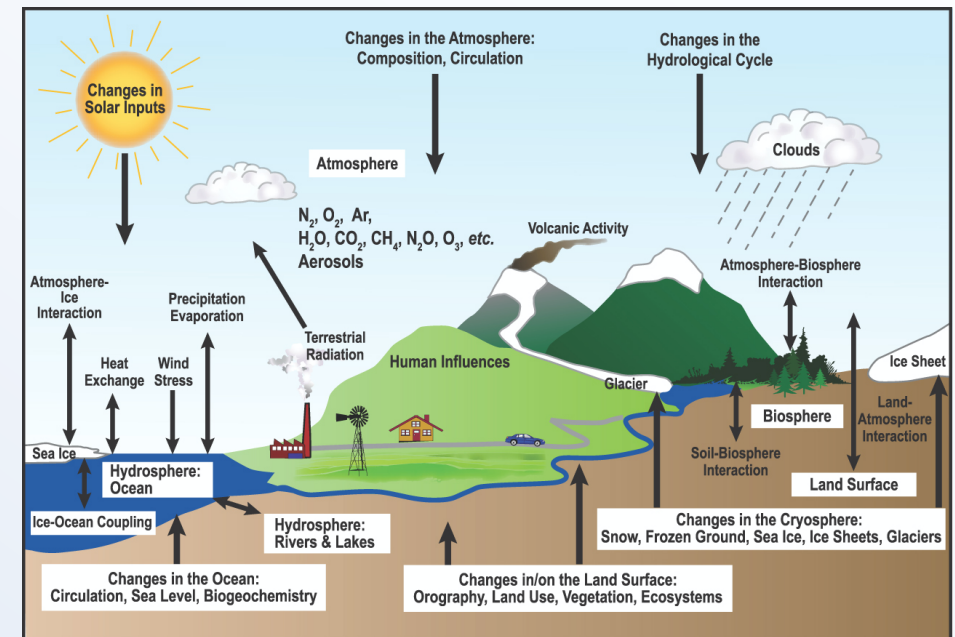
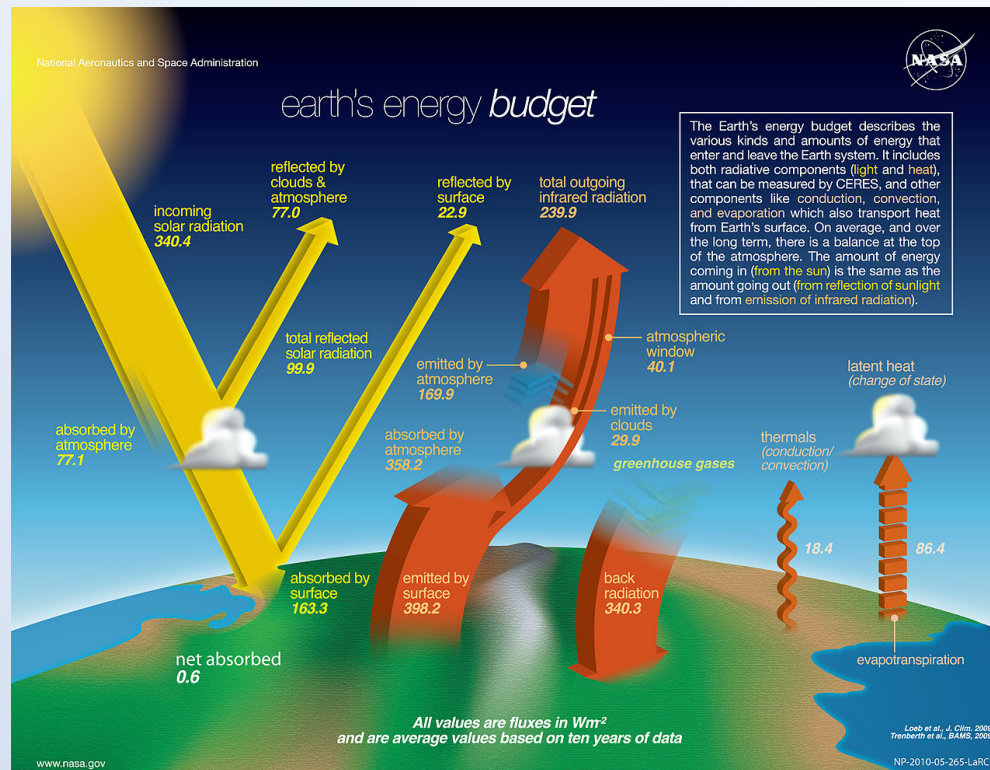


Auringon kokonaissäteily ja Maan energiatasapaino

Auringon kokonaissäteily (yhdessä kasvihuoneilmiön kanssa) luo Maahan elämän edellytykset.

