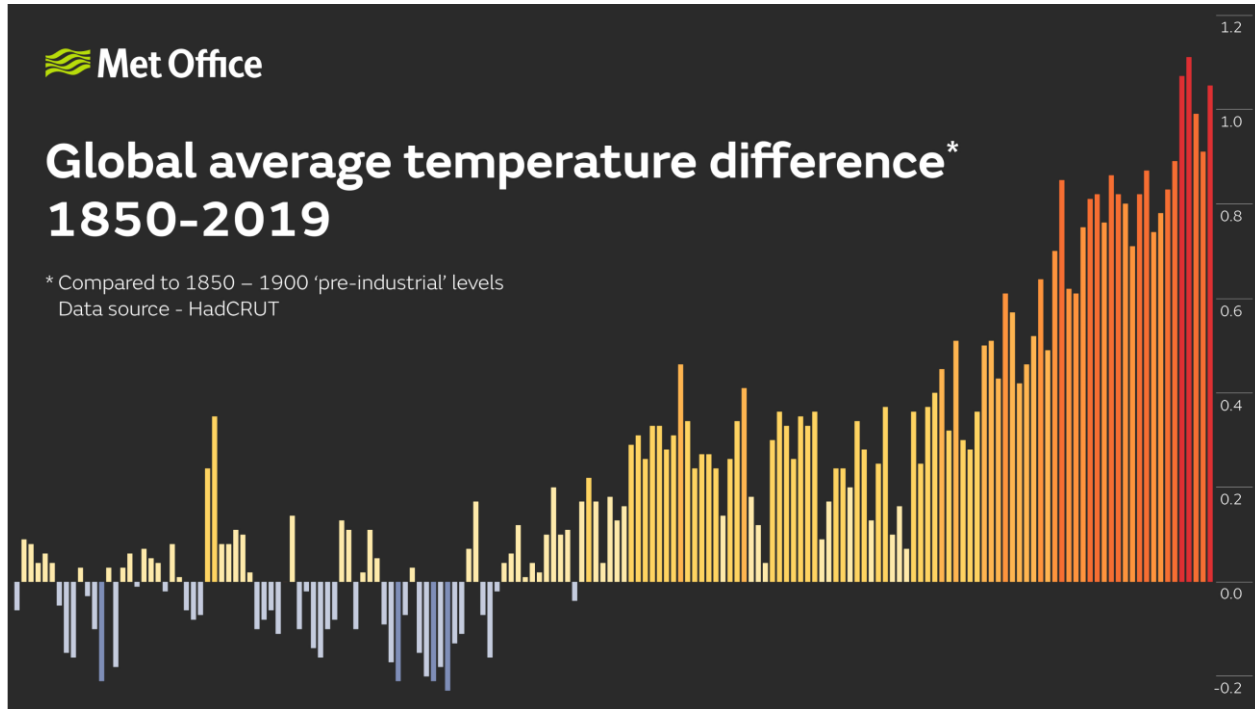


Bioilmaston havaitut muutokset suojelualueilla

Suojelualueverkosto muuttuvassa ilmastossa (SUMI) -hankkeen tulosseminaari
08/06/2023

Juha Aalto, tutkimusprofessori
Sään ja ilmastomuutoksen vaikutustutkimus
Ilmatieteen laitos

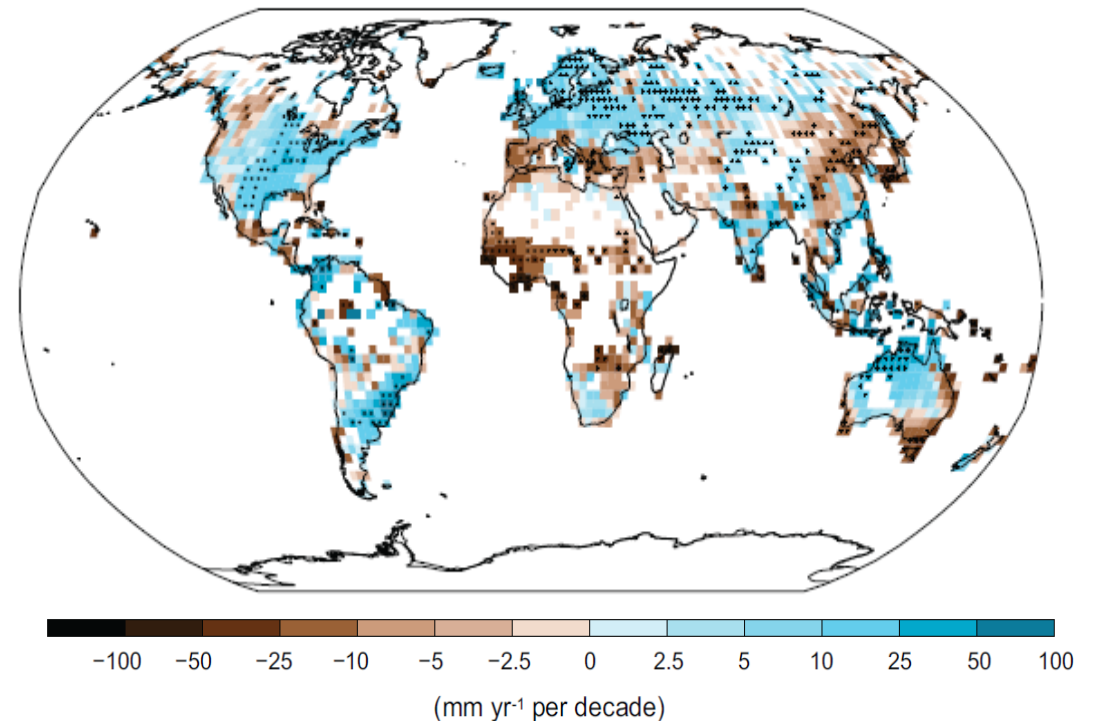
Ilmastonmuutos etenee vääjäämättömästi



Lähde: MetOffice

Muutos ei sama kaikkialla!

