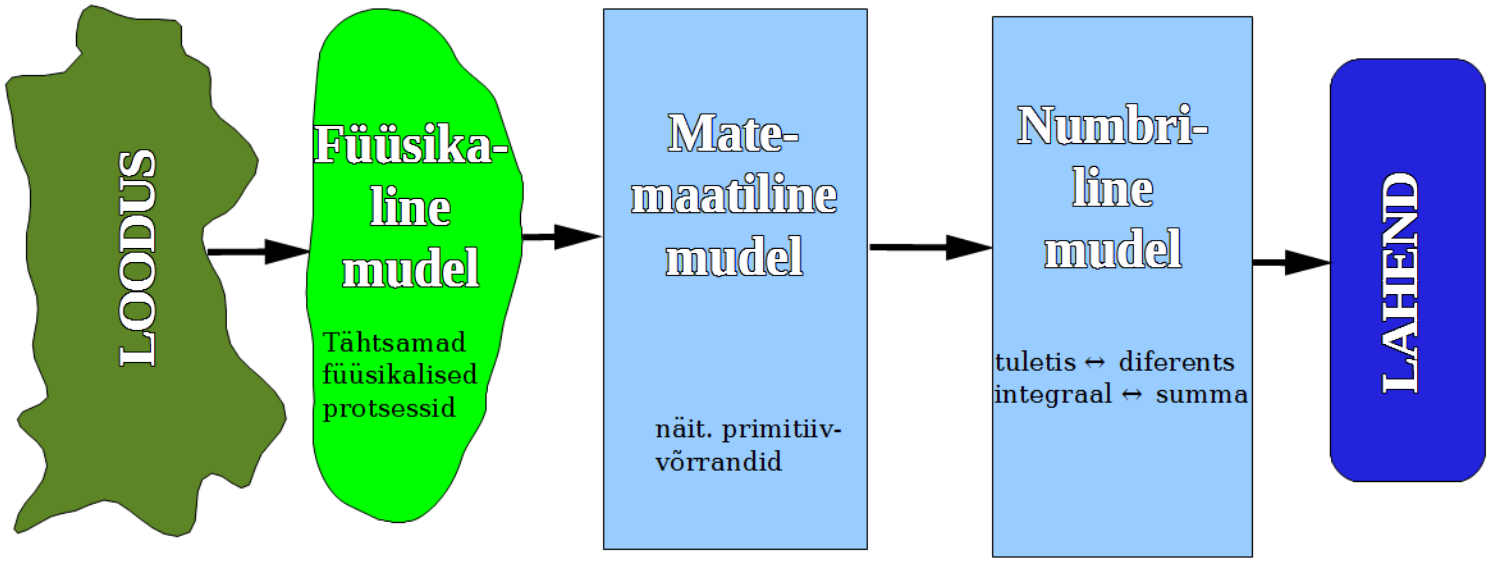
Mudelid üldiselt

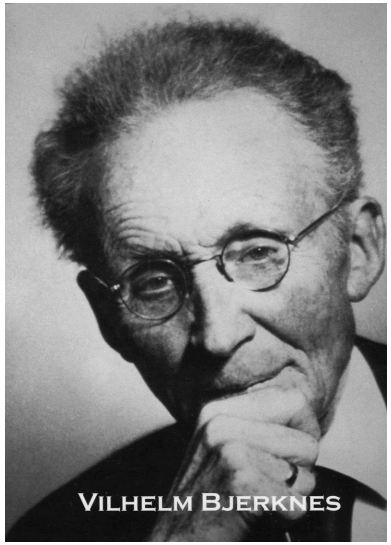
Euroopa Liit
Euroopa struktuuri- ja investeerimisfondid

