Klímaváltozások és az aktivista ész kritikája

Rácz Zoltán

Institute for Theoretical Physics
Eötvös University
E-mail: racz@general.elte.hu
Homepage: general.elte.hu/~racz

Problémakör:

Változások nagysága és időskálája.
Mi a szokatlan? Mi a veszélyes?
Tudomány és társadalom: az aktivisták.

Kérdések:

Mi hajtja a klímát meghatározó folyamatokat?
Energia- és energiaáram-skálák.
A jégkorszakok problematikája.

Modellek:

Galilei és a konszenzus a pápával.
Kepler és Newton - a mechanika modellje.
A klímamodellek problémái
Üvegház jelenség és felhőképződés.

Epilógus:

Aktivisták, a véleményváltás valószínűsége,
avagy léteznek-e boszorkányok?

.

Amit elődeink nem láthattak

A Boreális erdő (taiga) szépsége:

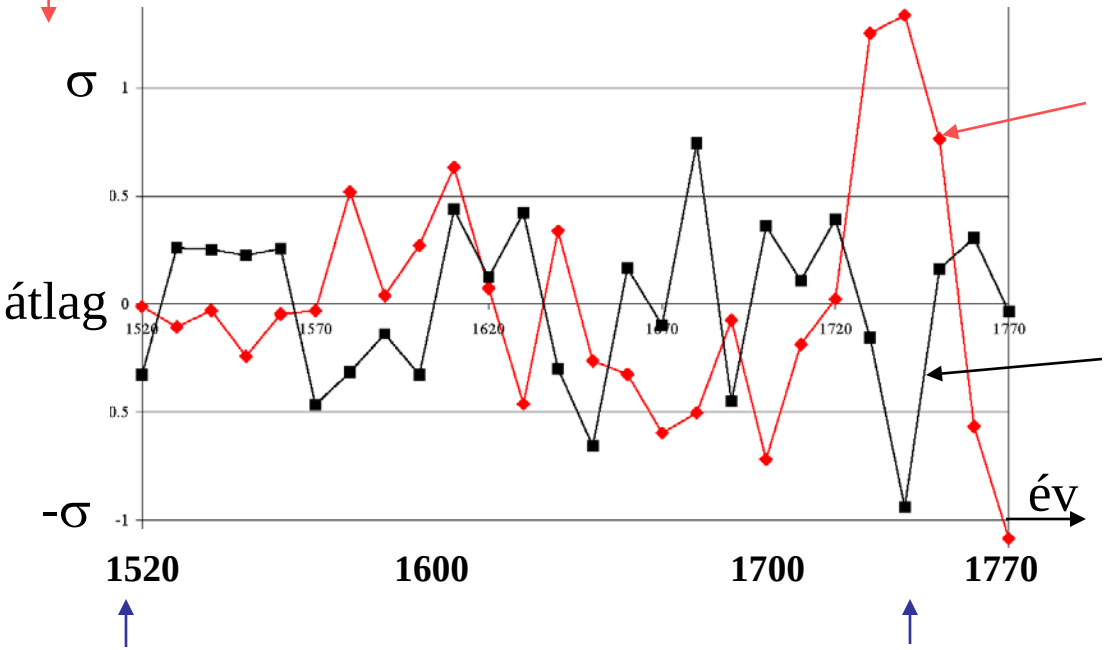
kb. 8-12000 éve alakult ki

Boszorkányok és a kis jégkorszak

W. Behringer: Witches and Witch-Hunt, A Global History (Cambridge, 2004).

E. Oster, J. Econ. Perspectives (2004).

Pápai bulla (1484):
Boszorkányok képesek időjárásváltozást okozni.



~ elégetett boszorkányok száma

~ hőmérséklet eltérése az átlagtól

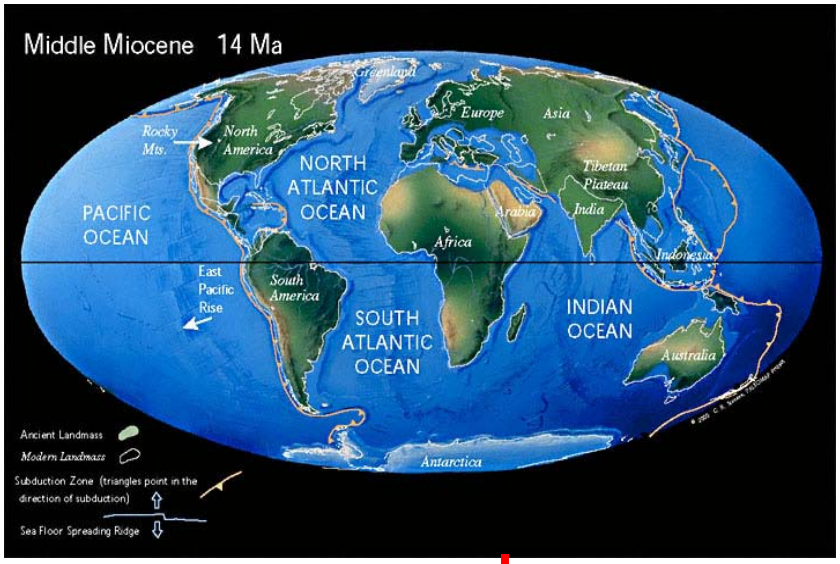
L. Reynmann (1514)
Von warer erkantnus des Wetters
(Igaz ismeretek az időjárásról)

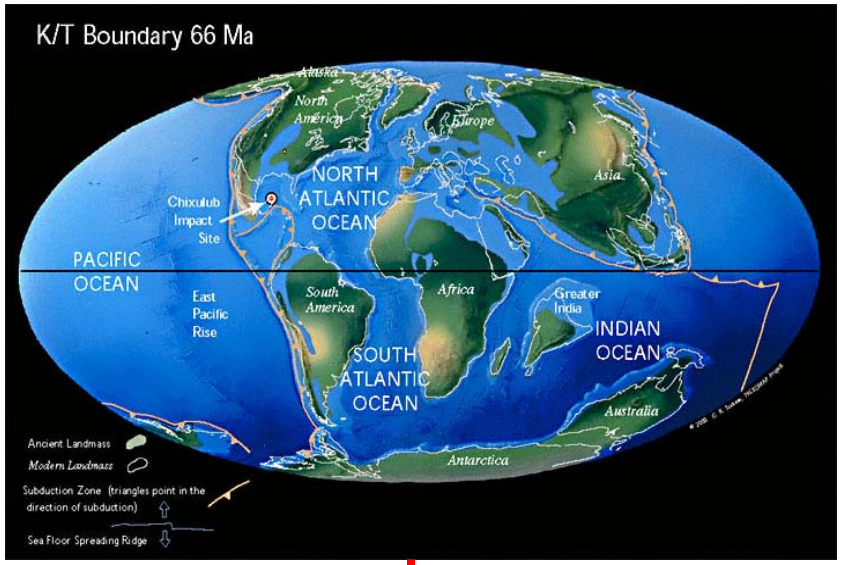
Mária Terézia
Tisza szabályozása
Balaton lecsapolása

Következtetések:

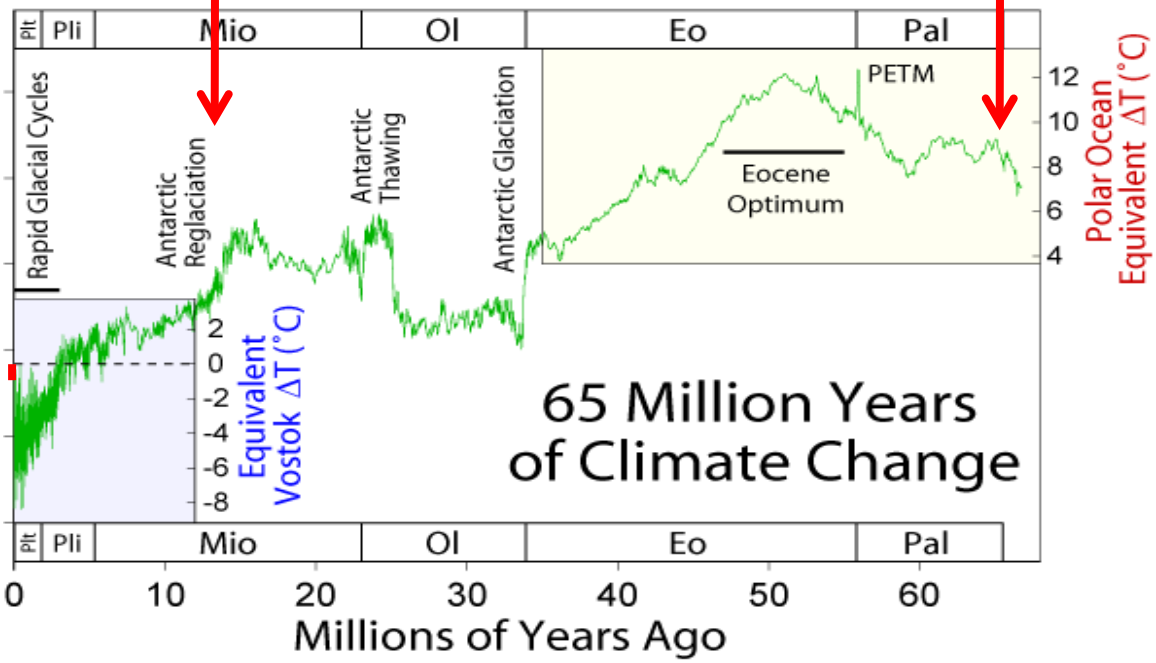
Boszorkányokról
Klímakontrollról
Központi beavatkozásról
Racionalitásról
Statisztika problémáiról

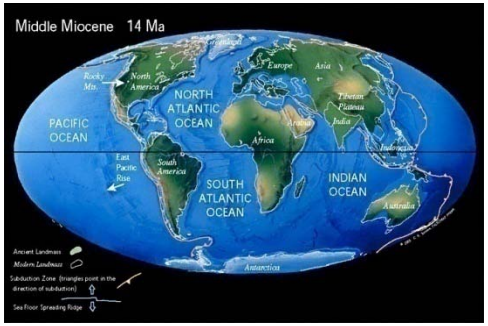
Kontinensvándorlások és klímaváltozások





jelenleg →



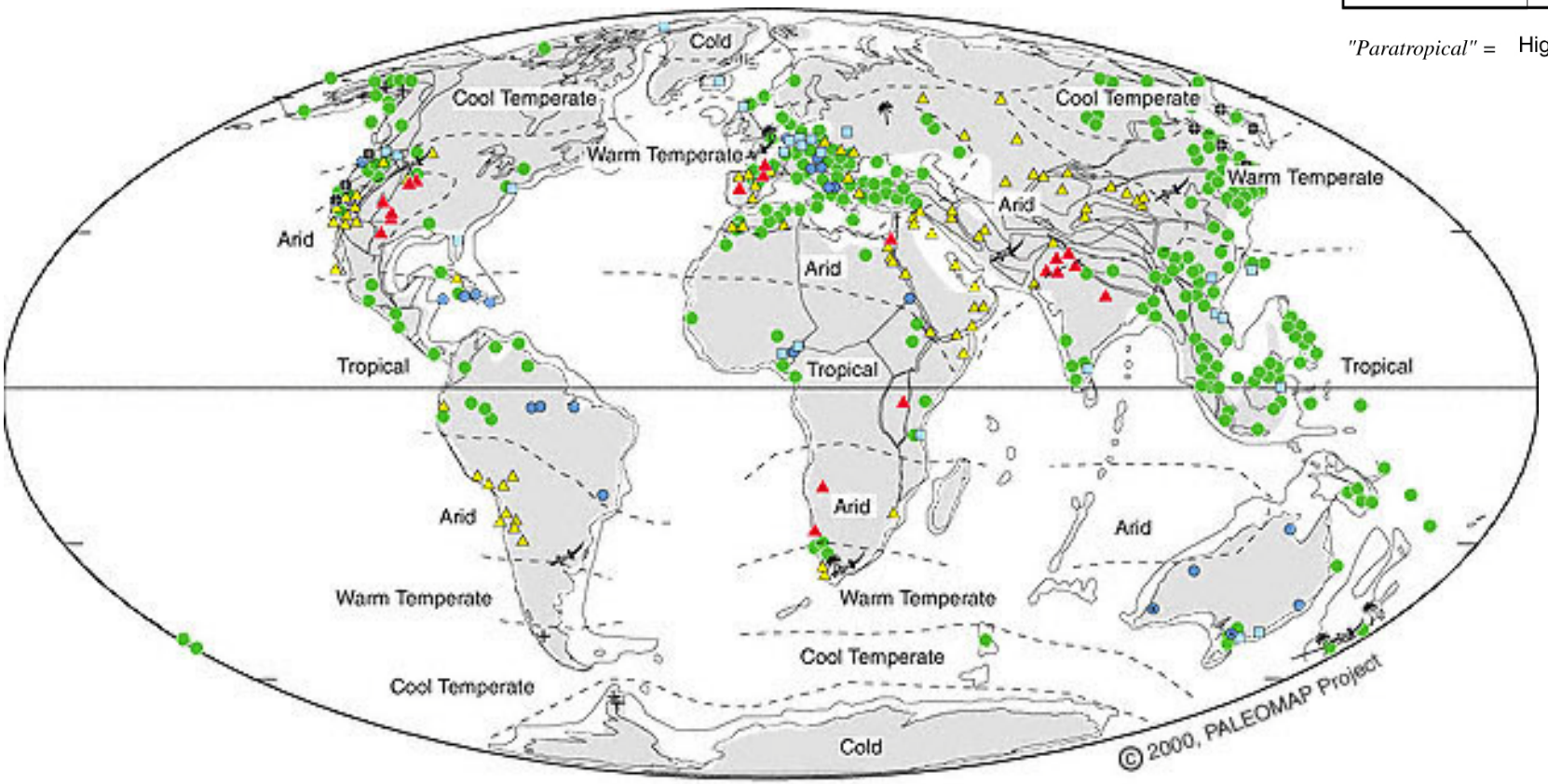


14 millió évvel ezelőtt

LEGEND

	WARM	COOL
WET	*Tropical* Coal Bauxite Laterite	*Cool Temperate* Coal & Tillites
	Warm Temperate Kaolinite (& coal & evaporite) Crocodiles Palms & Mangroves	
DRY	*Arid* Evaporite Calcrete	*Cold* Tillite Dropstone Glendonite