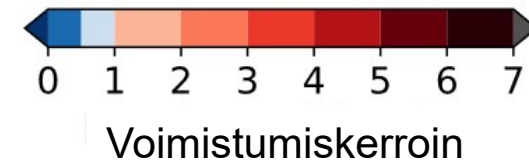
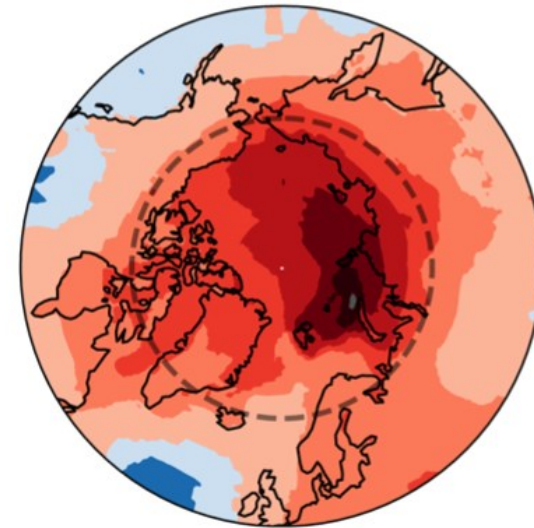
1951–2010



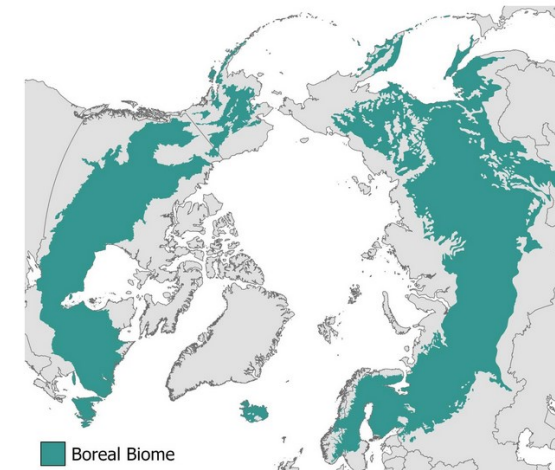
Lähde: IPCC AR5 SPM

Muutos nopeaa pohjoisessa

- Ilmaston lämpeneminen voimistuu kohti korkeita leveysasteita
 - Arktinen voimistuminen
 - Muutoksia mm. sadannassa, lumipeitteessä ja ikiroudassa
- Pohjoinen havumetsävyöhyke
 - Kattaa noin 15% mantereiden pinta-alasta
 - Merkittävä hiilinielu- ja varasto
 - Monimuotoinen eliöstö, useita erilaisia muutospaineita ja häiriöitä