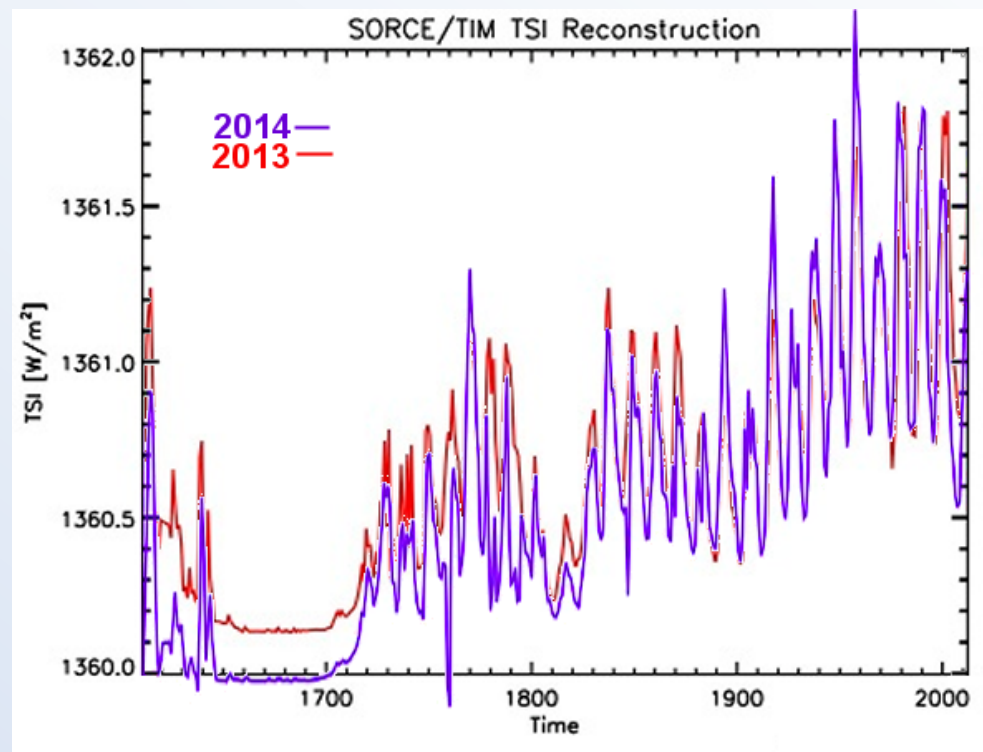
Sen vuoksi kokonaissäteilyn vaihtelut ovat erittäin merkityksellisiä ja tärkein asia Auringon toiminnassa, joka halutaan tietää.



Säteilymäärän vaihtelu

Kokonaissäteilyn määrä vaihtelee aurinkosyklin aikana vähän, vain n. **promillen** verran. Ei siis ole silmin havaittavia kirkkaita ja pimeitä vuosia.

Säteilyä on mitattu kuitenkin vasta vain n. 45 vuotta ja **pidempiaikaisesta muutoksesta** on hyvin erilaisia arvioita. Se voi olla huomattavasti suurempaa kuin nykyisen syklivaihtelun mukainen muutos.