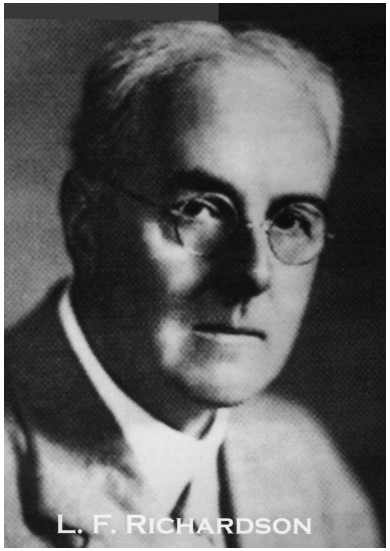
Eesti
tuleviku heaks



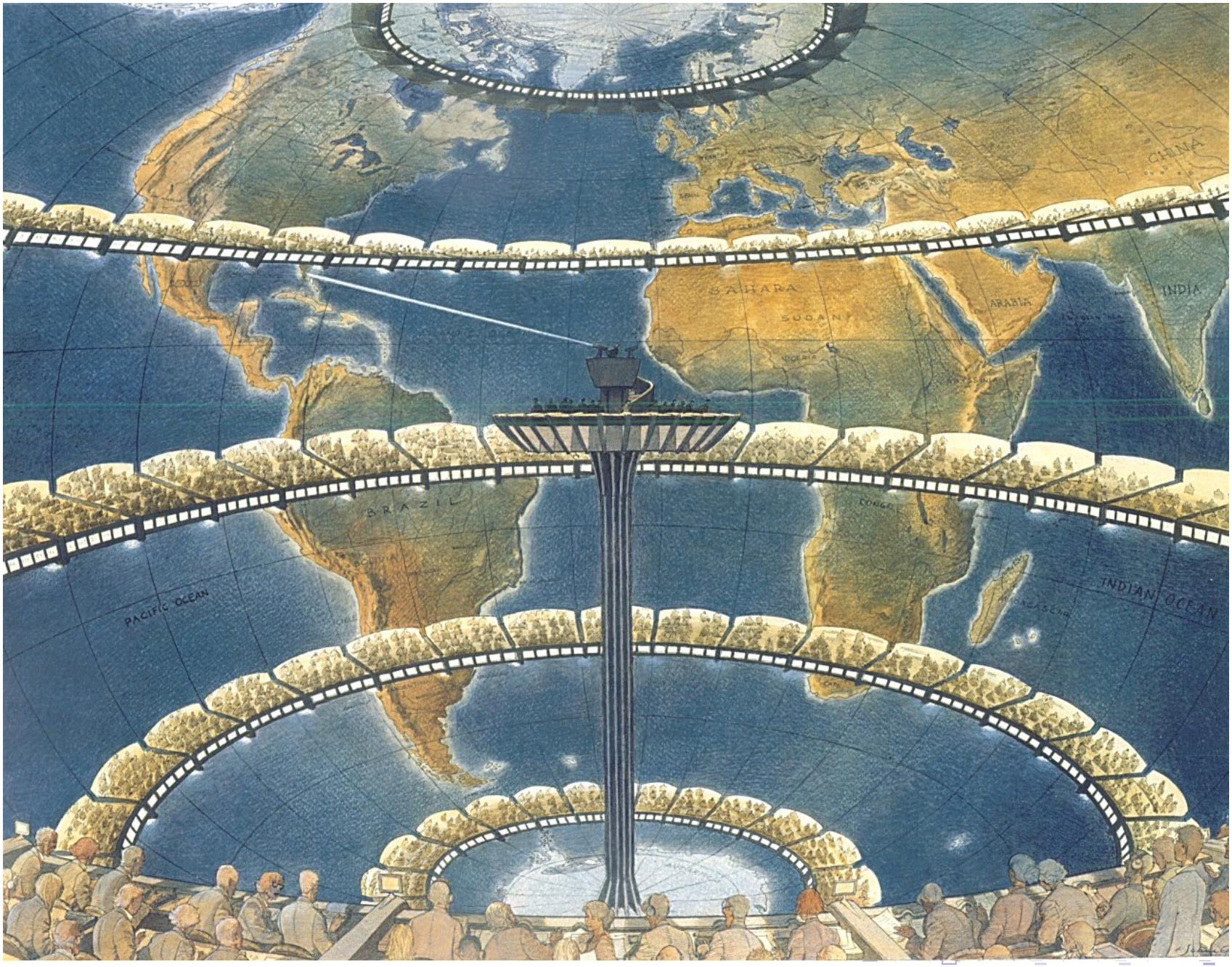
Atmosfääri modelleerimise koidik

- 1904 - V. Bjerknes esitas põhiidee, et ilmaennustus on matemaatiline probleem alg- ja ääreväärtustatud osatuletistega diferentsiaalvõrrandite süsteemi jaoks.
- 1910, 1922 - L. F. Richardson esitas idee, et hüdrodünaamika võrrandeid saab lahendada numbriliselt. Püüdis süsteemi ka ise käsitsi lahendada. Tulemuseks oli "plahvatus" 146 mb 6h kohta.
- 1950 - Esimesed arvutid. Üpriski lihtsustatud võrrandid (barotroopne mudel) andsid kasuliku ennustuse. Kasutati arvutit ENIAC. Charney, von Neumann, Fjørtoft



