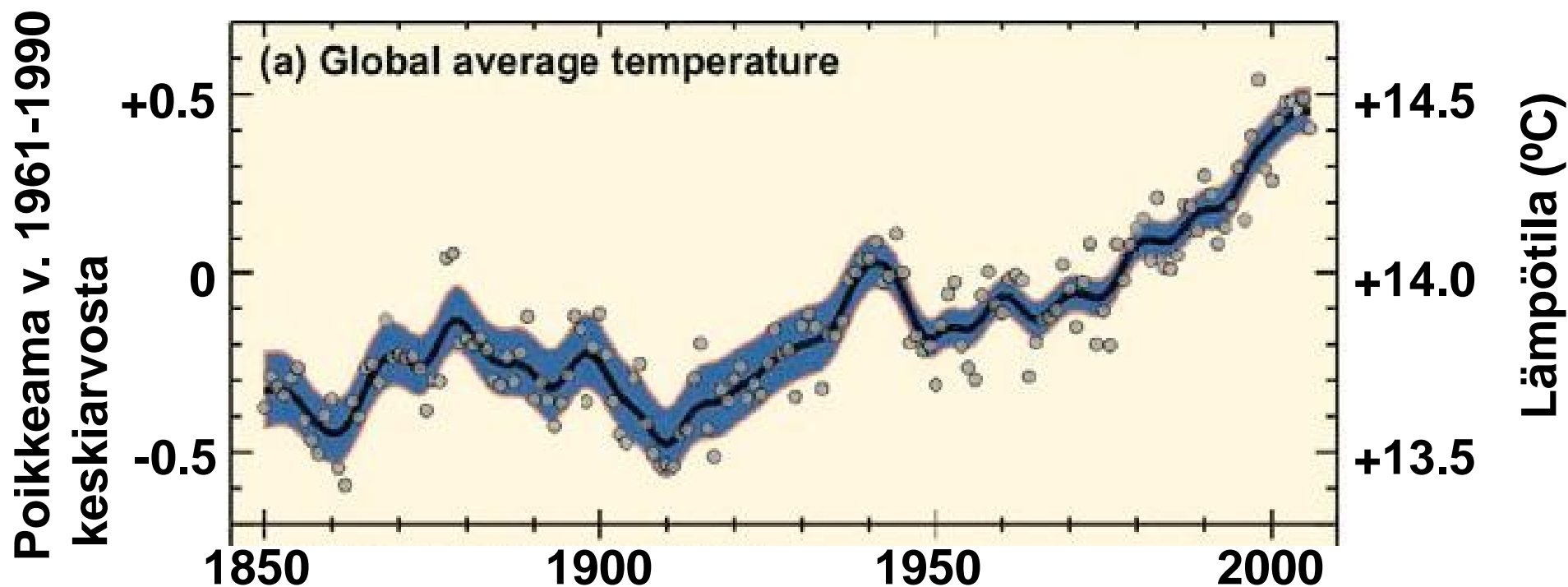


Mistä tiedämme ihmisen muuttavan ilmasto?

Jouni Räisänen,
Helsingin yliopiston fysiikan laitos
19.4.2010

Huono lähestymistapa



- (1) Maapallon keskilämpötila on noussut
- (2) Kasvihuonekaasut ovat lisääntyneet
- (1) + (2) → Kasvihuonekaasujen lisääntyminen lämmittää ilmasto!

Ei riitä! Vankempia perusteluja tarvitaan!!