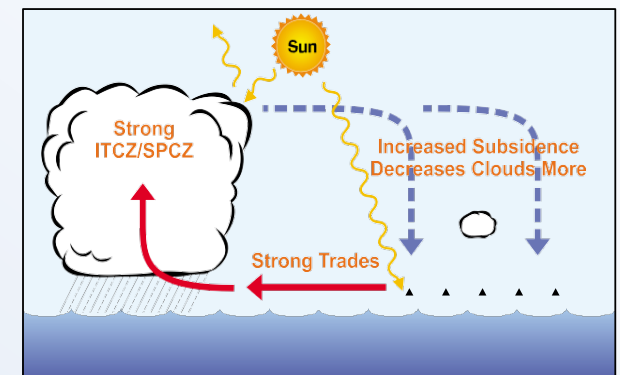
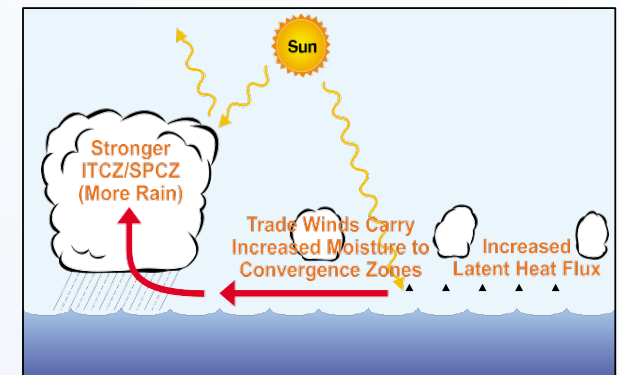
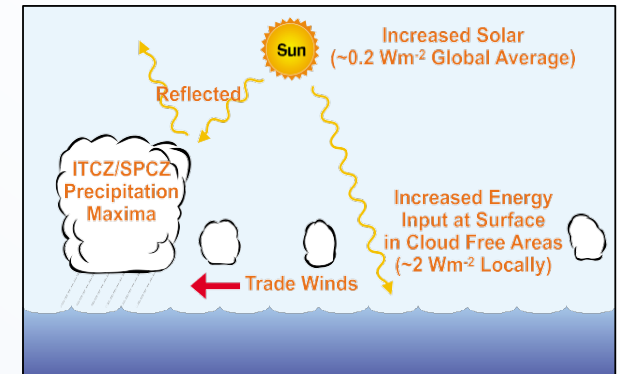
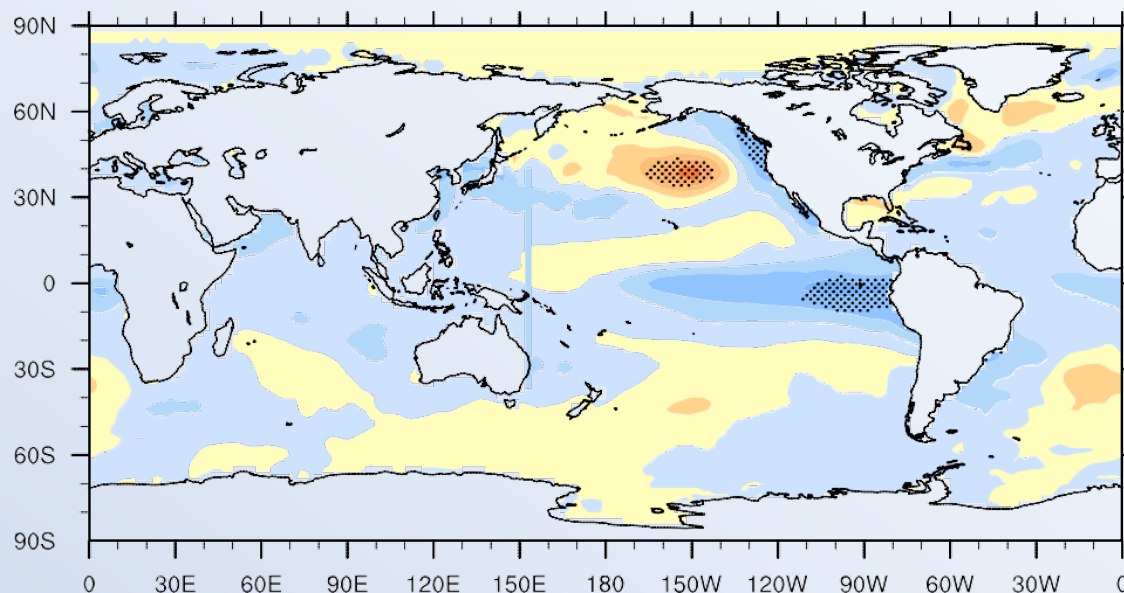


Alhaalta-ylös -mekanismi

Voimistunut säteily Auringon maksimivuosina **lämmittää** keskileveysasteiden (ns. hepoasteet) vähäpilvistä korkeapainealuetta, mikä voimistaa pasaatituulia.

Tämä vahvistaa ilmassojen kiertoa päiväntasaajalta hepoasteille ja muodostaa **palautemekanismin** (top-down feedback), joka entisestään voimistaa ilmiötä.