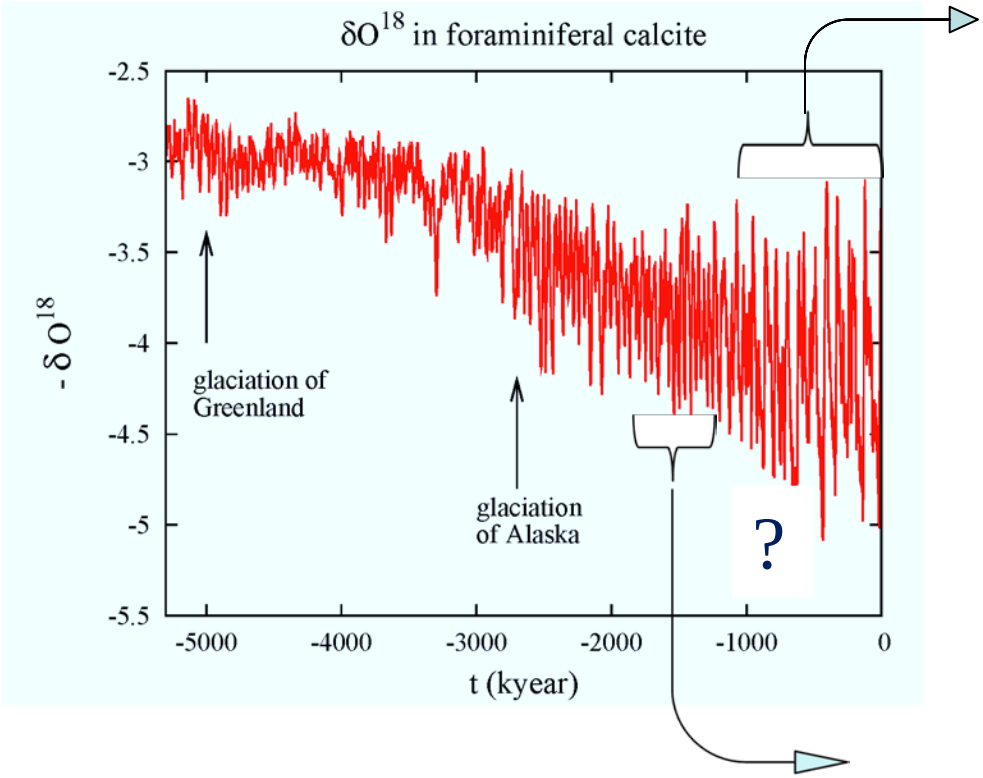
"Paratropical" = High Latitude Bauxites

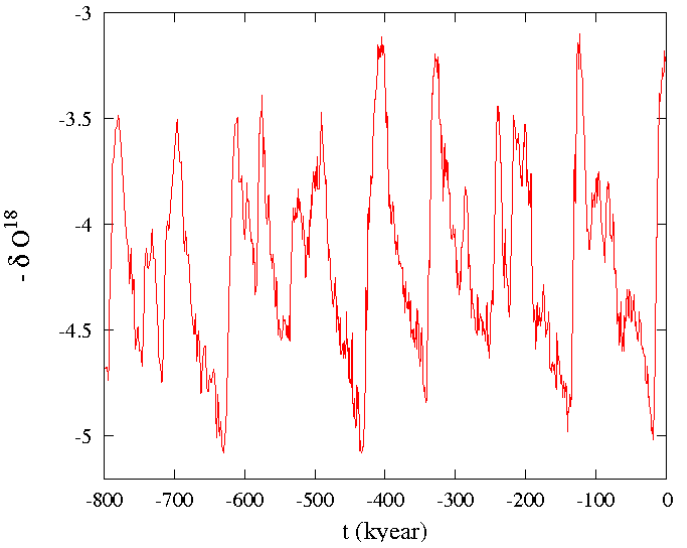


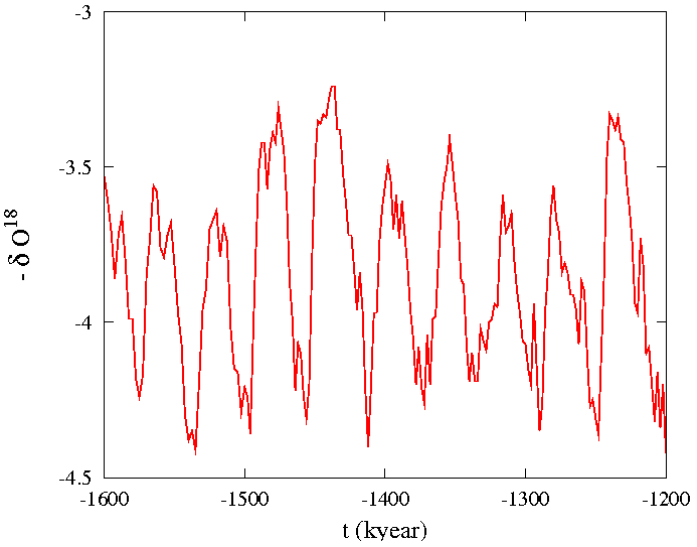
Miocene

Az utolsó 5 millió év

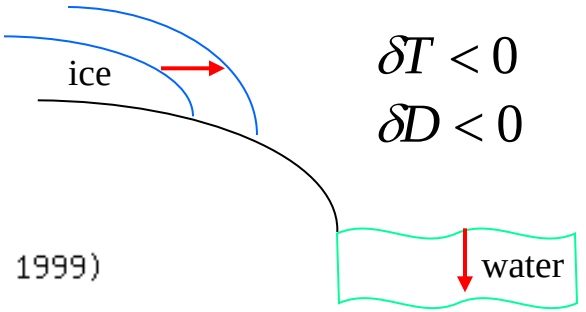
M.E. Raymo and K. Nisancioglu,
Paleoceonography, **20**, PA1003 (2003)





