muuttuu
  - Leudommat ja sateisemmat talvet



Vuosikeskiarvojen muutokset Suomessa verrattuna jakson 1981–2010 arvoihin. 28 maailmanlaajuisen ilmastomuutosmallin tulosten keskiarvot eri kasvihuonekaasuskenaariolla (RCP8.5, hyvin suuret päästöt; RCP6.0, melko suuret päästöt; RCP4.5, melko pienet päästöt; RCP2.6, hyvin pienet päästöt)

Sademäärämuutos jaksolta 2070–2099 verrattuna 1981–2010



# Vaikutukset sääilmiöihin 2/2

## Äärisää

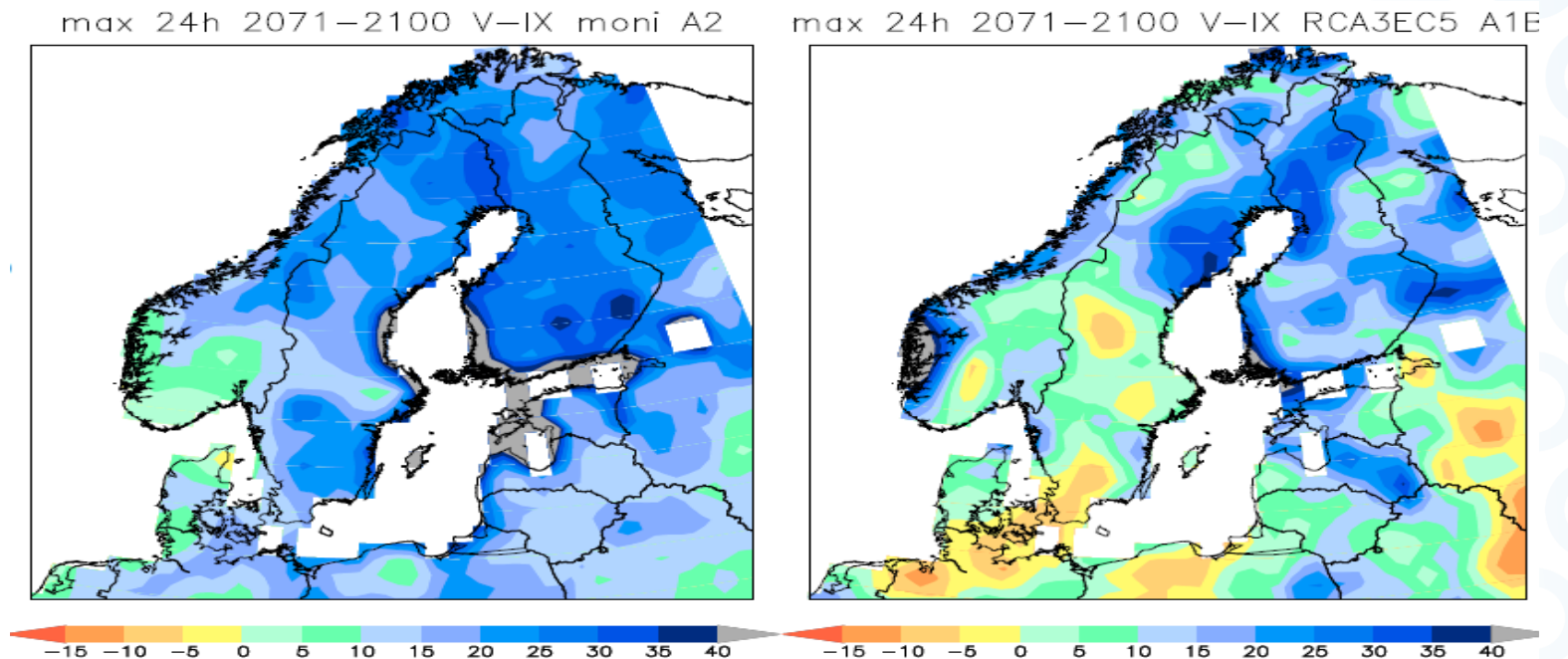
- Myrskyt, rankkasateet lisääntyvät
- Myös kuivuus voi pahentua (ainakin hydrologinen kuivuus)
- Sään vaihtelevuus todennäköisesti kasvaa

Vrk-sadannan maksimin muutos %  
kesäkaudella kahdella eri  
skenaariolla (eri päästöskenaario  
ja ilmastomallit) jaksolla 2071-  
2100 verrattuna referenssijaksoon

Ilmatieteen laitos

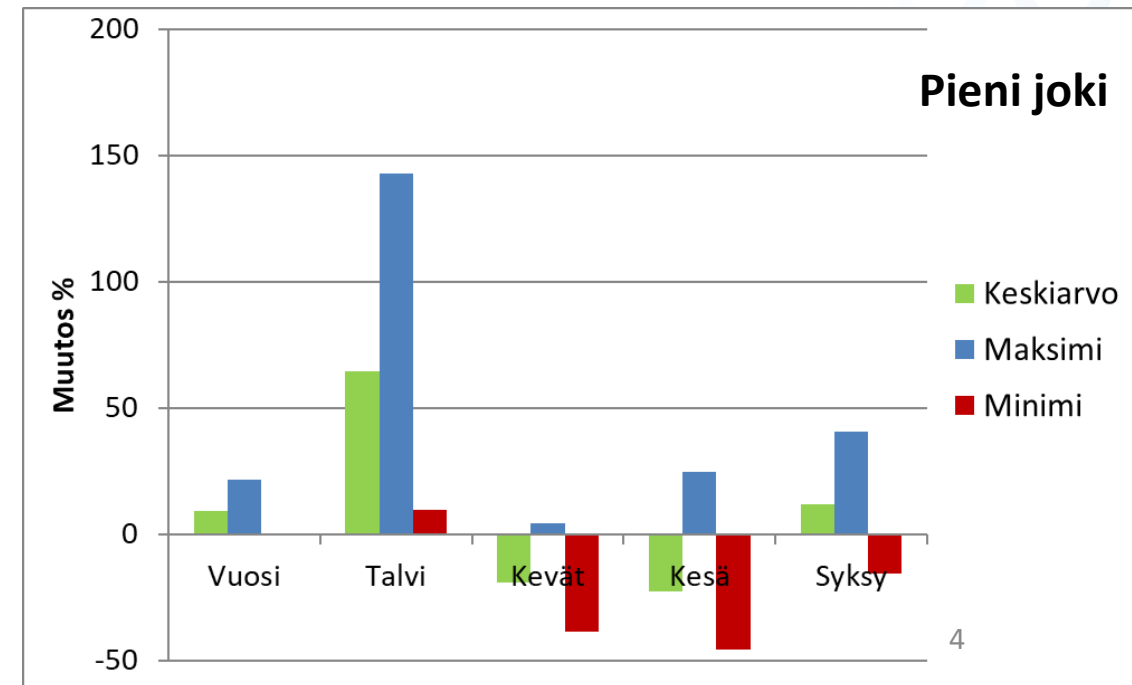
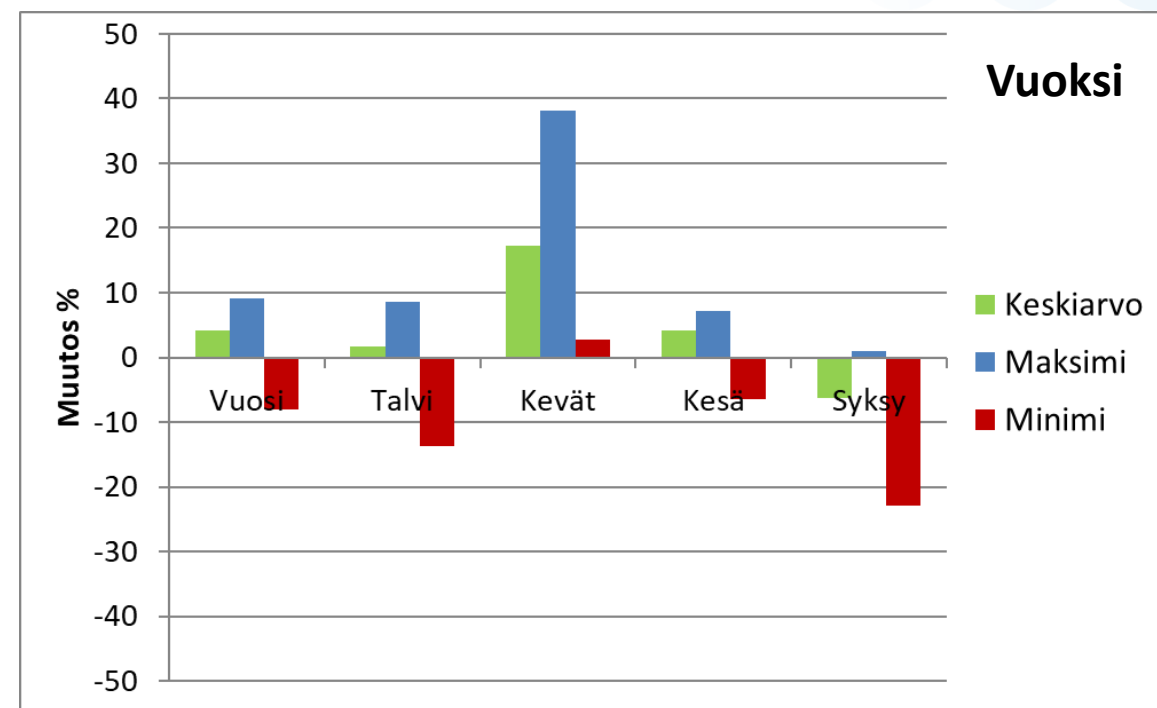


