



ILMATIETEEN LAITOS
METEOROLOGISKA INSTITUTET
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

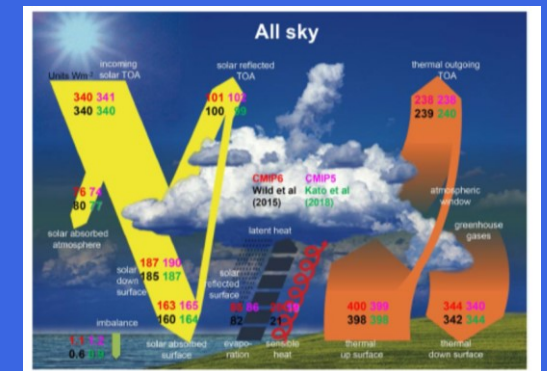
Rakennetun ympäristön RASMI- sääaineistoissa nyt mukana myös ilmakehstä alaspäin suuntautuvan pitkäaaltosäteilyn tuntiarvot

Kirsti Jylhä

Ilmatieteen laitos
Sään ja ilmastonmuutoksen vaikutustutkimus



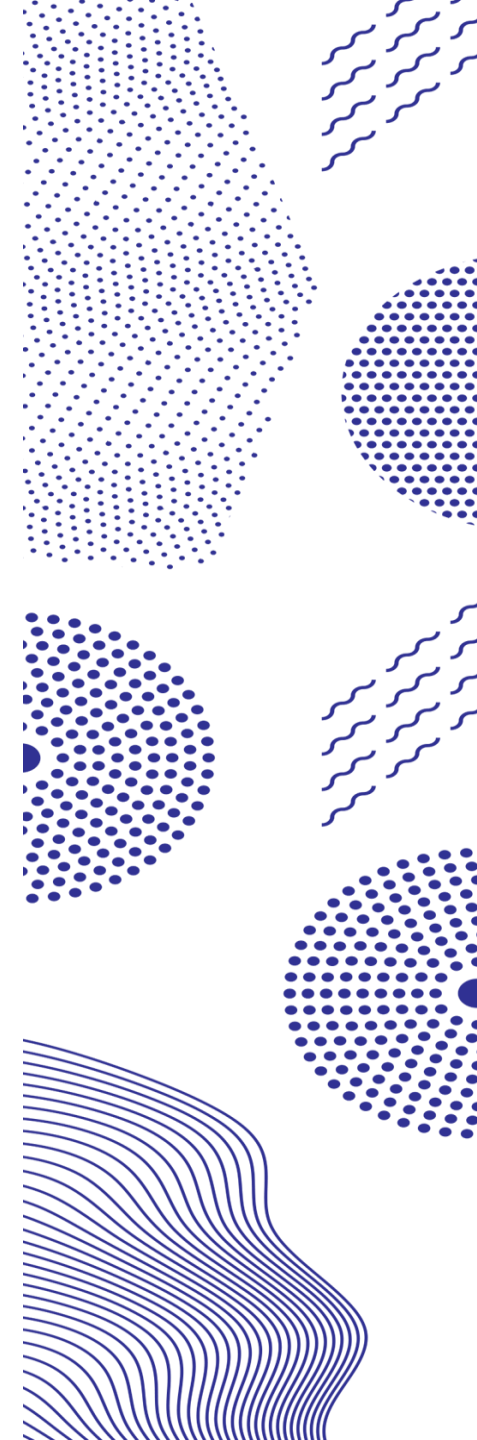
Rakentamisen mitoitussäät (RAMI)
Loppuseminaari
31.5.2022



Esityksen aiheet

- Ilmaston muuttuminen, hillintä ja sopeutuminen
- Lyhyt kuvaus RASMI-hankkeen* sääaineistoista
- Ilmakehästä alaspäin suuntautuvan pitkäaaltosäteilyn eli ns. ilmakehän vastasäteilyn tuntiarvot
- Yhteenvedona esityksen pääviestit

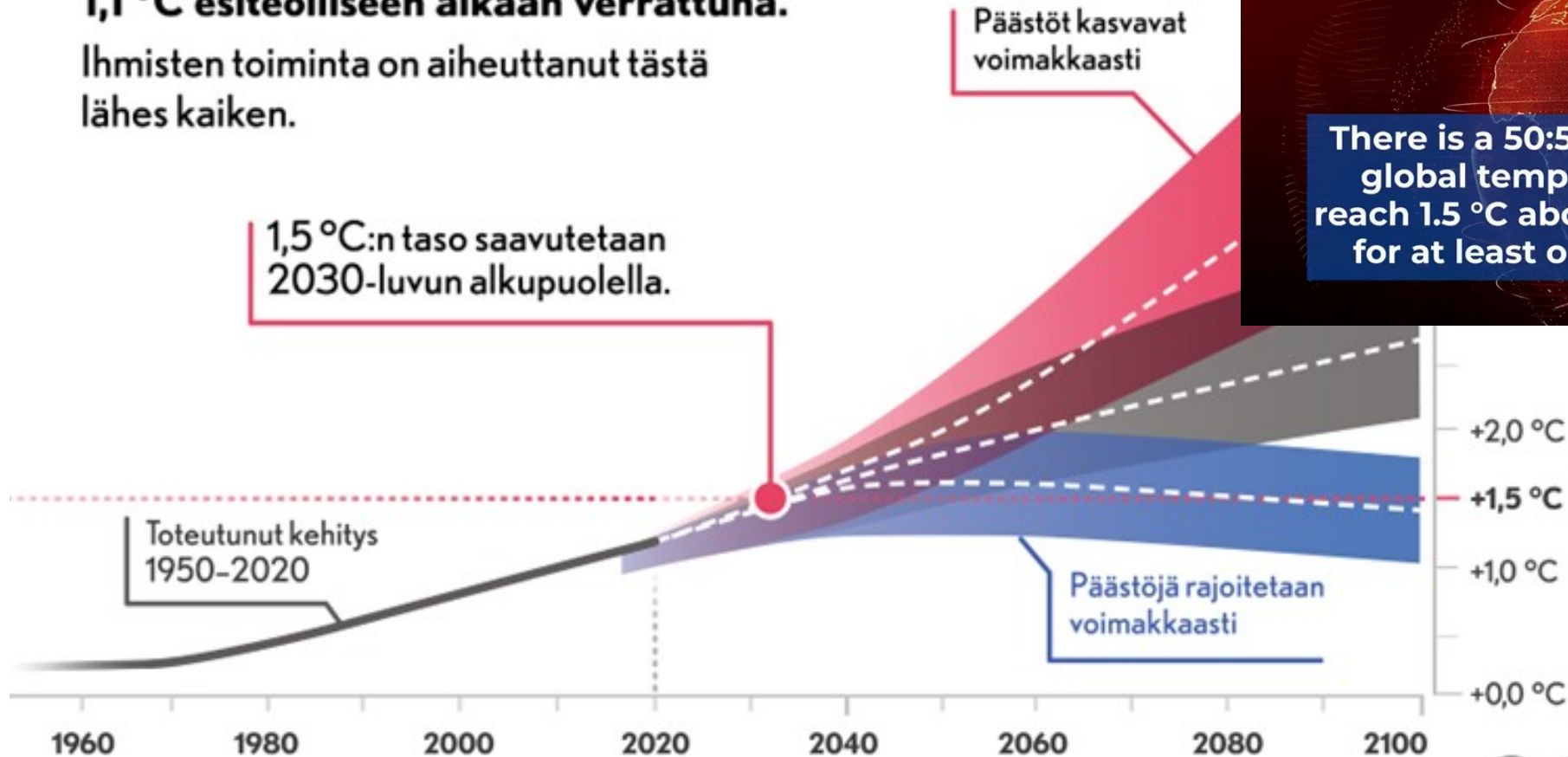
*Rakennetun ympäristön säätiedot muuttuvassa ilmastossa (RASMI)



Ilmasto ja sen muuttuminen syytä ottaa huomioon

Maapallon keskilämpötila on noussut 1,1 °C esiteolliseen aikaan verrattuna.

Ihmisten toiminta on aiheuttanut tästä lähes kaiken.

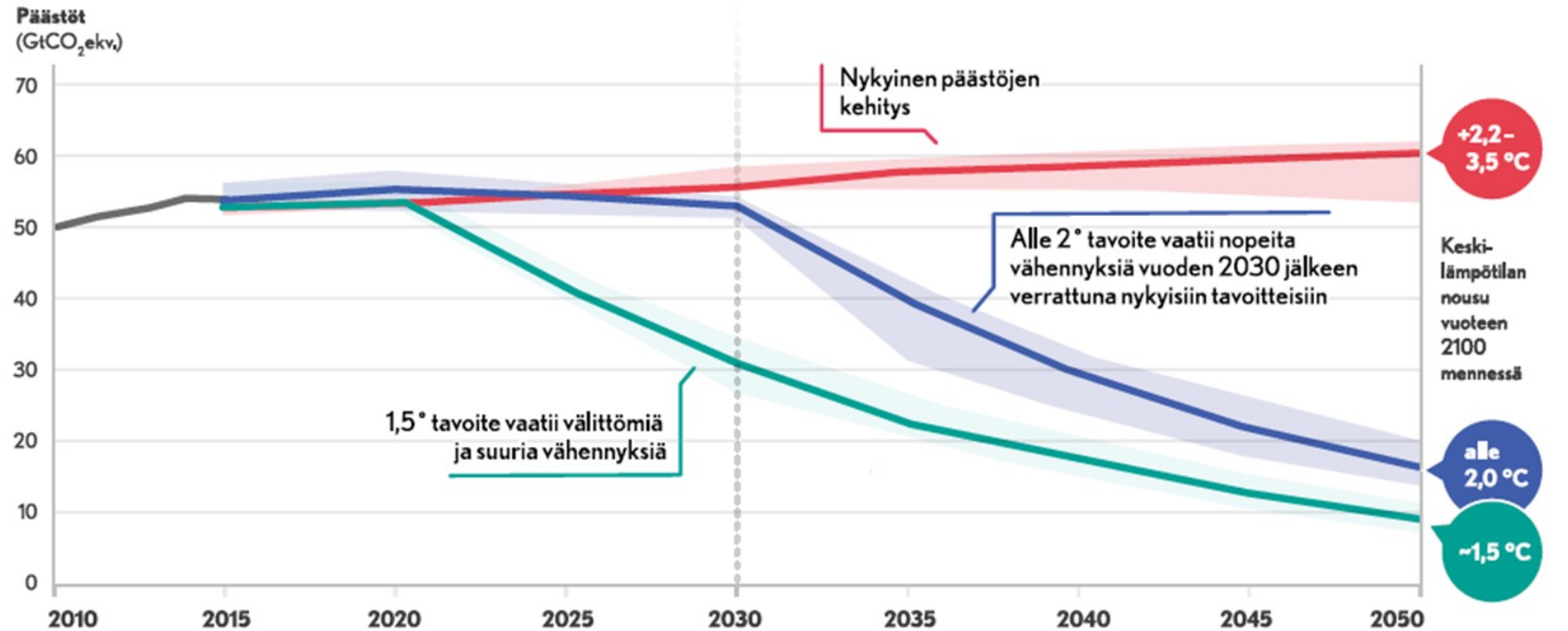


Pohjautuu IPCC:n 6. arviointiraportin tuloksiin, 1. osaraportti. © Ilmatieteen laitos ja ympäristöministeriö, 2021. Ilmasto-opas.fi.