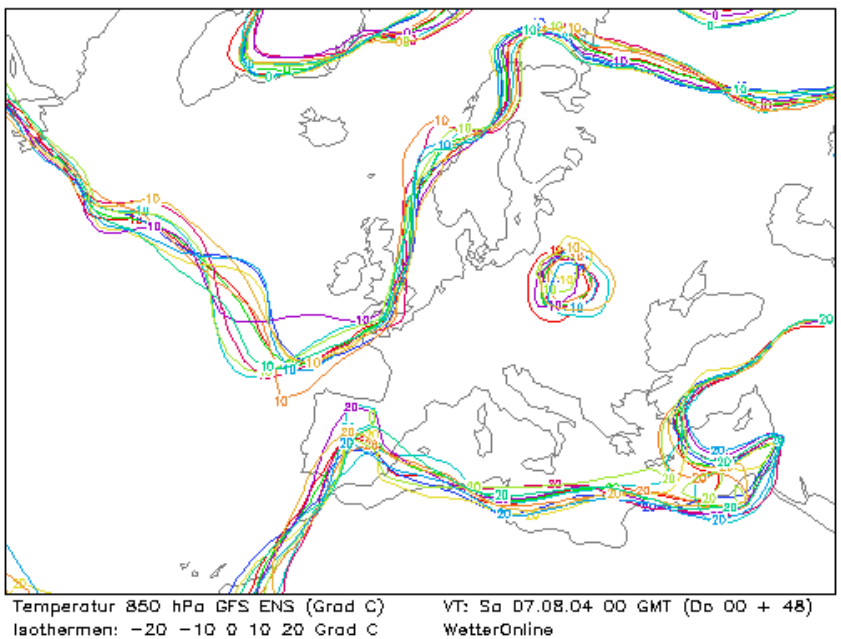


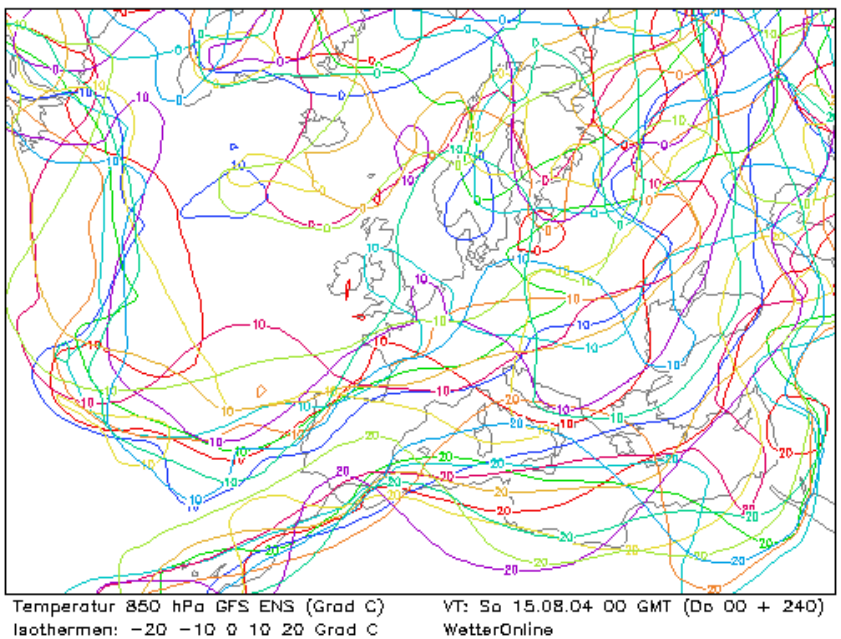
Richardsoni prognoosivabrik



Kaoseteooria sünd

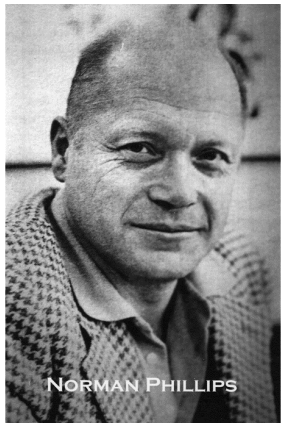
1963, 1965, 1968 – E. N. Lorenz tegi fundamentaalse avastuse: isegi täiuslike mudelitega ja täiuslike vaatlustega, seaks atmosfääri kaootiline olemus ilma ennustamisele lõpliku piiri - umbes kaks nädalat.

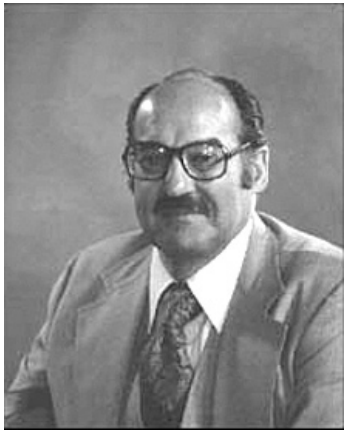


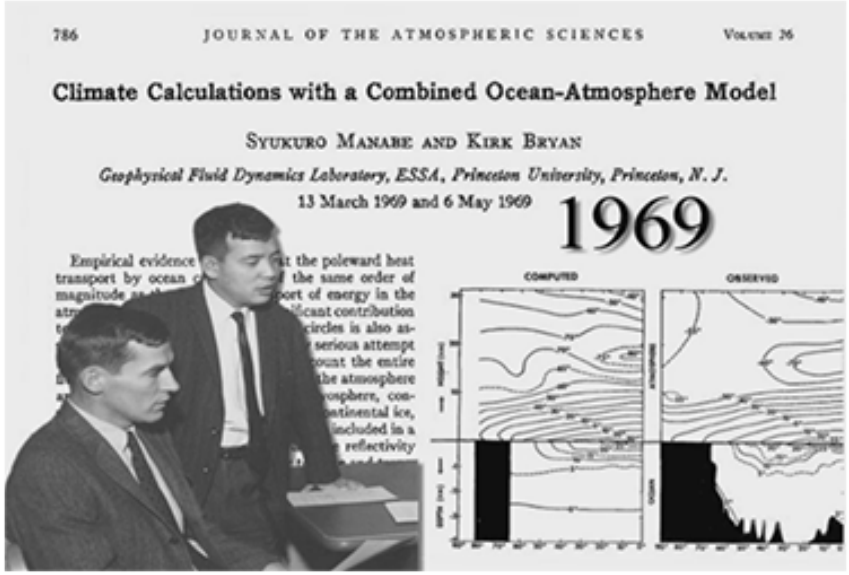


Kliima modelleerimine

- 1955,1956 Philips - numbriline eksperiment GCM-ga, mis sisaldas kiirgust
- 1955 US Weather Bureau loob General Circulation Research Section mida juhib J. Smagorinsky. Hiljem saab sellest Geophysical Fluid Dynamics Laboratory
- 1963 UCLA saab valmis globaalse 2-kihilise GCM (Mintz-Arakawa)
- 1965 Smagorinsky ja Manabe saavad valmis 9 kihilise poolkera GCM GFDL juures
- 1969 - AOGCM Manabe ja Bryan
- 1970, 1971 Manabe et al. eksperiment kahekordistatud CO_2