S Y K E

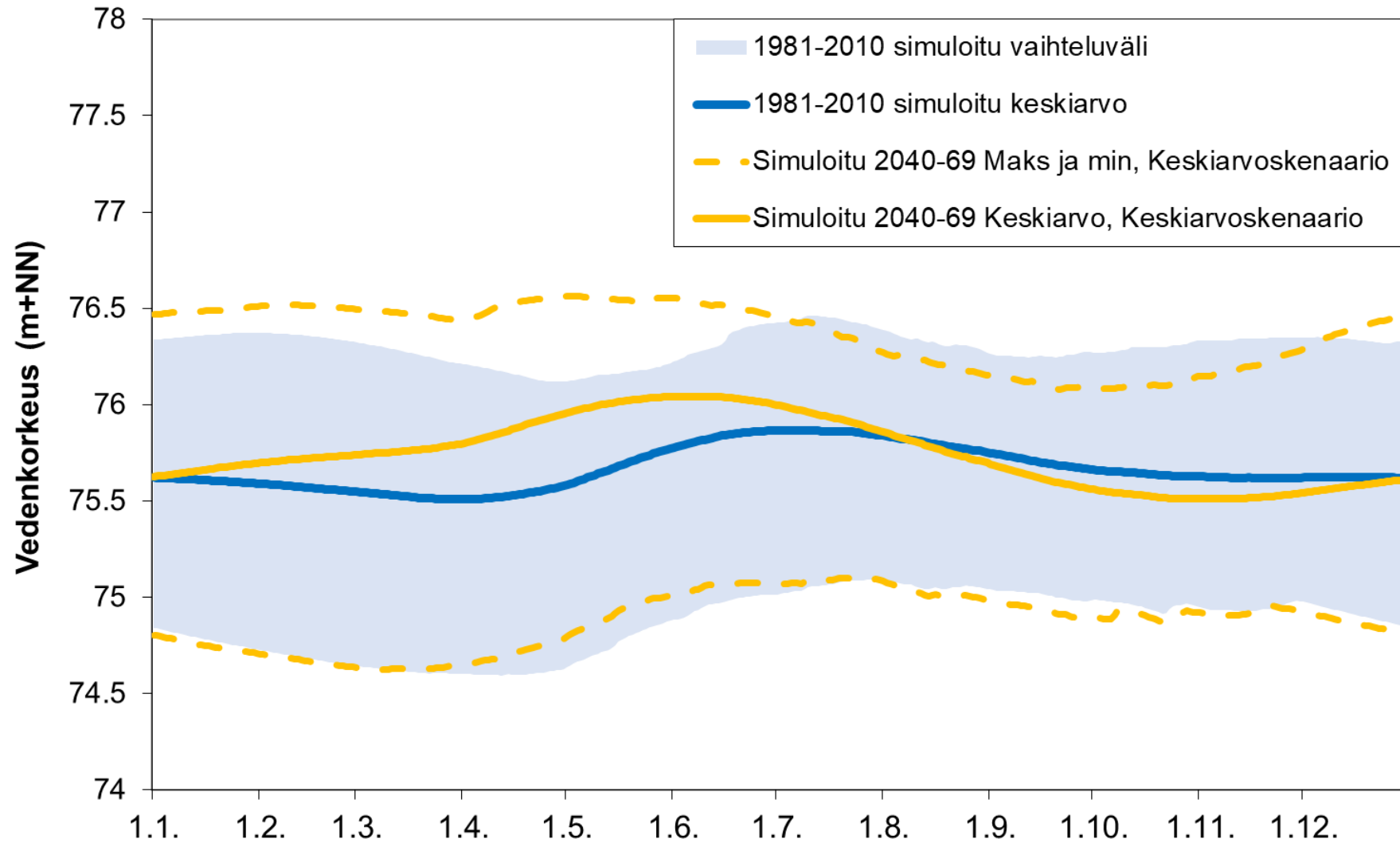


# Muutos jokien virtaamissa 2040-69 eri vuodenaikoina

- Suuri vesistö (Saimaa) vs. pieni vesistö Kaakkois-Suomessa (Vironjoki)
- Virtaamat kasvavat eniten talvella
- Kesällä virtaamat keskimäärin pienenevät
- Koko vuoden virtaamat keskimäärin kasvavat, mutta vain melko vähän (n. 5 %)

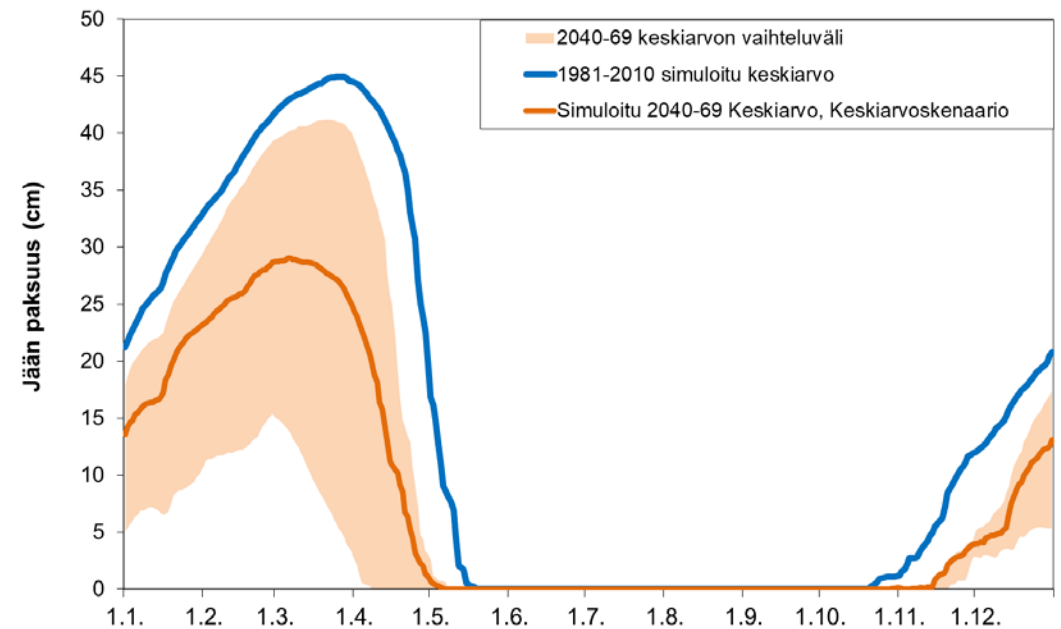
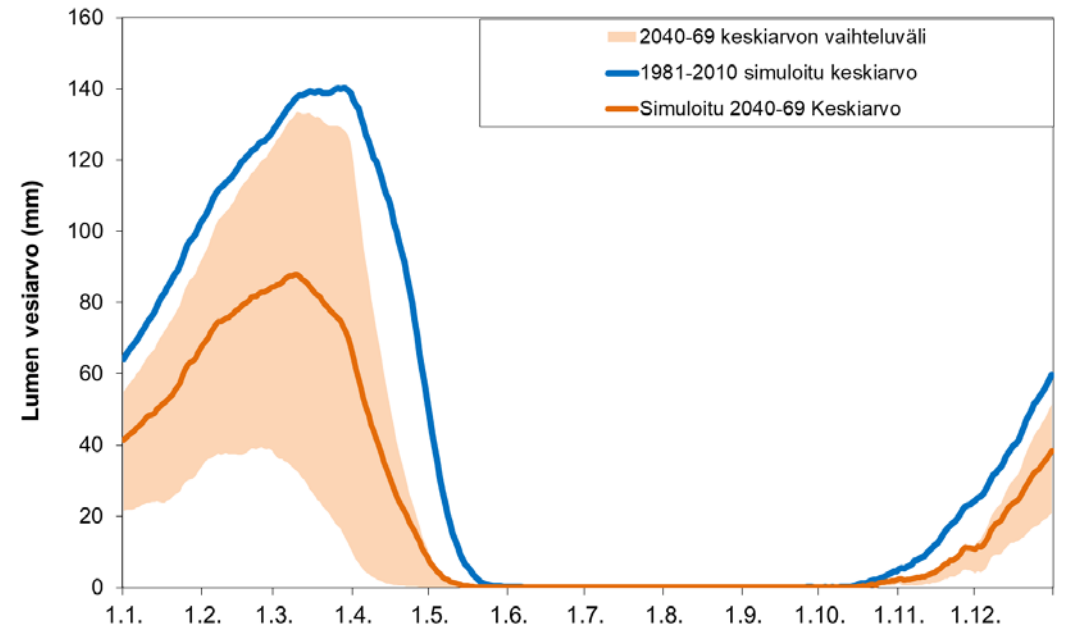