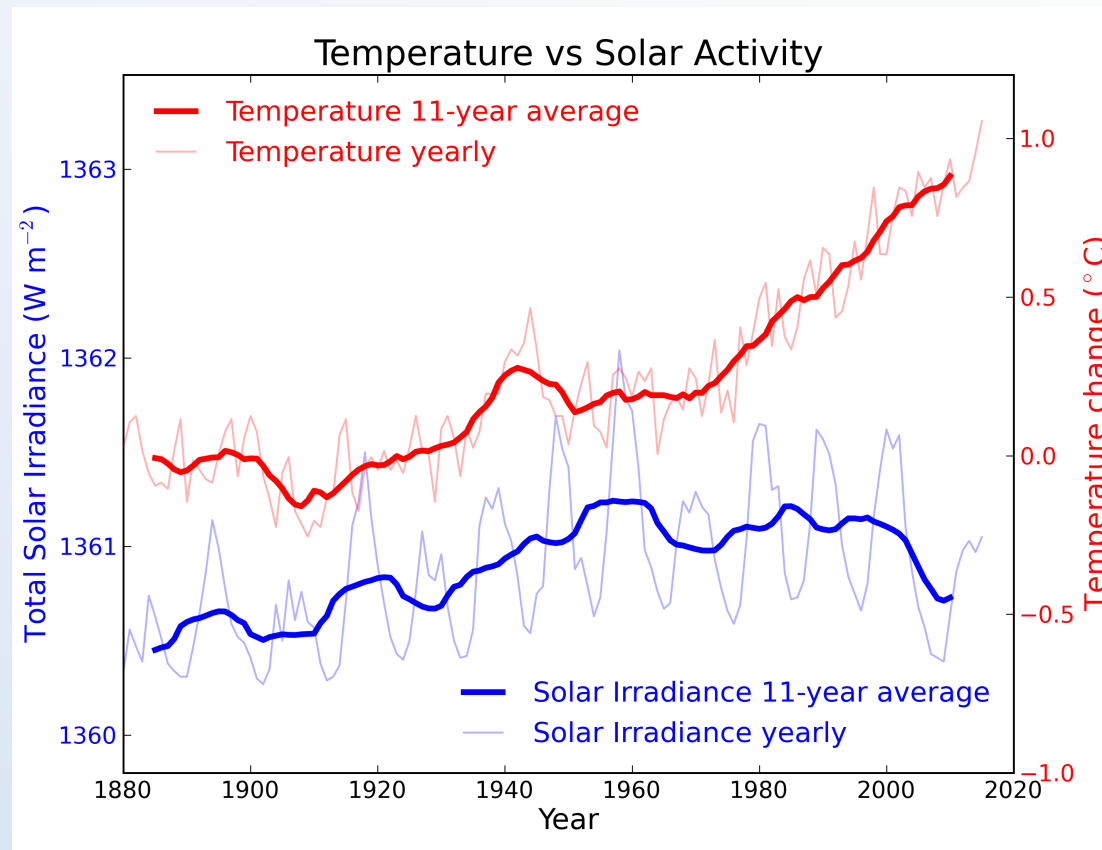
Mekanismi selittää mm. Tyynen valtameren lämpötilajakauman Auringon maksimivuosina.



Kokonaissäteilyn ja lämpötilan vaihtelu

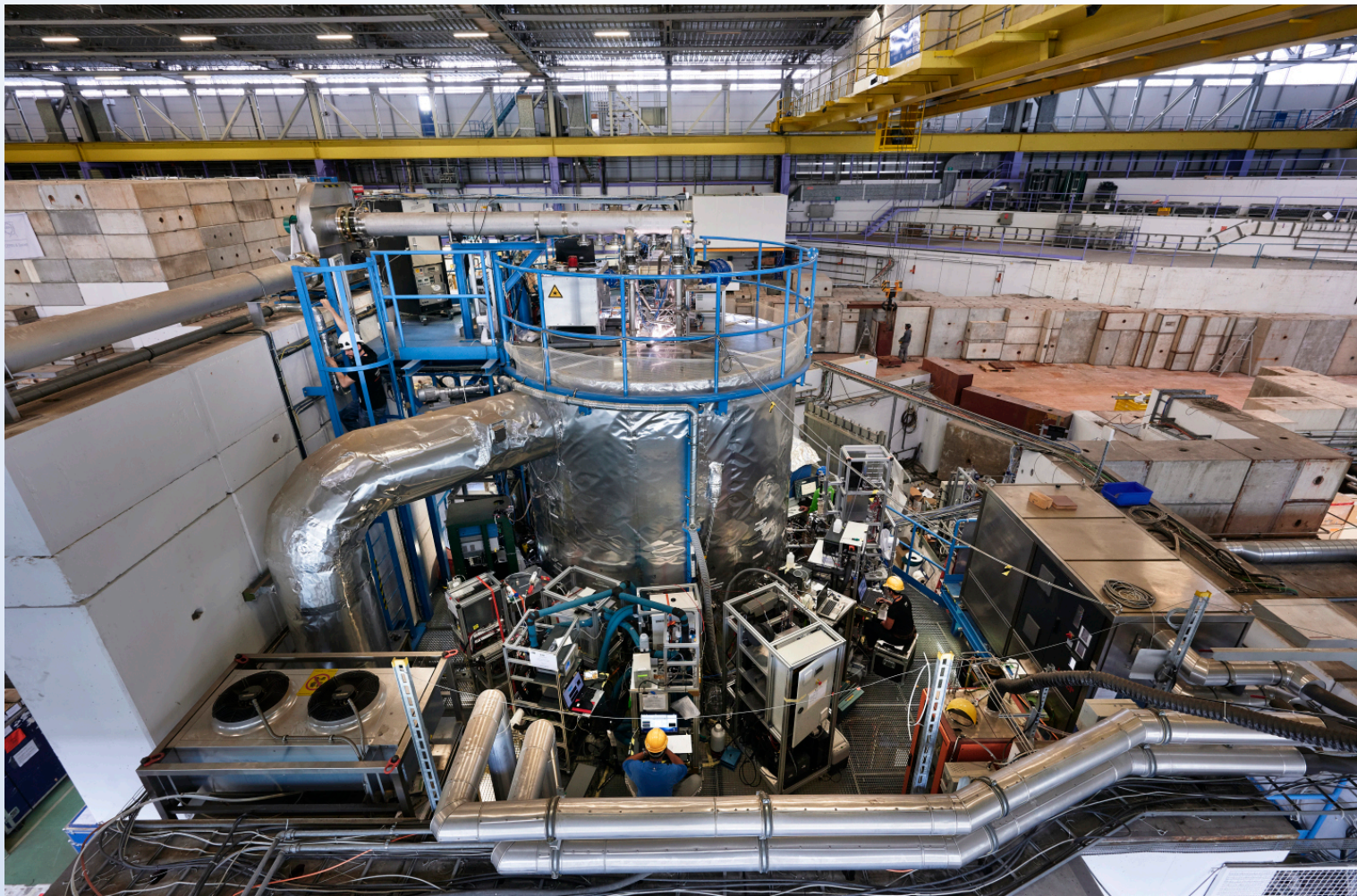
Auringon kokonaissäteilyn muutos vastaa kohtalaisesti ilmaston lämpenemistä 1900-luvun puoliväliin asti, muttei enää 1980-luvun jälkeen.