786 JOURNAL OF THE ATMOSPHERIC SCIENCES VOLUME 26

Climate Calculations with a Combined Ocean-Atmosphere Model

SYUKURO MANABE AND KIRK BRYAN

Geophysical Fluid Dynamics Laboratory, ESSA, Princeton University, Princeton, N. J.

13 March 1969 and 6 May 1969

1969

Atmosfääri numbrilised mudelid

$$\frac{dz}{dt} = w$$

$$n\frac{d\mathbf{v}}{dt} = -g\nabla z - nf\mathbf{i}^z \times \mathbf{v}$$

$$d\frac{dw}{dt} = g(1-n)$$

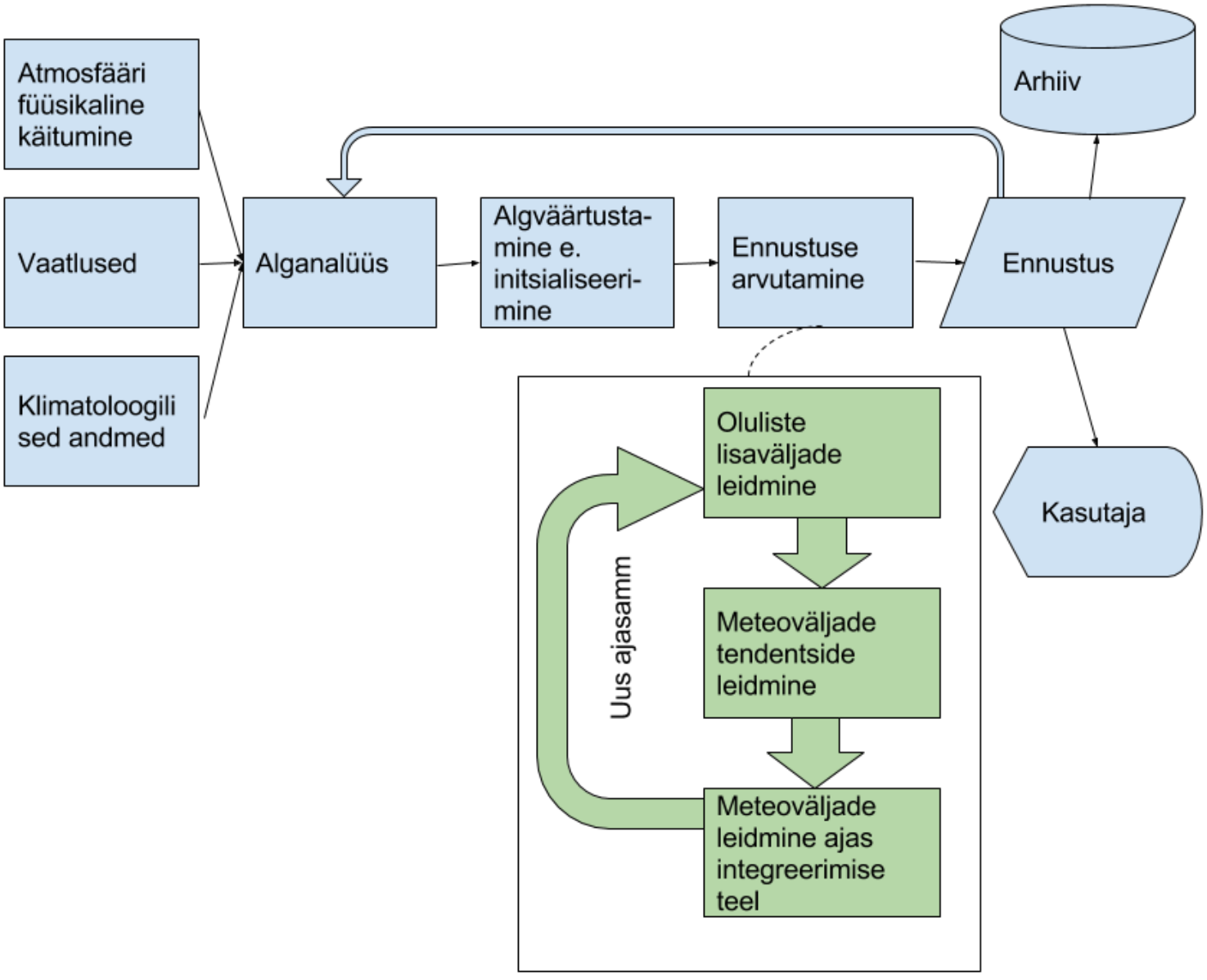
$$\frac{dT}{dt} = \frac{\varkappa T\omega}{p}$$

$$\frac{dn}{dt} + n\left(\nabla\cdot\mathbf{v} + \frac{\partial\omega}{\partial p}\right)$$

$$\frac{p}{H}\frac{\partial z}{\partial p} = -n$$

- Atmosfääriliikumised, mis kujundavad ilma, alluvad füüsikaseadustele
- Õhku on võimalik vaadelda vedelikuna
- Vedelike liikumist kirjeldab hüdrodünaamika võrrandite süsteem
- Kui algseis on teada, saab leida seisundi mingi aja pärast
- Võrrandisüsteem lahendatakse arvutitega