# Muutos Saimaan vedenkorkeudessa



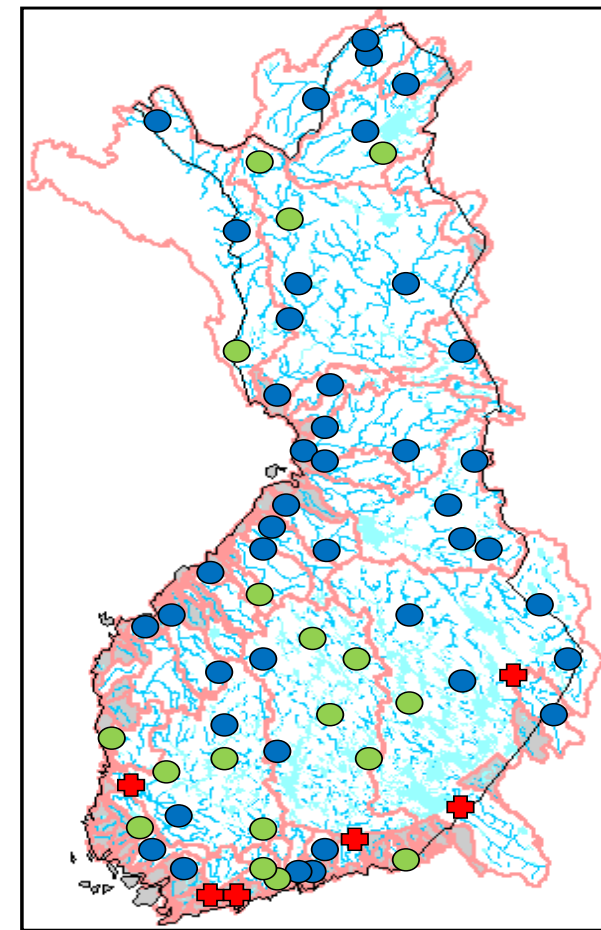
# Muutokset lumessa ja jääpeitteessä

- Tulokset Saimaan alueelta
- Lumen ja jään määrä keskimäärin vähenee
  - Vuosien välinen vaihtelu säilyy tai kasvaa entisestään
- Jääpeitteessä vaihtelu eri osissa vesistöä voi olla merkittävää

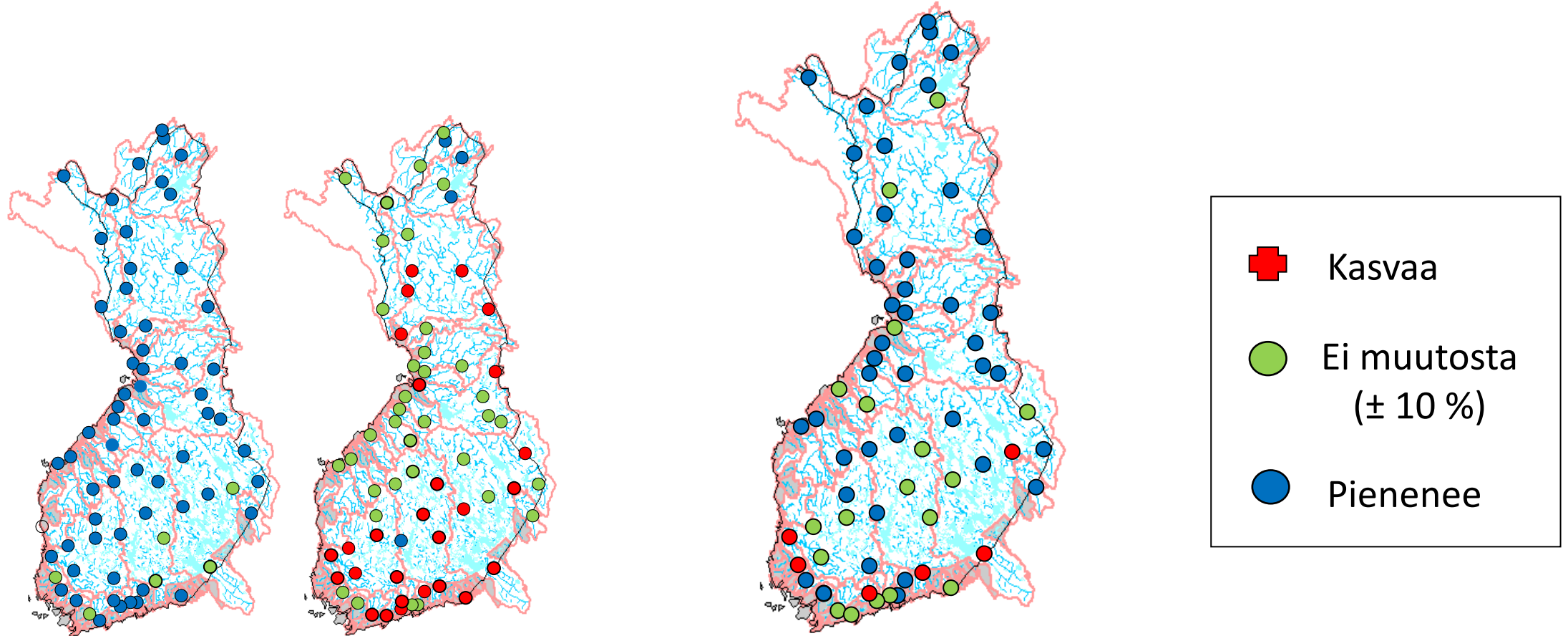


# Ilmastonmuutos ja vesistötulvat

- Ilmastonmuutos vaikuttaa merkittävästi tulviin Suomessa
- Ilmastonmuutos voi sekä pienentää että suurentaa tulvia
  - Lämpenemisen myötä lumen määrä keskimäärin vähenee, joten kevättulvat pienenevät
  - Toisaalta sateiden arvioitu lisääntyminen voi kasvattaa tulvia
- Ilmastonmuutoksen vaikutus riippuu sijainnista Suomessa ja vesistöjen ominaisuuksista (mm. koko, järvisyys, lumen määrä)
  - Kevättulvat pääosin pienenevät ja aikaistuvat
  - Syys- ja talvitulvat yleistyvät ja kasvavat
  - Kesätulvissa ei selkeää muutosta



# Tulvien muuttuminen; 100 vuoden tulva 2070-99

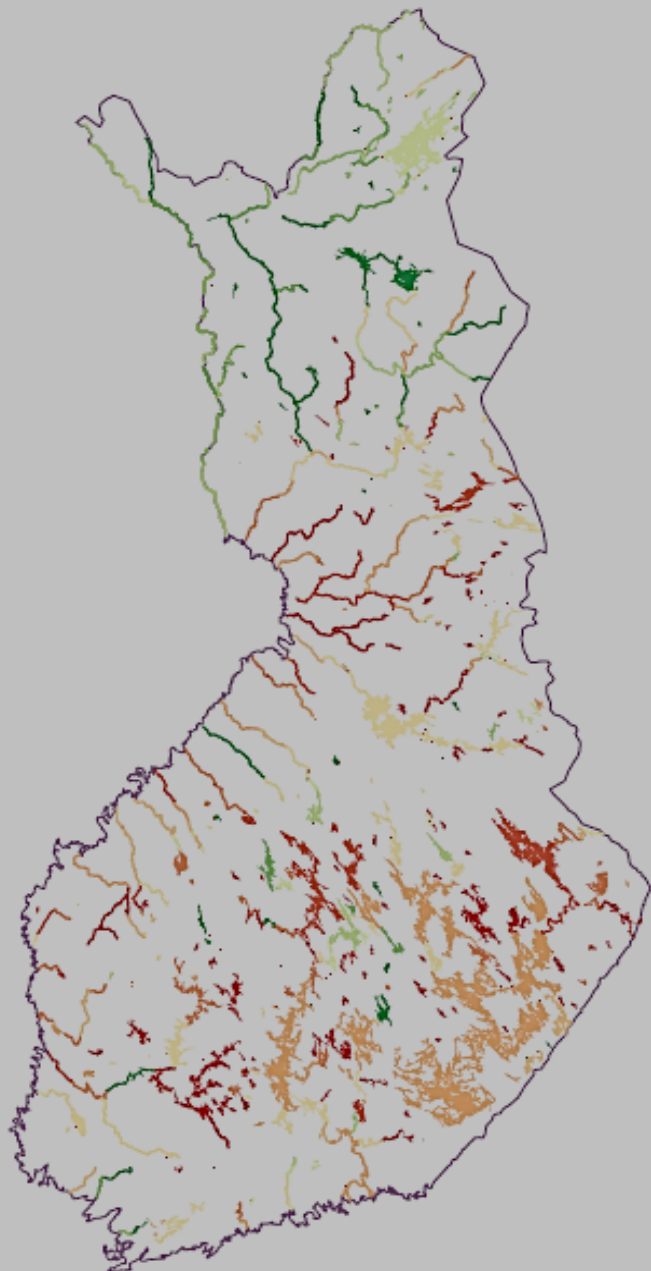
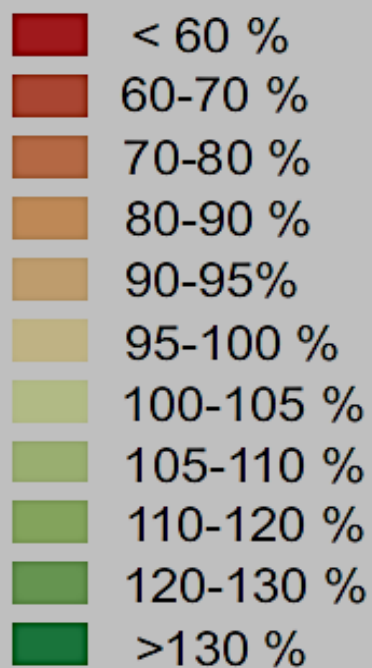