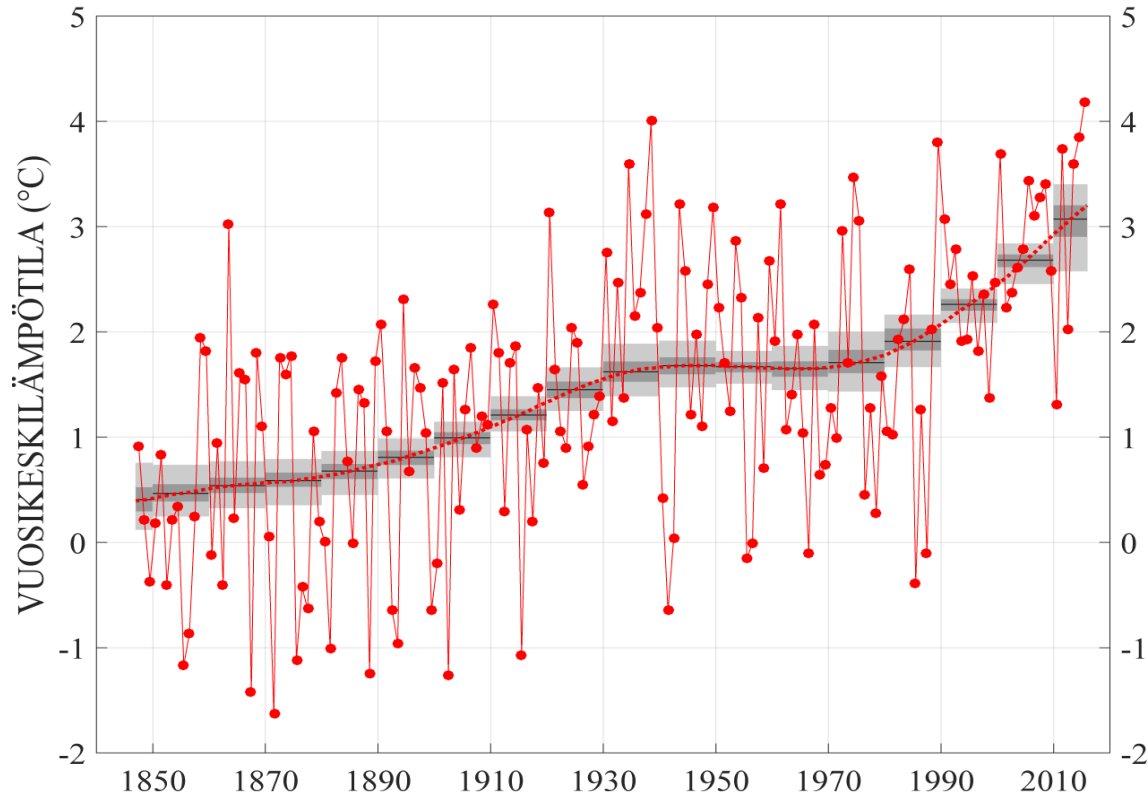
Rantanen ym. 2022



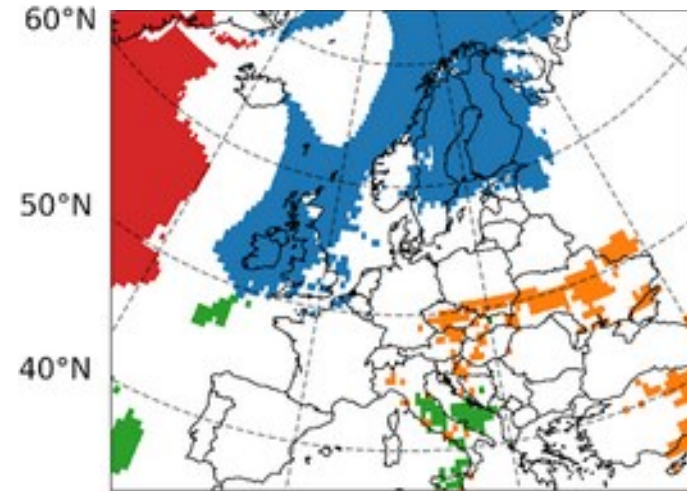
Kuva: Woodwell Climate Research Center

Suomi lämpenee keskimääräistä nopeammin

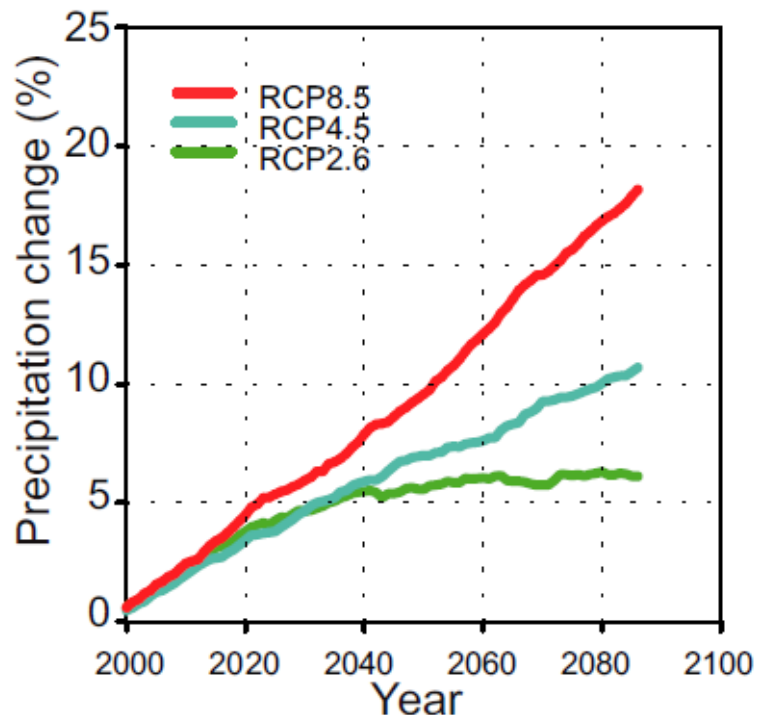
- Muutos Suomessa yli 2°C
- Globaali muutos ~1°C
- Talvet ovat lämmenneet keskiä enemmän (> 3°C)



Alueet missä kylmin säätyyppi on lämmennyt nopeimmin



Sademäärät kasvavat erityisesti talvisin



Muuttuja	Alue	Talvi	Kevät	Kesä	Syksy	Vuosi
Keskimääräinen sademäärä	Pohjois-Suomi	kasvaa huomattavasti	kasvaa	kasvaa	kasvaa	kasvaa
	Etelä-Suomi	kasvaa	kasvaa	ennallaan	kasvaa	kasvaa
Sadepäivien määrä	Pohjois-Suomi	lisääntyy	ennallaan	ennallaan	lisääntyy	lisääntyy
	Etelä-Suomi	lisääntyy	ennallaan	ennallaan	ennallaan	lisääntyy
Rankkasateiden voimakkuus	Pohjois-Suomi	lisääntyy	lisääntyy	lisääntyy	lisääntyy	lisääntyy
	Etelä-Suomi	lisääntyy	lisääntyy	lisääntyy	lisääntyy	lisääntyy
Sateettomien poutajaksojen pituus	Pohjois-Suomi	lyhenee	ennallaan	ennallaan	lyhenee	lyhenee
	Etelä-Suomi	lyhenee	ennallaan	ennallaan	ennallaan	ennallaan

Bioilmasto on relevantti biologisille toiminnoille

- **Bioilmasto** kuvaa ilmasto-olosuhteita, jotka ovat erityisen relevantteja biologisille toiminnoille
- Perustuvat usein esim. lämpötilan kynnysarvoihin (lämpösumma) tai yhdistävät usean tekijän vaikutusta (vesisadetta lumelle)
- **Bioilmastollisten indikaattorien** avulla voidaan kvantifioida ilmastonmuutoksen vaikutuksia elolliselle luonnolle
- Ilmaston lämpeneminen lisää äärisään esiintymistodennäköisyyttä
- Ekosysteemien mahdolliset ei-lineaariset vasteet