Numbrilise ilmaennustuse skeem

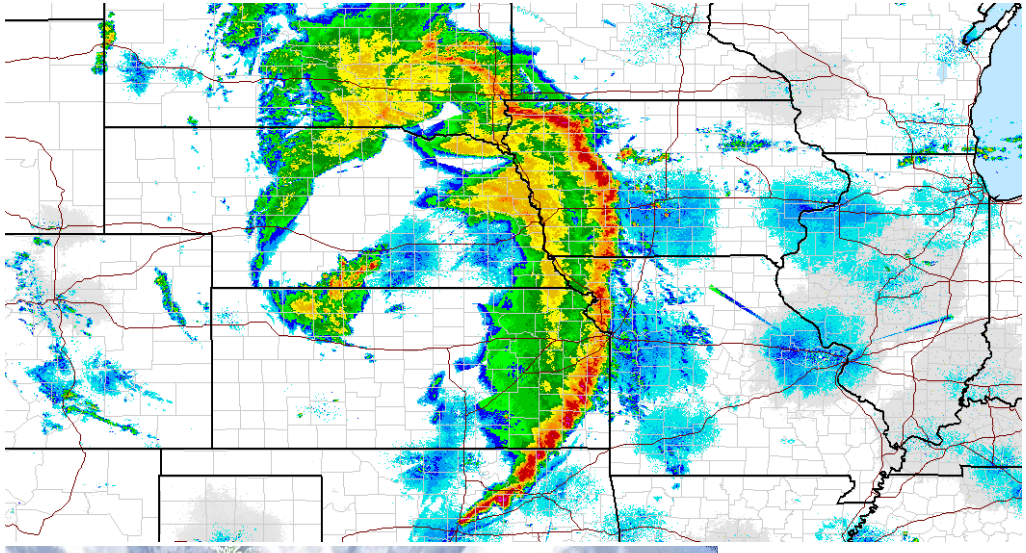


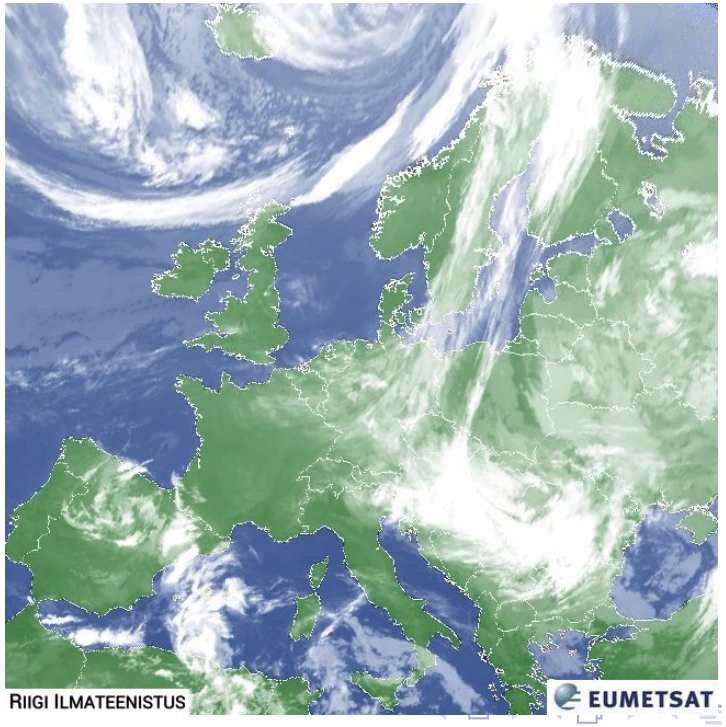
Prognoosi liigid ulatuse alusel

- Hetkennustus

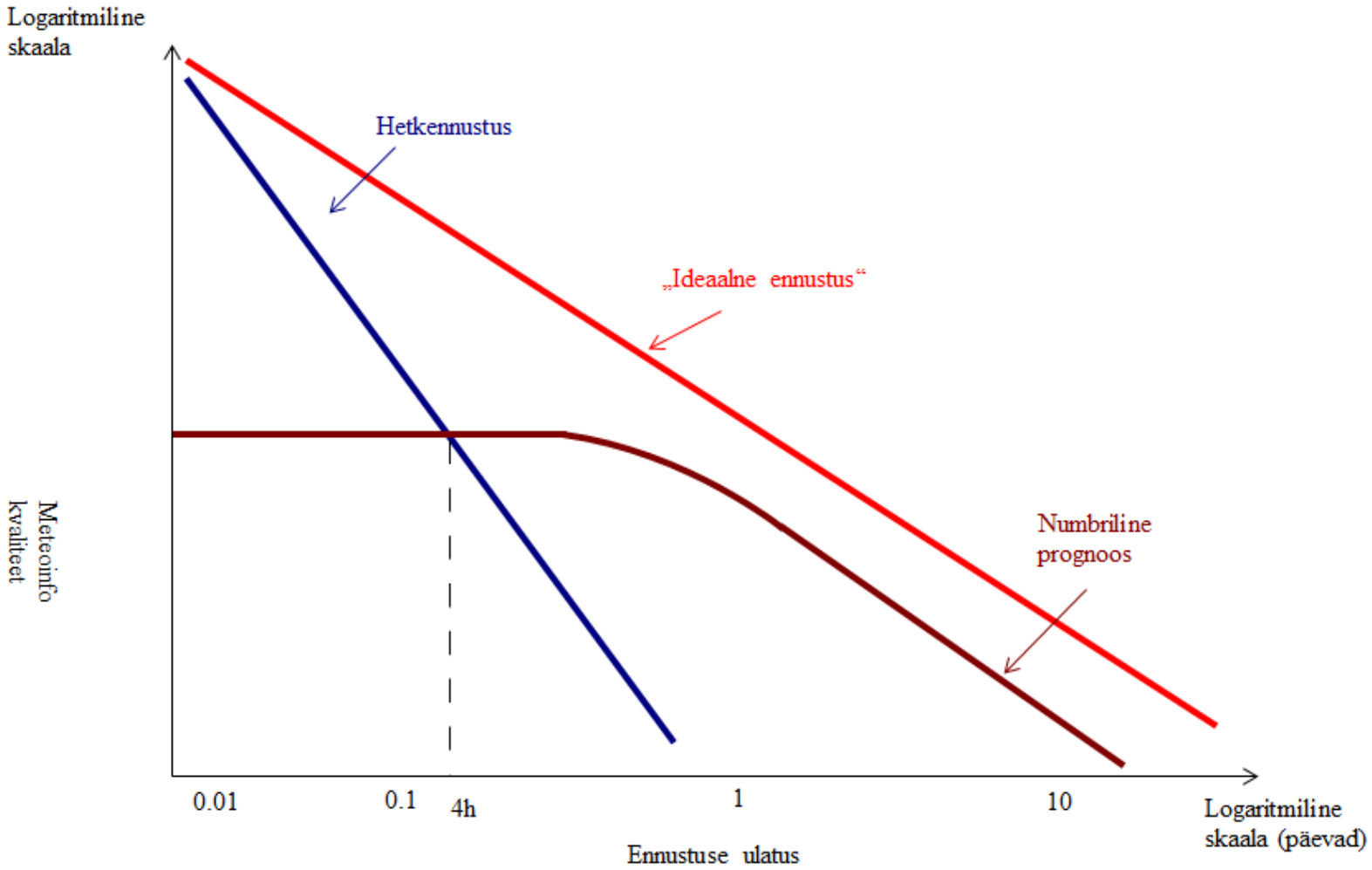
Hetkennustus (*nowcasting*)

- 6-12 h
- Baseerub radarite ja satelliitide piltide kiirtöötlusel – nn. ekstrapoleerimis-tehnikatel
- Oluline ekstreemsete nähtuste ennusatamisel ja lennunduse seisukohast.
- üsna lähedane hetkeolukorra analüüsiga





Hetkennustuste rakendusvaldkond



Prognoosi liigid ulatuse alusel

- Hetkennustus