**Minimi:**  
**Pienimmät tulvat 25**  
**skenaariosta**

**Maksimi:**  
**Suurimmat tulvat 25**  
**skenaariosta**

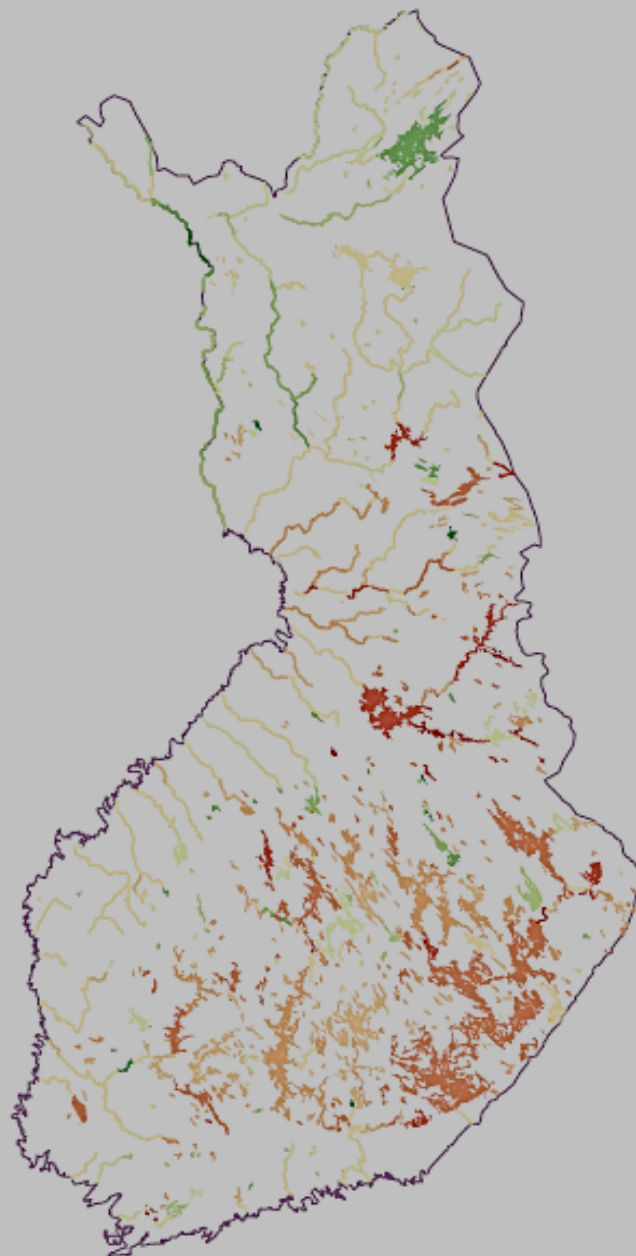
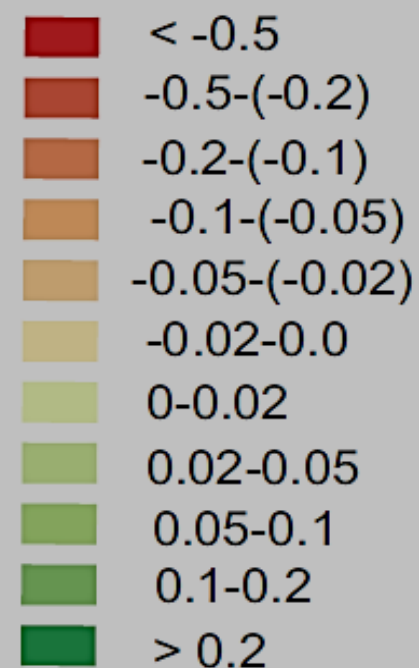
**Keskiarvo:**  
**Keskimääräiset tulvat 25**  
**skenaariosta**

Minimum discharge during the reference drought:  
percentage change with climate change  
2040-69 (RCP4.5)



b)

Minimum water level during the reference drought:  
difference with climate change  
2040-69 (RCP4.5)



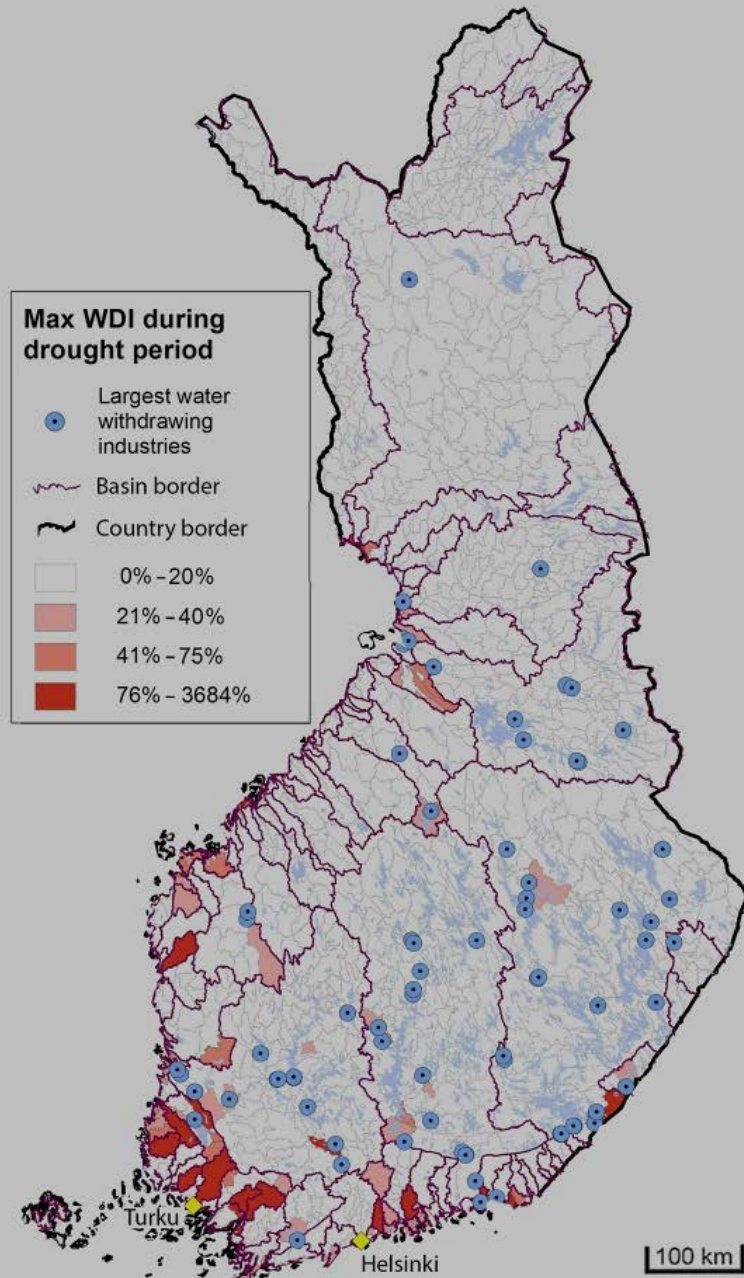
m

Kuva: Veijalainen, N. et al. 2019.  
Severe Drought in Finland: Modeling  
Effects on Water Resources and  
Assessing Climate Change Impacts.  
Sustainability, 11, 2450.