Vesisadetta lumelle

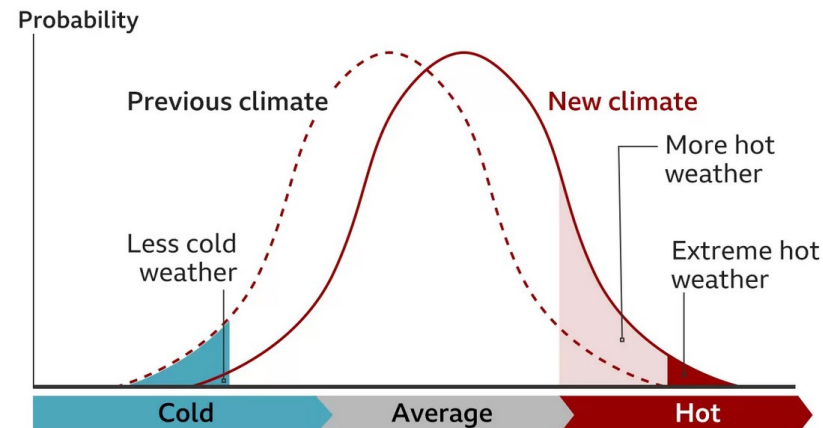


Kuva: Norwegian SciTech News

Talviaikainen lämpöaalto



Kuva: Phoenix & Bjerke, 2016



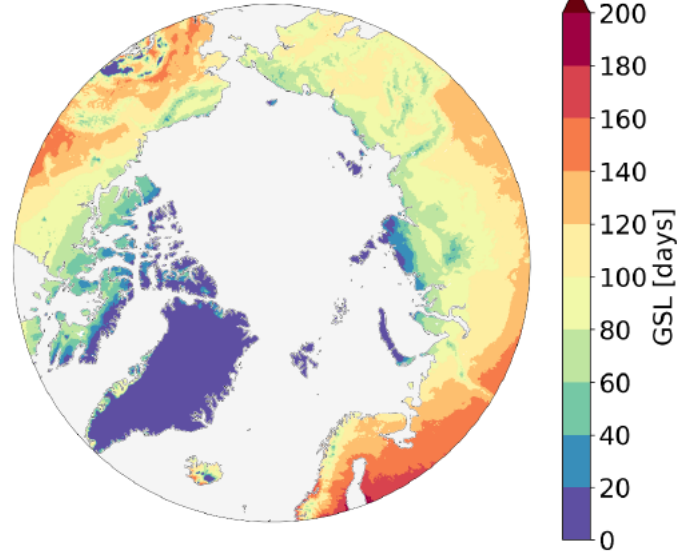
Kuva: BBC/US EPA

Arktinen bioilmastonmuutos

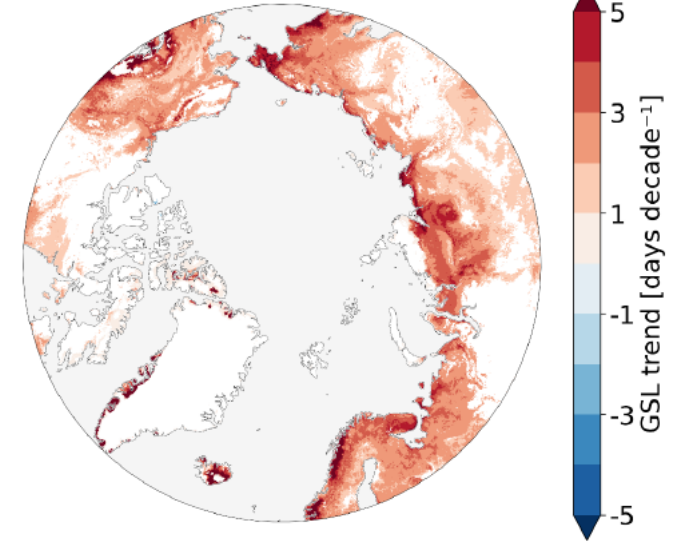
- Pohjois-Euroopassa muutos voimakasta viimeisen 70 vuoden aikana