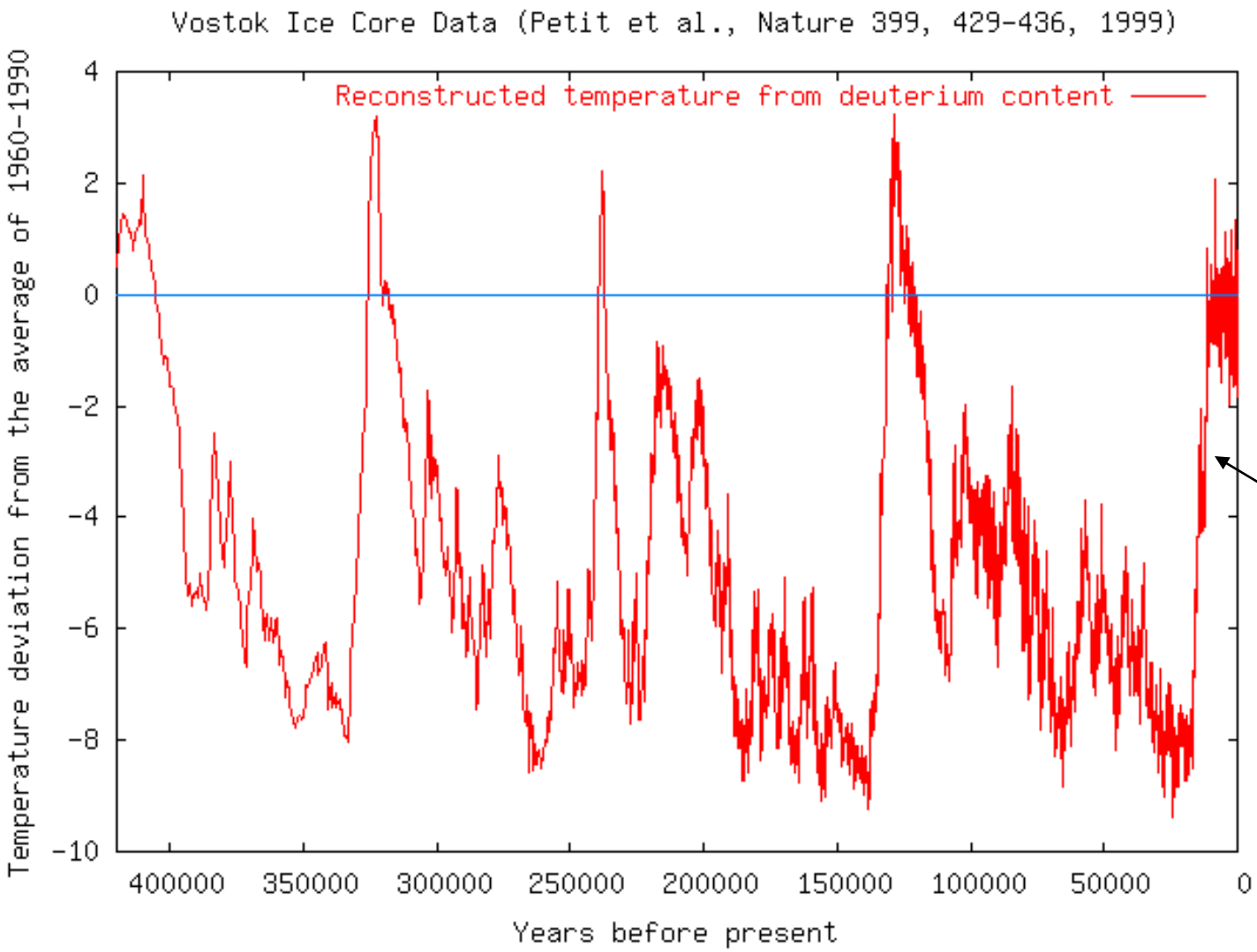


Az utolsó 430 ezer év



$\delta T < 0$

$\delta D < 0$

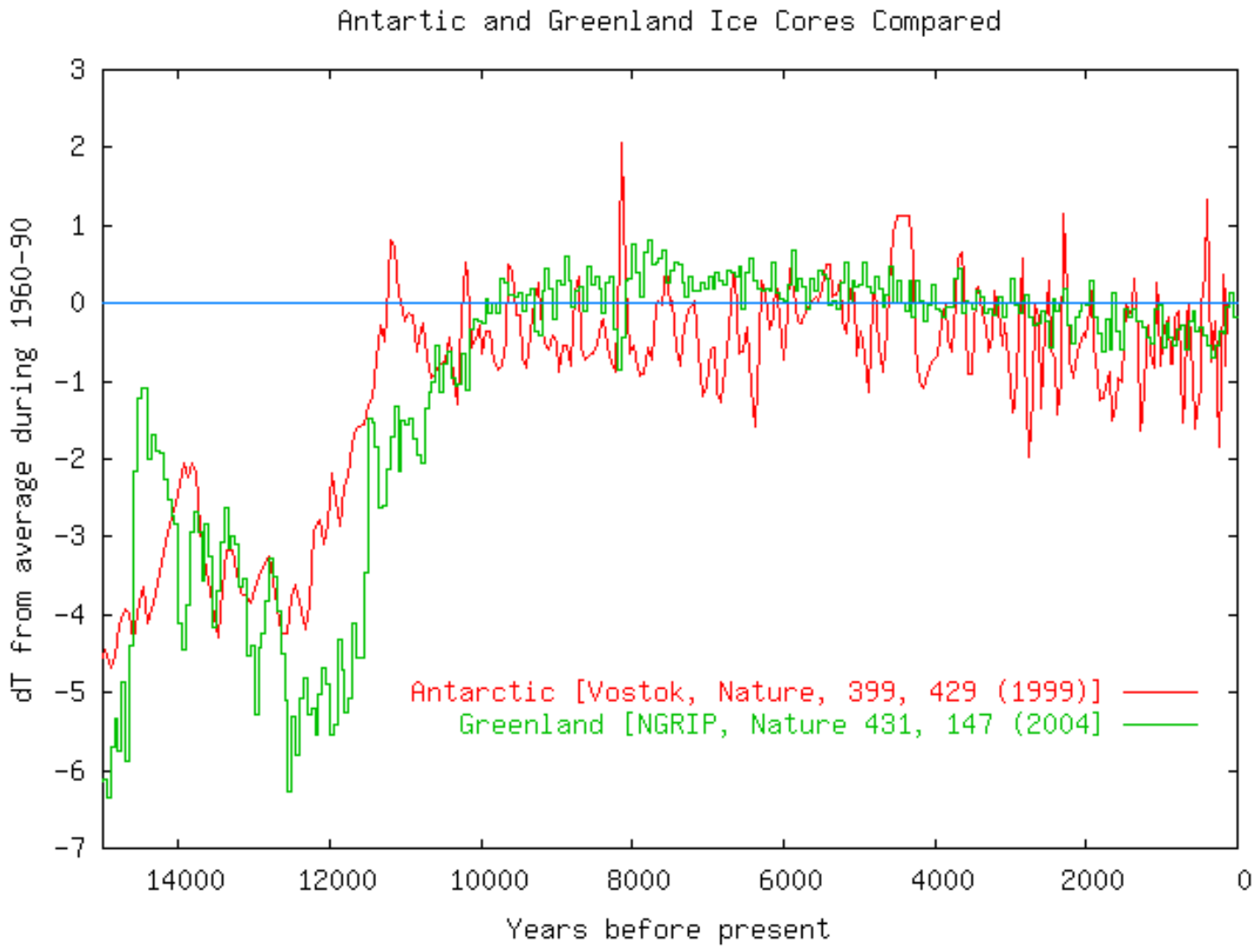


Lassú hűlés

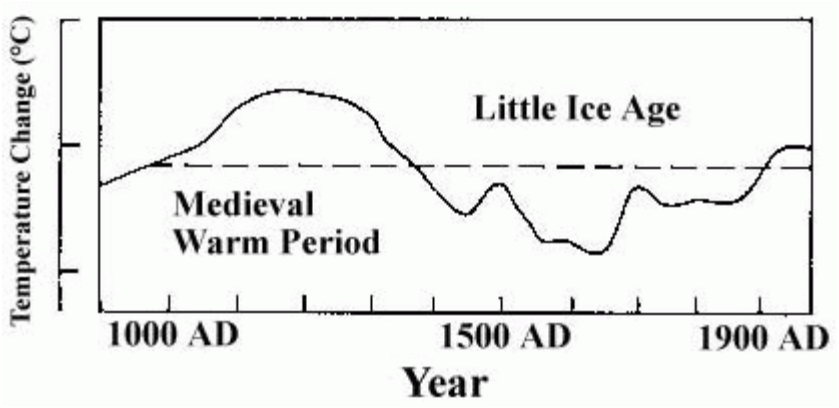
Gyors melegedés (alacsony T-ről indulva!)

$\Delta T > 6^{o}C / 50y$

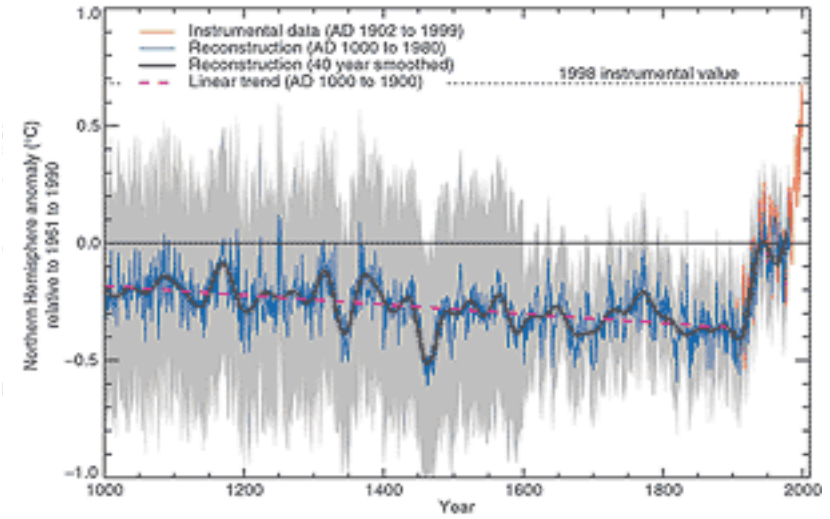
Az utolsó 15 ezer év: észak és dél közötti különbség



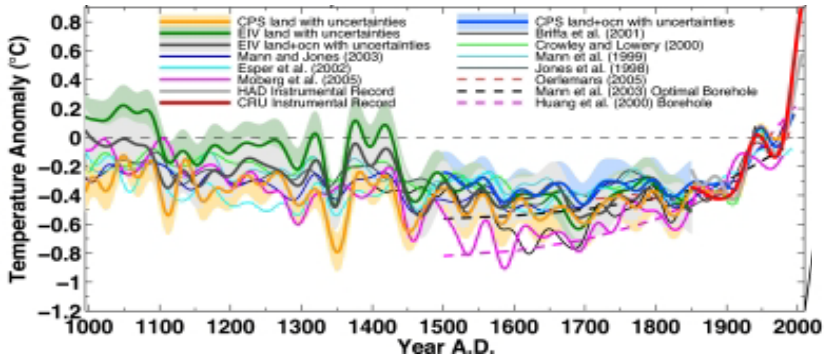
Az utolsó 1000 év



IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*)
1990 (forrás nélkül)

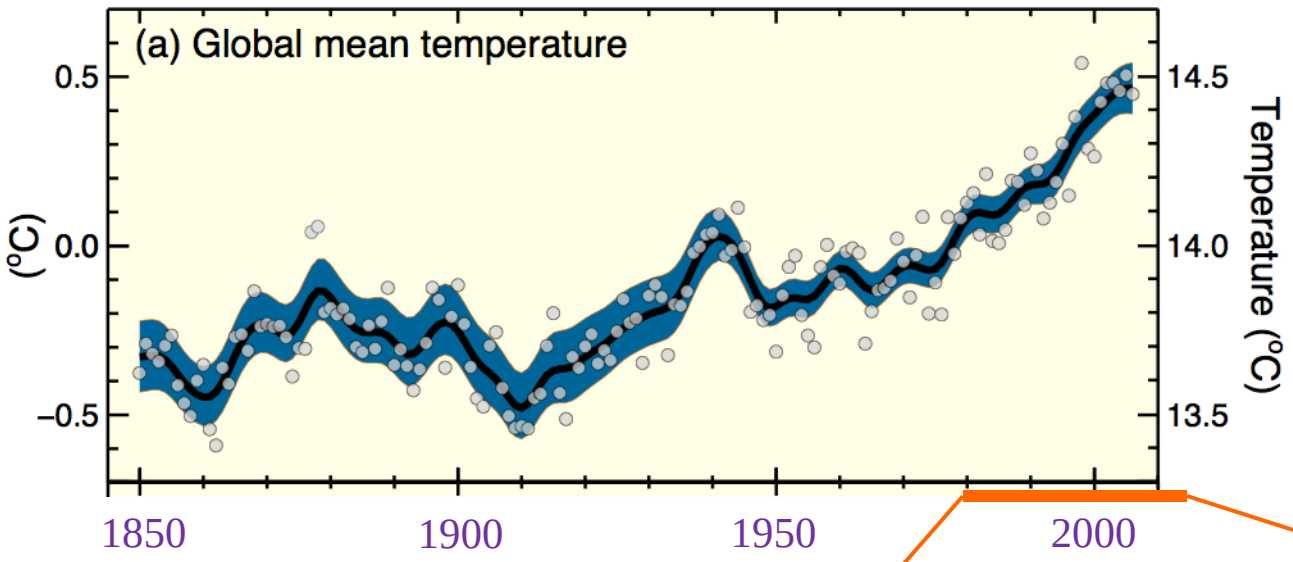


IPCC 2001 (Mann et al.)



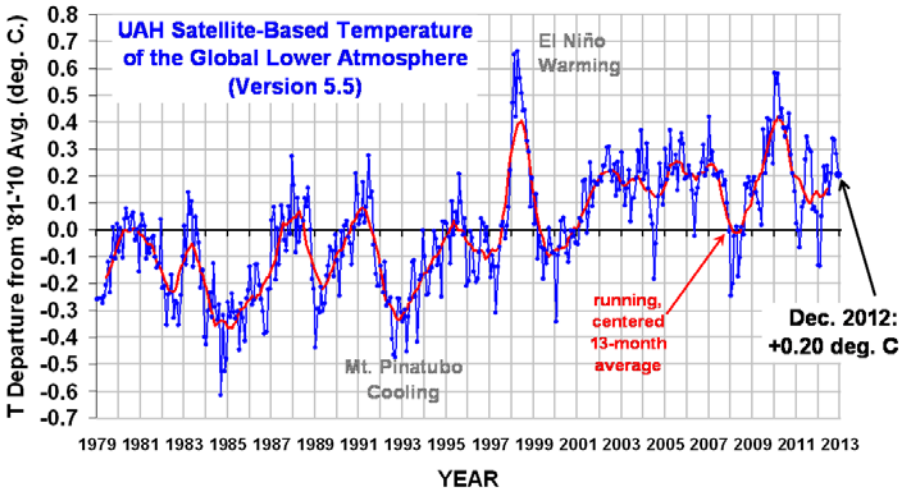
Mann et al., PNAS, 13252 (2008)

Az utolsó 150 év

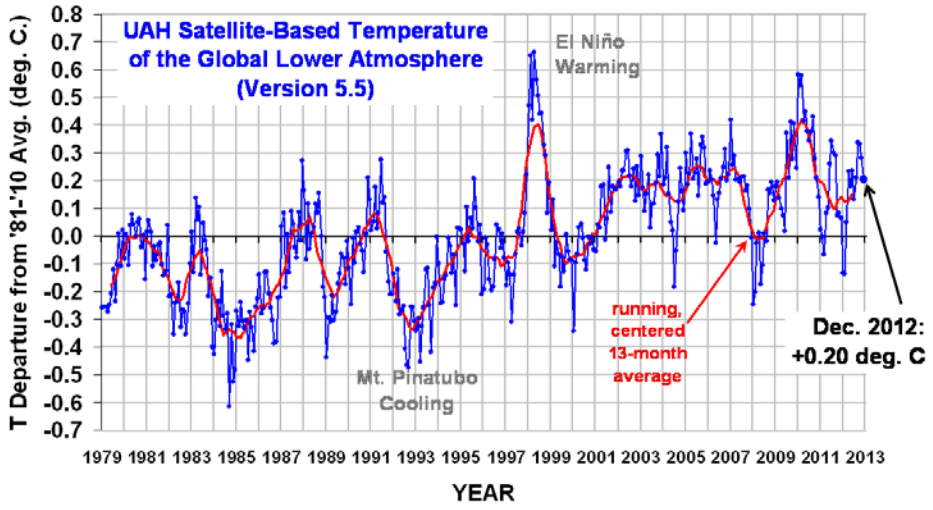


IPCC 2007

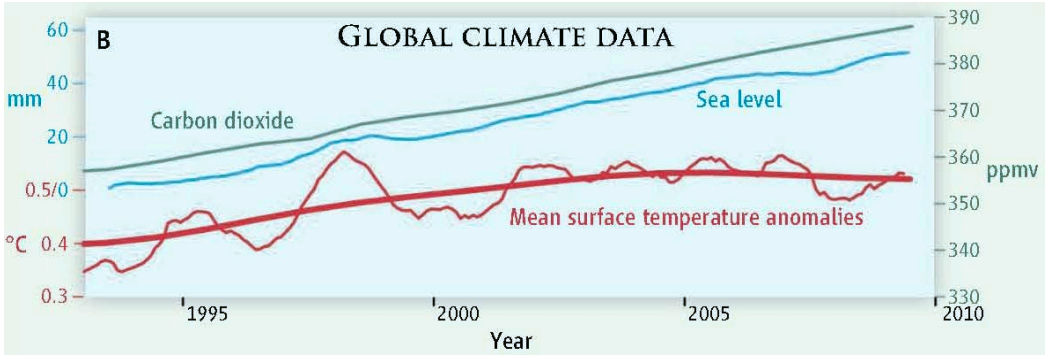
A kis jégkorszak vége?