Kokonaissäteilyn muutos ei voi sellaisenaan selittää ilmaston lämpenemistä viimeisen 40 vuoden aikana.



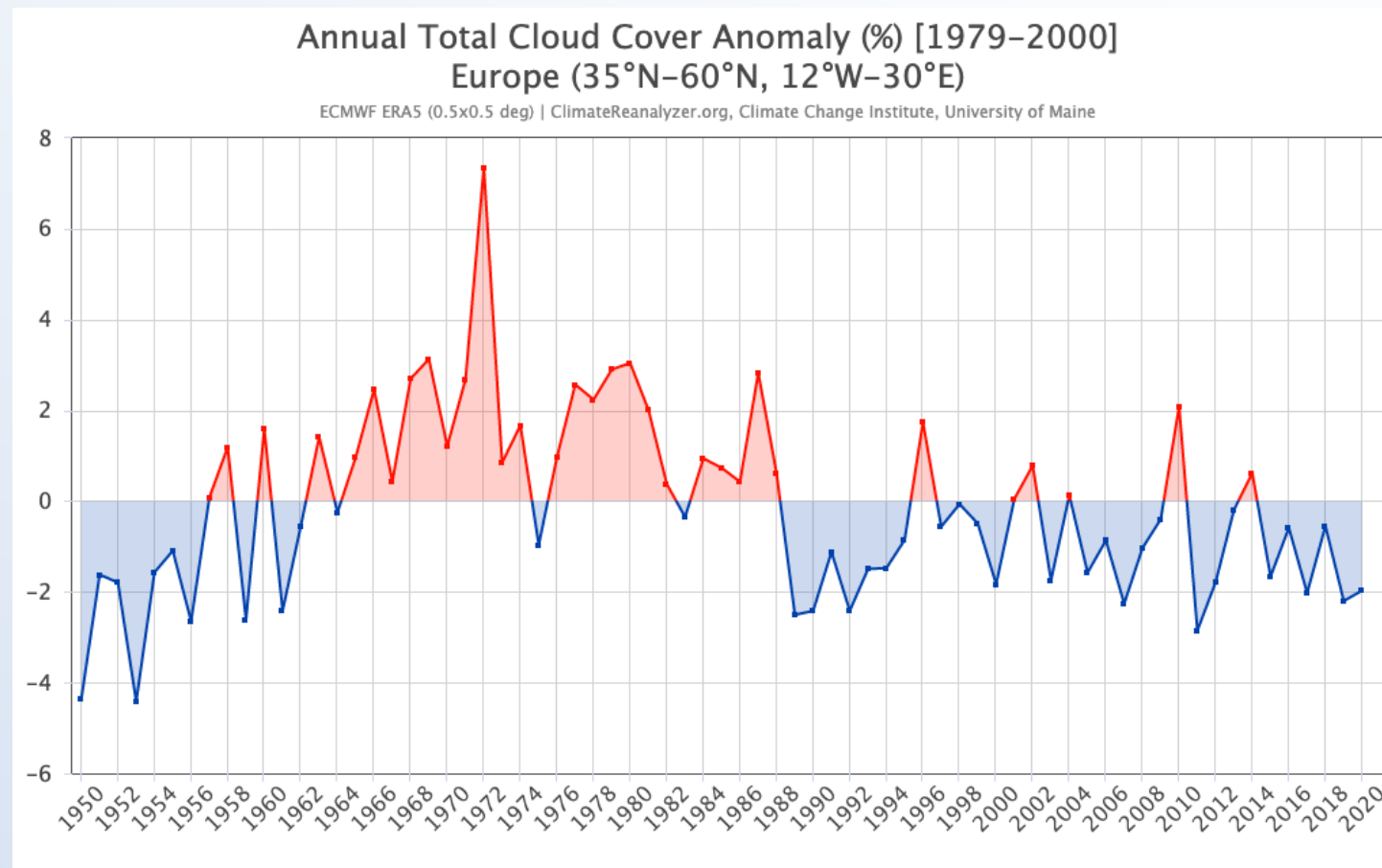
CLOUD-koe CERNissä

CLOUD-koe Euroopan hiukkastutkimuskeskuksessa CERNissä mittaa kosmisten säteiden aiheuttaman ionisaation vaikutusta pilvien muodostumiseen ilmakehässä.



Pilvisyyden kehitys Euroopassa

Pilvisyyden kehitys vv. 1950-2020 etelä- ja keski-Euroopassa (35-60 leveysastetta) ERA-5 aineiston mukaan.



Tärkeä talvinen ilmastorakenne: napapyörre

Talvella **napa-alue kylmenee**.

Napa-alueen ja päiväntasaajan lämpötilaero synnyttää päiväntasaajalta **navalle suuntautuvan** virtauksen.

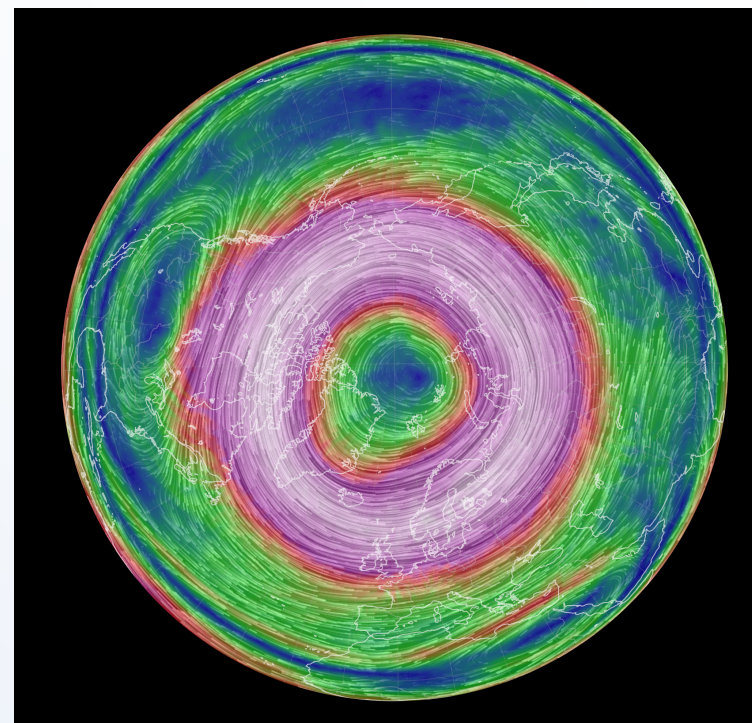
Coriolis-voiman vaikutuksesta virtaukset kiertyvät pohjoisella pallonpuoliskolla **oikealle**.

=> Navan ympärille syntyy **läntinen virtaus: napapyörre** (polaarivorteksi).

Napapyörre on **voimakkain** väli-ilmakehässä eli **stratosfäärissä** (10-50 km korkeudella).

Napapyörre on maapallon **laajimpia** ja **voimakkaimpia** virtausrakenteita ja sen tuulet maapallon voimakkaimpia (100-500 km/h).

Napapyörre on tärkein tekijä joka säätelee meidänkin talvia.



Tuulet 30 km'n korkeudella (keski-stratosfäärissä) pohjoisnavan yltä katsottuna 16.2.2020.

Tuulen nopeus värillä ja suunta viivoilla.

NAO eli Pohjois-Atlantin oskillaatio

NAO (North Atlantic Oscillation) eli Pohjois-Atlantin oskillaatio kuvaa **paine-eroa** matalapainealueella napapyörteen alla (L, Islanti) ja sen ulkopuolisella korkeapainealueella (H, Azorit).