Nykyiset päästövähennystoimet eivät riitä 1,5 asteen tavoitteen saavuttamiseen.

Valtioiden päästövähennyssitoumukset eivät ole riittäviä: vuoden 2030 jälkeen vaaditaan päästövähennystahdin kiristämistä, jotta ilmaston lämpeneminen on mahdollista rajata 2 asteeseen

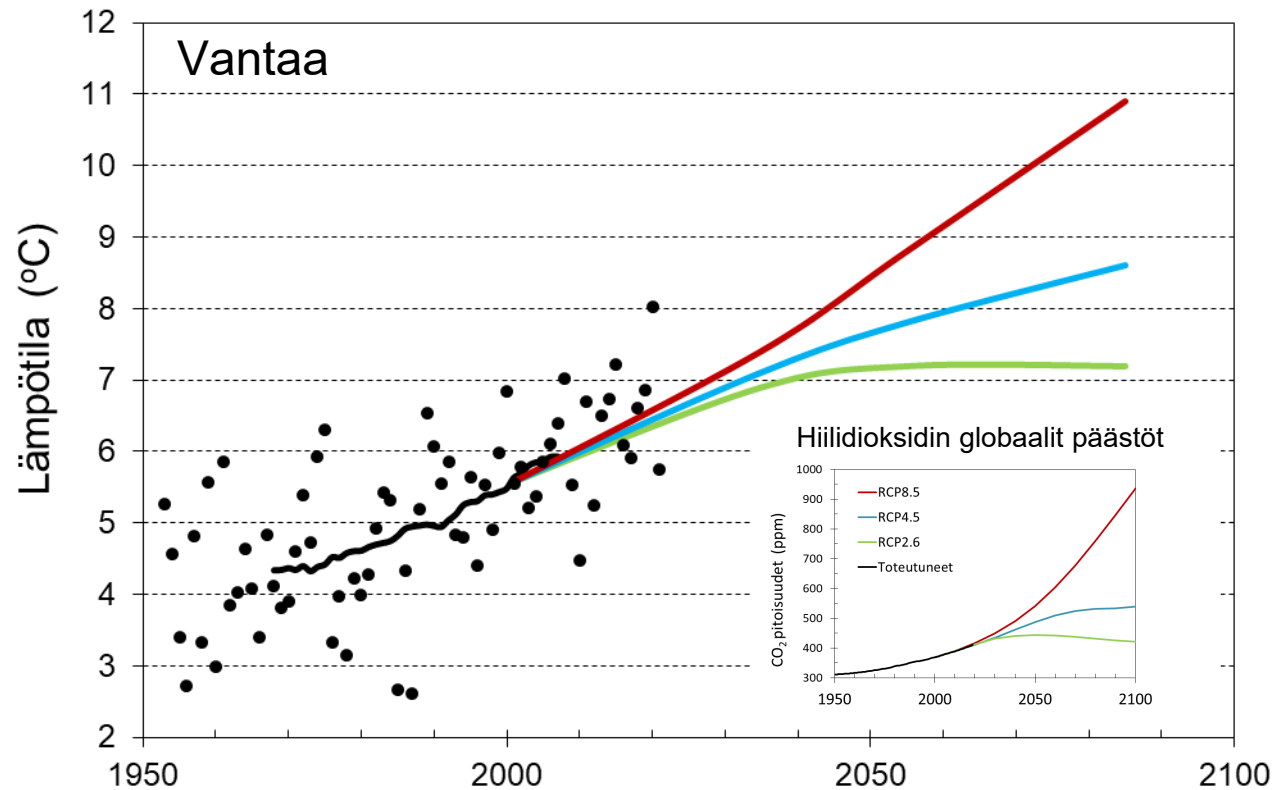


Pohjautuu IPCC:n 6. arviointiraportin tuloksiin, 3. osaraportti. © Ympäristöministeriö ja VTT, 2022 Ilmasto-opas.fi



Ilmastonmuutoksen hillinnän lisäksi tarvitaan siihen varautumista ja sopeutumista – myös rakennusten suunnittelussa, toteutuksessa ja ylläpidossa

Suomessa lämpötila kohoaa ja sateet runsastuvat



Pisteet: mittauksiin perustuvat vuoden keskilämpötilat
Käyrät: 30 vuoden liukuvat keskiarvot

- **Lämpötila nousee** kaikkina vuodenaikoina, **talvella** kuitenkin **enemmän** kuin kesällä.
- Vuotuiset **sademäärät kasvavat**, mutta edelleen suurta vaihtelua vuodesta toiseen.
- **Auringonpaiste** – kesällä lisää, mutta pimeämmät syksyt ja talvet.
- **Suhteellinen kosteus** – kasvaa hieman talvella.
- **Tuulet** – vuosien ja vuosikymmenten välillä suuria vaihteluita.
 - syksyn myrskyt puhaltavat tulevaisuudessa entistäkin useammin lännen ja lounaan suunnalta.
 - tuulituoja tulee, kun roudaton aika pitenee.

Lyhyt kuvaus RASMI-hankkeen sääaineistoista

Kiitokset:




Kimmo Ruosteenoja, Herman Böök, Anders Lindfors,
Pentti Pirinen, Mikko Laapas, Antti Mäkelä

Ilmatieteen laitos

<https://www.ilmatieteenlaitos.fi/rakennusten-energiälaskennan-testivuosi>

Raportti ja muuta materiaalia:

TRY2020:

- [Nykyisen ja tulevan ilmaston säätietoja rakennusfysikaalisia laskelmia ja energialaskennan testivuotta 2020 varten](#) 
- [Huomioita testivuosien käytöstä](#)  -ohje
- [Rakennusfysikaaliset tarkastelut](#)  -ohje

Loppuseminaarin 5.11.2020 materiaalia

- [Työn ja tulosten esittely](#)  (.pdf)
- [Ympäristöministeriön "Miten tästä eteenpäin?" -esitys](#)  (.pdf)

NYKYISEN JA TULEVAN ILMASTON SÄÄTIETOJA RAKENNUSFYSIKAALISIA LASKELMIA JA ENERGIALASKENNAN TESTIVUOTTA 2020 VARTEN

KIRSTI JYLHÄ
KIMMO RUOSTEENOJA
HERMAN BÖÖK
ANDERS LINDFORS
PENTTI PIRINEN
MIKKO LAAPAS
ANTTI MÄKELÄ

Nykyisen ilmaston säätiedot (1/2)

Rakennusten energialaskennan ja lämmitystehon laskennan säävyöhykkeet sekä niitä edustavat säähavaintoasemat:

- Vyöhyke IV: Sodankylä
- Vyöhyke III: Jyväskylä
- Vyöhyke II: Jokioinen
- Vyöhyke I: Vantaa

Nykyistä ilmasto
kuvaava jakso:
vuodet 1989-2018



**Nykyisen ilmaston
30-vuotiset
säätiedot**



IV



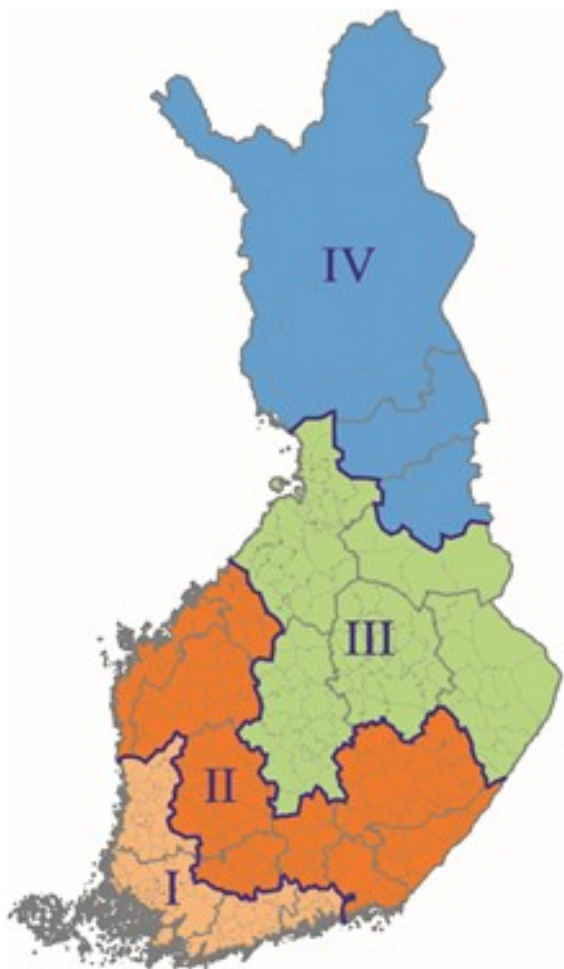
III



II



I



Rakennusten energialaskennan ja lämmitystehon laskennan säävyöhykkeet (Jylhä ym. 2011; YMa 1010/2017, liite 1)