Interpretációk egy témára



K. Trenberth, Science, 2010. ápr. 16.

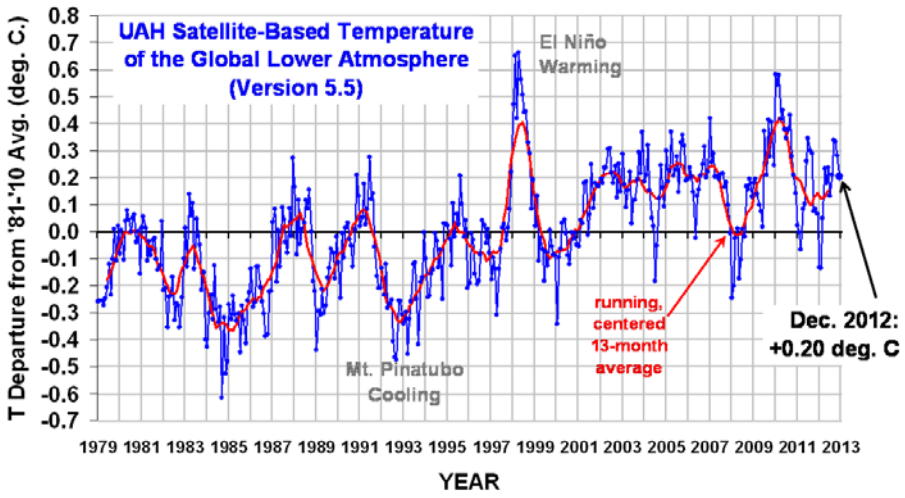


Myth #2: Global warming stopped ten years ago.

Climate is not weather. The climate is the multi-decade average of the constantly changing state of the atmosphere. Natural variations can cause temperatures to rise and fall from year to year or decade to decade. Although global temperatures did not rise as quickly in the past decade as in previous ones, the most recent decade was the warmest on record.

Q. Schiermeier
Nature, 2010. jan 10.

Kinek mondhatjuk el az igazságot?



JONES e-mails CHRISTY *July 5, 2005.*

*The scientific community would come down on me in no uncertain terms if I said **the world had cooled from 1998. OK it has** but it is only 7 years of data and it isn't statistically significant.*

1120593115.txt

És hogyan interpretáljuk magunknak?

K. Trenberth e-mails M. Mann *October 15, 2009.*

Where the heck is global warming?
The fact is that we can't account for the lack of warming at the moment and it is a travesty that we can't. The CERES data … shows there should be even more warming: but the data are surely wrong. Our observing system is inadequate.

THE REAL HOLES IN CLIMATE SCIENCE

Like any other field, research on climate change has some fundamental gaps, although not the ones typically claimed by sceptics. **Quirin Schiermeier** takes a hard look at some of the biggest problem areas.

Nature 463, 21 January 2010

The e-mails leaked from the University of East Anglia's Climatic Research Unit (CRU) in November presented an early Christmas present to climate-change denialists. Amid the more than 1,000 messages were several controversial comments that — taken out of context — seemingly indicate that climate scientists have been hiding a mound of dirty laundry from the public.

A fuller reading of the e-mails from CRU in Norwich, UK, does show a sobering amount of rude behaviour and verbal faux pas, but nothing that challenges the scientific consensus of climate change. Still, the incident provides a good opportunity to point out that — as in any active field of inquiry — there are some major gaps in the understanding of climate science.

Researchers say it is difficult to talk openly about holes in understanding. "Of course there are gaps in our knowledge about Earth's climate system and its components, and yes, nothing has

> "This climate of suspicion we're working in is insane.

century temperature changes and the inability of climate models to simulate such warming without including the role of greenhouse-gas pollution. The uncertainties do, however, hamper efforts to plan for the future. And unlike the myths regularly trotted out by climate-change denialists (see 'Enduring climate myths', page 286), some of the outstanding problems may mean that future changes could be worse than currently projected.

aerosols and palaeoclimate data — that some say deserve greater open discussion, both within scientific circles and in the public sphere.

Regional climate prediction

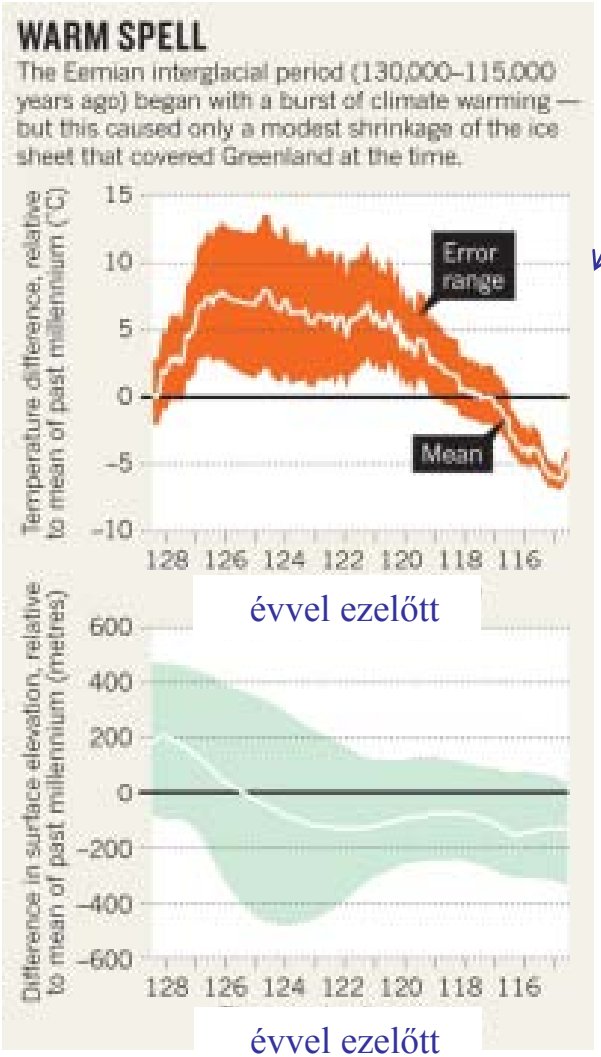
The sad truth of climate science is that the most crucial information is the least reliable. To plan for the future, people need to know how their local conditions will change, not how the average global temperature will climb. Yet researchers are still struggling to develop tools to accurately forecast climate changes for the twenty-first century at the local and regional level.

The basic tools used to

RAPIDEYE/ISTOCKPHOTO.COM

Greenland az előző meleg periódusban

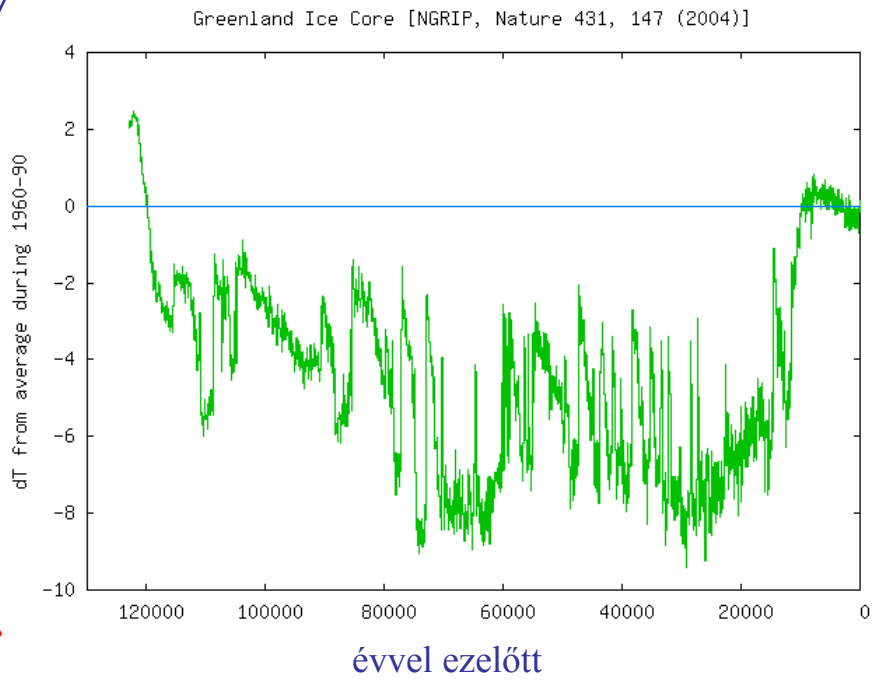
NEEM Community Members, Nature **493**, 489-494 (2013)



+8C

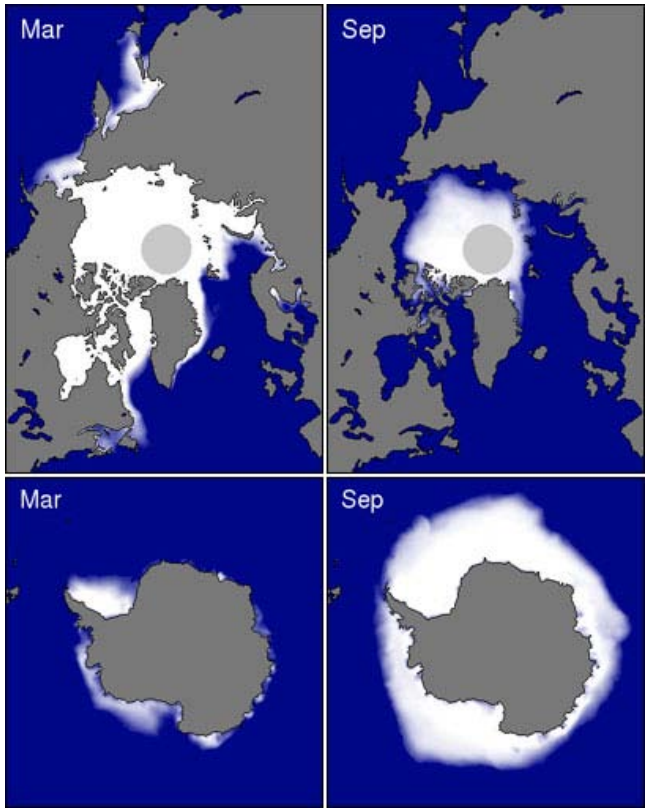
-350m

hőmérsékletváltozás



2500m (a jégmező magassága)

Ice extent at Arctic and Antarctic



NATURE | NEWS

Global warming expands Antarctic sea ice

In a polar paradox, melting land ice helps sea ice to grow.

Olive Heffernan

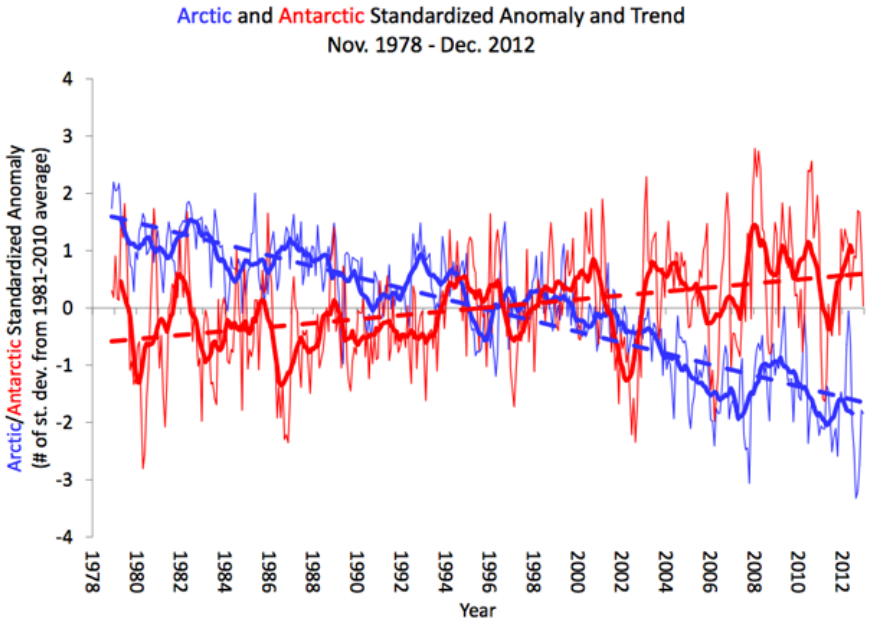
31 March 2013

Ocean warming may be a major driver of sea-ice expansion in the Antarctic, researchers report today in *Nature Geoscience*[1]. While sea ice at the North Pole has shrunk substantially over the past three decades[2], scientists have struggled to explain why sea ice near the South Pole has grown in extent over the same period[3].