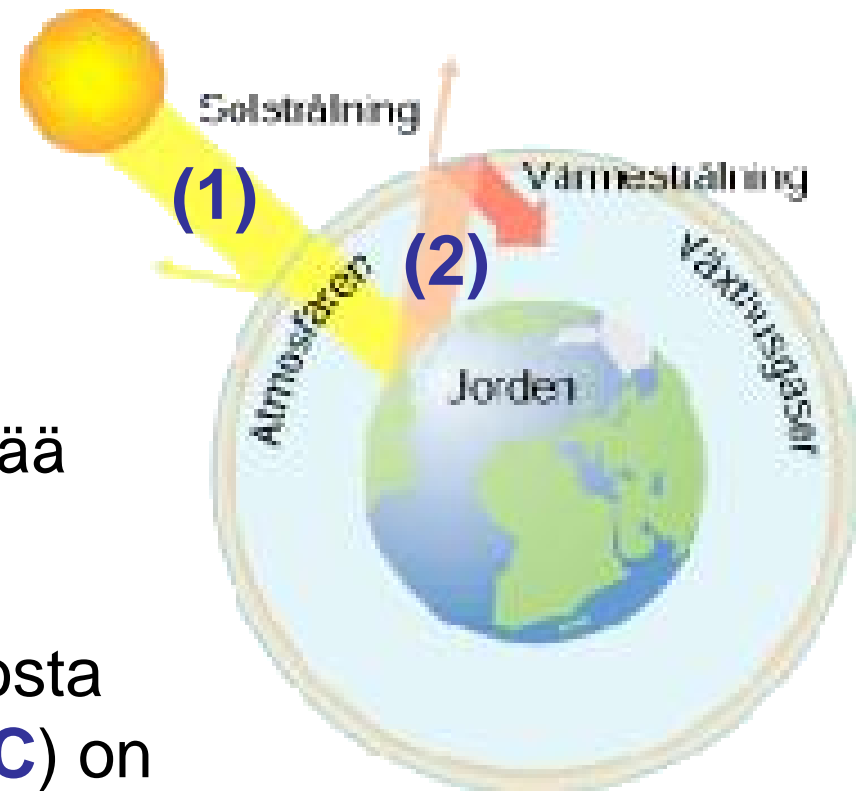
Luonnollinen kasvihuoneilmiö

Ilmakehä läpäisee auringonsäteilyä hyvin (1), mutta maanpinnan säteilemää lämpösäteilyä huonosti (2)

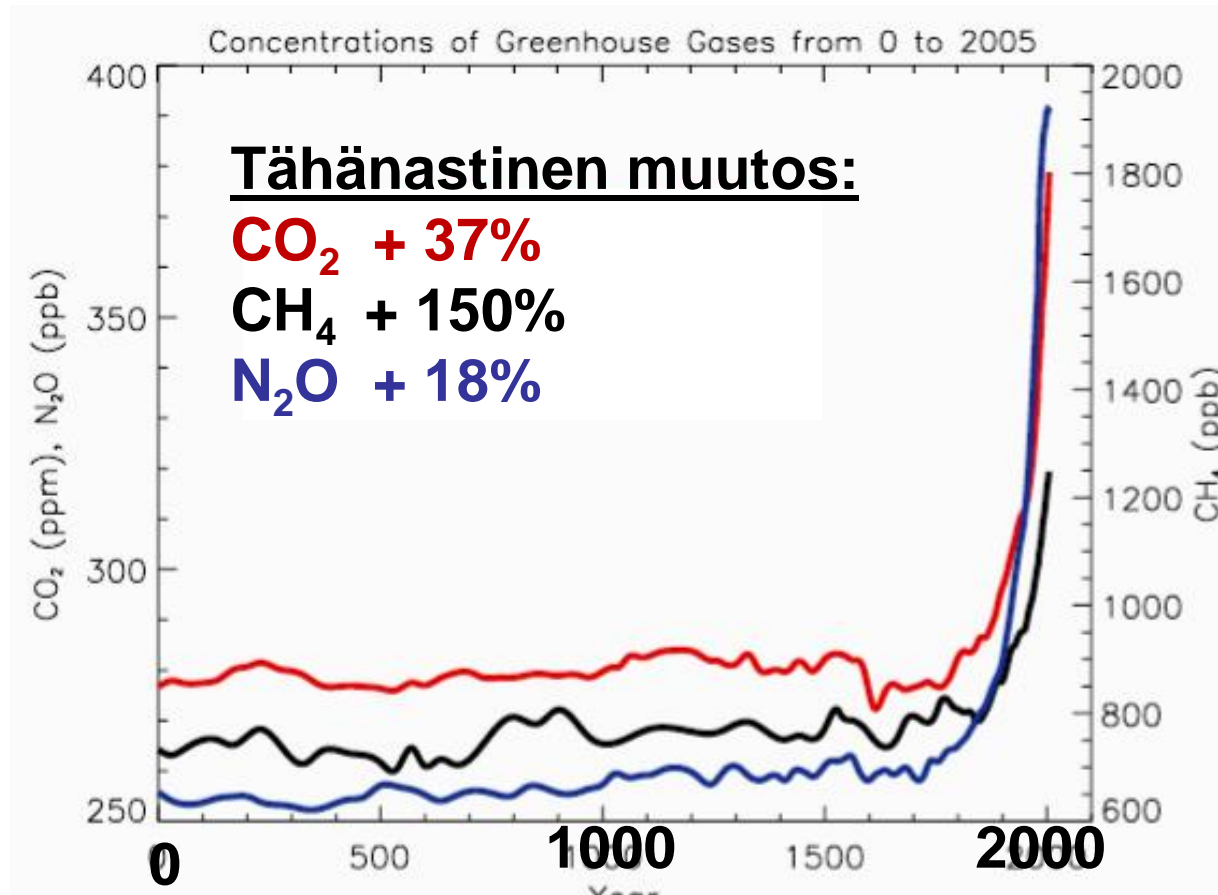
Luonnollisen kasvihuoneilmiön ansiosta maapallon pinnan keskilämpö (+14°C) on n. **32°C korkeampi** kuin se muuten olisi (-18°C)