ILMATIETEEN LAITOS
METEOROLOGISKA INSTITUTET
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

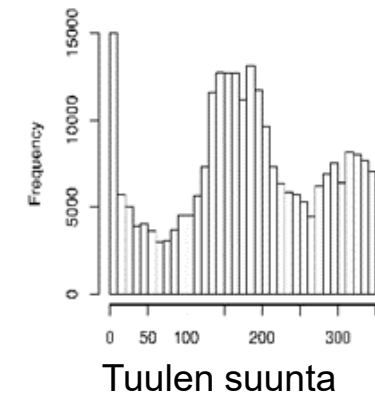
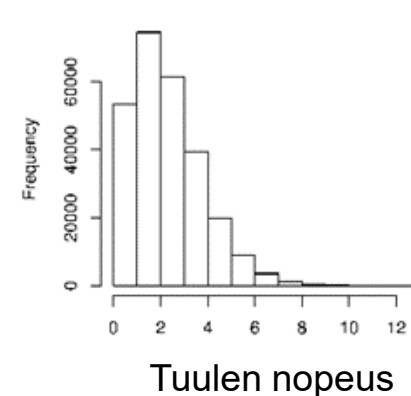
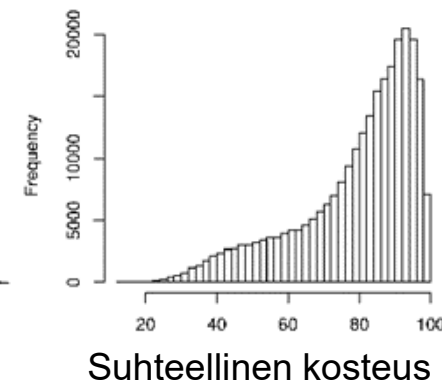
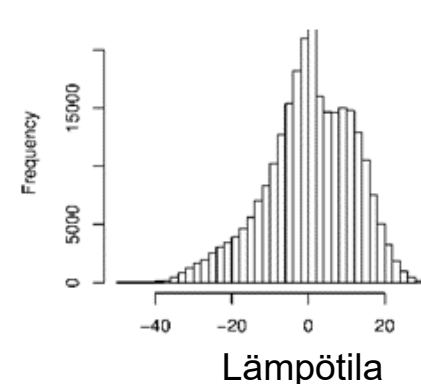
Nykyisen ilmaston säätiedot (2/2)

Jakson 1989–2018 säähavainnoista Vantaalla, Jokioisissa, Jyväskylässä ja Sodankylässä muodostettiin 30-vuotiset tunnittaiset aikasarjat seuraaville suureille:

- lämpötila (TEMP, °C)
- suhteellinen kosteus (RH, %)
- tuulen nopeus (WS, m/s)
- tuulen suunta (WDIR, 1...360 astetta; 0 astetta tarkoittaa tyyntä)
- auringon kokonaissäteily (GHI, W/m²)
- auringon hajasäteily vaakapinnalle (DHI, W/m²)
- suora säteily sädettä vastaan kohtisuoralle pinnalle (DNI, W/m²)
- sademäärä (PRECIP, mm/h).

Kullekin suurelle 262 968 arvoa per sääasema

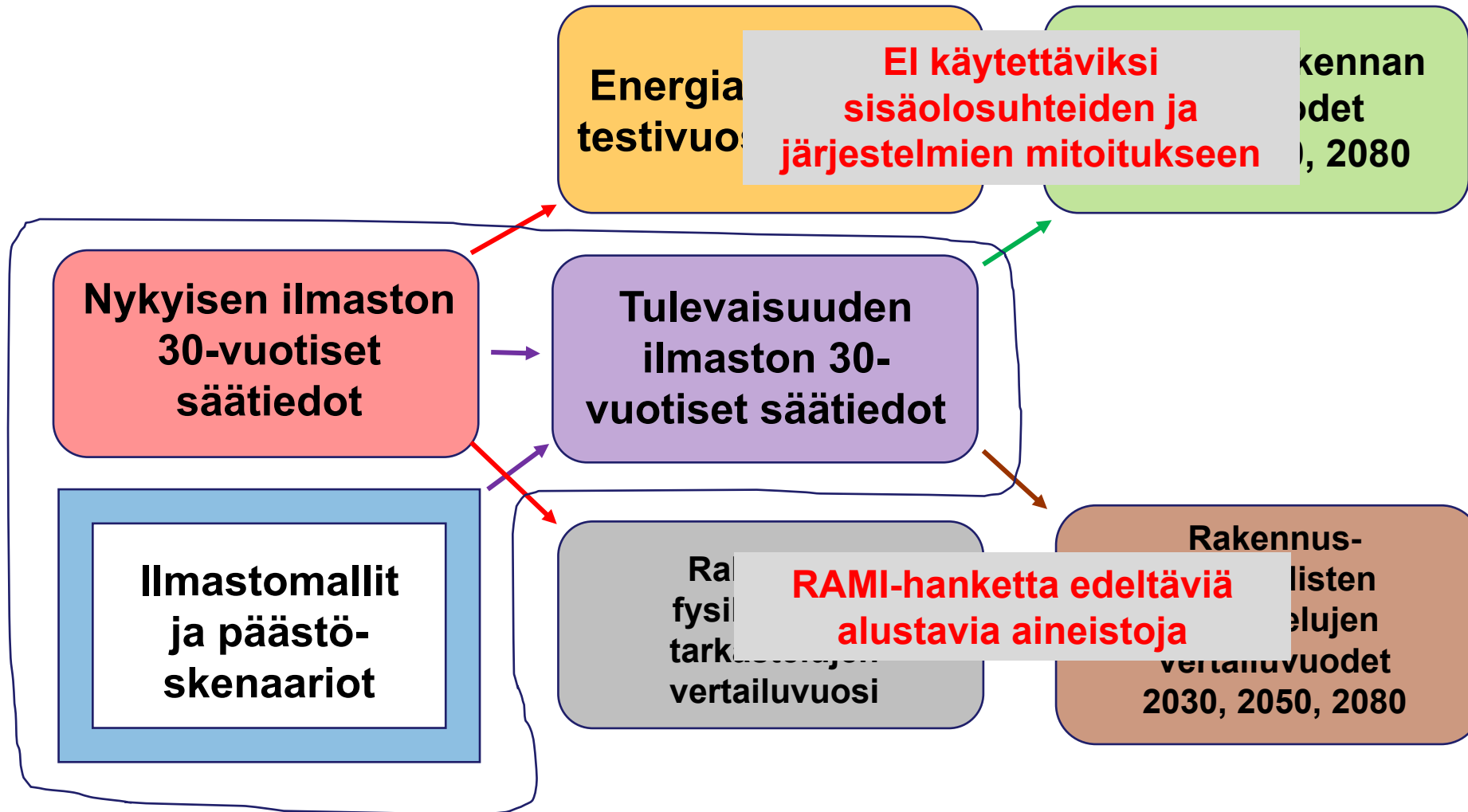
Sodankylä



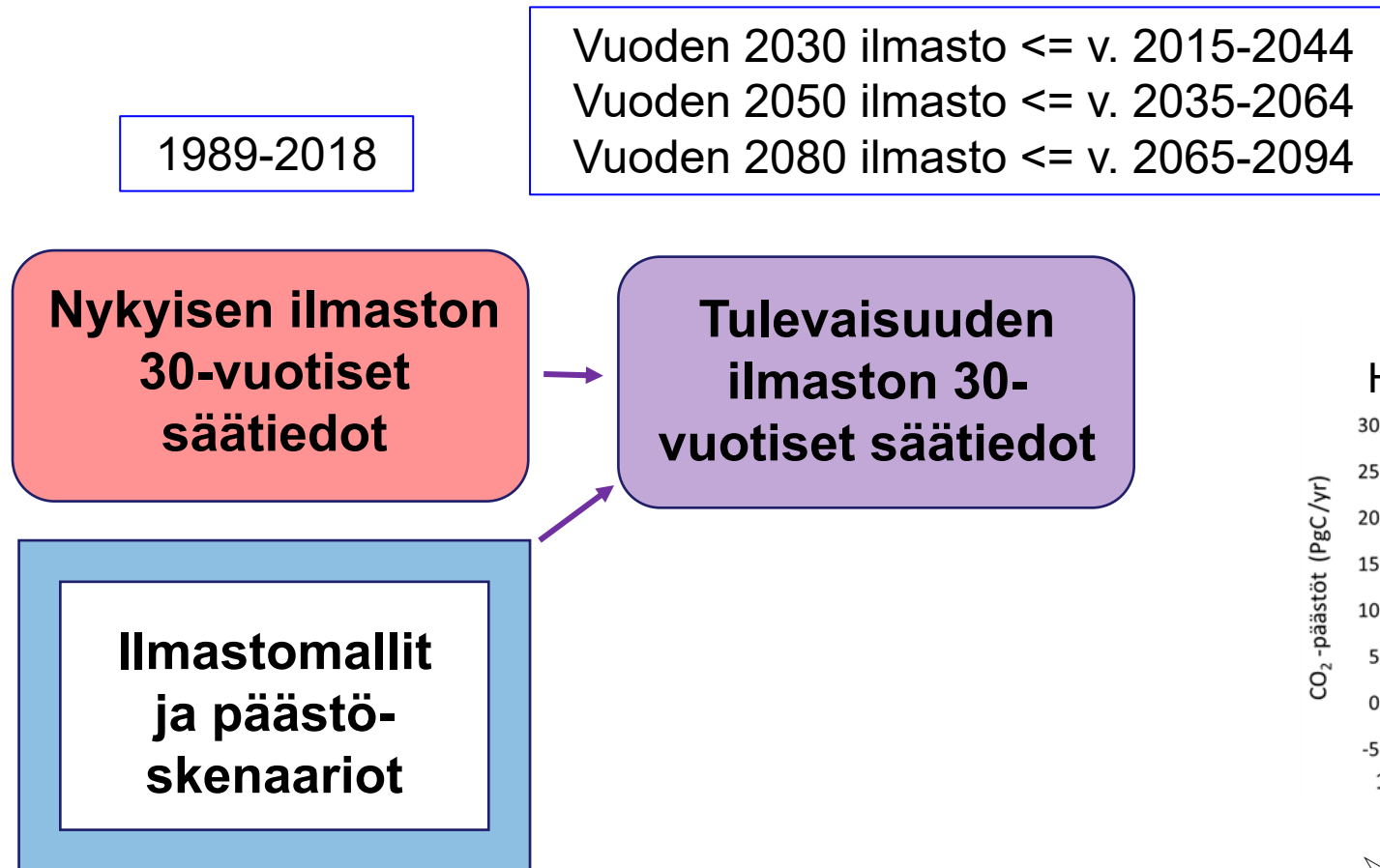
Tunnittaisten arvojen
frekvenssijakaumia v. 1989–2018