"The paradox is that global warming leads to more cooling and more sea ice around Antarctica," says Richard Bintanja, a climate researcher at the Royal Netherlands

Cool meltwater from the Antarctic ice sheet insulates sea ice from warm ocean currents.

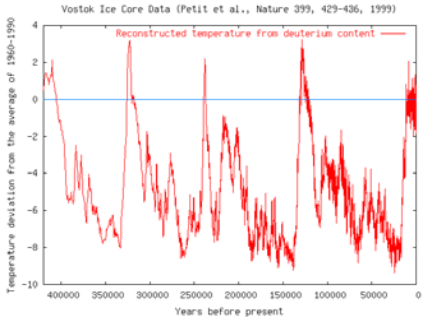
ROBYN WASERMAN, NATIONAL SCIENCE FOUNDATION



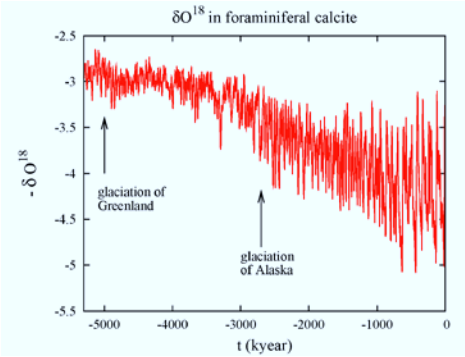
Mit szeretnénk megérteni (kiszámítani)?

t > -800 000 év:
- erős ~100 000 éves periódus
- gyengébb ~41 000 éves period
- Irányítottság

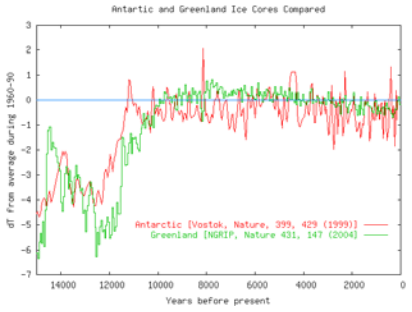
  Fűrészfog: lassú hűlés, gyors melegedés



t < -800 000 év:
- ~100 000 éves periódus eltűnik
- ~41 000 éves periódus dominál



- Észak és Dél ~ szinkronizáció

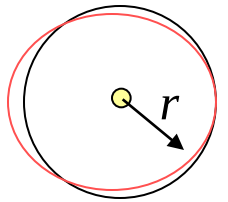


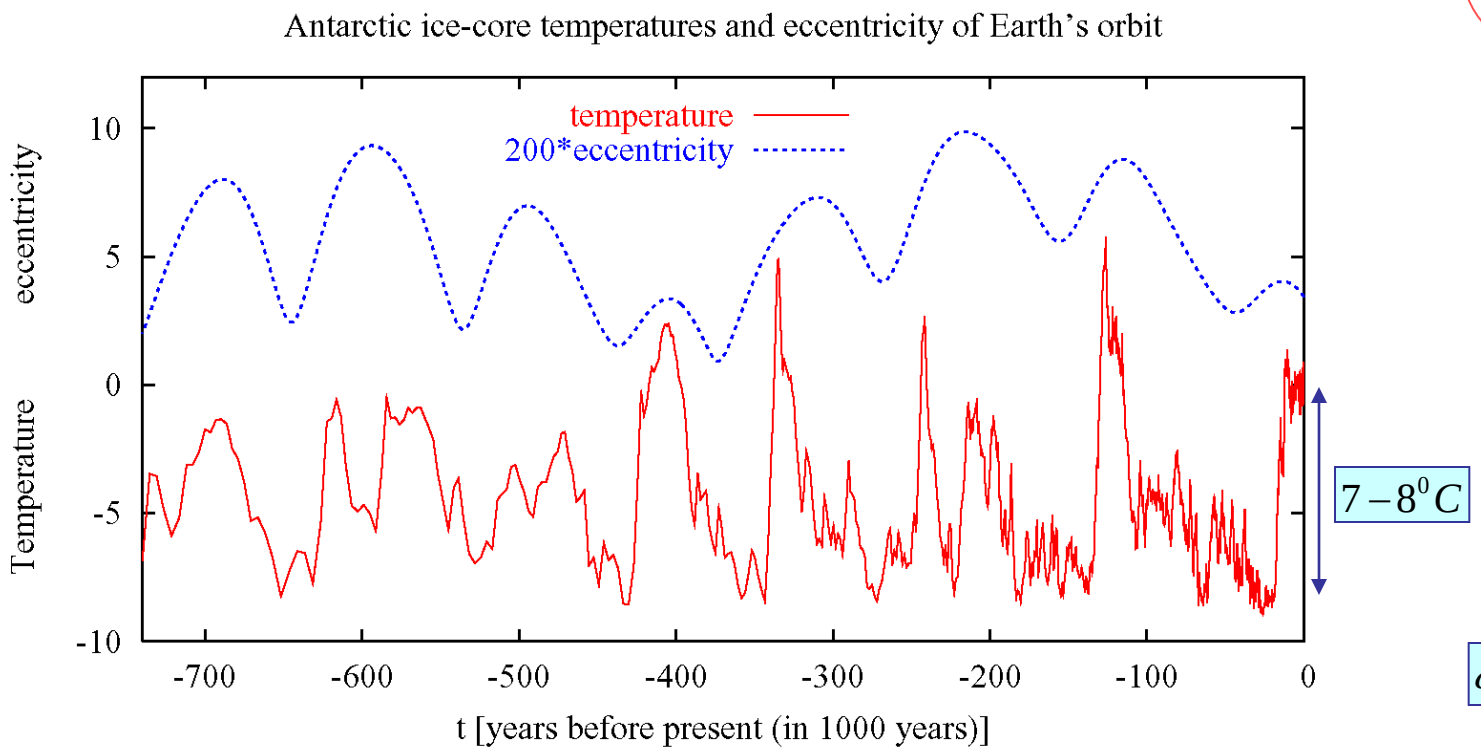
- Fluctuációs spektrum folytonos

$S(\omega) \sim \omega^{-1.8} \sim \omega^{-2.2}$

Jégkorszakok és a pályaexcentricitás

M. Milankovich (1930)





$7-8^0C$

$J_E \sim 1/r^2$

$\frac{\delta J_E}{J_E} \sim 0.001$

$\delta T_F \approx 0.07^0 C$

$\frac{\delta T_F}{T_F} \approx \frac{1}{4}\frac{\delta J_E}{J_E}$

Problémák:

(1) **két nagyságrend hiányzik**

(2) 400000 éves periódus

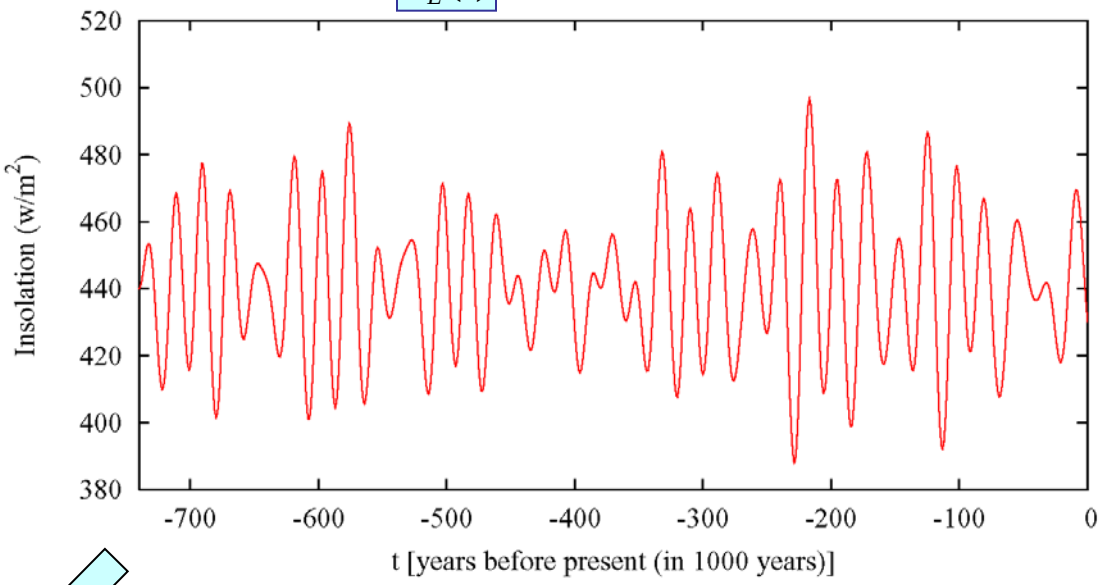
$$J_E \approx aT_F^{\,4}$$

$$J_E + \delta J_E \approx a(T_F + \delta T_F)^4$$

Napsugárzás intenzitása a jéghatáron

W. H. Berger, Int. Journ. Earth Sci. **88**, 305 (1999)

$\delta T_F \approx 7^0 C$ ← $\frac{\delta J_E}{J_E} \sim 0.1$ ← $J_E(t)$ Insolation at 65°N



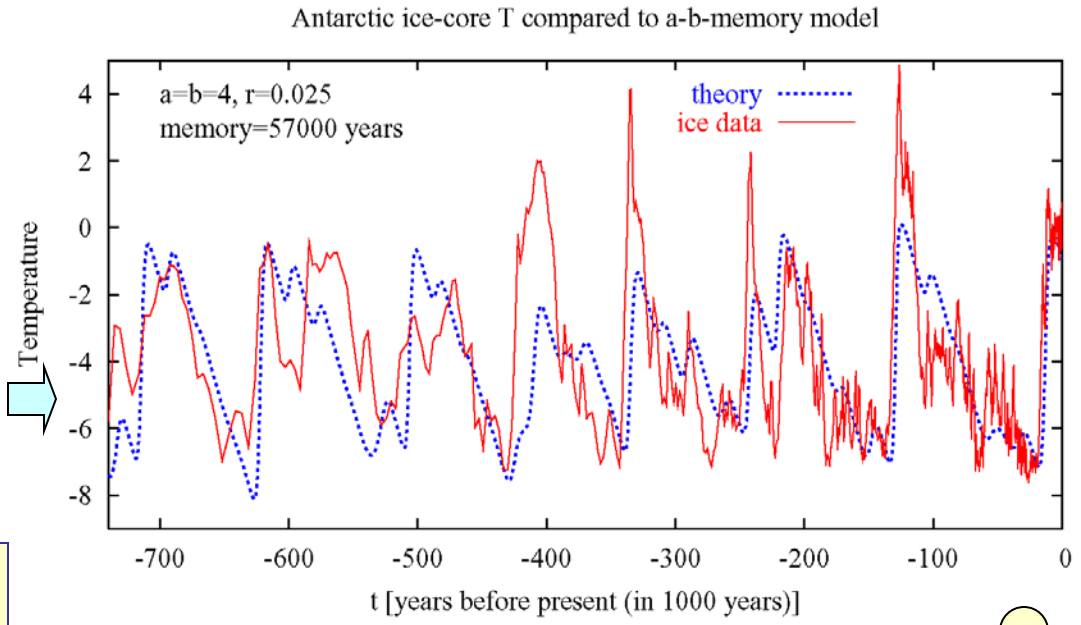
Hogyan lesz ebből
100 ezer éves periódus?