”Syyllisiä” kasvihuoneilmiöön **kasvihuonekaasut**:

- vesihöyry (H₂O)
- hiilidioksidi (CO₂)
- metaani (CH₄)
- ilokaasu (N₂O)
- ym.



Kasvihuoneilmiön voimistuminen



- Ihmistoimet lisäävät monien kasvihuonekaasujen pitoisuuksia
- Tärkein hiilidioksidi (CO₂); pääsyy sen lisääntymiseen fossiilisten polttoaineiden käyttö
- **Voimakkaampi kasvihuoneilmiö → lämpimämpi ilmasto!**

Kuinka paljon kasvihuonekaasujen lisääntyminen lämmittää ilmasto?

- Jos vain lämpötila muuttuisi: CO₂-pitoisuuden kaksinkertaistuminen* nostaisi maapallon "tasapainolämpötilaa" noin **1.2°C**
- Tämä luku tunnetaan tarkasti (epävarmuus ±10%), koska säteilynkulun fysiikka tunnetaan hyvin
- **Palauteilmiöt mutkistavat tilannetta** → todellista lämpötilan muutosta ei ole helppo laskea!
 - Palauteilmiöiden yhteisvaikutus kuitenkin lähes varmasti ilmastonmuutoksia vahvistava

* *Tähänastinen kasvihuonekaasujen lisääntyminen vastaa vaikutukseltaan noin 70%:a CO₂-pitoisuuden kaksinkertaistumisesta*

