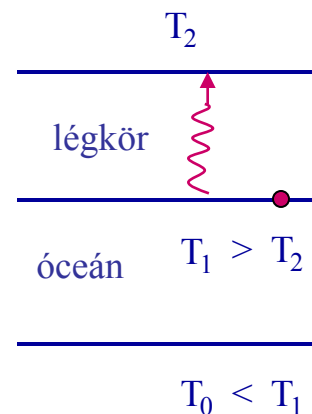
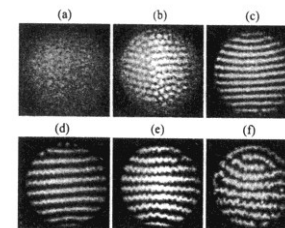
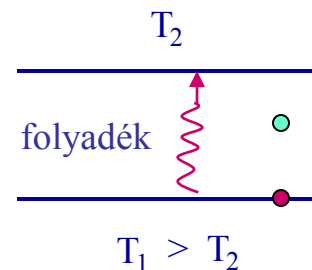


Problémakör: Jégkorszakok 100 ezer éves periódusának eredete -- a Milankovich elmélet és problémái.

Kérdések: Mit ismerünk a múltból (adatsorok)?
Releváns idő- és távolságskálák
Mi hajtja a klímát meghatározó folyamatokat?
Energia- és energiaáramskálák

Modellek: Skálák és effektusok keveredése:
A hosszútávú memória problematikája

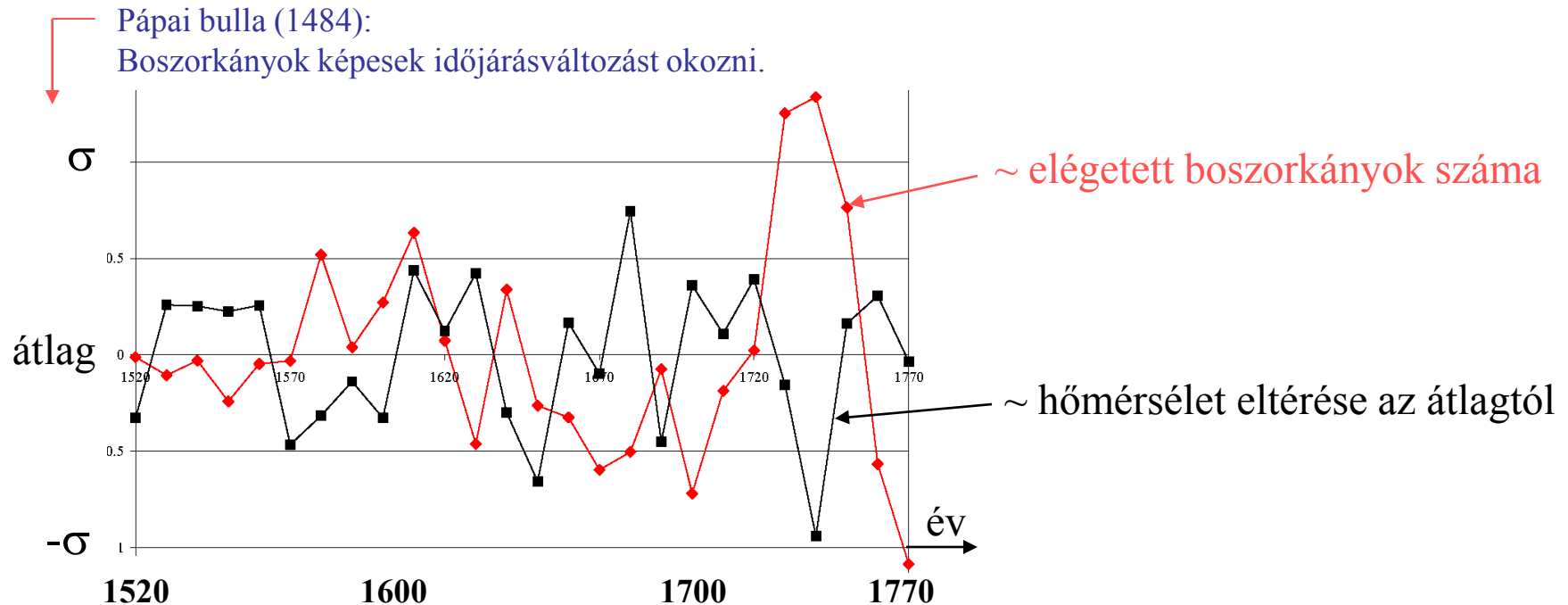
Epilógus: A véleményváltás valószínűsége,
avagy léteznek-e boszorkányok?