Jég állandóan keletkezik,
nagyon lassan nő a térfogata. $M(t)$

Jég instabillá válik, ha
(1) A jégmező túl vastag (gravitáció)
(2) a besugárzás nagy és növekszik

$$\frac{dM(t)}{dt} = r - [\delta J_E(t)]^a \cdot M(t) \cdot [Me(t)]^b$$

Memória: ~ 50000 év



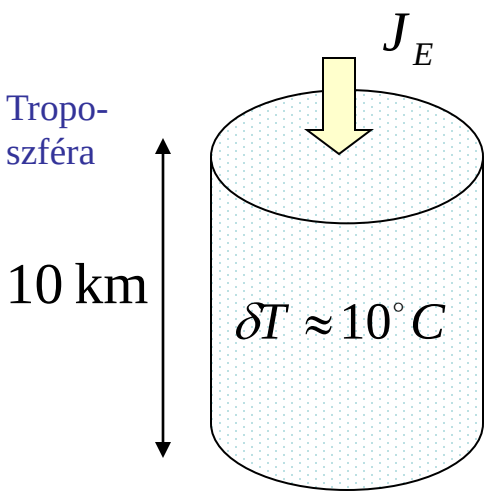
Energiák és energiáramok: Karakterisztikus idők

a perturbáció relaxácós ideje → $\tau \approx \frac{\delta E}{J_E}$

← energiaperturbáció

← energiaáram a rendszeren keresztül $\approx 342.5\ \mathrm{w/m^2}$

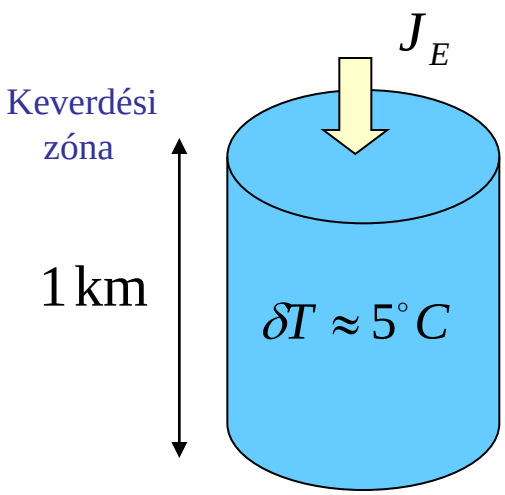
Légköri perturbációk



$\delta E \approx 2 \cdot 10^8\ J/m^2$

$\tau \approx 5$ nap

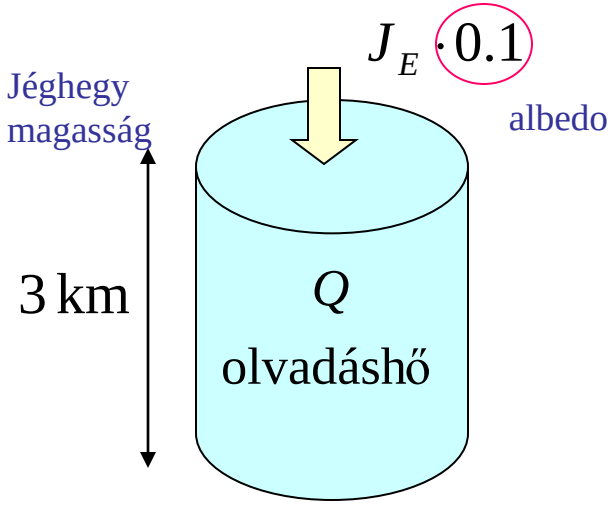
Óceáni perturbációk



$\delta E \approx 2 \cdot 10^{10}\ J/m^2$

$\tau \approx 2$ év

Jéghegyek olvadása



$\delta E \approx 10^{12}\ J/m^2$

$\tau \approx 5 \cdot 10^3$ év

Örvények a Golf áram mentén

Belső hajtás: Visszacsatolás és oszcillációk

E. Kallen, C. Crafoord, and M. Ghil, J. Atm. Sci. **36**, 2292 (1979)

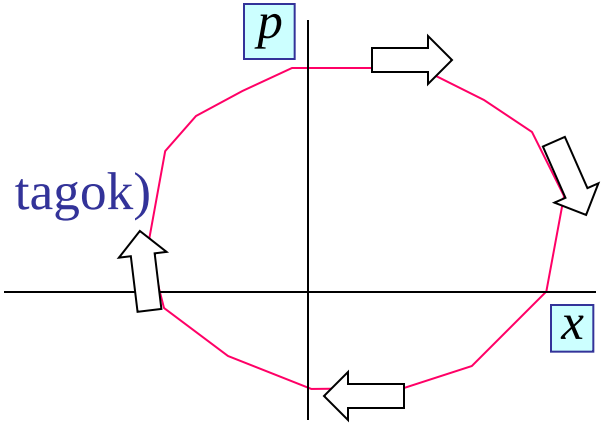
B. Saltzman and A. Sutera, J. Atm. Sci. **41**, 736 (1983)

H. Gildor and E. Tziperman, J. Geophys. Res. **106,** 9117 (2001)

Hogyan kapunk oszcillációt?

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\omega^2 x \Rightarrow \frac{dx}{dt} = p, \quad \frac{dp}{dt} = -\omega^2 x$$

(+ nemlineáris tagok)

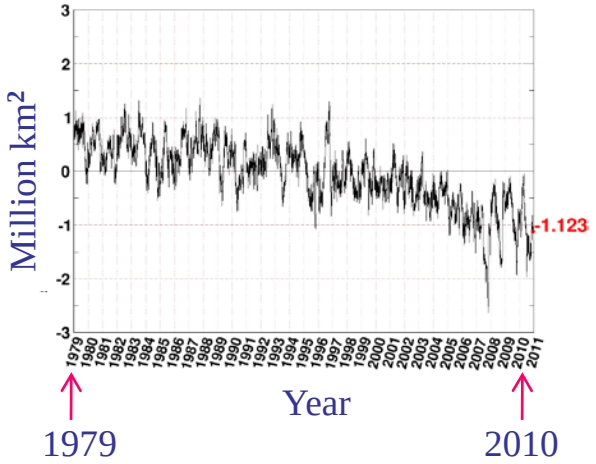


Példa:

hőmérséklet (T) ⇒ csapadék (P)

⇑ albedo (α): ⇐ jég (V) ⇓

Northern Hemisphere Sea-Ice Anomaly



Tenger-jég kapcsoló

H. Gildor and E. Tziperman, J. Geophys. Res. **106,** 9117 (2001)

Doboz modell T_{land}, T_{sea}, V_{land}, V_{sea}-re

Meleg — tenger - jég ki

Hőmérséklet (T) ⇨ Csapadék (P)

⇩

Albedo (α): ⇦ Jég (V)

lassú

⇩

Hideg — tenger - jég be

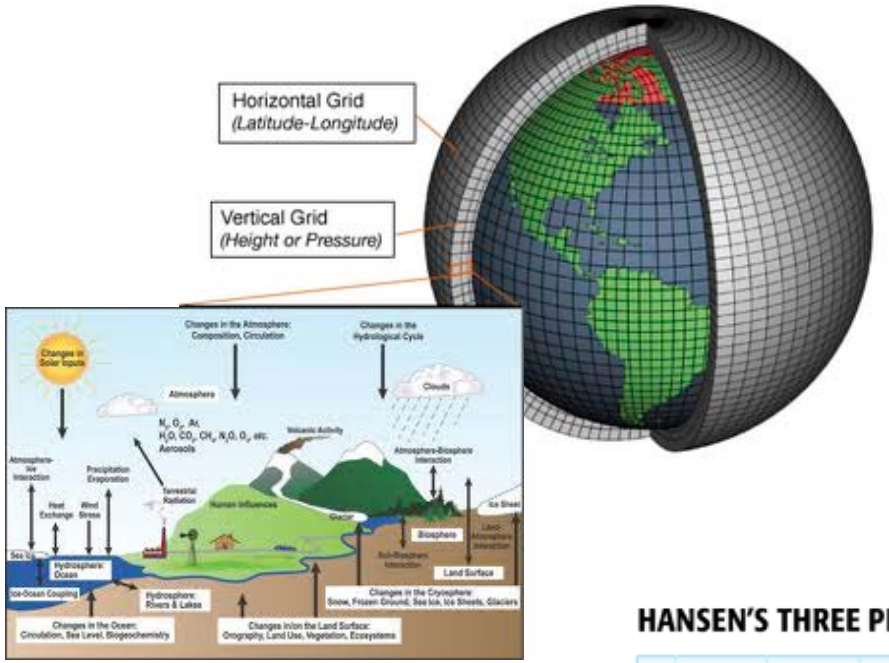
Hőmérséklet (T) ⇨ Csapadék (P)

⇩

Albedo (α): ⇦ Jég (V)

gyors

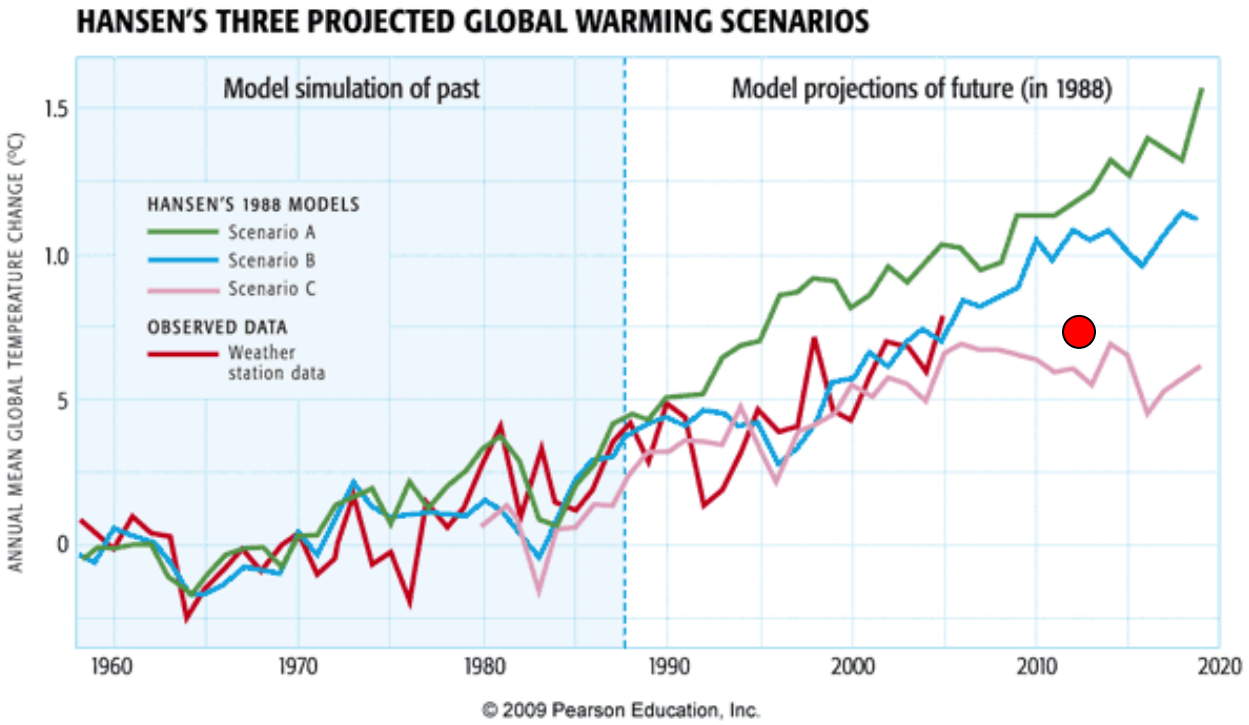
Globális klímamodellek



20x20 km^2
fizikai folyamatok parametrizálása
validálás

Hiányzik:
konvekció,
felhőképződés,
eső

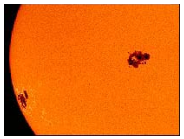
Ensemble és
super-ensemble
jóslatok



Mi határozza meg az átlaghőmérsékletet?