Kasvukauden pituus

a) 1991-2020 mean

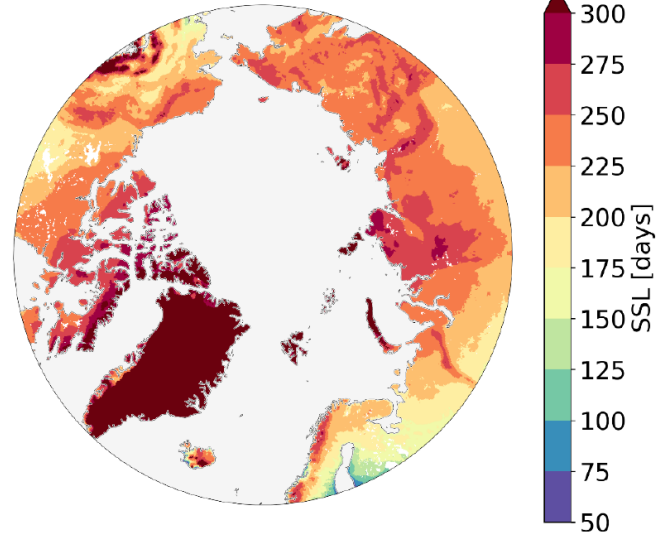


b) 1951-2021 trend

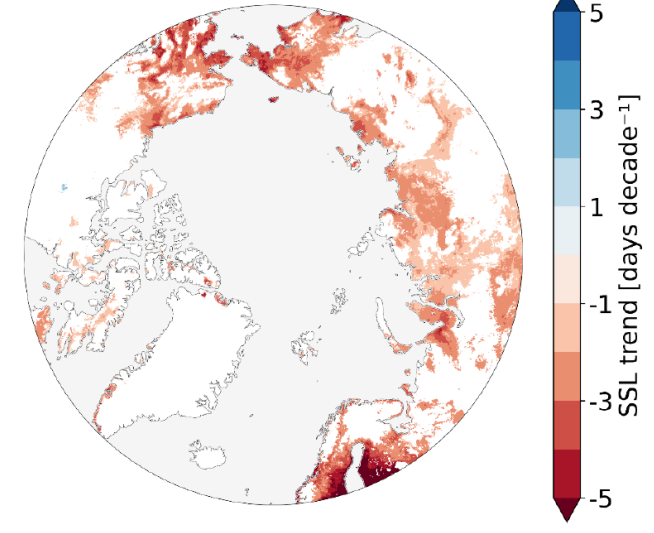


Lumikauden pituus

a) 1991-2020 mean

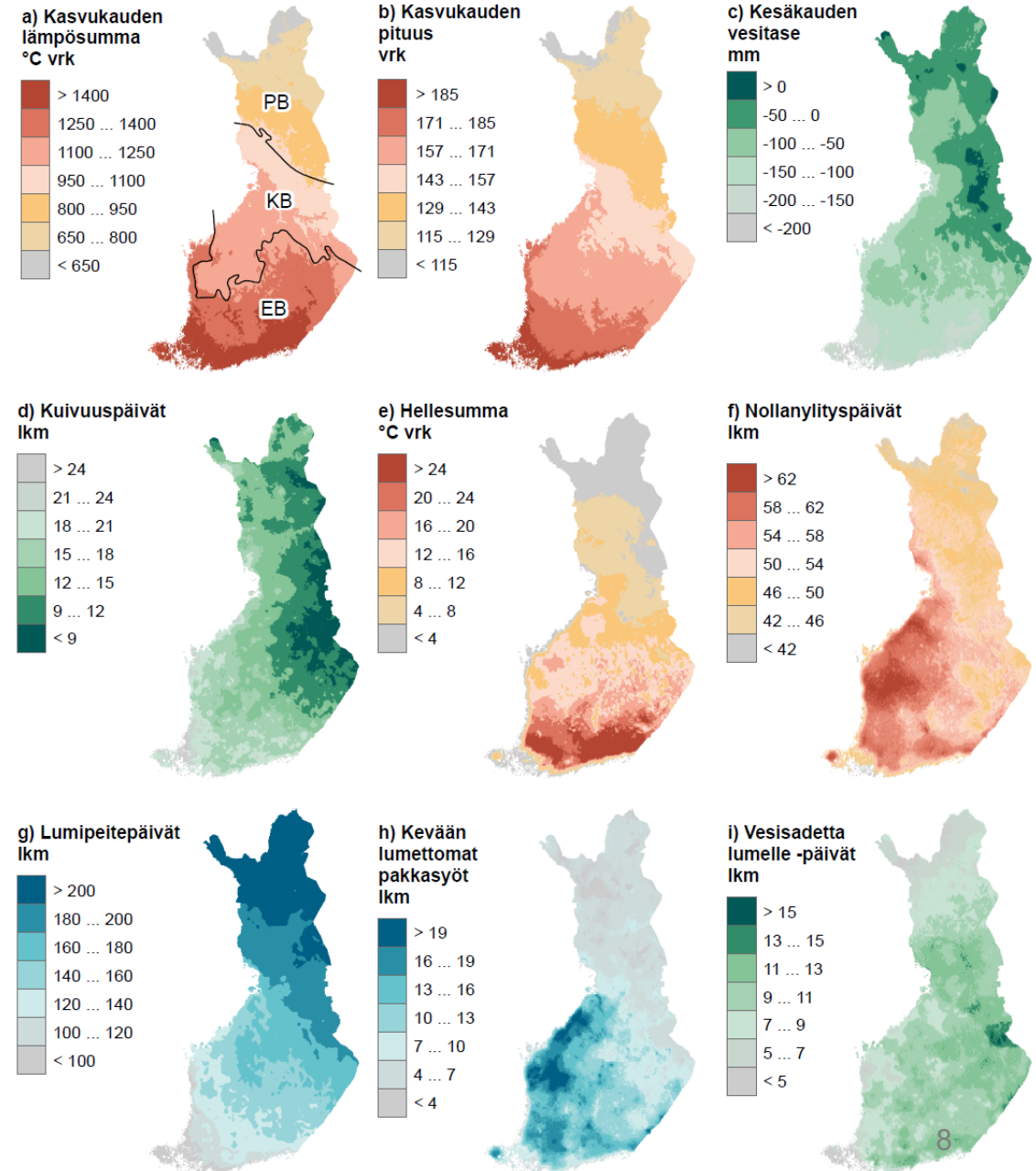


b) 1951-2021 trend



Suojelualueiden bioilmasto

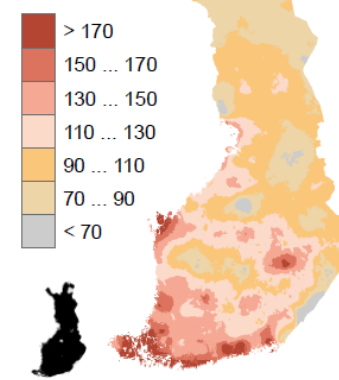
- Suojelualueet ovat kriittisen tärkeitä luonnon monimuotoisuuden suojelun kannalta
- Bioilmastollisia trendejä ei ole aikaisemmin tarkasteltu kattavasti usean eri muuttujan suhteen
- Tutkimme bioilmaston nykyistä vaihtelua ja havaittuja muutoksia Suomessa:
 - 11 keskeistä bioilmastomuuttujaa, 631 suojelualueetta (≥ 400 ha)
 - 1km² päivittäinen hila-aineisto (Climgrid)
 - Mennyt ja nykyinen keskimääräinen vaihtelu 1961-1990 & 1991-2020
 - Vertailukausien välinen muutos, pikselikohtaiset trendianalyysit, pääkomponenttianalyysi
 - Ajalliset trendit 1961-2020, ei-parametriset menetelmät



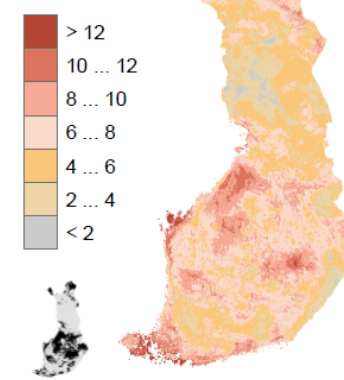
Bioilmaston muutos vertailukausien välillä

- Huomattavaa alueellista vaihtelua, selvät leveyspiiri- ja mantereisuus gradientit
- Merkitseviä ja laaja-alaisia muutoksia vuoden keskilämpötilassa ja kasvukausissa
- Paikallisia muutoksia sadantaan liittyvissä muuttujissa ja äärisääilmiöissä
- Muutokset voivat osittain heijastella ilmastohila-aineiston epävarmuuksia