# Vedenkäyttö suhteessa käytettäviin vesivaroihin kuivuuden aikana

- Tarkasteltu veden riittävyyttä
- Käytettävissä olevat kuukausittaiset uusiutuvat vesivarat suhteessa vedenkäyttöön (=WDI)
- Punaisilla alueilla vesivarojen riittävyyden kanssa ongelmia vakavan kuivuuden aikana
- Pohjana vakava monivuotinen kuivuus
- Perustuu jakson 1939-1942 kuivuuteen

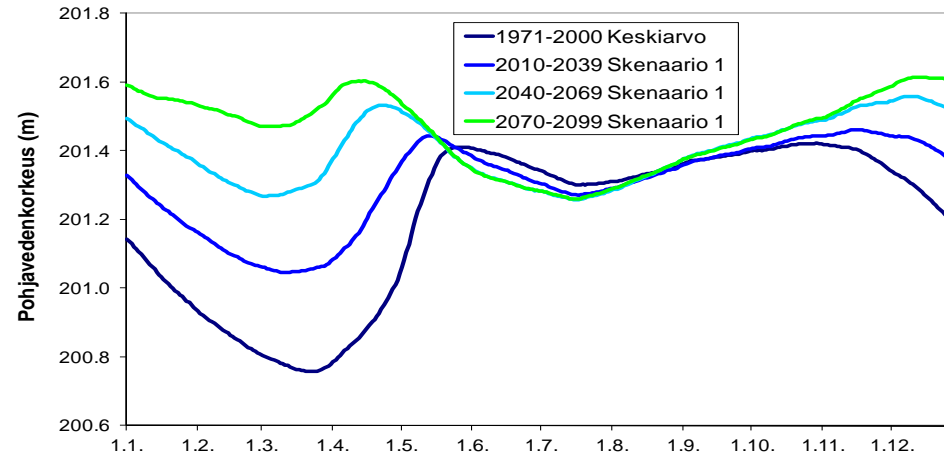
Kuva: Ahopelto, L. ym. 2019. Can there be water scarcity with abundance of water? Analysing water stress during a severe drought in Finland. Sustainability



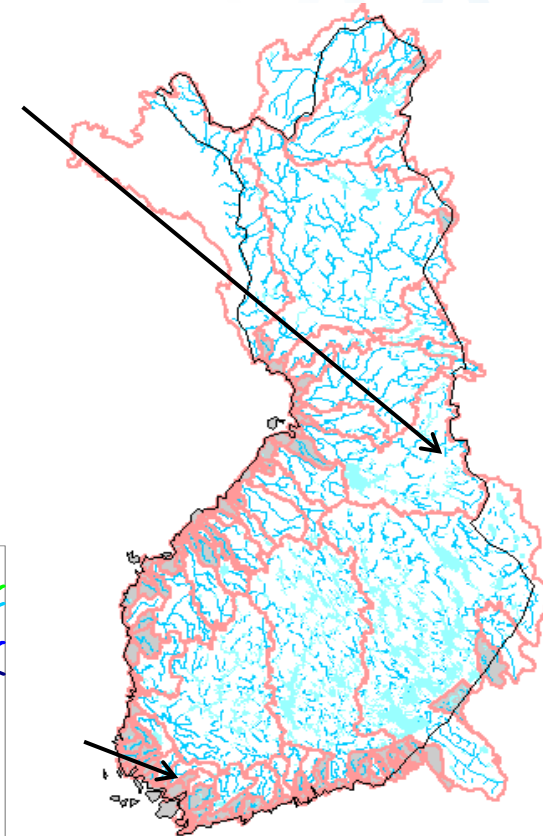
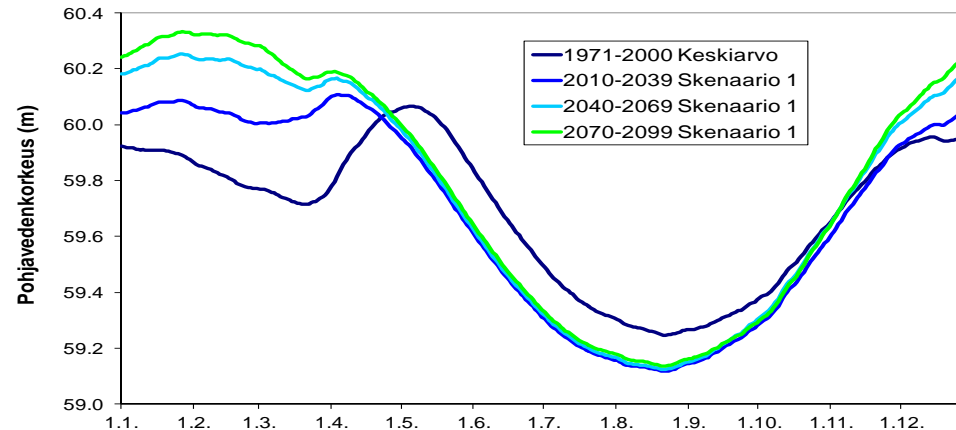
# Pohjavedet

- Pohjaveden pinta
  - Nousee talvella
  - Laskee loppukesällä ja syksyllä, etenkin Etelä- ja Keski-Suomessa
- Kuivuuden riski kesällä ja syksyllä kasvaa Etelä- ja Keski-Suomessa
- Erilaiset pohjavesiesiintymät (pienet/suuret) reagoivat eri tavalla
- Syys- ja talvisateiden lisääntyessä pohjaveden laatu voi heikentyä maaperän kosteuden kasvaessa