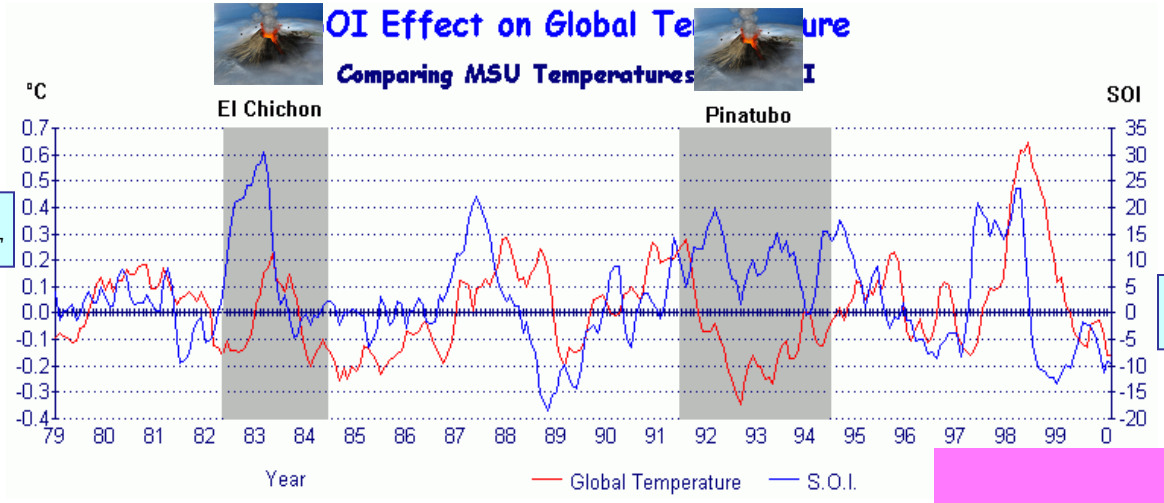
Üvegházhatás: Por, vulkán, aeroszolok, CO_2, …

Egyéb hatások:
napfoltok, napszél,



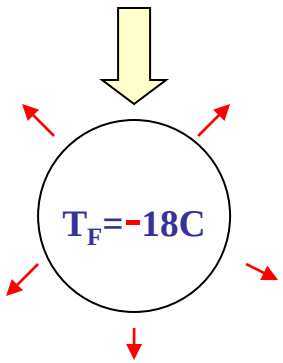
óceáni áramlások,
kozmikus sugárzás
hidrociklus, …

δT_F

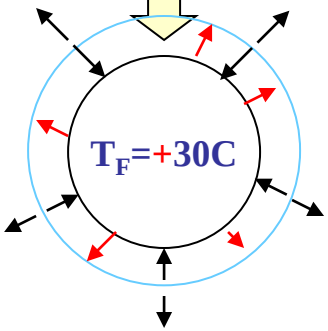


T_F ?

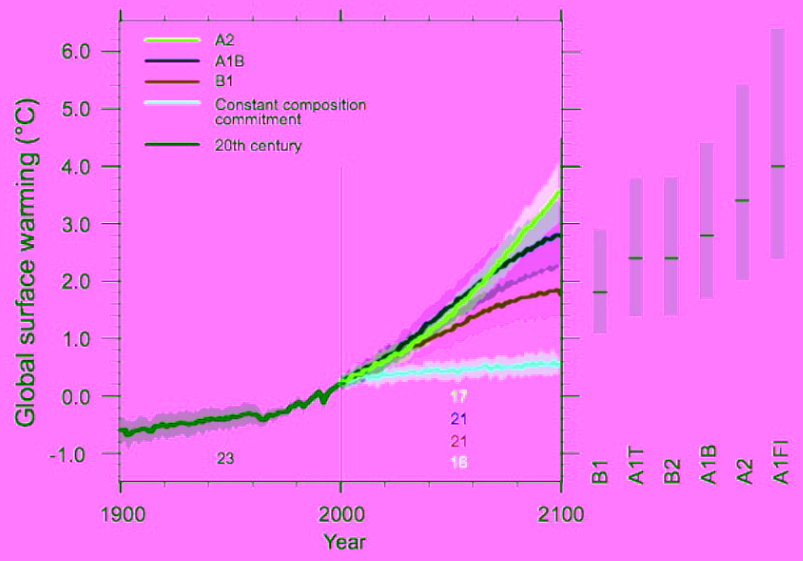
$J_E = \sigma T^4$



J_E



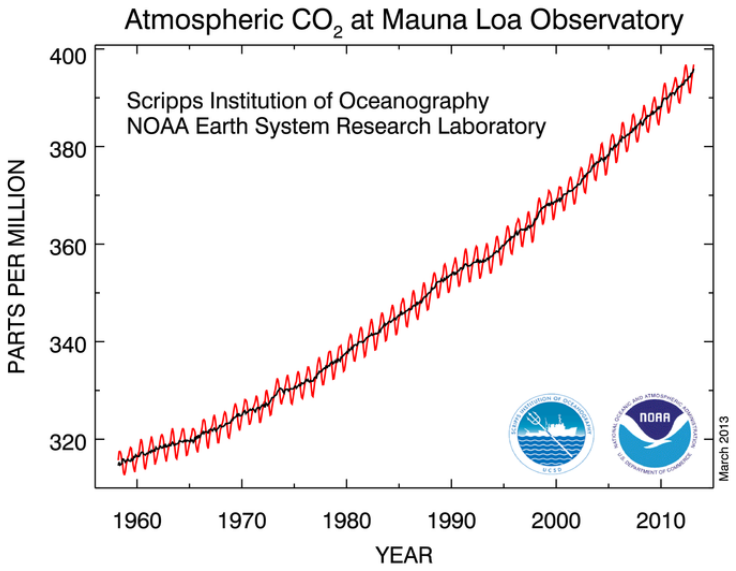
IPCC 2007



Mi határozza meg az átlaghőmérsékletet?

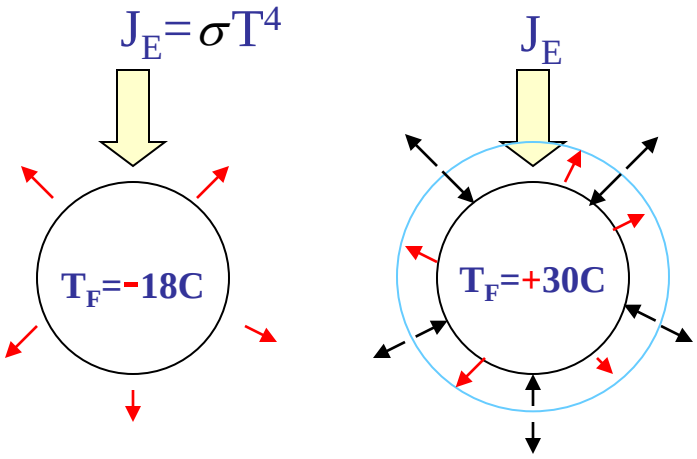
Üvegházhatás: Por, vulkán, aeroszolok, CO_2, …

Egyéb hatások:
napfoltok, napszél,
óceáni áramlások,
kozmikus sugárzás
hidrociklus, …



Lineáris válasz?

$$dT_{CO_2} / dT_{H_2O} \approx 0.1$$



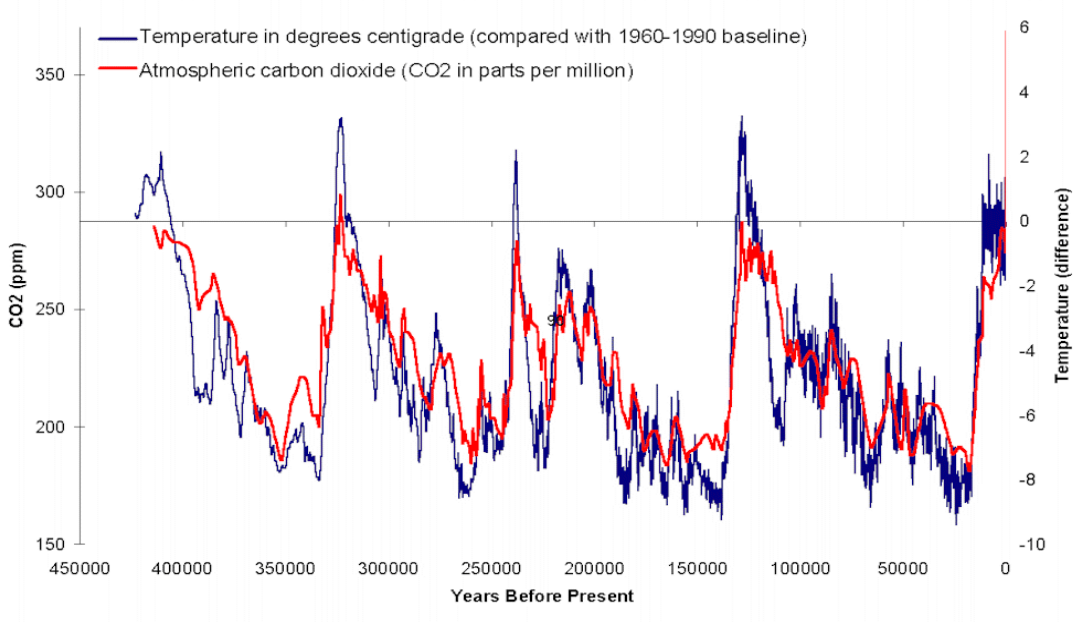
1850-2100: dCO_2 = (380-280)ppm=100ppm

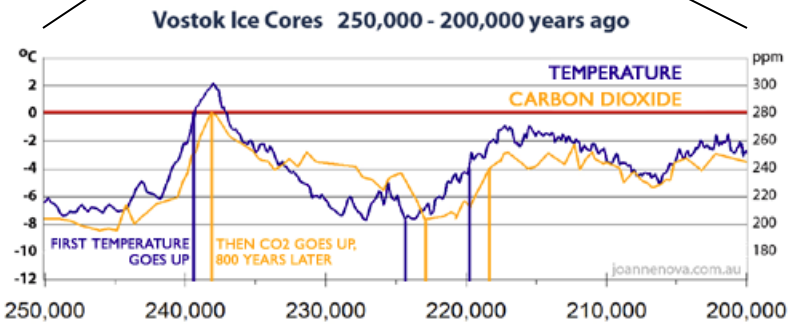
$$dT_{CO_2} \approx 0.7C$$

Kettőzés: dCO_2 = 400ppm

$$dT_{CO_2} \approx 2.8C$$

Üvegházhatás: CO_2 -- Mi hajt mit? Felhők.





Pozitiv visszacsatolás?

Felhők típusai és albedo

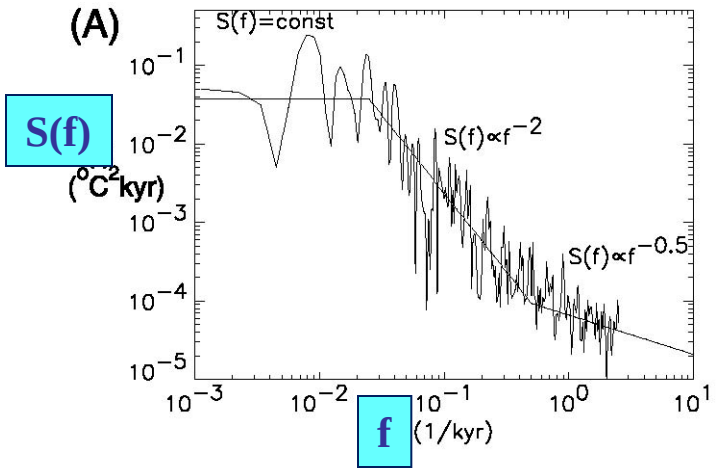
⇩

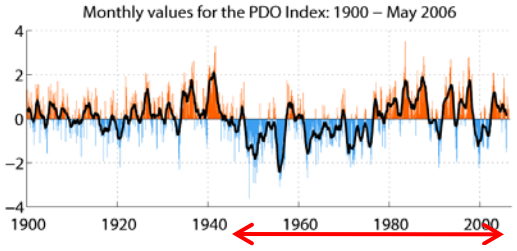
Kondenzált cseppek méreteloszlása

⇩

Nehezen kezelhető probléma elméletileg és kísérletileg is.

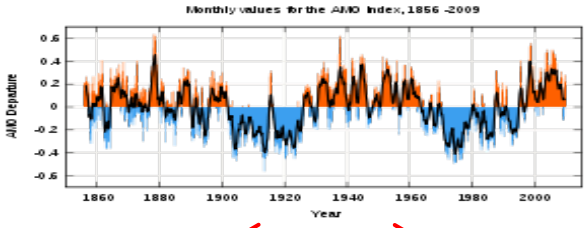
A jóslás problematikája 1/f dinamikájú rendszerekben





Pacific Decadal Oscillation

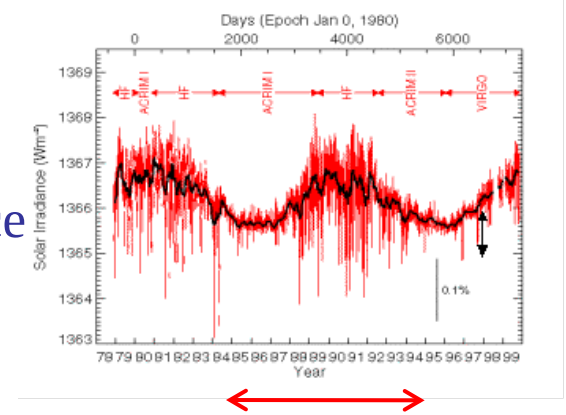
~70 év



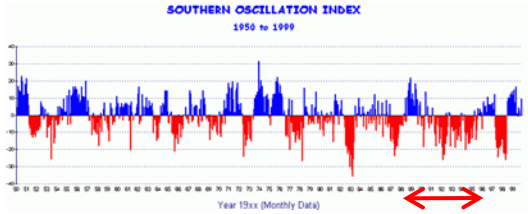
Atlantic Multi-decadal Osc.