- Lühiajalised ilmaprognoosid (kuni kolm päeva)
  - kuni kolm päeva;
  - piiratud ala mudelid;
  - peamiselt deterministlikud kuid ka ansambeltehnika leiab kasutust.

Globaalmudelid vs regionaalmudelid

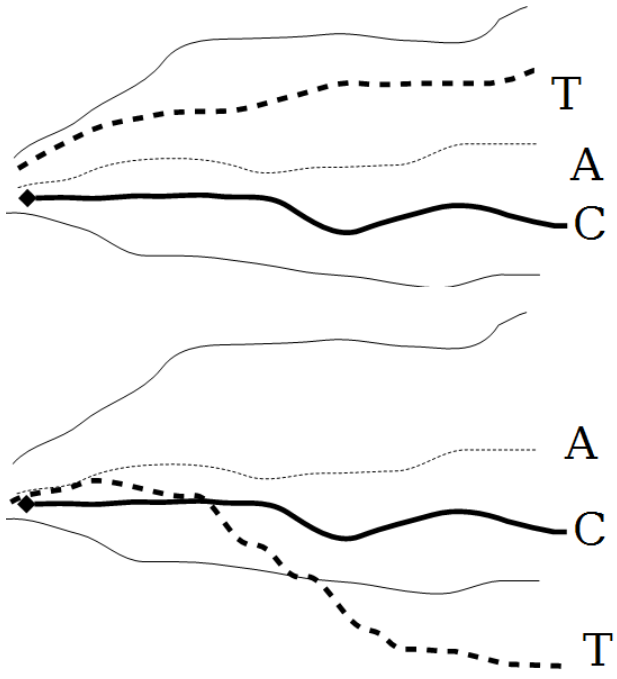
Prognoosi liigid ulatuse alusel

- Hetkennustus
- Lühiajalised ilmaprognoosid (kuni kolm päeva)
  - kuni kolm päeva;
  - piiratud ala mudelid;
  - peamiselt deterministlikud kuid ka ansambeltehnika leiab kasutust.
- Keskulatusega prognoosid
  - kuni kümme päeva;
  - globaalsed mudelid;
  - Ansambelennustused on primaarsed.