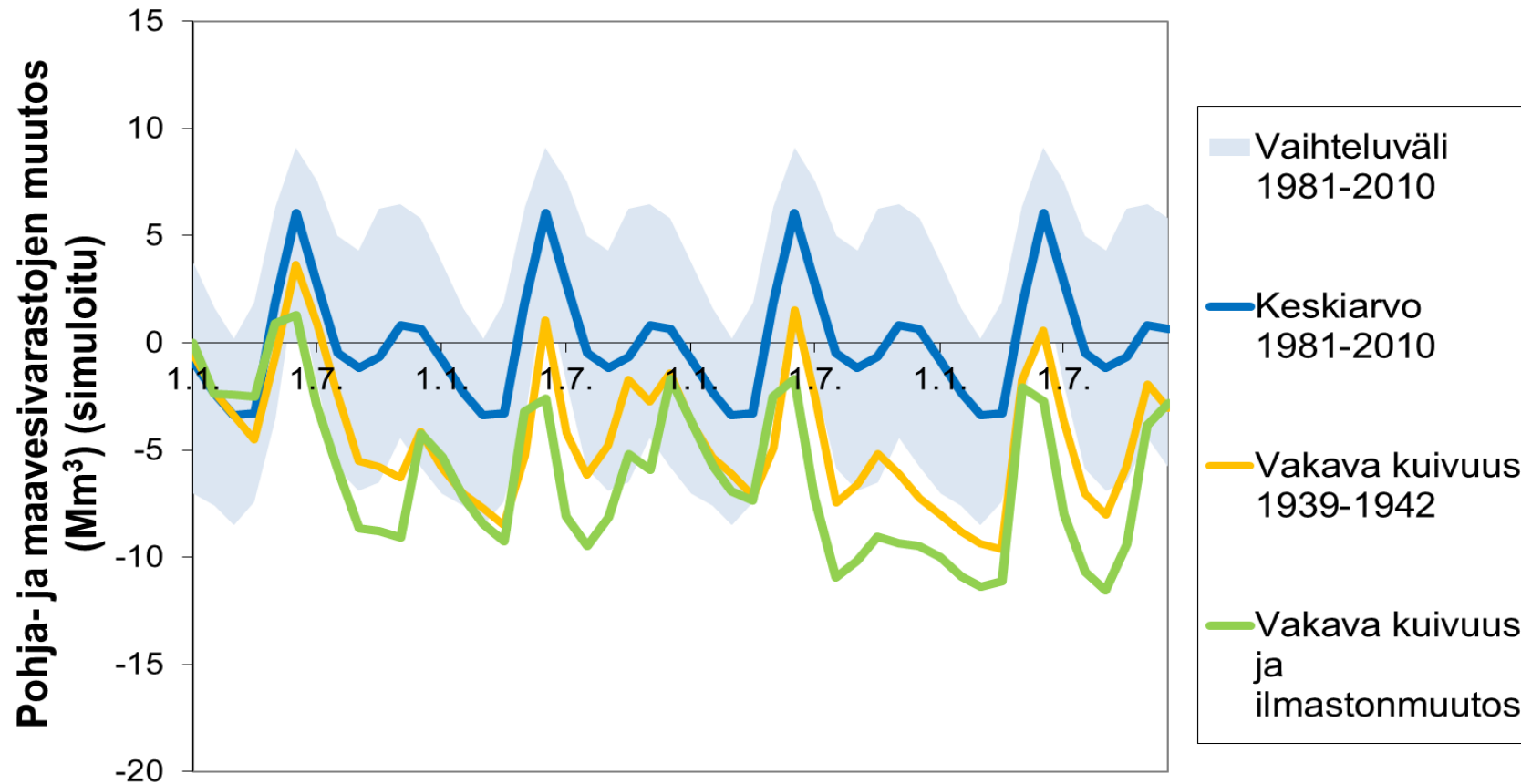
Pohjavesi Kuhmo 1202



Pohjavesi Perniö 0202

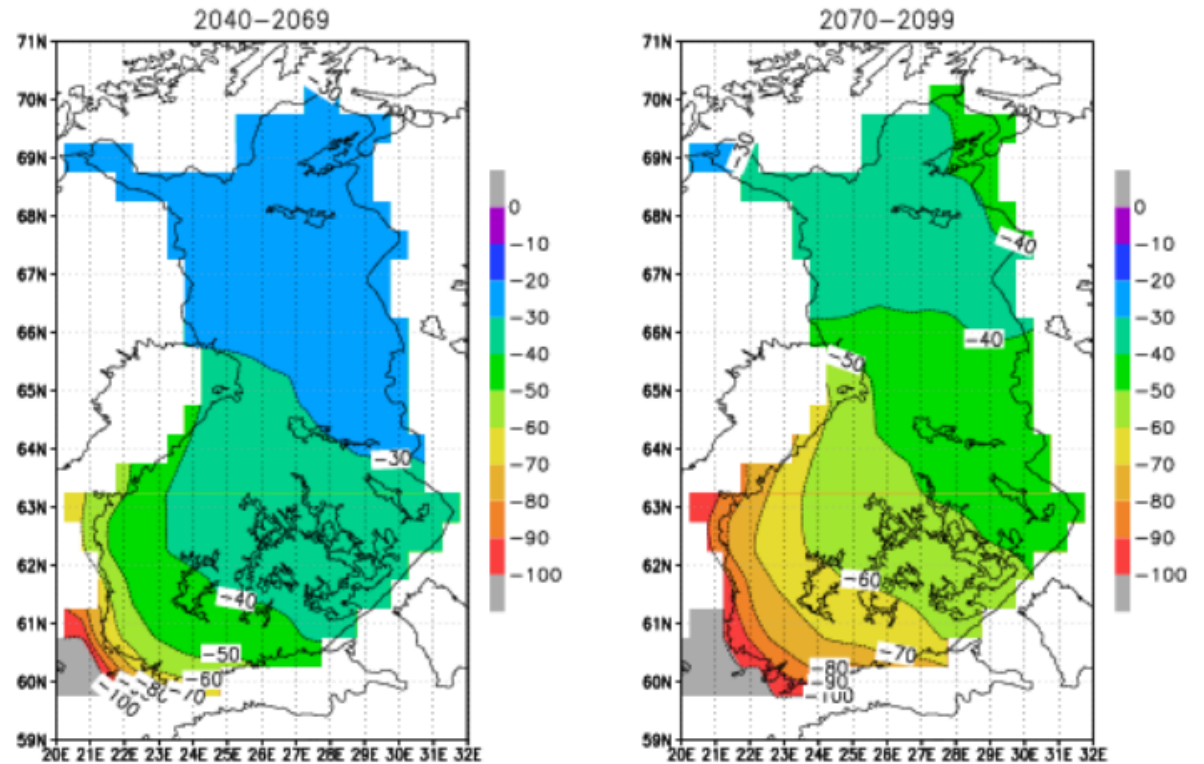


# Pohja- ja maavesi kuivuuden aikana ja ilmastonmuutoksen vaikutus



# Routa

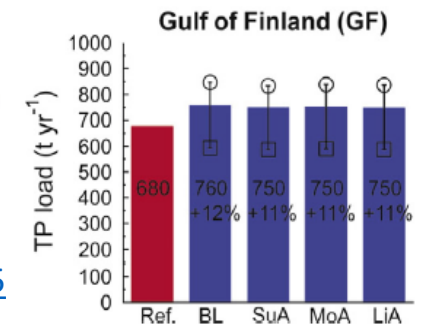
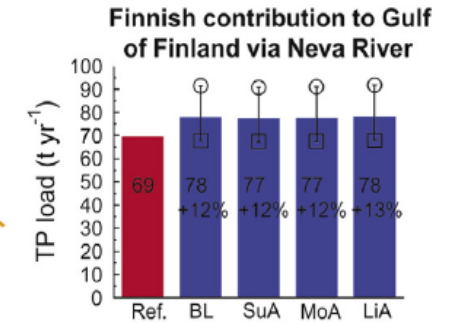
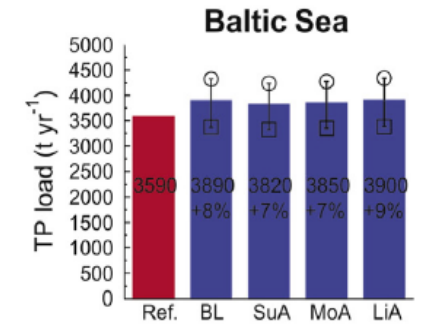
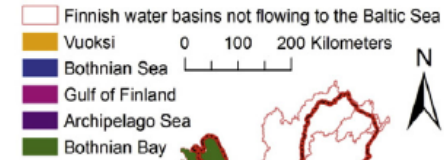
- Lapissa routakerros ohenee vuosisadan puoliväliin tultaessa noin neljänneksellä, vuosisadan loppupuolella jo 30-40%.
- Etelä-Suomen sisämaassa routaa on vuosisadan lopulla vajaa puolet nykyisestä.
- Lounaissaaristossa maa olisi talvisinkin enimmän aikaa sula.
- Laskelma lumettomille alueille, esimerkiksi lentokentillä ja pääteillä. Tällaisilla alueilla suurin talven aikana esiintyvä roudan paksuus riippuu maalajista ja kertyneestä pakkassummasta.
- Ei esimerkiksi pelloille ja metsille. Siellä lumipeite toimii tehokkaana lämmöneristeenä.



Lumettomien alueitten routakerroksen ennustettu oheneminen (prosentteina) tavanomaisena talvena. Vasemmassa kuvassa on käytetty laskelman pohjana mallien ennustamaa lämpötilan nousua jaksolle 2040-2069. Oikeanpuoleinen kuva esittää tilannetta jaksolla 2070-2099 aikana. Molemmissa vertailukohtana on jakso 1971-2000.

# Ravinnekuormitus

- Peltojen lumettomuus ja kasvavat valunnat lisäävät fosforin ja typen huuhtoutumista talvella
- Keväällä kuormitus toisaalta vähenee
- Typen huuhtoutuminen metsistä voi kasvaa
- Kaakkois-Suomessa kuormitus voi skenaarioiden perusteella kasvaa n. 10-13 % vuoteen 2060 mennessä



Kuva: Huttunen, I. et al. 2015.  
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.05.055>

BL = baseline (nykykäytännöt), SuA = successful adaptation, MoA = moderate adaptation ja LiA = little adaptation

# Ekologiset muutokset

- Ekologisista muutoksista tarvitaan vielä lisää tutkimustietoa
  - Monimutkaiset vuorovaikutukset ja ketjut, mahdolliset äkilliset muutokset
  - Muutokset erilaisia erilaisissa järvissä ja joissa
  - Ilmastonmuutoksen lisäksi myös muut muutokset (maankäyttö, pistekuormitus ym.) vaikuttavat merkittävästi
- Rehevöityminen voi paikoin lisääntyä, samoin leväkukinnot
- Kylmän veden lajit kärsivät, lämpimän veden lajit hyötyvät
- Saimaannorppa kärsii vähälumisista ja –jäisistä vuosista, vedenkorkeuden nousu talvella voi myös olla ongelma
  - Kuinka hyvin sopeutuu?



# Lähtöaineistoja, Rakkolanjoki

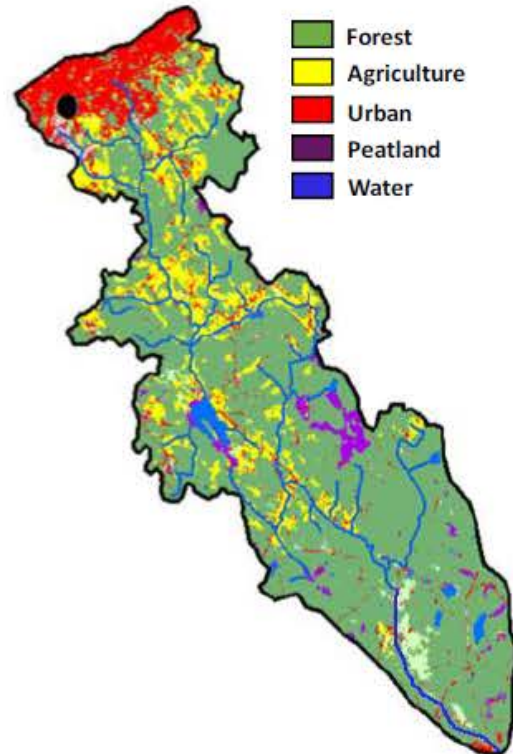
## Säätiedot lähimmiltä IL:n asemilta (SWAT)

IL:n data (METEO)

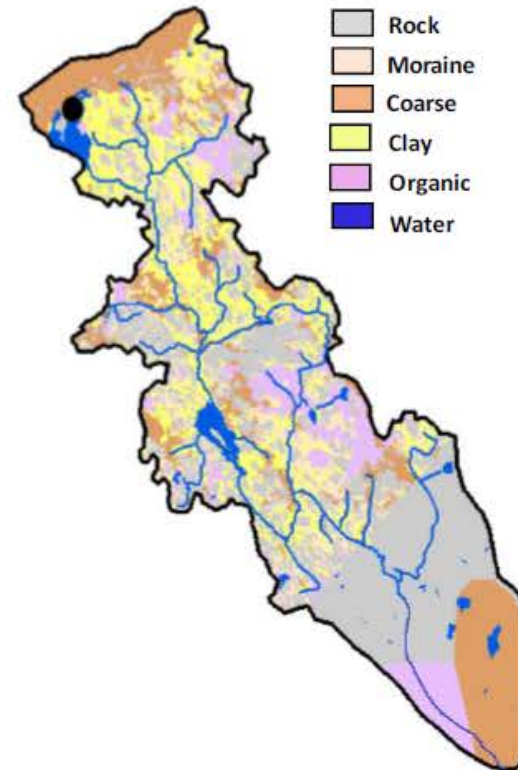
Sade- ja lämpötilaennuste	Säteilytase
Saapuneet P- ja T-arvot	Säätily
Sadanta	Kaikki suureet
Ilman lämpötila	
Maan lämpötila	
Tuulen nopeus	
Tuulen suunta	
Pilvisuus	
Ilman kosteus	
Ilmanpaine	
Globaali säteily	