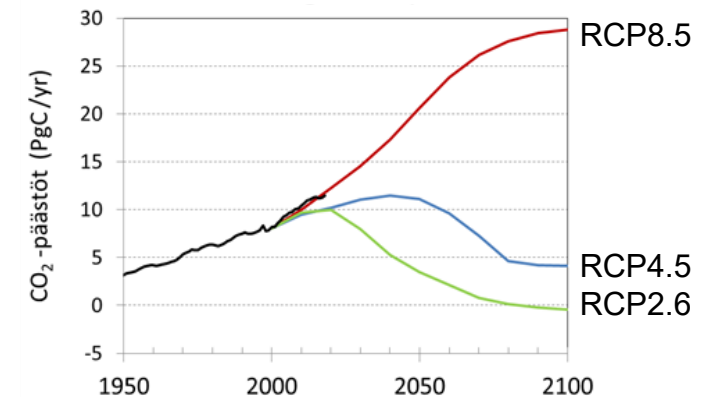
Kaaviokuva rakennetun ympäristön säätietojen laadinnasta RASMI-hankkeessa



Tulevaisuuden ilmaston säätiedot (1/2)



Hiilidioksidin globaalit päästöt

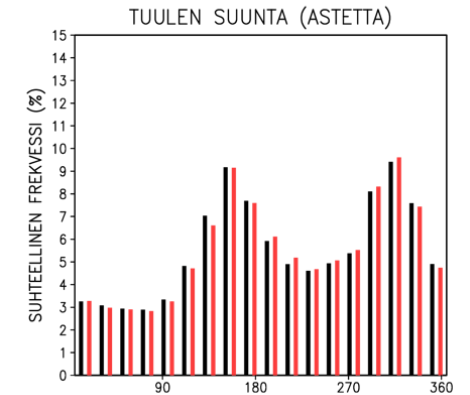
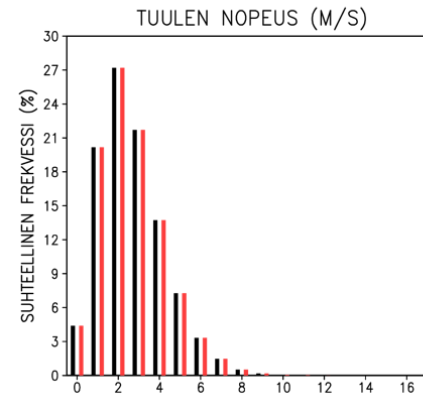
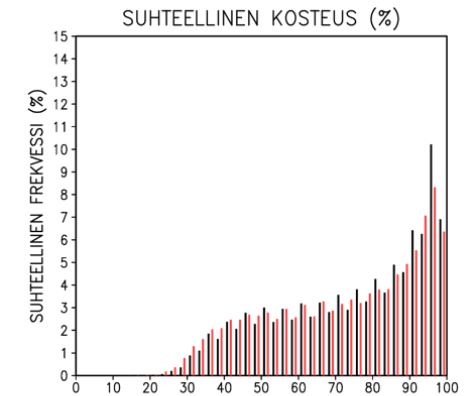
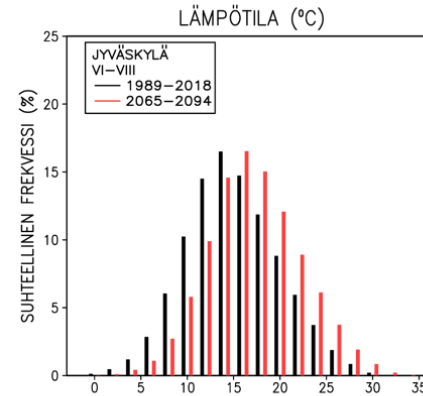


- Varsinkin vuosisadan lopulla RCP8.5-skenaario tuottaa suurempia ja RCP2.6 pienempiä muutoksia kuin RCP4.5.

Tulevaisuuden ilmaston säätiedot (2/2)

Tulevaisuutta kuvaavien säätietojen tulkinnessa on oltava tarkkana!

- ✓ Samojen sääsuureiden aikasarjoja kuin jaksolle 1989-2018
- ✓ Eivät ennusteita juuri kyseisille päiville ja ajanhetkille
- ✓ Tarjoavat vuosille **2030, 2050 ja 2080** kullekin 30 erilaista vuoden pituista sääaikasarjaa, joiden erot havainnollistavat **sääolojen luontaista vaihtelua** vuodesta toiseen.
- ✓ Muistettava riippuvuus kasvihuonekaasujen **päästöjen** tulevasta kehityksestä.



Frekvenssijakaumat Jyväskylässä kesä-elokuussa:

Mustat pylväät: perusjakson 1989–2018 havainnot

Punaiset pylväät: arvio vuoden 2080 tienoilla vallitsevassa RCP4.5-skenaarion mukaisessa ilmastossa.

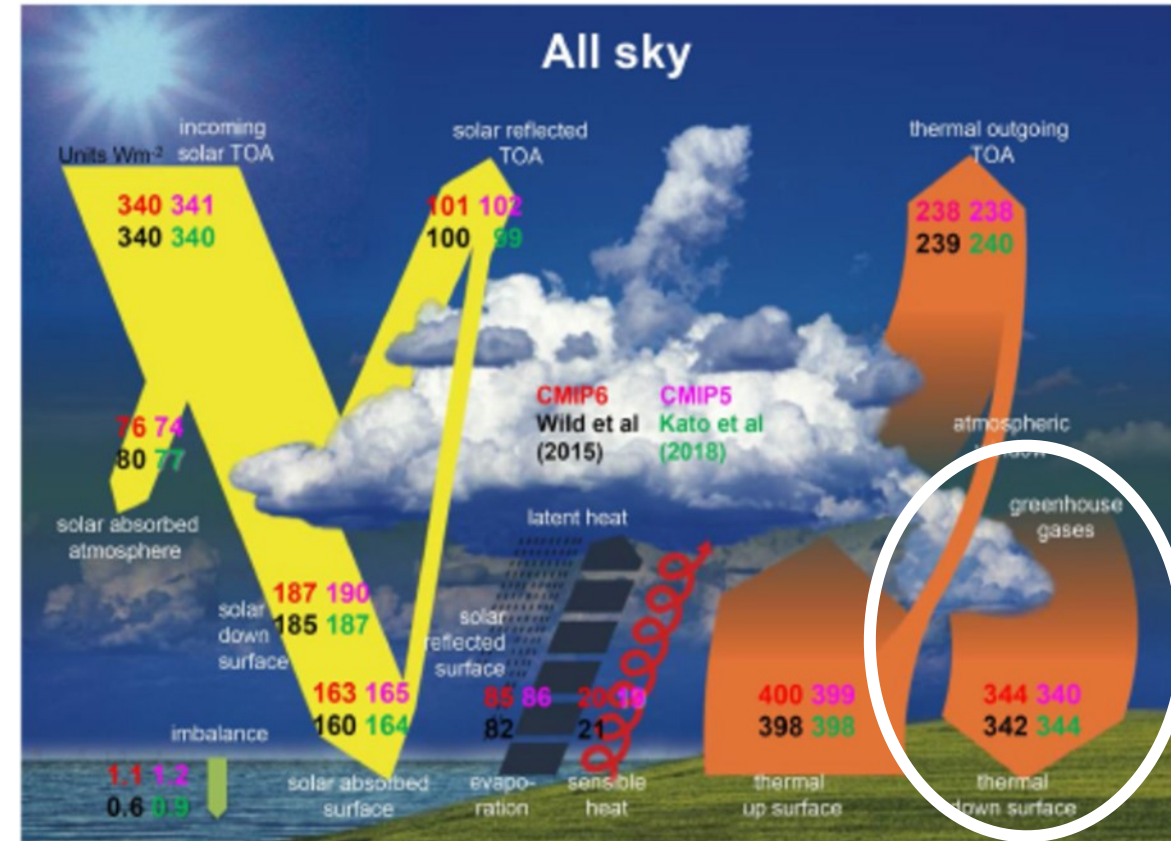
Ilmakehästä alaspäin suuntautuvan pitkäaaltosäteilyn tuntiarvot

Kiitokset:

Anssi Laukkarinen², Anders Lindfors¹, Kimmo Ruosteenoja¹ ja Antti Mäkelä¹

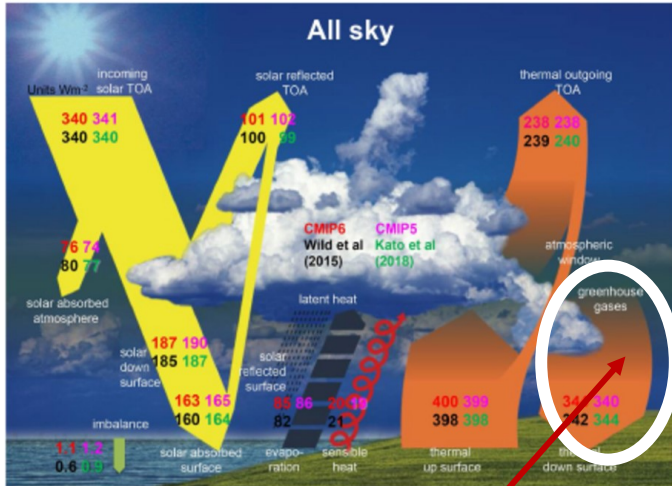
¹ Ilmatieteen laitos

² Tampereen yliopisto



- Lyhytaaltainen auringonsäteily
- Pitkäaaltainen lämpösäteily

Ilmakehästä alaspäin suuntautuva pitkäaaltosäteily



Ilmakehän vastasäteily: ■

- pilvettömässä säässä 80 % maanpinnalle tulevasta pitkäaaltosäteilystä lähtöisin ilmakehän alimmasta 500 m kerroksesta
- riippuu voimakkaasti lämpötilasta, kosteudesta ja pilvisyydestä
- maapallolla keskimäärin: noin 330 W/m²
- pitkäaaltosäteilyä ympäri vuorokauden