Ansambelennustus

Peamised eesmärgid:

- Pakkuda keskmistatud prognoosi, mis on parema kvaliteediga kui iga üksik prognoos, sest kõige ebatõenäolisemad situatsioonid keskmistuvad välja
- Pakkuda prognoosijale prognoosi paikapidavuse hinnangut
- Pakkuda tõenäosuslikule prognoosimisele kvantitatiivset baasi



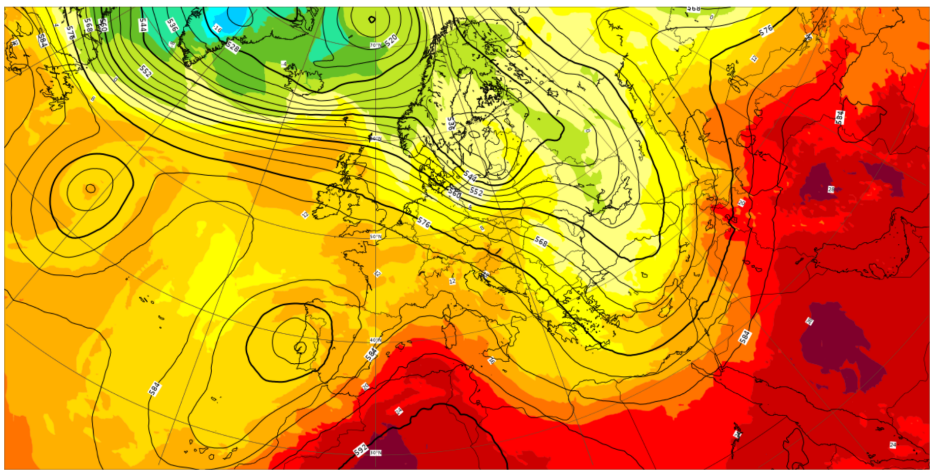
Ansambelennustus

ECMWF

`https://apps.ecmwf.int/webapps/opencharts`

Geopotential 500 hPa and temperature at 850 hPa

Base time: Fri 24 Sep 2021 00 UTC Valid time: Fri 24 Sep 2021 00 UTC - T+0 h Area : Europe



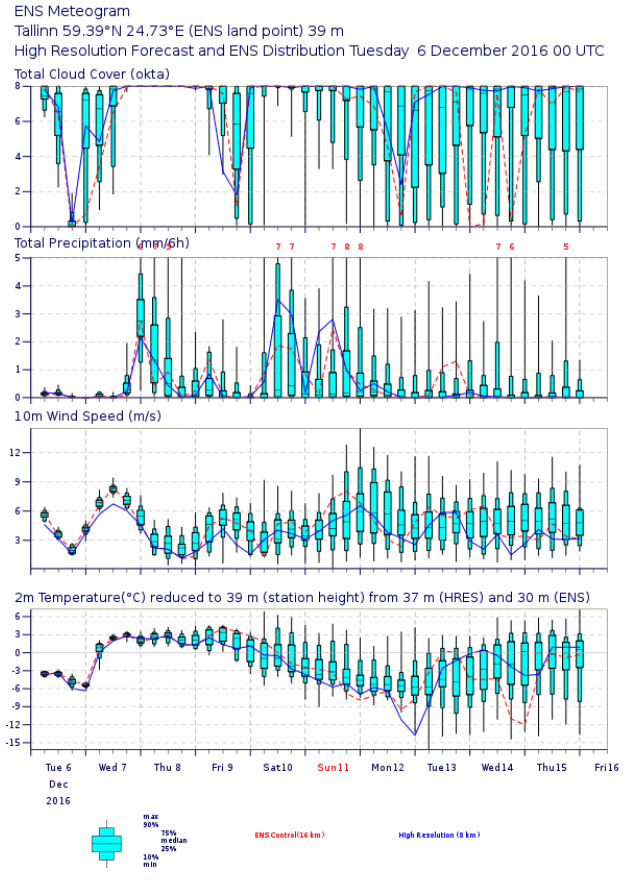
850 hPa temperature (C)

-80 -70 -60 -52 -48 -44 -40 -36 -32 -28 -24 -20 -16 -12 -8 -4 0 4 8 12 16 20 24 28 32 36 40 44 48 52 52

500 hPa geopotential (dm)

© 2020 European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF)
Source: www.ecmwf.int
Licence: CC-BY-4.0 and ECMWF Terms of Use(https://apps.ecmwf.int/datasets/licences/general/)