Sulje HYD-valikko Takaisin

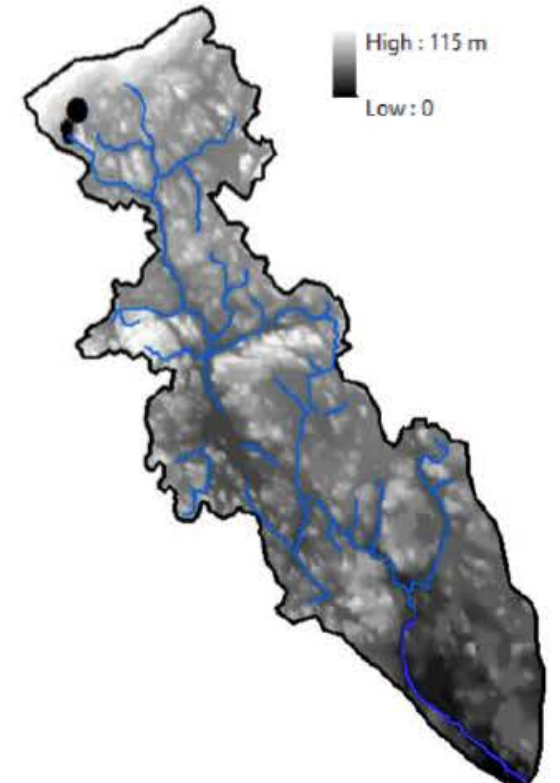
### Maankäyttö



### Maaperä



### Korkeusmalli (DEM)



● Wastewater treatment plant

Pinta-ala (km <sup>2</sup> )	Maatalousmaata (%)	Rakennettua alaa %	Päämaalajit	Keskivirtaama (m <sup>3</sup> /s)
215	11	7	Kalliomaa, karkeat ml.	2,2

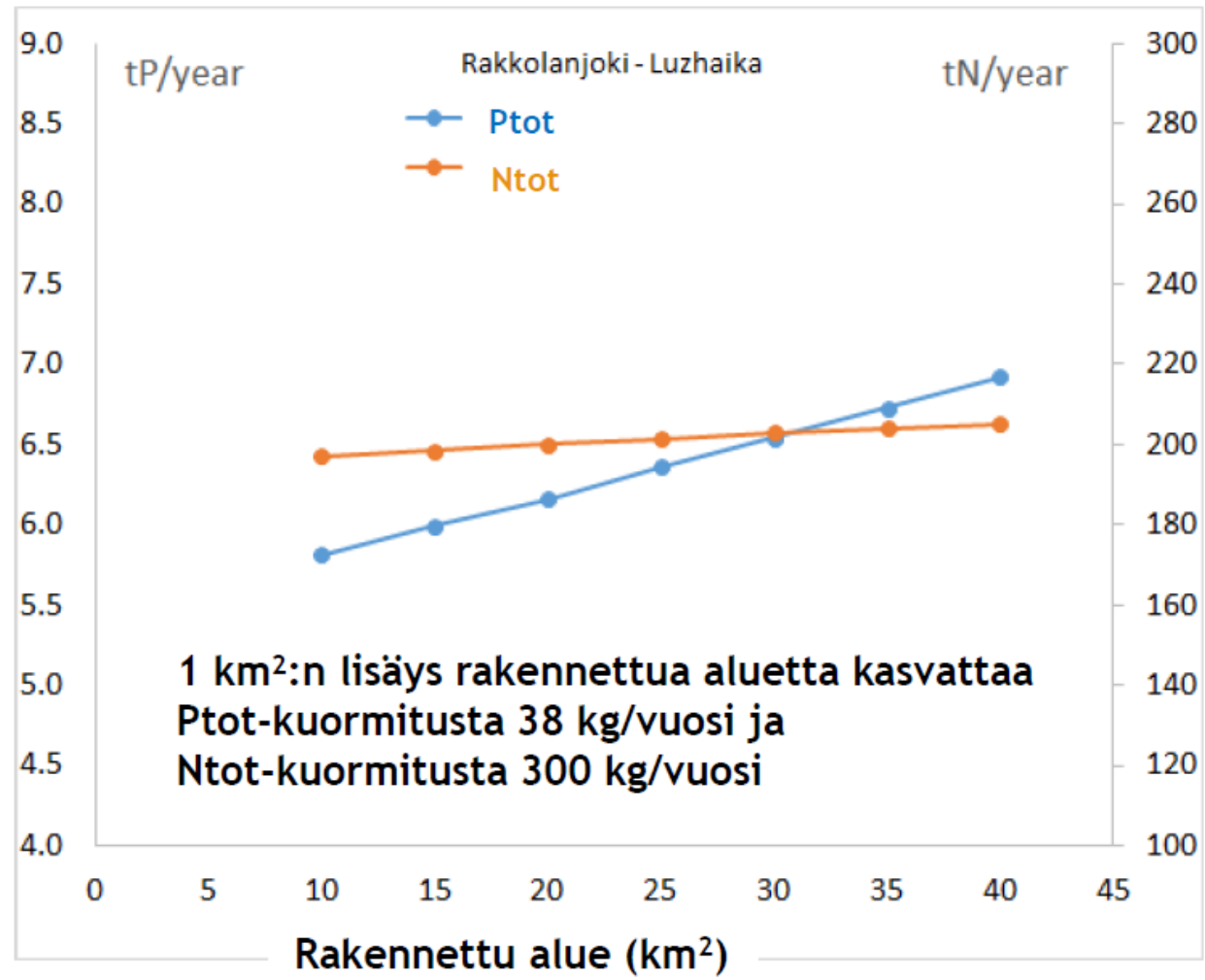
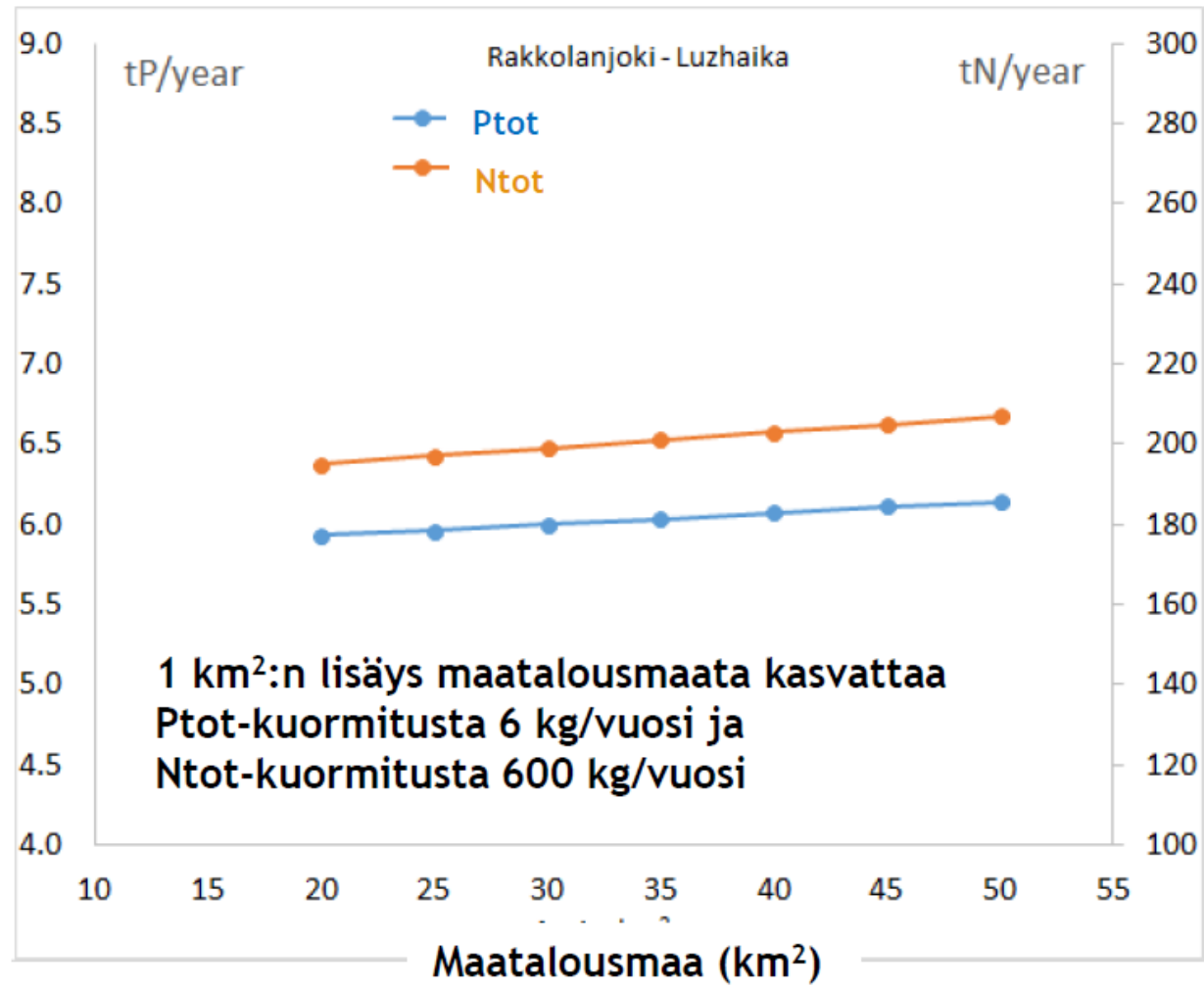
# Maankäytön muutokset Rakkolanjoen alueella 2000–2018