NAO > 0 eli voimakas napapyörre:

Atlantin matalapainerintamat kulkeutuvat normaalia pohjoisemmas:

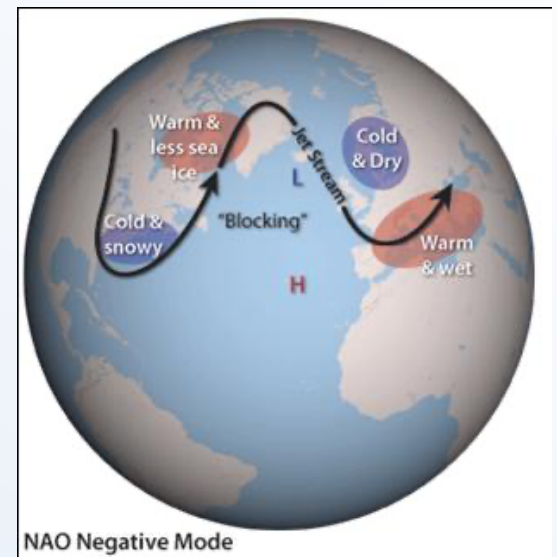
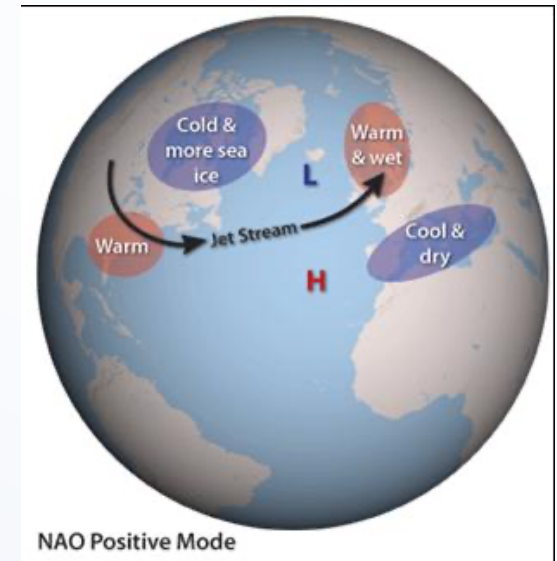
= > kosteat ja lämpimät talvet pohjois-Euraasiassa.

NAO < 0 eli heikko napapyörre:

Arktista ilmaa vyöryy etelään:

= > kylmät ja kuivat talvet pohjois-Euraasiassa.

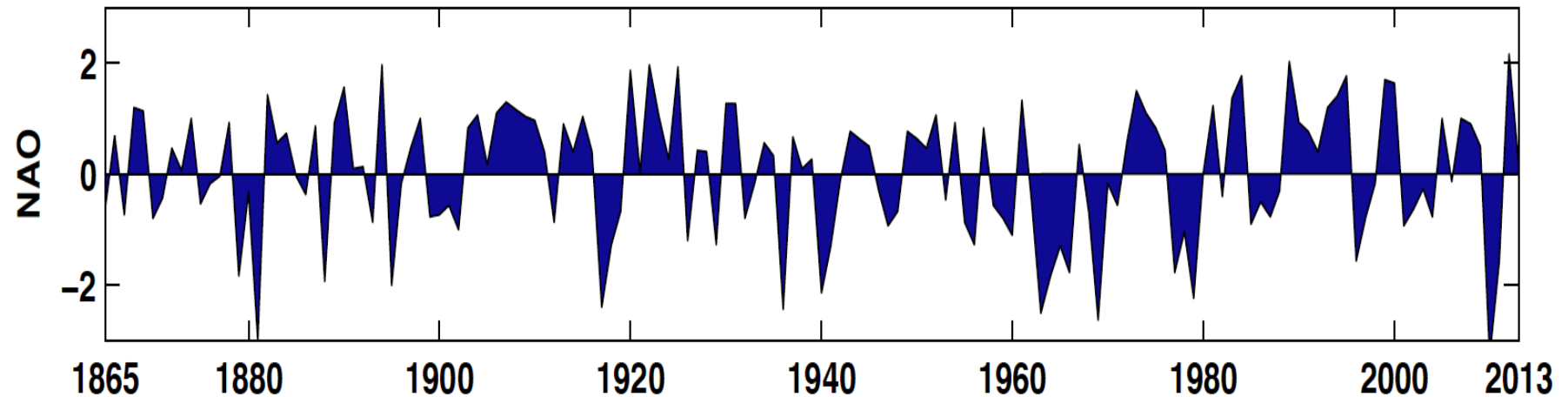
Alttius ns. sulkutilanteisiin, joissa kylmän ilman rakenne pysyy samana pitkään.



NAOn vaihtelu 1865-2013

NAO-indeksillä (napapyyrteen voimakkuudella) on suurta ajallista vaihtelua.

Tätä kutsutaan **dekadaaliseksi eli vuosikymmenvaihteluksi**.