Palauteilmiöitä

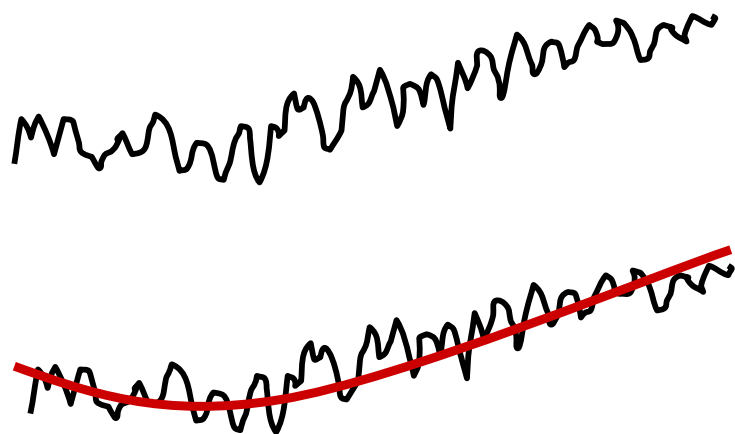
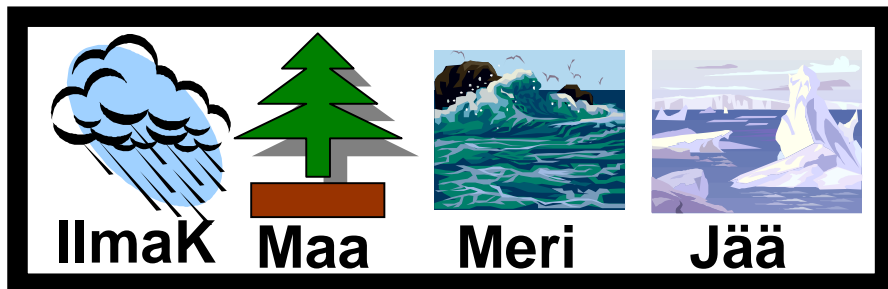
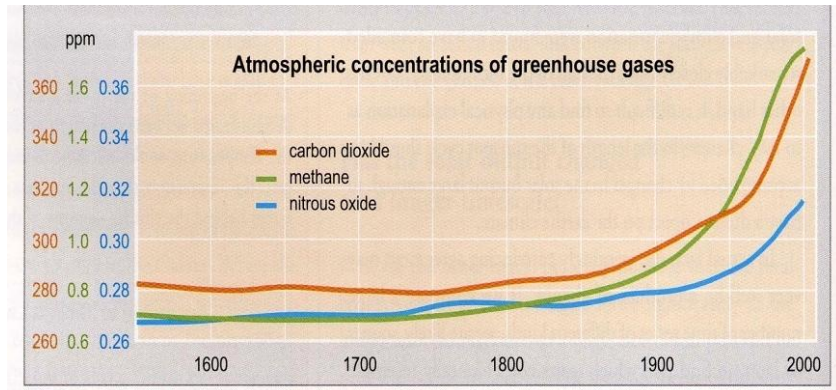
- **Vesihöyry (++)**
 - lämpimämpi ilmakehä → enemmän vesihöyryä → voimakkaampi kasvihuoneilmiö
- **Lumi ja jää (+)**
 - lämpimämpi ilmasto → vähemmän lunta ja jäätä → suurempi osa auringonsäteilyä imeytyy pinnalle
- **Pilvisyys (?)**
 - Pilvisyyden muutoksia vaikea ennustaa. Suurin ilmaston muuttumiseen liittyvä epävarmuus!?
- **Nykykäsityksen mukaan:** ilmaston todellinen "herkkyys" CO₂-pitoisuuden 2-kertaistumiselle **2-4.5°C** (paras arvio **3°C**)

Todellisuudessa otettava huomioon

- **Hiilidioksidi, metaani, ilokaasu ym.**
 - Ilmastoaa lämmittävä vaikutus
- **Pienhiukkasten lisääntyminen**
 - Jäähdyttävä vaikutus = kumonnet osan kasvihuonekaasujen lämmitysvaikutuksesta
 - Vaikutuksen suuruus tunnetaan huonosti
- **Luonnolliset tekijät**
 - Aurinko, tulivuoret, satunnainen ilmastonvaihtelu
- **Meriveden lämmittämiseen liittyvä viive**
 - Ilmastonmuutokset seuraavat ilmakehän koostumuksen muutoksia jälkijunassa