Ilmakehän kasvihuonekaasujen* pitoisuudet kasvavat

Kasvihuoneilmiö voimistuu

Pitkäaaltoisen lämpösäteilyn karkaaminen avaruuteen vähenee

Pitkäaaltoinen lämpösäteily kohti maanpintaa eli ilmakehän vastasäteily lisääntyy

Maapallon ilmasto lämpenee

Pinnan säteilyjäähdyminen vähenee

Muutosten suuruus riippuu alueesta ja vuodenajasta

- Lyhytaaltoinen auringonsäteily
- Pitkäaaltoinen lämpösäteily

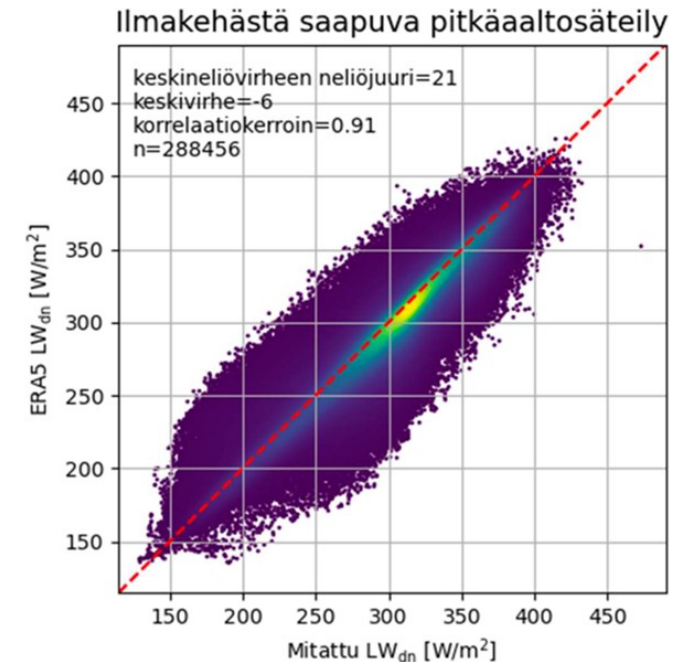
*Ilmakehän kasvihuonekaasuja: vesihöyry, hiilidioksidi, metaani, typpioksiduuli, otsoni, jne.

Pitkäaaltosäteilyn tuntiarvot nykyisessä ilmastossa

- Ilmakehästä alaspäin suuntautuvan pitkäaaltosäteilyn tuntiarvot Vantaalle, Jokioisille, Jyväskylälle ja Sodankylälle puuttuivat aiemmin laaditusta RASMI-aineistoista.
- Lämpösäteilyn suorat mittaukset eivät kattaneet läheskään koko 30 vuoden tarkastelujaksoa 1989–2018.
- Selvityksiä ja vertailuja => pitkäaaltosäteilyn tuntidatojen lähteenä jaksolle 1989–2018 voitiin käyttää ns. **ERA5-uusanalyysiaineistoa**.

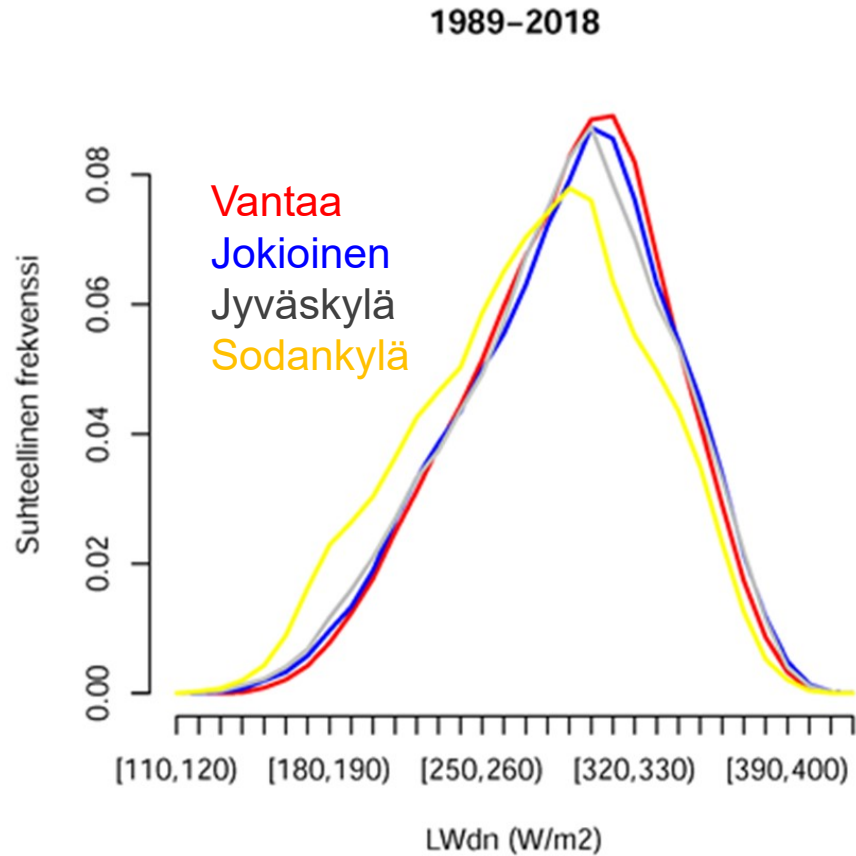
- paras olemassa olevaa 3-D tietoa ilmakehän tilasta menneessä ajassa tunnin aika-askelein
- yhdistää ilmakehämallin alueellisesti kattavat tulokset ja saatavilla olevat ilmakehän mittaushavainnot

ERA5-uusanalyysit vs. mittaukset

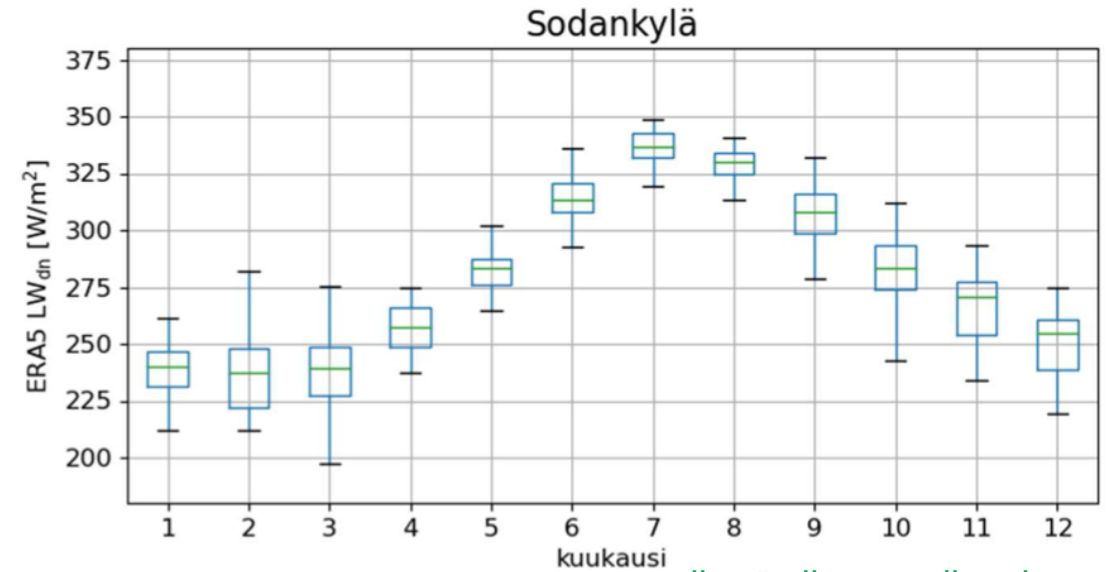


***ERA5-uusanalyysin** tulokset muodostivat yhtenäisen, realistisen ja käyttökelpoisen aikasarjan tuntikohtaisesta ilmakehästä saapuvasta pitkäaaltosäteilystä.*

Vähiten pitkäaaltosäteilyä pohjoisessa kevättalvella

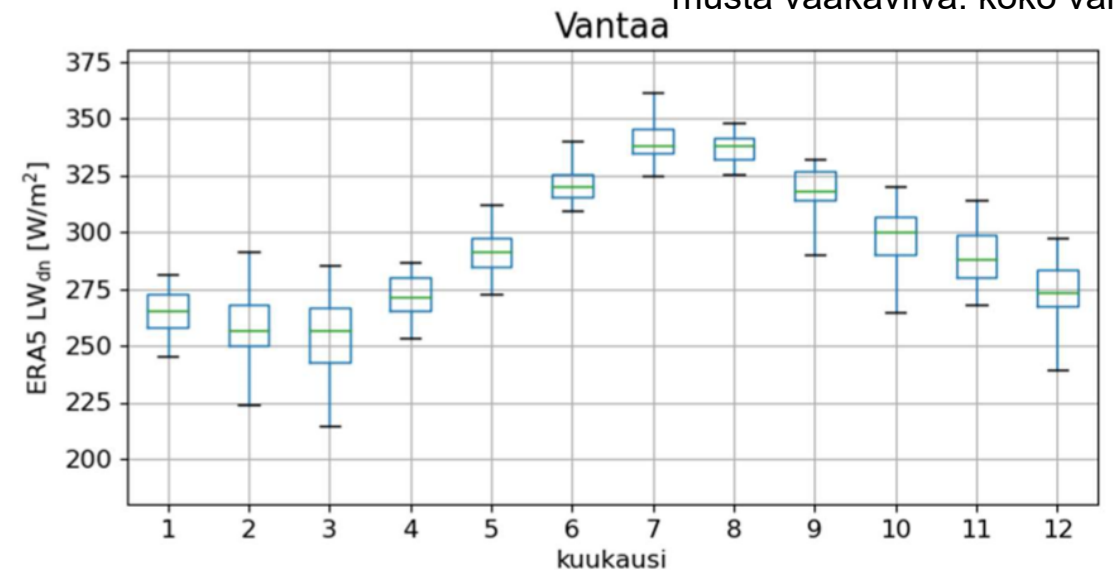


Tuntiarvojen suhteelliset
frekvenssijakaumat ERA5-
uusanalyysien perusteella



Kuukausikeskiarvot

vihreä viiva: mediaani
sininen laatikko: kvartiiliväli
musta vaakaviiva: koko vaihteluväli



Pitkääaltosäteilyn tuntiarvot tulevaisuudessa

- Perustuvat tunnittaiseen RASMI-skenaariodataan ja koneoppimisalgoritmin hyödyntämiseen.
- Kolme eri päästöskenaarioita: RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5
- Vuosia 2030, 2050 ja 2080 ympäröivät 30-vuotisjaksot.