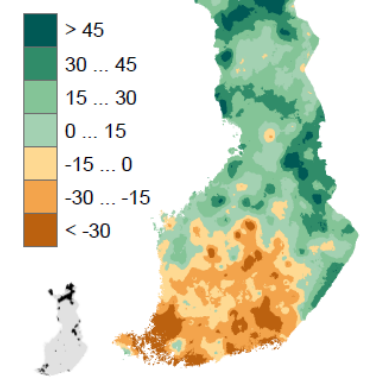
a) Kasvukauden lämpösomma °C vrk



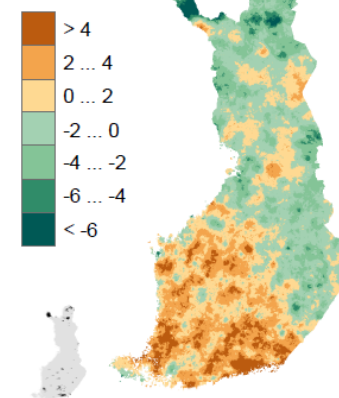
b) Kasvukauden pituus vrk



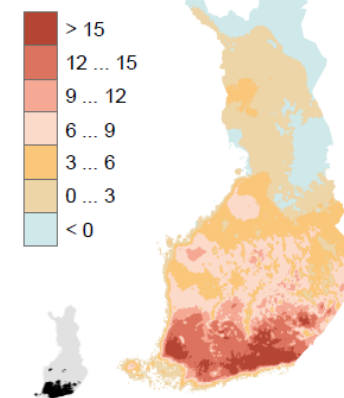
c) Kesäkauden vesitase mm



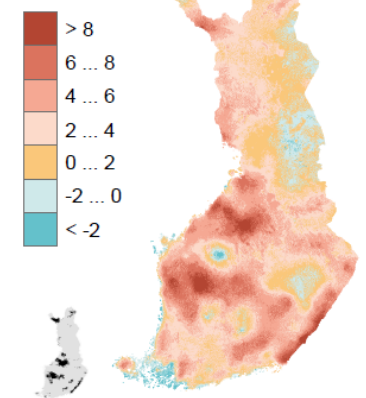
d) Kuivuuspäivät lkm



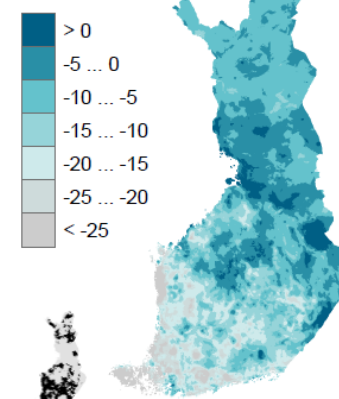
e) Hellesumma °C vrk



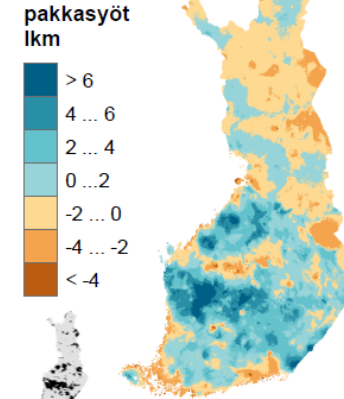
f) Nollanylityspäivät lkm



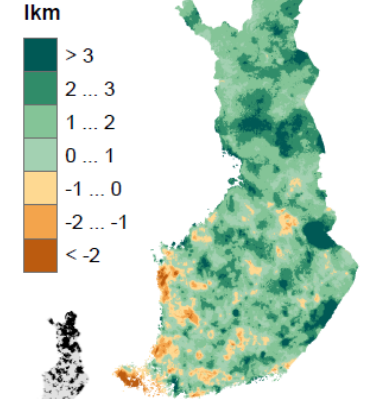
g) Lumipeitepäivät lkm



h) Kevään lumettomat pakkasyöt lkm

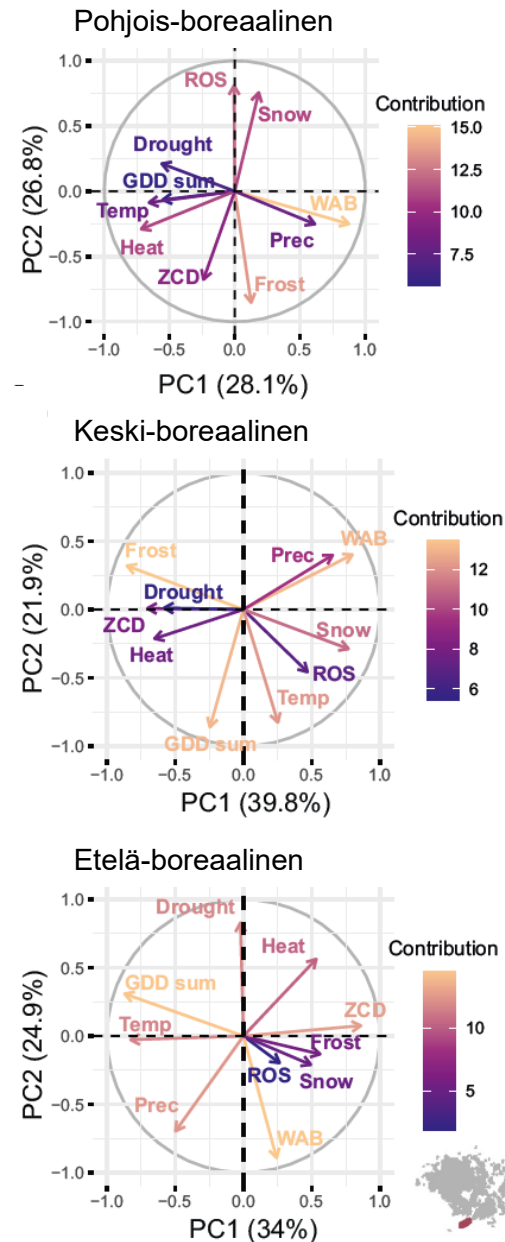


i) Vesisadetta lumelle -päivät lkm

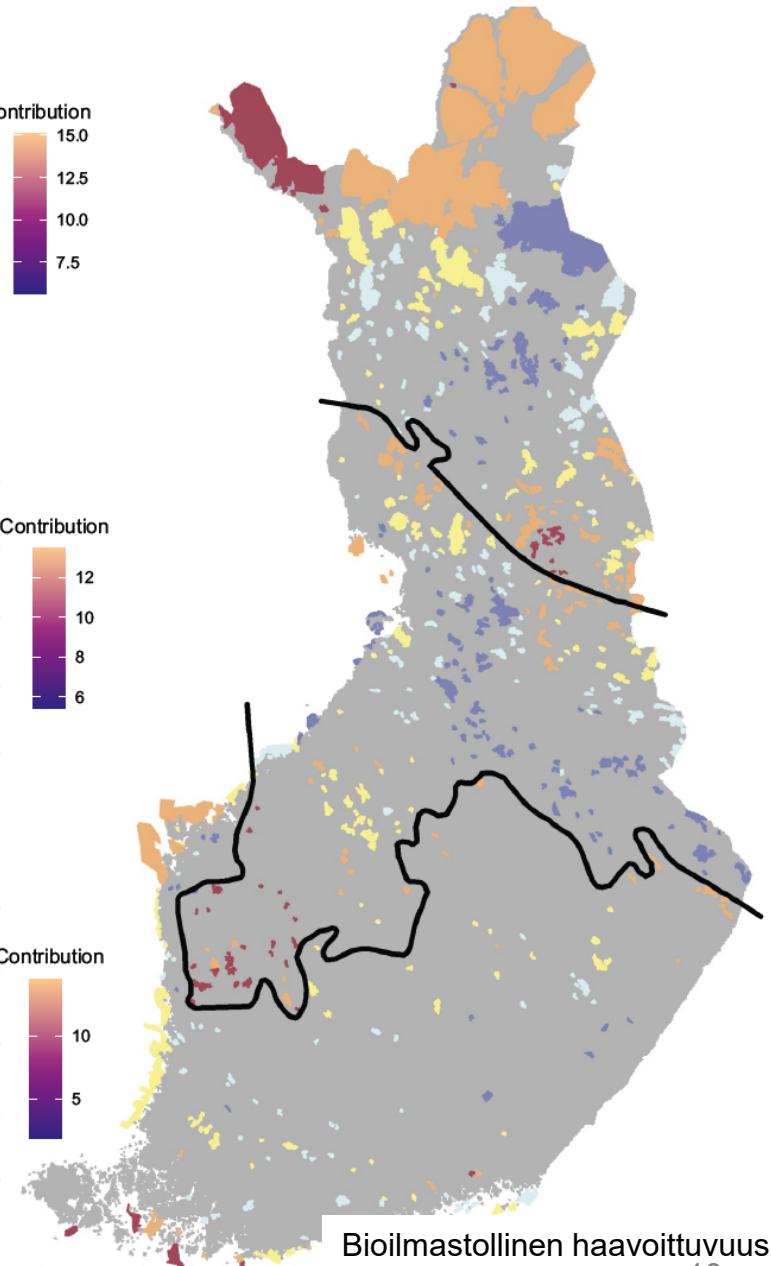


Muutoksen yleiskuva

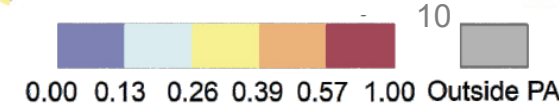
- Bioilmaston muutoksessa paljon alueellista vaihtelua
- Keskeiset muutosakselit
 - PB: ei selviä yksittäisiä gradientteja, **laaja-alaiset muutokset** bioilmastossa (ja vaikutuksissa)
 - KB: muutos kosteus- ja lumioloissa
 - EB: vuotuiset ja kausittaiset lämpötilaolot
- “Bioilmastollinen haavoittuvuus” suurta läpi koko maan