→ Ilmastomallilaskelmien tarve

Ilmastonmuutosten laskeminen ilmastomallien avulla



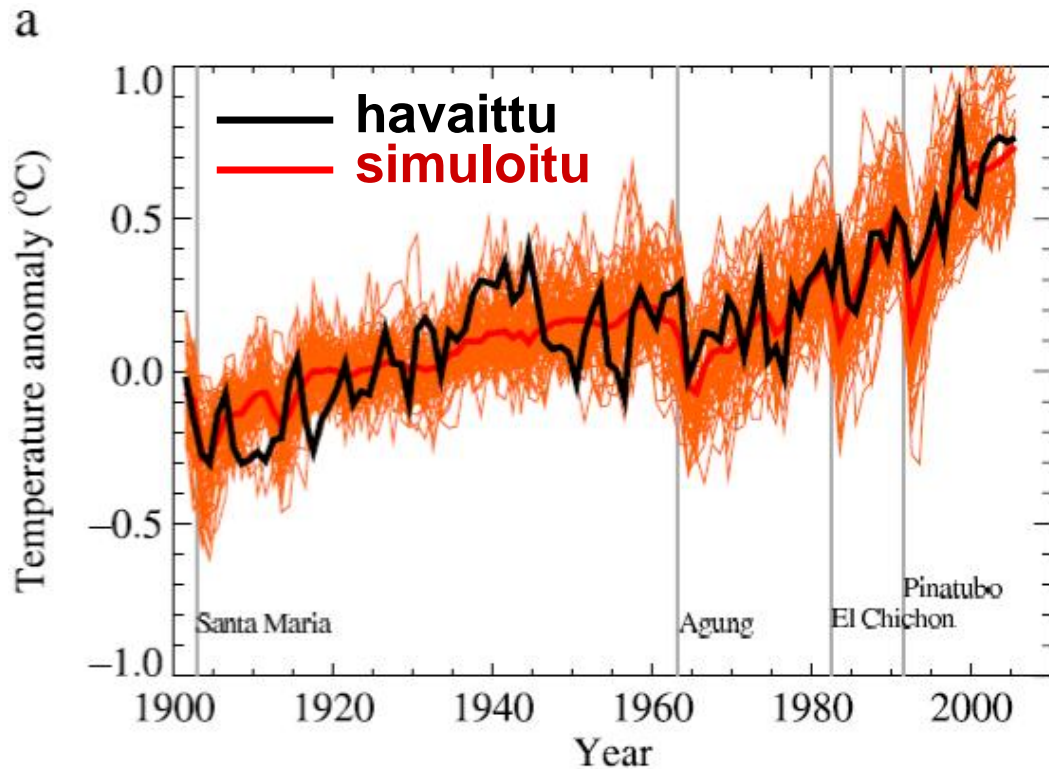
Ilmastoön vaikuttavat
ulkoiset tekijät (mm.
kasvihuonekaasupitoisuudet)
ajan funktiona

Ilmastomalli: Fysikaaliset
luonnonlait tietokoneohjelman
muodossa, niin hyvin kuin
osataan

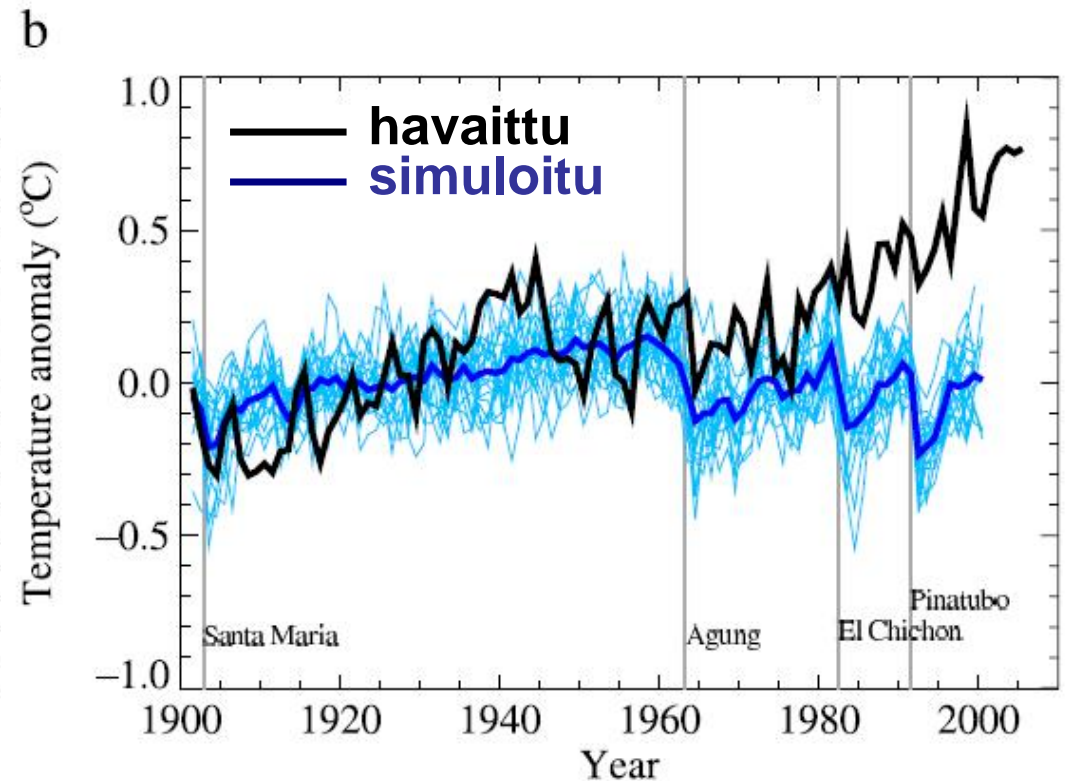
“Pitkä sääennuste”