Vertailuissa:

- Uusanalyysit ja RASMI-nykydata
- 6 koneoppimismenetelmää
- Lisäksi Wallenténin (2010) esittämä malli, jota käytettiin RAMI-hankkeessa tehdyissä rakennusfysiikan simuloinneissa.

Koneoppimismenetelmien vertailu ja parhaaksi osoittautuneen valinta

Tulevaisuuden ilmaston 30-vuotiset säätiedot



Tulevaisuuden ilmasto: pitkääaltosäteilyn **tuntiarvot** koneoppimismenetelmän avulla

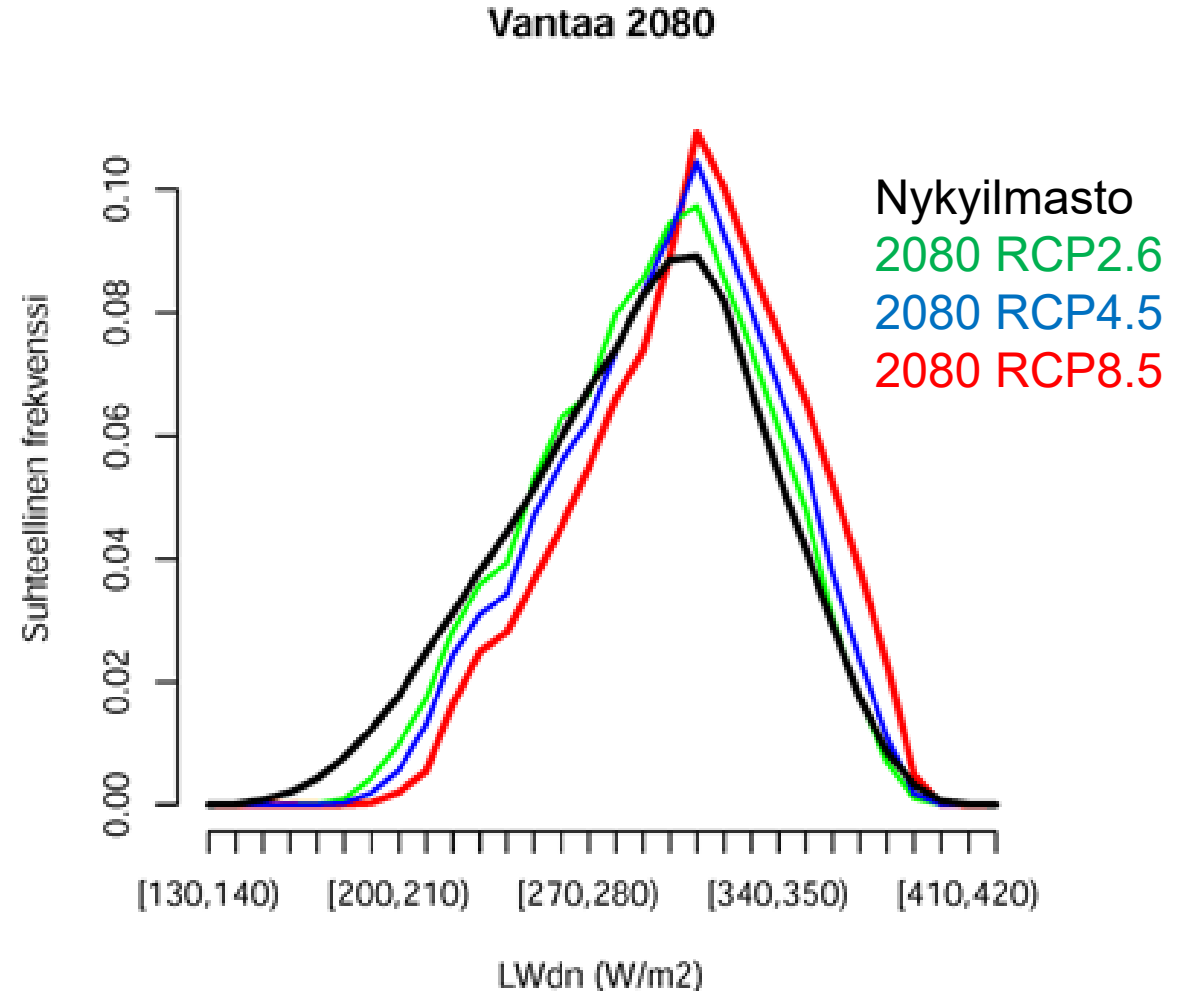
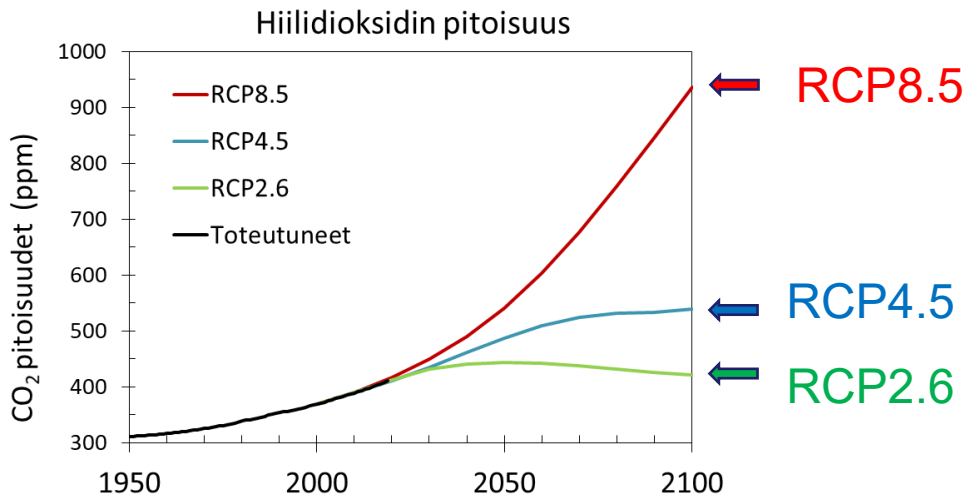


Ilmastonmuutoksen vaikutukset kalenterikuukausittain

- keskimääräiset arvot
- epätavallisen pienet arvot (10. prosenttipiste)

Ilmaston muuttuessa pitkäaaltosäteilyn jakauma siirtyy kohti suurempia arvoja

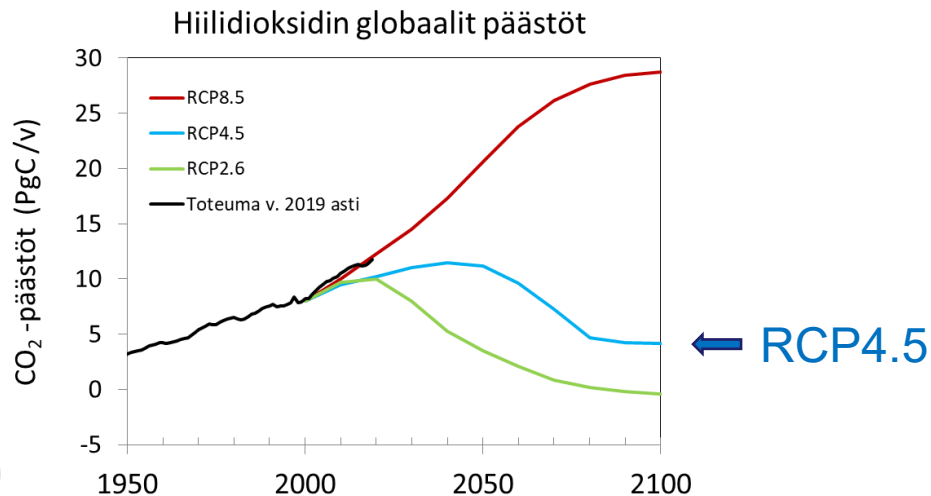
Tuntiarvojen frekvenssijakaumat Vantaalla nykyilmastossa (jakso 1989-2018) ja vuoden 2080 ilmastossa (jakso 2065-2094) kolmen eri kasvihuonekaasuskenaarion tapauksessa.



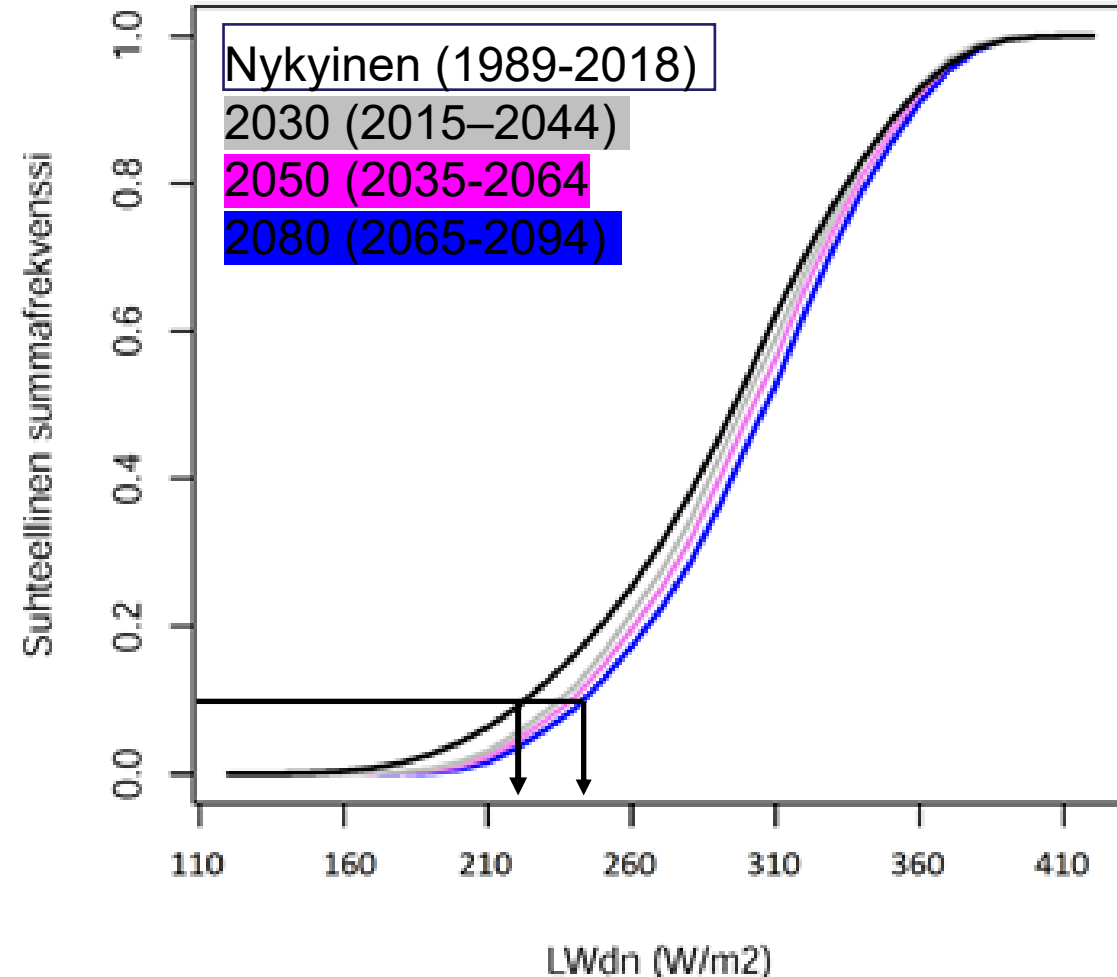
Ilmastonmuutoksen vaikutukset painottuvat säteilyn pienimpiin arvoihin – muutokset kasvavat vuosisadan edetessä