Aalto ym. 2023

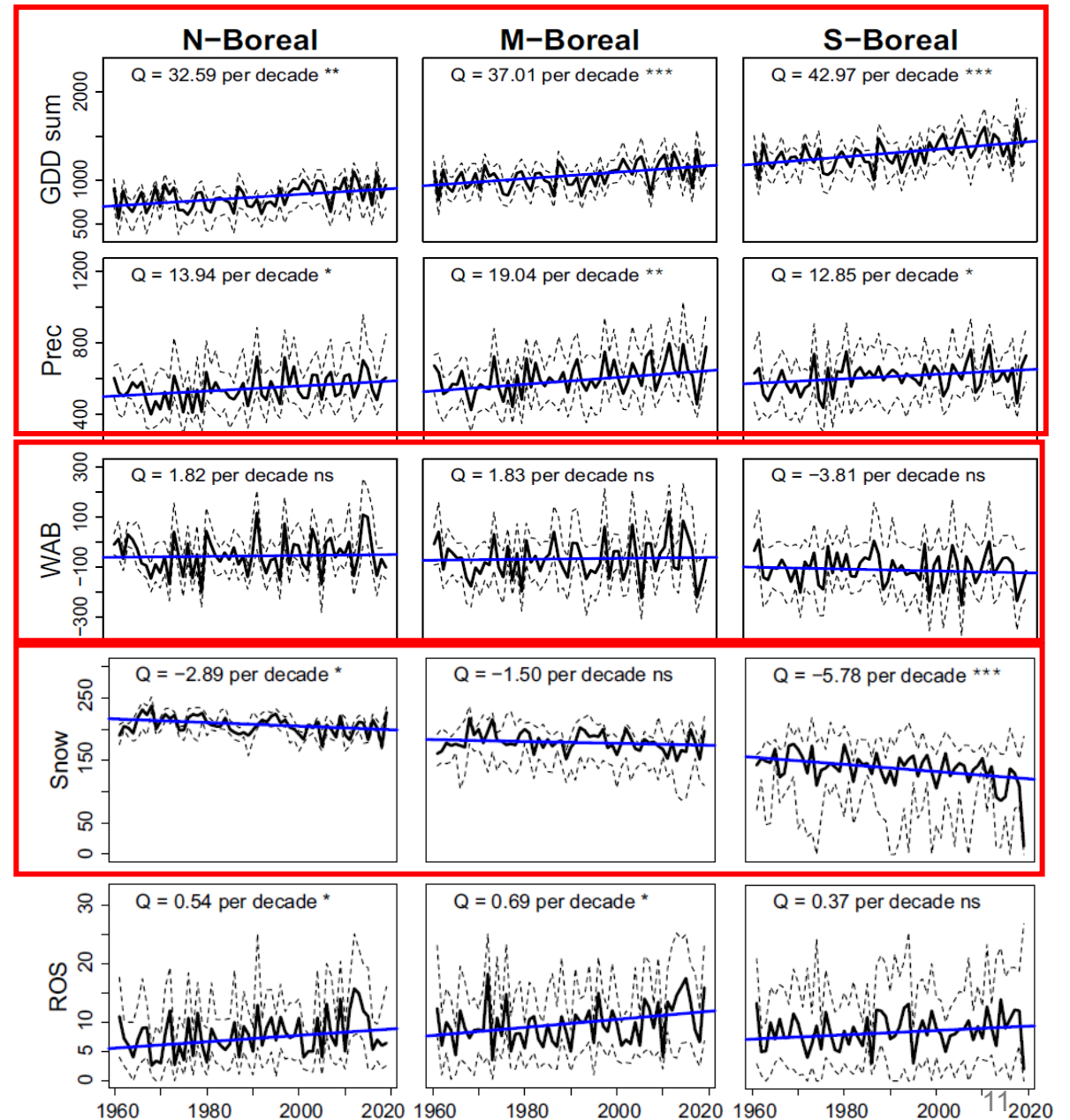


Bioilmastollinen haavoittuvuus



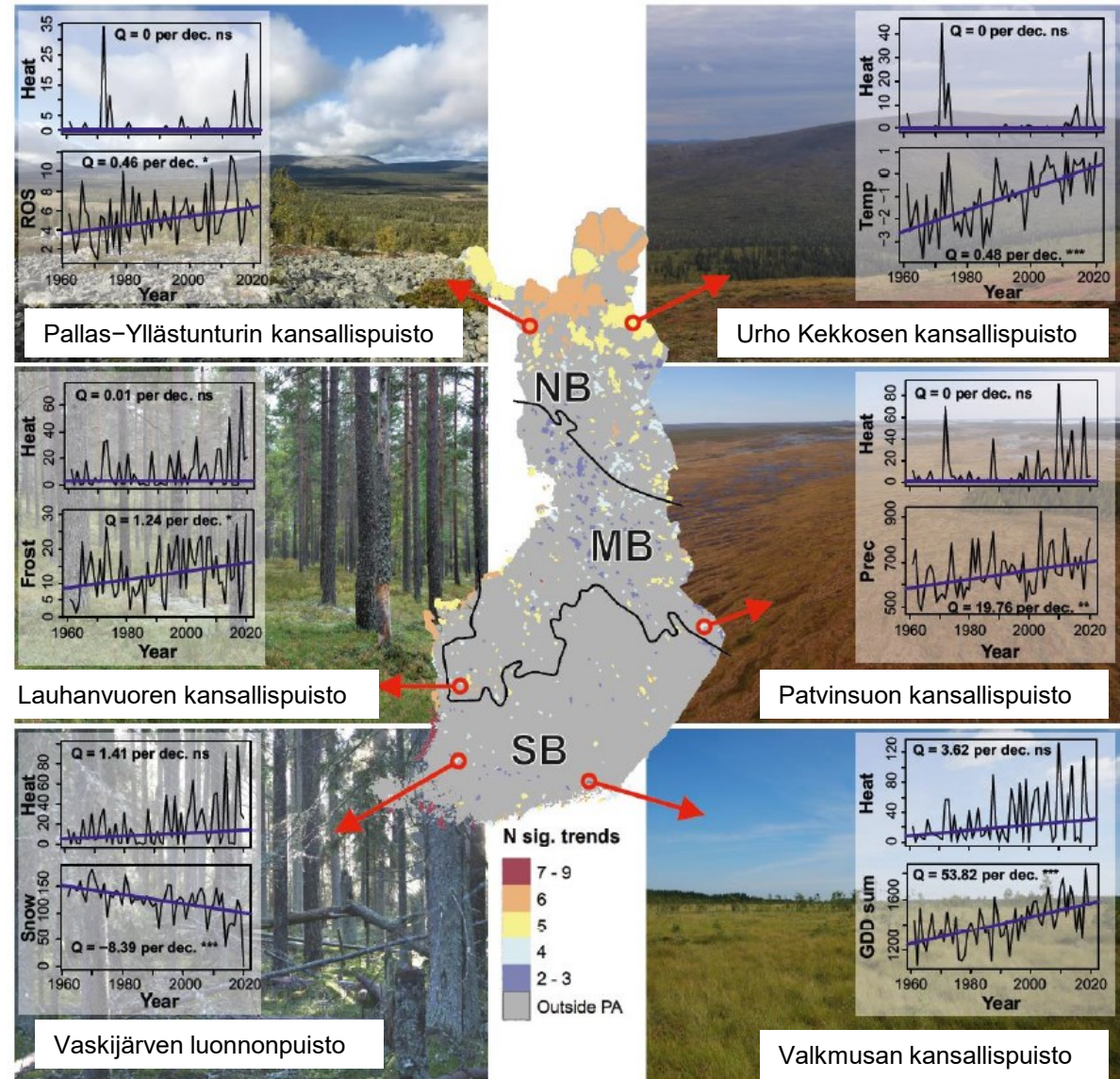
Ajalliset trendit kasvillisuusvyöhykkeittäin

- Suojelualueiden vuotuiset arvot keskiarvoistettuna kasvillisuusvyöhykkeittäin
- Trendien voimakkuus, suunta ja merkitsevyys vaihtelee kasvillisuusvyöhykkeiden välillä
- Vahvat muutossignaalit: nousevat kasvukauden lämpötilat, vuotuinen sademäärä ja vähenevä lumipeitteen kestoaika
- Suuri vuosien välinen vaihtelu johtaa tilastollisesti ei-merkitseviin trendeihin



Ajalliset trendit suojelualueilla

- Laskimme yhteensä 631 × 11 bioilmastollista trendiä!
- Vuoden keskilämpötila ja kasvukauden tehoisa lämpösumma kasvanut merkitsevästi kaikilla suojelualueilla
- Muiden muuttujien kohdalla paljon vaihtelua
 - EB sekä posit. (7.6%) että negat. (20.4%) trendejä lumettoman ajan pakkasöiden määrässä
 - Vesisadetta lumelle tilanteet ovat lisääntyneet: 36.9% PB, 26.2% KB ja 19.1% EB
 - Hyvin vähän merkitseviä trendejä kuivuusjaksojen lkm tai vesitaseessa (negat. 5.1% EB)
- “Bioilmastonmuutoksen hotspotit” pohjoisessa ja lounais-rannikolla



Aineisto on vapaasti saatavilla

- Lähtöaineisto FMI Climgrid: <https://en.ilmatieteenlaitos.fi/gridded-observations-on-aws-s3>
- **Bioilmastolliset tasot** ovat saatavilla METIS – IL tutkimusaineistopalvelun kautta: <https://doi.org/10.23728/fmi-b2share.8c5d5fe909354d829c468ae71fce3346>