ECMWF

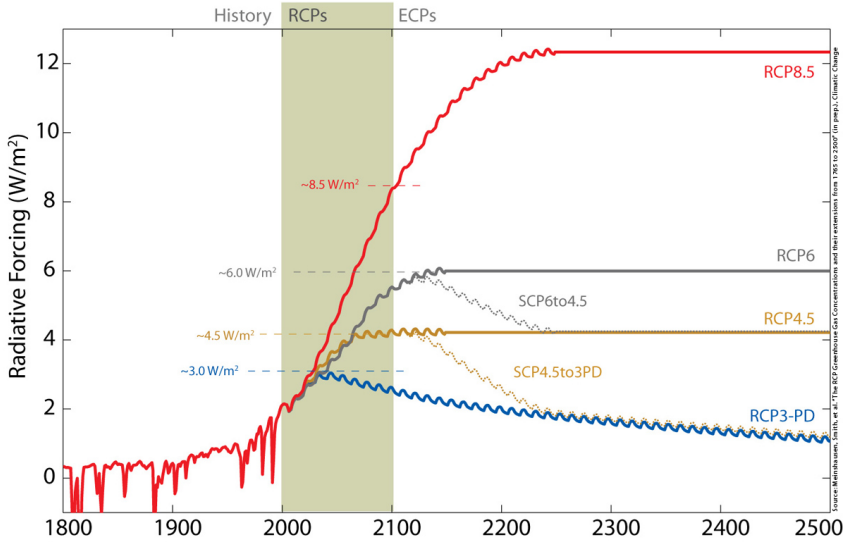


Prognoosi liigid ulatuse alusel

- Hetkennustus
- Lühiajalised ilmaprognoosid (kuni kolm päeva)
  - kuni kolm päeva;
  - piiratud ala mudelid;
  - peamiselt deterministlikud kuid ka ansambeltehnika leiab kasutust.
- Keskulatusega prognoosid
  - kuni kümme päeva;
  - globaalsed mudelid;
  - Ansambelennustused on primaarsed.
- kuu- ja sesoonsed prognoosid
  - ansambelprognoosid;
  - kesklaiustel õnnestub klimatoloogiat üle mängida kuni kaks nädalat;
  - peamiselt troopika tarvis;
  - El Nino tüüpi sündmuste prognoosimisel edasiminekuid;

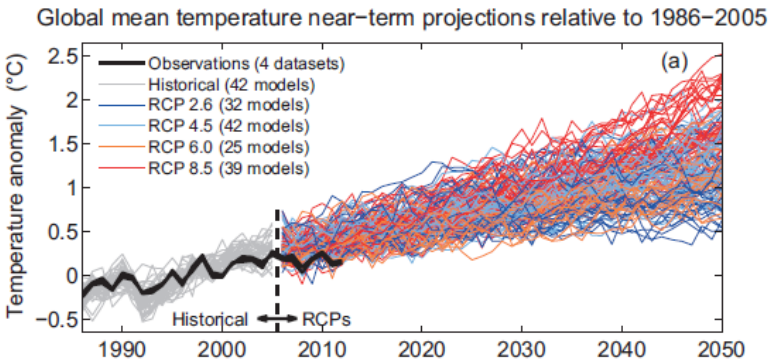
Mis teeb kliimamudeli eriliseks?

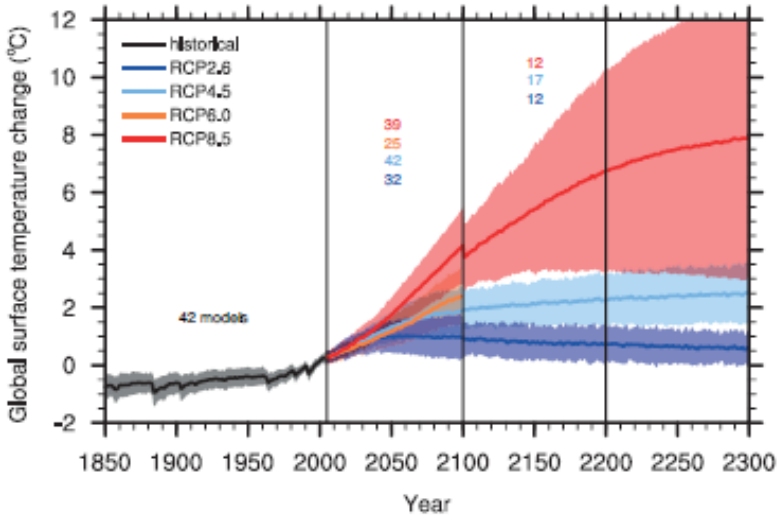
- Kliimamudelid hoolivad vähe algtingimustest kuid neile on olulised ääretingimused.
- Väga pikad arvutusperioodid.
- Kliimat ei ennustata vaid mängitakse läbi stsenaariume,tehakse projektsioone.
- Kliimale on omane muutlikkus - anomaaliad ja fluktuatsioonid.
- Kliimamudelite kvaliteeti hinnatakse mineviku aegridade peal, kuid oluline pole päev päevalt kokkulangevus vaid statistiliste hinnangute(keskmised, ekstremaalsed väärtused) kokkulangevus tegelikkusega.
- Kaasajal ESM - Earth system model, atmosfäär koos ookeani, krüosfääri ja biosfääriga.



Meinshausen et al., (2011)

Tulevikuprojektsioonid





IPCC WG1AR5, (2014)