Tuntiarvojen kumulatiiviset todennäköisyysjakaumat Jyväskylässä RCP4.5-skenaarion tapauksessa.

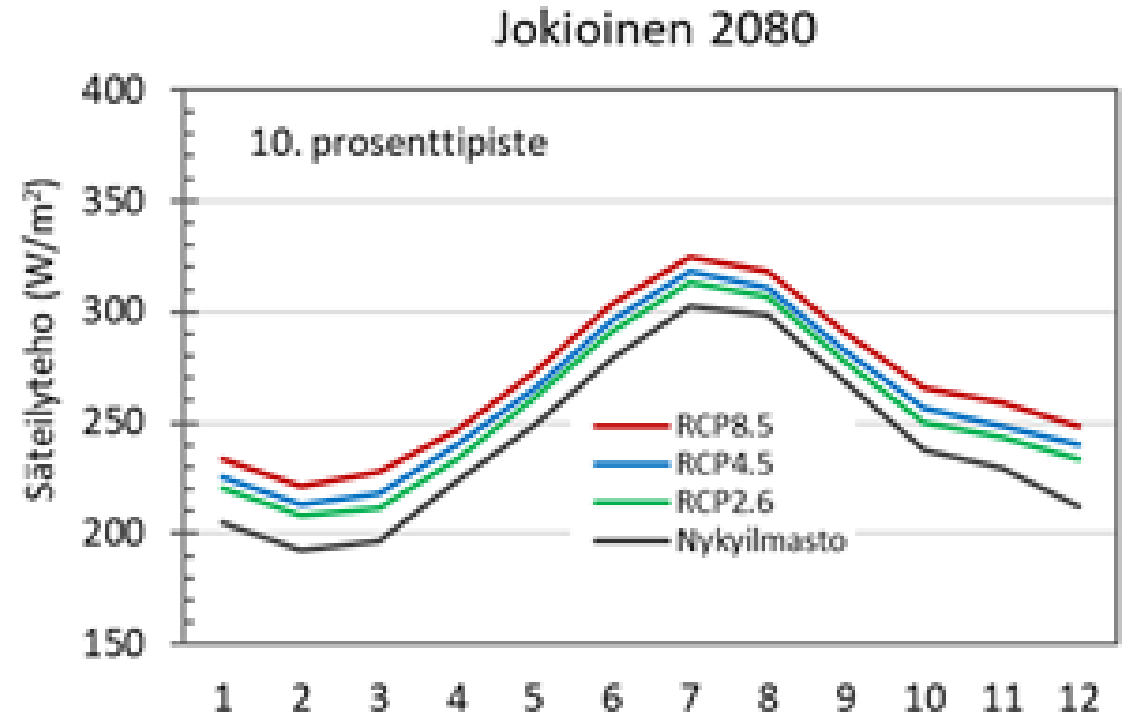
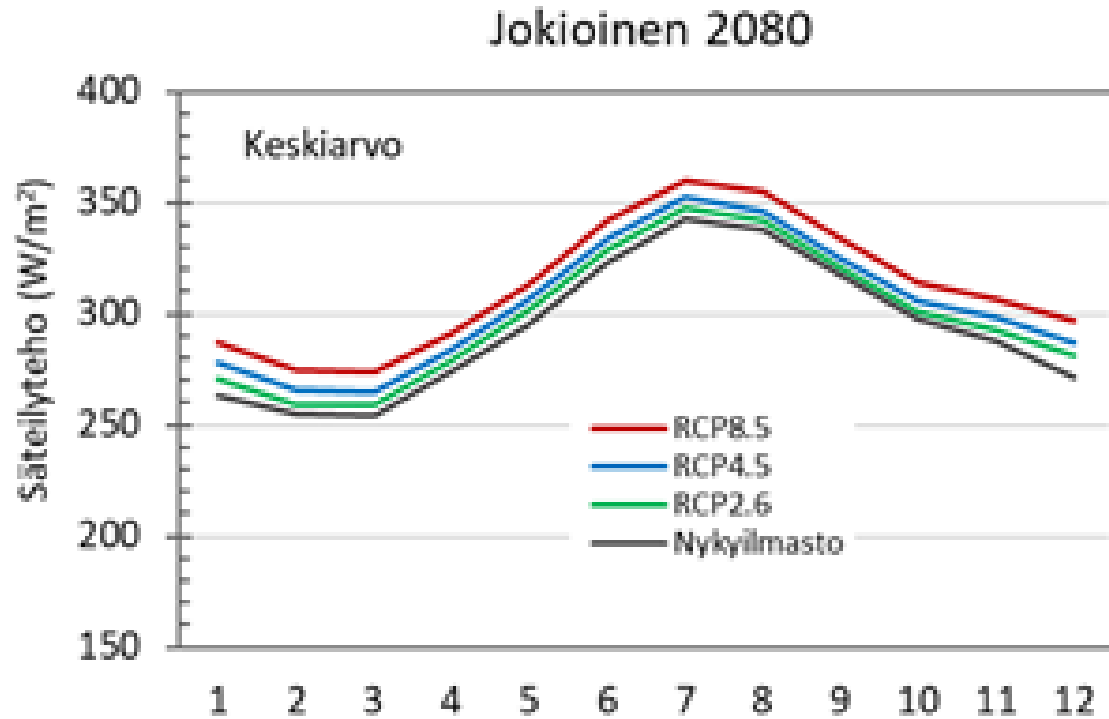
- 10. prosenttipiste kasvaa 20 W/m^2 (9 %)
- 1. prosenttipiste kasvaa 31 W/m^2 (18 %)



Jyväskylä RCP4.5



Pitkääaltosäteily on talvella heikompaa kuin kesällä, mutta tulevaisuuden muutokset silloin isompia



Tuntiarvojen keskiarvot (vasen) ja 10. prosenttipisteet (oikea)

Ennustettu kasvu on voimakkaampaa epätavallisen vähäiselle pitkäaaltosäteilylle kuin keskimääräiselle

Tuntiarvojen voimistuminen prosentteina:

Yhtenäiset käyrät: keskiarvot

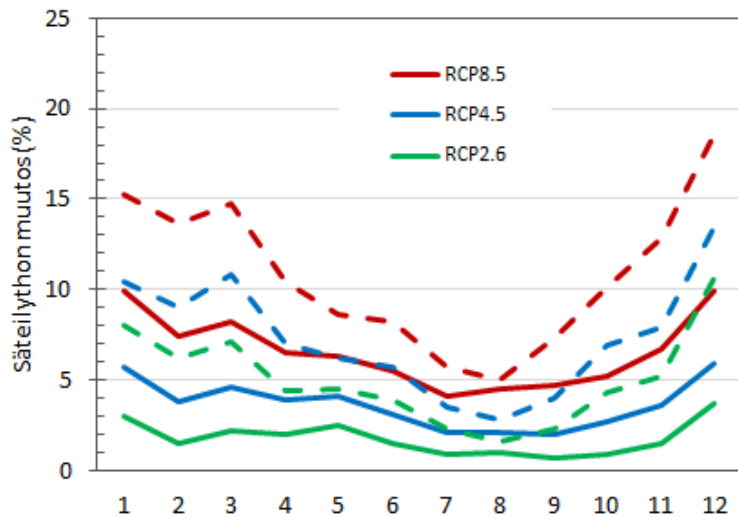
Katkoviivat: 10. prosenttipisteet

Vähäisen pitkäaaltosäteilyn tapaukset harvinaistuvat etenkin pohjoisessa:

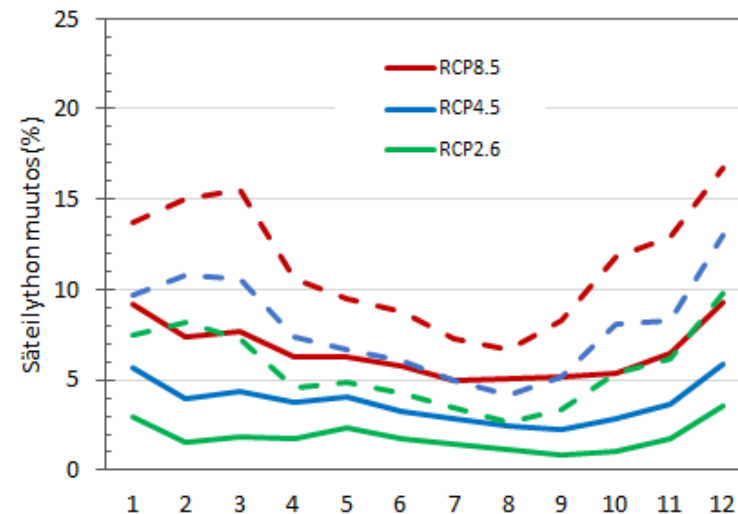
10. persenttiin kasvu talvikuukausina Sodankylässä noin 16 %

v. 2080 mennessä (RCP4.5)