Ilmasto = sään tilastolliset
ominaisuudet

Maapallon keskilämpötilan tähänastisten muutosten simulointi ilmastomalleilla



**Aurinko + tulivuoret + kasvihuone-
kaasut + aerosolihiukkaset**
(58 ajoa 14 eri mallilla)



Aurinko + tulivuoret
(19 ajoa 5 eri mallilla)

Syitä uskoa, että kasvihuonekaasujen lisääntyminen on lämmittänyt maapalloa

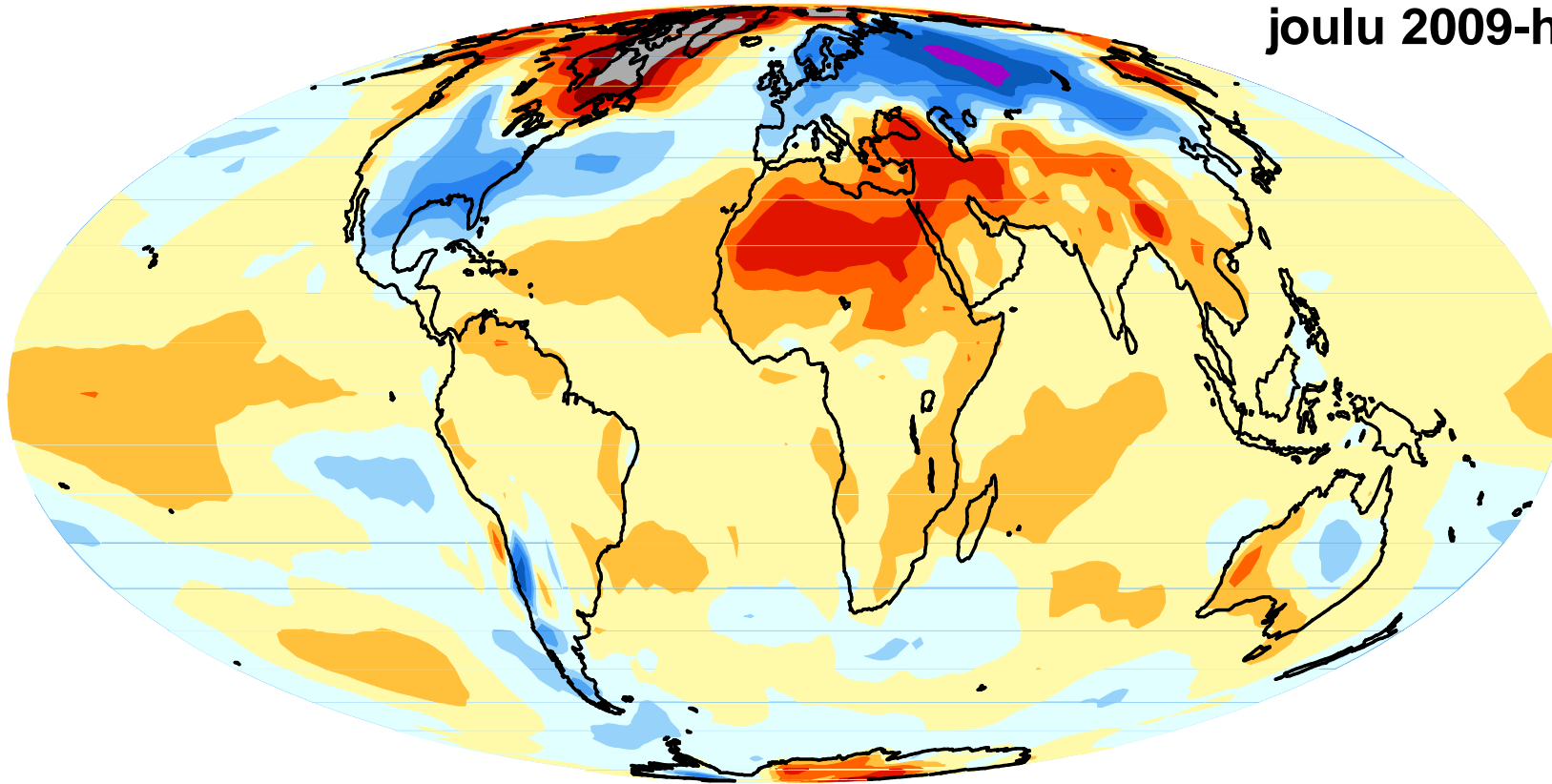
- **Fysikaalinen ymmärrys**
 - kasvihuonekaasujen lisääntymisen täytyy lämmittää ilmasto!
- **Havaittu muutos saadaan simuloitua vain, kun kasvihuonekaasujen lisääntyminen mukana malleissa**
 - auringon ja tulivuorten nettovaikutus viimeisten 50 vuoden aikana ilmeisesti ilmastoja jäähdyttävä, samoin pienhiukkasten
- **Lämpötila noussut lähes kaikkialla**
 - tuulioloihin ja merivirtoihin liittyvä ”satunnainen vaihtelu” lämmittää yhtäällä, jäähdyttää toisaalla

Voisiko lämpeneminen sittenkin olla luonnollista?

- **Kyllä, jos**
 - jokin vielä tuntematon luonnollinen tekijä vaikuttaisi ilmastoon paljon voimakkaammin kuin nyt uskotaan, **JA**