- Lisäksi saatavilla:
 - Aikasarjat ja trendit kaikille muuttujille ja suojelalueille
 - Vuotuiset suojelualuekohtaiset bioilmastoarvot 1961-2020
- Tutkimus “Bioclimate change across the protected area network of Finland” hyväksytty julkaistavaksi *Science of the Total Environment* lehdessä

Yhteenveto

- Suojelualueiden bioilmastoissa merkittäviä ja laaja-alaisia muutoksia
- Tulokset osoittavat huomattavaa alueellista vaihtelua bioilmaston muutoksessa suojelualueiden ja kasvillisuusvyöhykkeiden välillä
- Suojelualueet ja niiden biodiversiteetti altistuu monenlaisille ilmastollisille muutoksille liittyen lämpötilaan, sademääriin, kasvu- ja lumikausiin sekä äärisääelmiöihin
- Tulokset auttavat kehittämään suojelualueverkostoa ja kehittämään optimaalisia suojelutoimenpiteitä

- Jatkotutkimuksia:
 - Bioilmastonmuutos tulevaisuudessa
 - Bioilmastollinen vaihtelu ja muutos pienellä mittakaavatasolla
 - Eliöiden levinneisyyskuvien ja pohjoisen ekologian parempi ymmärtäminen ja ennustaminen bioilmastoaineistoja hyödyntämällä
 - Uudenlaiset vaikutusmallit ja sovellukset



Kuva: Kaisu Aapala



ILMATIETEEN LAITOS
METEOROLOGISKA INSTITUTET
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

Kiitos!

8.6.2023

Bioilmaston havaitut muutokset suojelualueilla