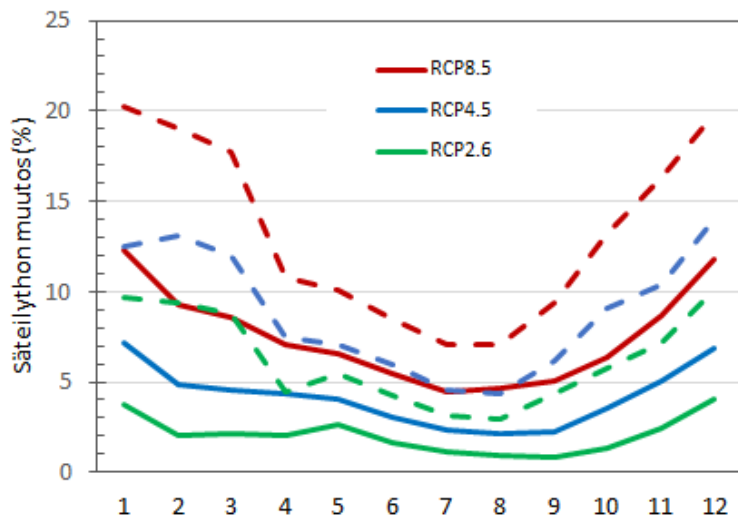
Vantaa 2080



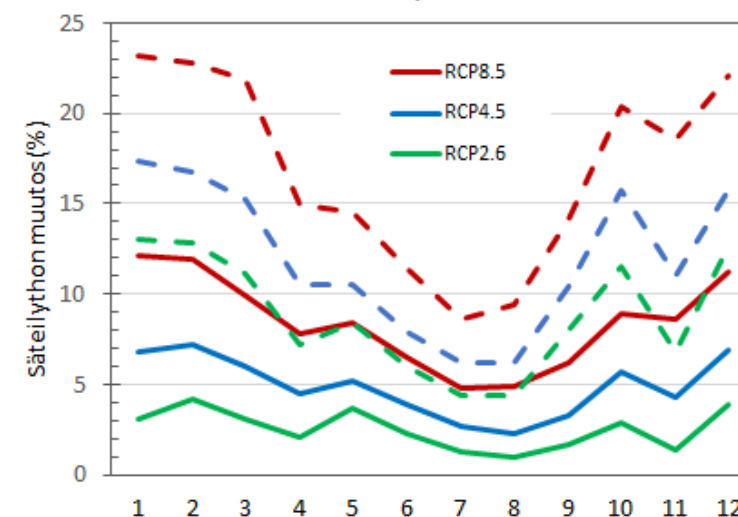
Jokioinen 2080



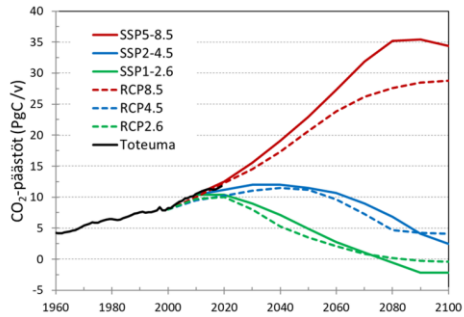
Jyväskylä 2080



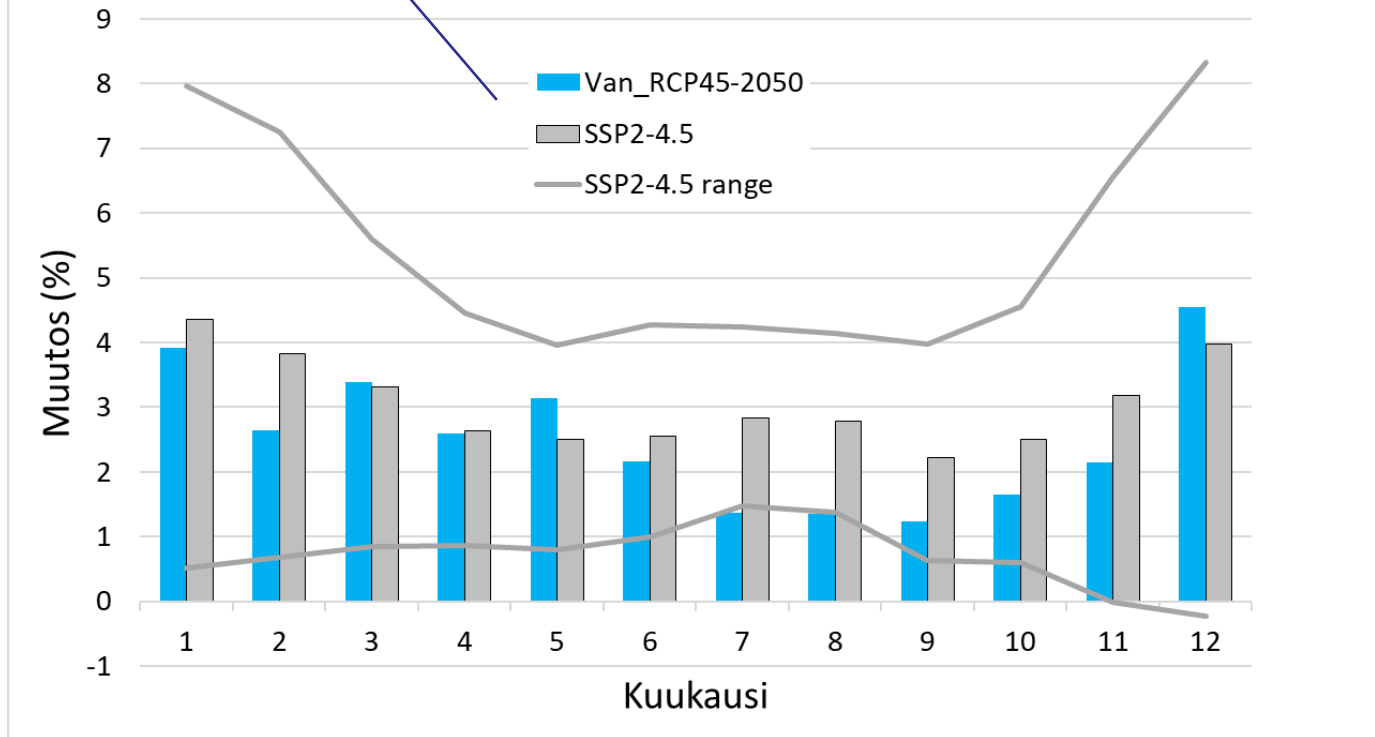
Sodankylä 2080



Keskimääräinen pitkäaaltosäteily tulevaisuudessa: muutosarvioiden vertailua



Saapuva pitkäaaltosäteily: Vantaa
1989-2018 => 2035-2064



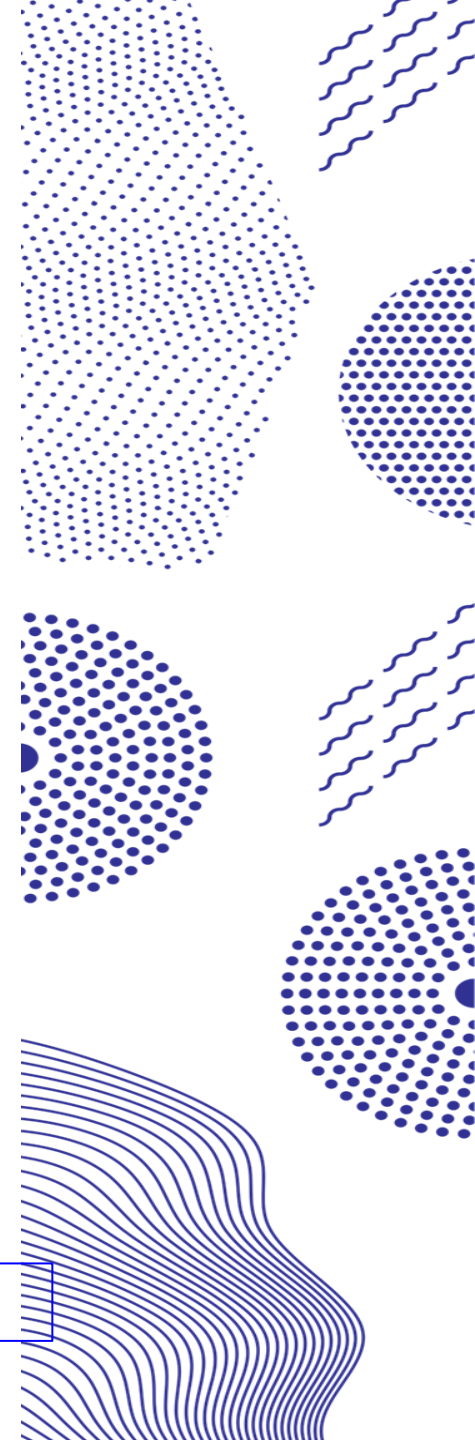
- RASMI-dataan ja koneoppimismenetelmään perustuvat muutosarviot
- uusimpien ilmastomallien (CMIP6) tulokset kuukausikeskiarvojen muutoksille
- } 90 %:n epävarmuusväli

Kaiken kaikkiaan koneoppimismenetelmään perustuvat arviot ja suoraan CMIP6-malleista lasketut pitkäaaltosäteilyn muutokset vastasivat varsin hyvin toisiaan.



Pääviestit

- Ilmastonmuutoksen hillinnän lisäksi tarvitaan siihen varautumista ja sopeutumista – myös rakennusten suunnittelussa, toteutuksessa ja ylläpidossa
- RASMI*-sääaineistot on laadittu kestävän ja energiatehokkaan rakentamisen suunnittelua varten
 - Perustuvat säähavaintoihin ja ilmastomallien tuloksiin.
- Aineistoja on nyt täydennetty ilmakehästä saapuvan pitkäaaltoisen säteilyn tuntiarvoilla.
- 30 vuoden pituisia sääaineistoja tunnin aika-askelein voidaan käyttää arvioitaessa mitoitus- ja rasitusolosuhteita nykyisessä ja tulevassa ilmastossa.
- Tavoite: säätietoaineistot tukevat koko elinkaarensa ajan hyvin toimivien rakennusten suunnittelua.



Kiitos mielenkiinnosta!