 - jokin tähän asti tuntematon vaimentava palauteilmiö rajoittaisi kasvihuonekaasujen lisääntymisen vaikutuksen paljon nykyisiä arvioita pienemmäksi
- **Kumpikin ehto yksinään epätodennäköinen!**
- **Molempien ehtojen samanaikainen toteutuminen vielä epätodennäköisempää!**

Talvi 2009-2010

Lämpötilan poikkeama
v. 1971-2000 keskiarvosta,
joulu 2009-helmi 2010



- Suomessa kylmää, mutta kaukana (3-5°C) ennätöksistä!
- Suurin osa maapallosta keskimääräistä lämpimämpi, paikoin hyvinkin paljon

V. 2007 IPCC-raporttien virheet

- **Yksi paha virhe:** ”Himalajan jäätiköt sulamassa v. 2035 mennessä”
 - Kaksi lausetta luvussa, joka käsittelee ilmastonmuutosten vaikutuksia Aasiassa
 - Raportin varsinaisessa jäätikköluvussa asia OK.
- **Toinen turhanpäiväinen virhe** (paljonko Hollannin pinta-alasta nykyisin merenpinnan alapuolella?)
- **Raportissa 2800 sivua** – tähän nähden virheitä löytynyt erittäin vähän.
- **Virheistä syytä ottaa oppia, mutta suhteellisuudentaju on hyväksi** – jopa julkisessa keskustelussa!