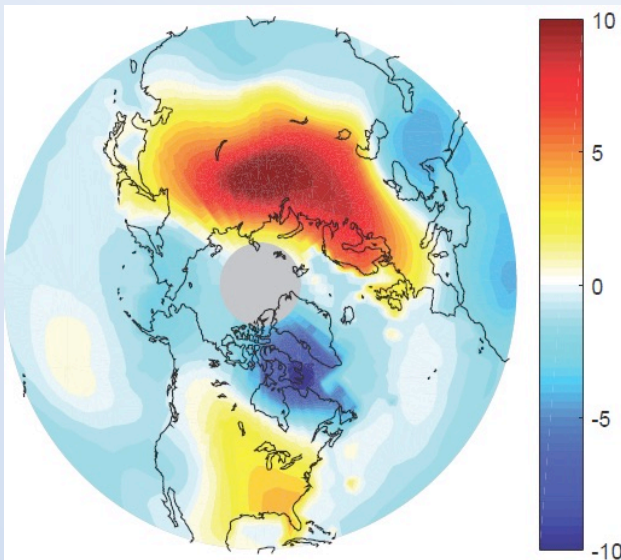


NAOn yhteys aurinkotuuleen

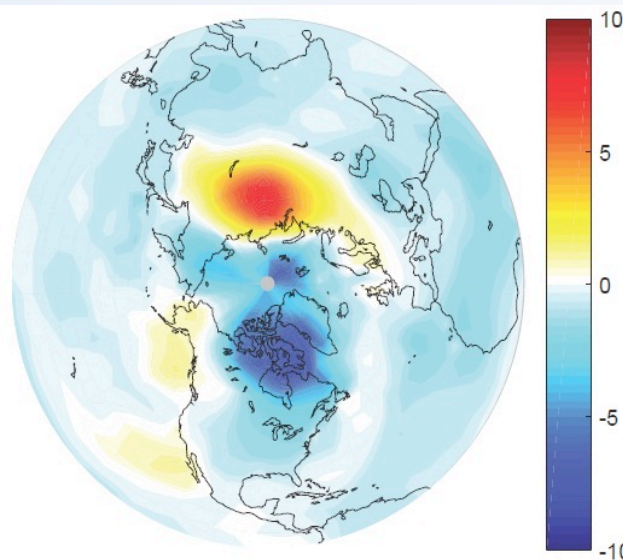
Maanpinnan paine ja lämpötila vaihtelevat talvesta toiseen suurelta osin NAO-rakenteen mukaan. Samankaltaisen rakenteen tuottaa energettisten hiukkasten vuon mukainen vaihtelu.

Positiivisen NAO:n aikainen jakauma lisääntyy merkittävästi aurinkosyklin laskevalla kaudella, jolloin aurinkotuulen nopeat virtaukset esiintyvät. Ne tuottavat myös tehokkaasti energettisiä hiukkasia.

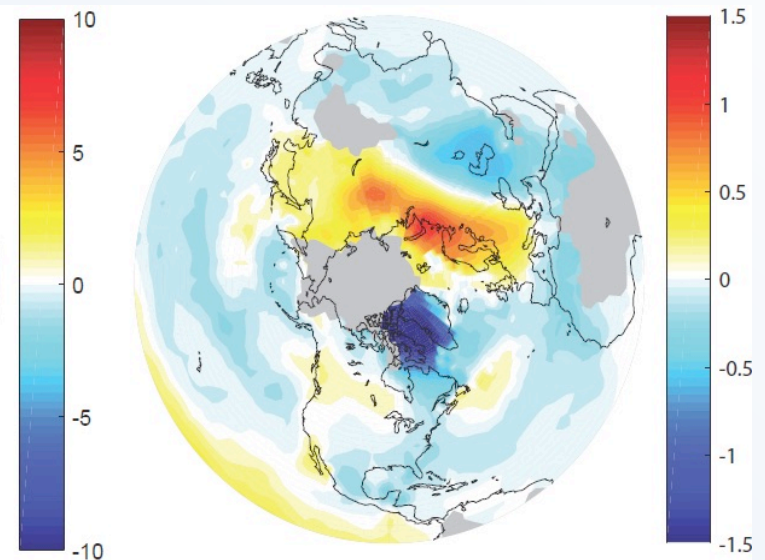
Positiivisen NAO:n mukainen lämpötilajakauma



Maanpinnan lämpötilojen vaihtelu hiukkasvuon mukaan.



Maanpinnan lämpötilat aurinkosyklin laskevalla kaudella.



AMOn vaihtelu 1880-2019

Atlantin pintalämpötilaa ja sen jakaumaa kuvataan AMO (Atlantic Multidecadal Oscillation) -indeksillä, joka vaihtelee n. 60-70 vuoden jaksolla.