~50 év

Solar irradiance



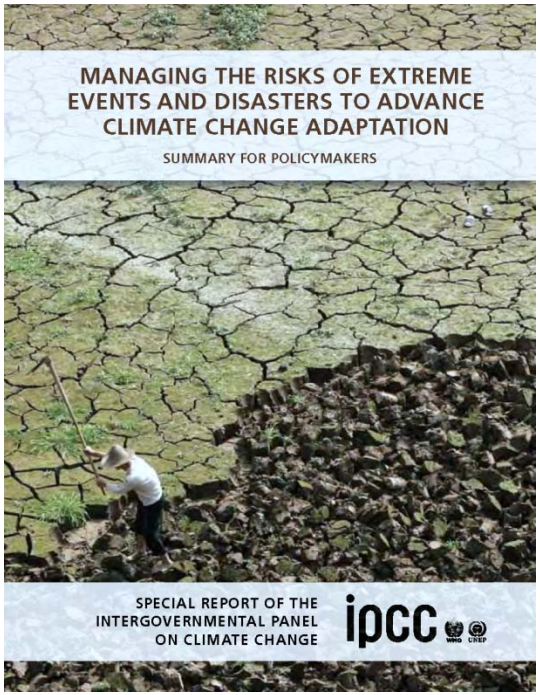
~11 év



Southern Osc. Index

~5 év

Extrém események frekvenciája



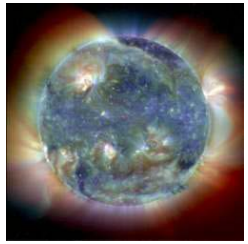
2012

There is *low confidence in any observed long-term (i.e., 40 years or more) increases in tropical cyclone activity* (*i.e.*, intensity, frequency, duration), after accounting for past changes in observing capabilities.

It is *likely that there has been* a poleward shift in the main Northern and Southern Hemisphere extratropical storm tracks.

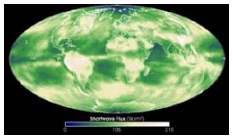
There is *low confidence in* observed trends in small spatial-scale phenomena such as tornadoes and hail because of data inhomogeneities and inadequacies in monitoring systems.

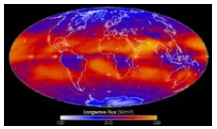
Energiaáramok



$173000*10^{12}$ w

1





342.5 w / m^2

Direkt visszaverődés 0.30

Direkt hővéalakulás 0.47

Energiatárolás

Párolgás, csapadék, stb. 0.23

vízben, jégben

Szél, hullámok, áramok, konvekció $2*10^{-3}$

Fotoszintézis $2*10^{-4}$

Energiatárolás élőlényekben

bomlás

emberek $3*10^{-6}$

ipar $1*10^{-4}$

$2*10^{-6}$

árapály

$2*10^{-5}$

Vulkán, melegforrás

$2*10^{-6}$

Hőáram a Földből

$2*10^{-4}$

Föld

szén, olaj, gáz

nukleáris és termális energia

Gates on Copenhagen

Has a $34 billion fundation for fighting malaria etc. … in developing countries.

Agreement in Copenhagen:

Channel $100 billion per year to developing countries to combat climate change by 2020.

Gates:

- $100 billion per year is more than ¾ of foreign aid currently given by the rich countries.
- I am concerned that some of this money will come from reducing other categories of foreign aid, especially health.
- If just 1% of the $100 billion came from vaccine funding then 700 000 more children could die from preventable diseases.
- Taking the focus away from health aid could be bad for the environment in the long run because improvements in health, including voluntary family planning, lead people to have smaller families, which in turn reduces the strain on the environment.

Az energiafelhasználás fejlődése

Szükséges terület
100% napenergiából
100%-os effektivitás

	Watt	m^2
Gyüjtögető életmód	100	0.3
A tűz megszelidítése	200	0.6
Kezdeti mezőgazdaság	600	1.8
Kezdeti iparosodás (~1850)	3500	10
USA (1970)	11500	34
USA (2008)	13000	38

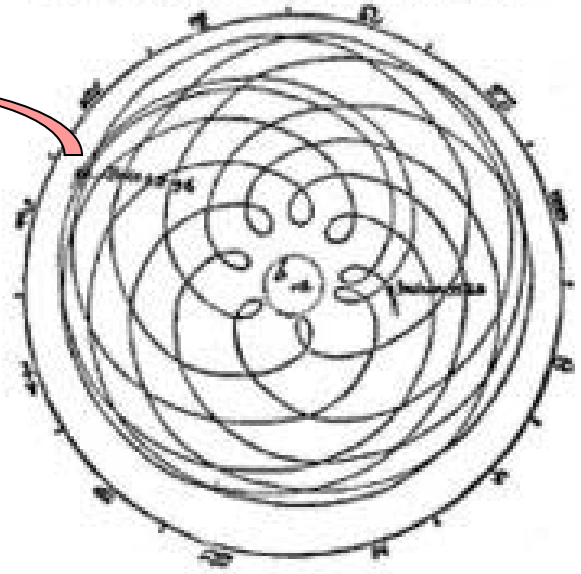
Folyamatok bonyolultsága és a fizika legitimitása

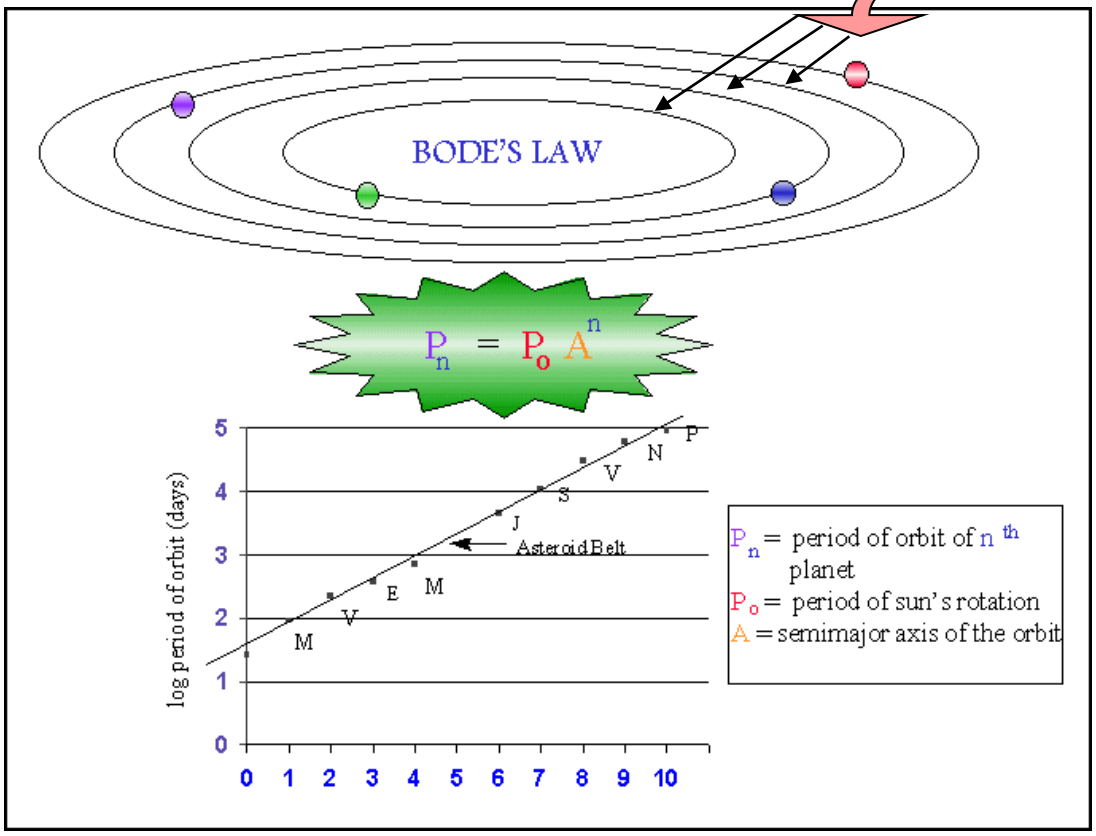
Newton

$$F \sim \frac{1}{r^2}$$

Kepler

Tycho Brache ~ 1600
Mars látszólagos mozgása



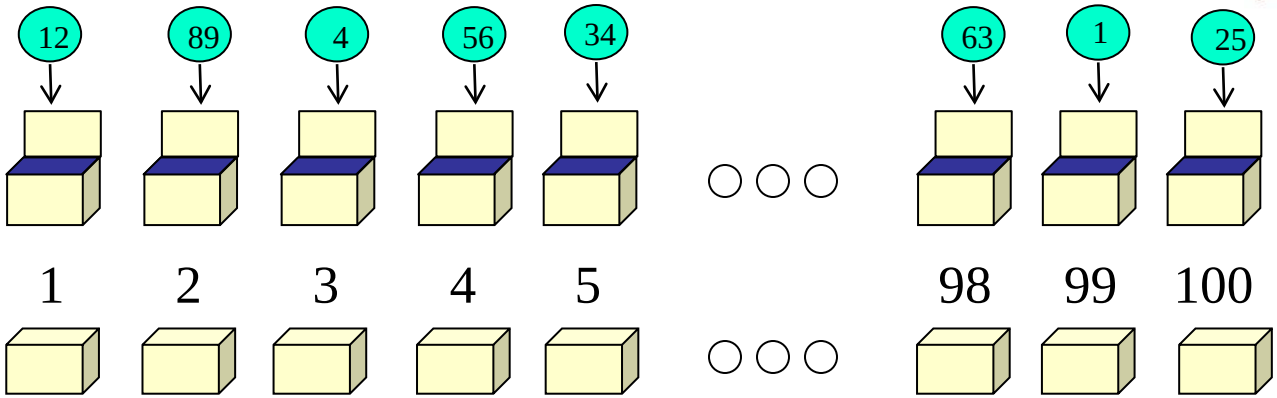


Kérdés Newtonhoz:
Megmagyarázza-e az elmélete a Titius-Bode szabályt?

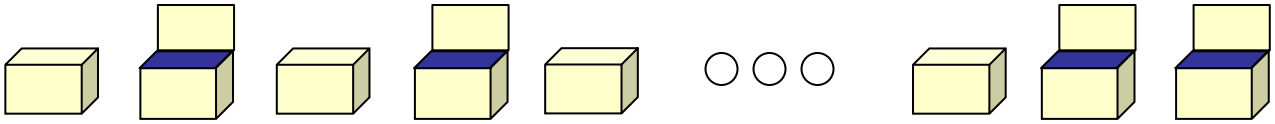
A Világ megmentése

100

I. 100 tudós nevét véletlenszerűen 100 dobozba rakják,
s a lezárt dobozokat egy szobában helyezik el.



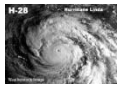
II. A tudósok egyenként bejönnek a szobába, felnyitnak 50 dobozt, majd lezárják
őket és kimennek. A bejövetel után nem kommunikálhatnak a többiekkel.

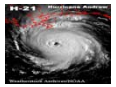


Ha bárki nem találja számát az általa felnyitott dobozokban, a Világ elveszett.

Kérdés: Van-e olyan felnyitási stratégia, amellyel a Világ $P>0.3$ valószínűséggel menekül meg?

Léteznek-e boszorkányok, ha két extrém hurrikán van egy évszázadban?





b: boszorkányok okozzák a hurrikánt (gondolat)

Kiindulás: nem tudjuk

$$P(b) \approx P(\bar{b}) \approx 0.5$$

h : egynél több extrém hurrikán van egy évszázadban (jelenség)

Ha b, akkor h valószínűsége nagy:

$$\mathrm{P}(h \mid b) \approx 0.5$$

Ha $\bar{b}$, akkor h valószínűsége kicsi:

$$\mathrm{P}(h \mid \bar{b}) \approx 0.1$$

$$P(h,b) = \mathrm{P}(h \mid b)\, P(b) = \mathrm{P}(b \mid h)\, P(h)$$

h és b együttes valószínűsége

h bekövetkezése esetén b valószínűsége

$$\mathrm{P}(h \mid b)\, P(b) + \mathrm{P}(h \mid \bar{b})\, P(\bar{b})$$

$$\mathrm{P}(b \mid h) = \frac{\mathrm{P}(h \mid b)\, P(b)}{\mathrm{P}(h \mid b)\, P(b) + \mathrm{P}(h \mid \bar{b})\, P(\bar{b})} \approx \frac{0.5}{0.5 + 0.1} \approx 0.83$$