Jakso	Maatalousalueet (ha)			Rakennetut alueet (ha)		
	lisäys	poistuma	netto	lisäys	poistuma	netto
2000-2006	+64	-17	+47	+63	-1	+62
2006-2012	+6	-62	-56	+50	-25	+25
2012-2018	+26	-6	+20	+22	±0	+22
Σ	+96	-85	<b>+11</b>	+135	-26	<b>+109</b>

0,3 % NETTOLISÄYS

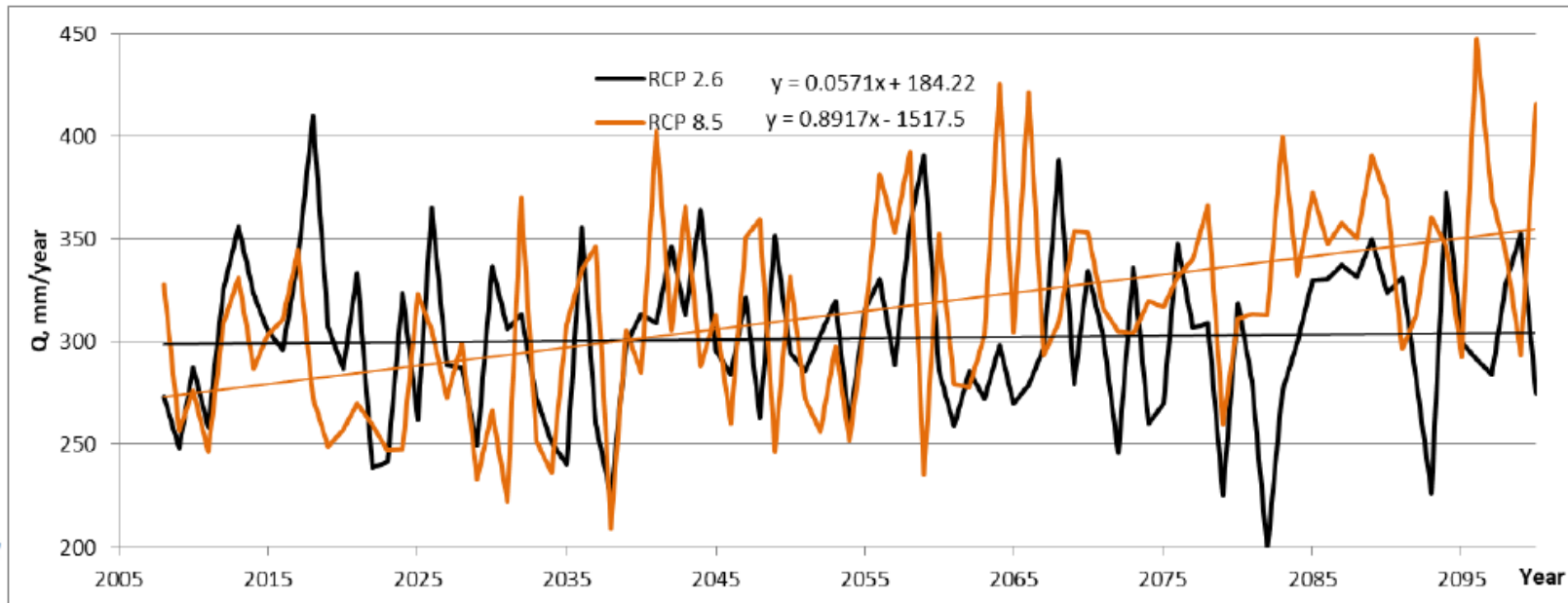
5,5 % NETTOLISÄYS

# Maankäytön muutosten vaikutuksia ravinnekuormitukseen Rakkolanjoen alueella 2006–2100



# SWAT skenaariot (ilmastonmuutos)

- RCP:eitä (Representative Concentration Pathway) käytetään ihmisen ilmastonmuutosta kiihdyttävän toiminnan arvioimiseen ja siinä on neljä skenaariota (2.6, 4.5, 6.0 ja 8.5), jotka viittaavat kasvihuonekaasujen pitoisuuksiin ilmakehässä vuonna 2100
- SWAT-simuloinnit tehtiin käyttäen ”parasta” (RCP2.6) ja ”huonointa” (RCP8.5) skenaariota
- RCP2.6 skenaariossa Rakkolanjoen vesistössä ei ole vuosisadan loppuun mennessä odotettavissa kovin merkittävää ilmastonmuutoksesta johtuvaa muutosta vuotuisissa vesimäärissä, kun taas RCP8.5:ssä odotettavissa on selkeästi kasvava trendi



**RCP8.5:**  
Kasvavat valunnat +  
leudontuvat talvet  
⇒  
Ravinnekuormituksen  
kasvun riski!

LEARN, ACT & INFLUENCE



## Routavauriot kurittavat Porvoon tieverkkoa



**Märkä lumi romahdutti kattoja ja koitui kuistien kohtaloksi Lapissa – "Tulee tonnikaupalla tavaraa yhdessä humauksessa"**

Lapissa on runsaasti lunta ja sään lauhtuminen on saanut lumen tippumaan katoilta ja puista.

## Ilmastomuutoksen vaikutukset teihin ja rakennuksiin

- Tiet ja kadut
  - Keskitalven kunnosapidon haasteet
    - Lumen poisto
    - Liukkauden torjunta
  - Kelirikkoaika lyhenee
  - Pinnoitteiden kuluminen
  - Rumpujen tulviminen ja jäätyminen
- Rakennukset
  - Ulkovuoraukset nykyistä suuremmalla rasituksella
  - Routaeristys nykyisellään roudan vähenemisestä huolimatta

# ILMASTONMUUTOKSEN VAIKUTUS VESIVARROIHIIN

LÄMPÖ-  
TILA  
KOHOAA

SADE-  
MÄÄRÄ  
KASVAA

LUMI-  
PEITE  
VÄHENEÄ



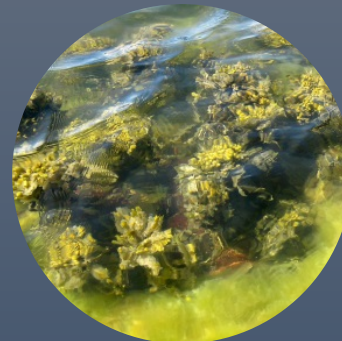
## VEDEN MÄÄRÄ

- Vedenkorkeuden vuodenaikaisvaihtelun rytmi muuttuu
- Talven virtaamat kasvavat
- Kevättulvat pienenevät suurimmassa osassa maata
- Vuoden alimmat vedenkorkeudet pääosin laskevat



## VEDENLAATU

- Veden lämpötila nousee
- Ravinteiden huuhtoutuminen lisääntyy talvella ja syksyllä
- Kesällä alusveden happipitoisuus alenee järvissä ja rannikkovesissä
- Talvella happipitoisuus voi parantua



## BIOLOGIA

- Perustuotanto saattaa kasvaa
- Rehevöityminen lisääntyy paikoin
- Leväkukinnot voivat runsastua
- Lämpimän veden lajit hyötyvät
- Kylmän veden lajit kärsivät



## POHJAVEDET

- Pohjavedenpinnan vaihtelun vuodenaikaisrytmi muuttuu
- Korkeus laskee kesällä ja alkusyksyllä
- Korkeus nousee talvella

*Vaikutusten voimakkuus vaihtelee maantieteellisesti ja erityyppisissä vesistöissä!*

# Kiitos ja lisää tietoa



Jari Koskiahho/SYKE

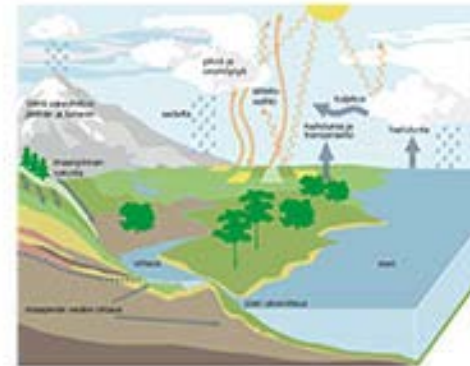


Noora Veijalainen/SYKE

## Hydrologian perusteet

Matti Leppäranta<sup>1</sup>, Juhani Virta<sup>2</sup> ja Timo Huttula<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Helsingin yliopisto, Fysiikan laitos, Helsinki  
<sup>2</sup>Suomen ympäristökeskus (SYKE), Jyväskylä



Helsingin yliopisto, Fysiikan laitos

Helsinki 2017