Boszorkányok és a kis jégkorszak

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

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

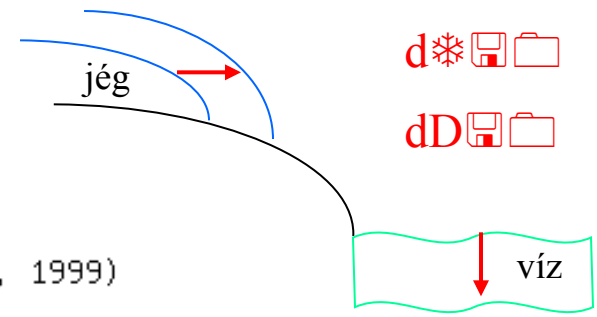


↑
L. Reynmann (1514)
Von warer erkantnus des Wetters
(Igaz ismeretek az időjárásról)

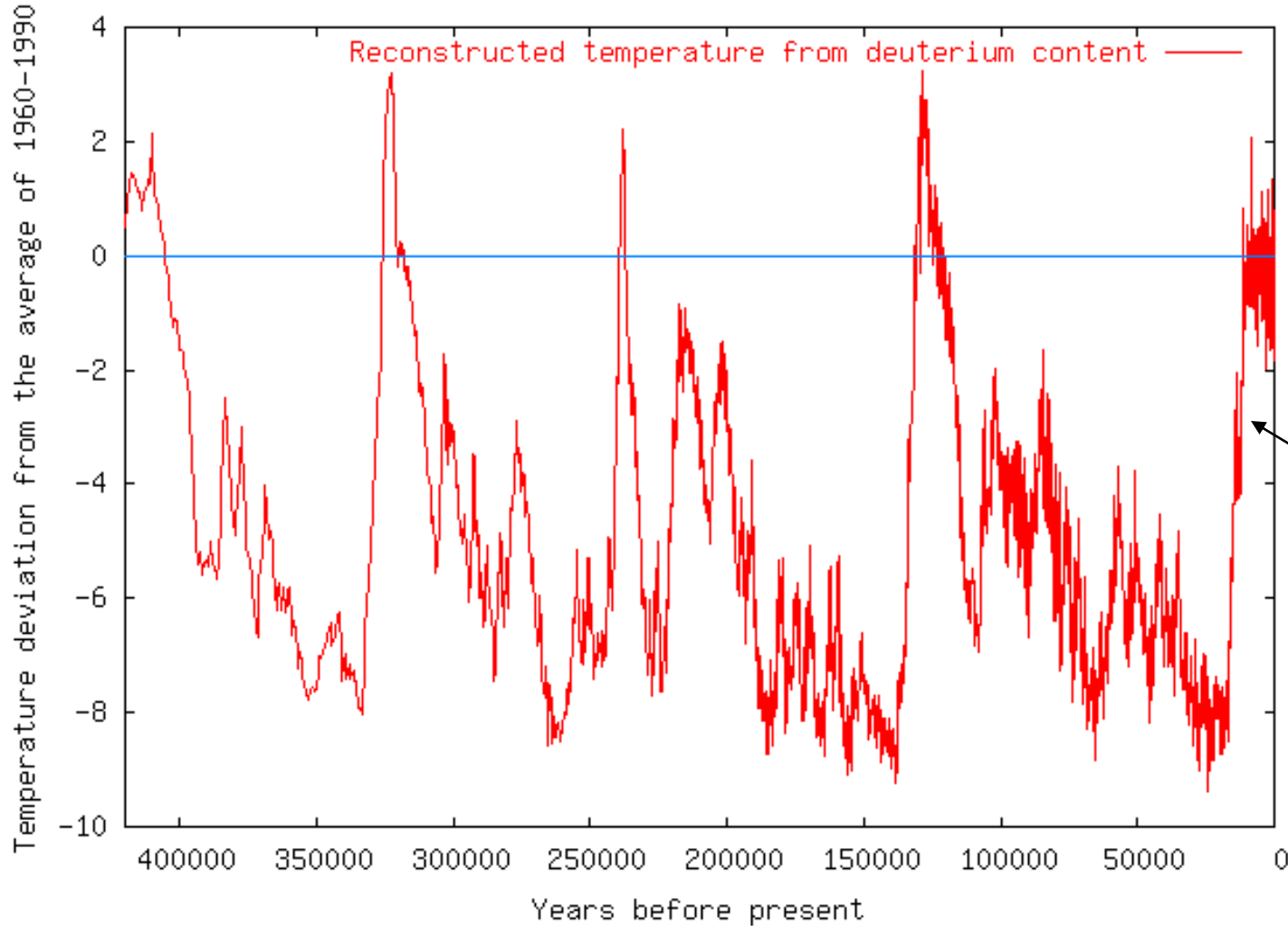
Következtetések:

Boszorkányokról
Klimakontrollról
Központi beavatkozásról
Racionalitásról
Statisztika problémáiról

Az utolsó 430 ezer év



Vostok Ice Core Data (Petit et al., Nature 399, 429-436, 1999)



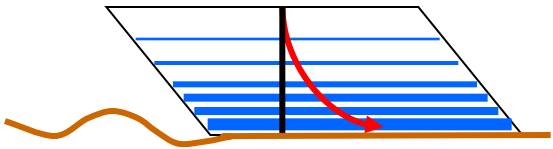
Gyors melegedés
(lentről indulva!)

$d^{18}O$ ☹️ ⌚ $C \odot 50$ év

Lassú lehülés

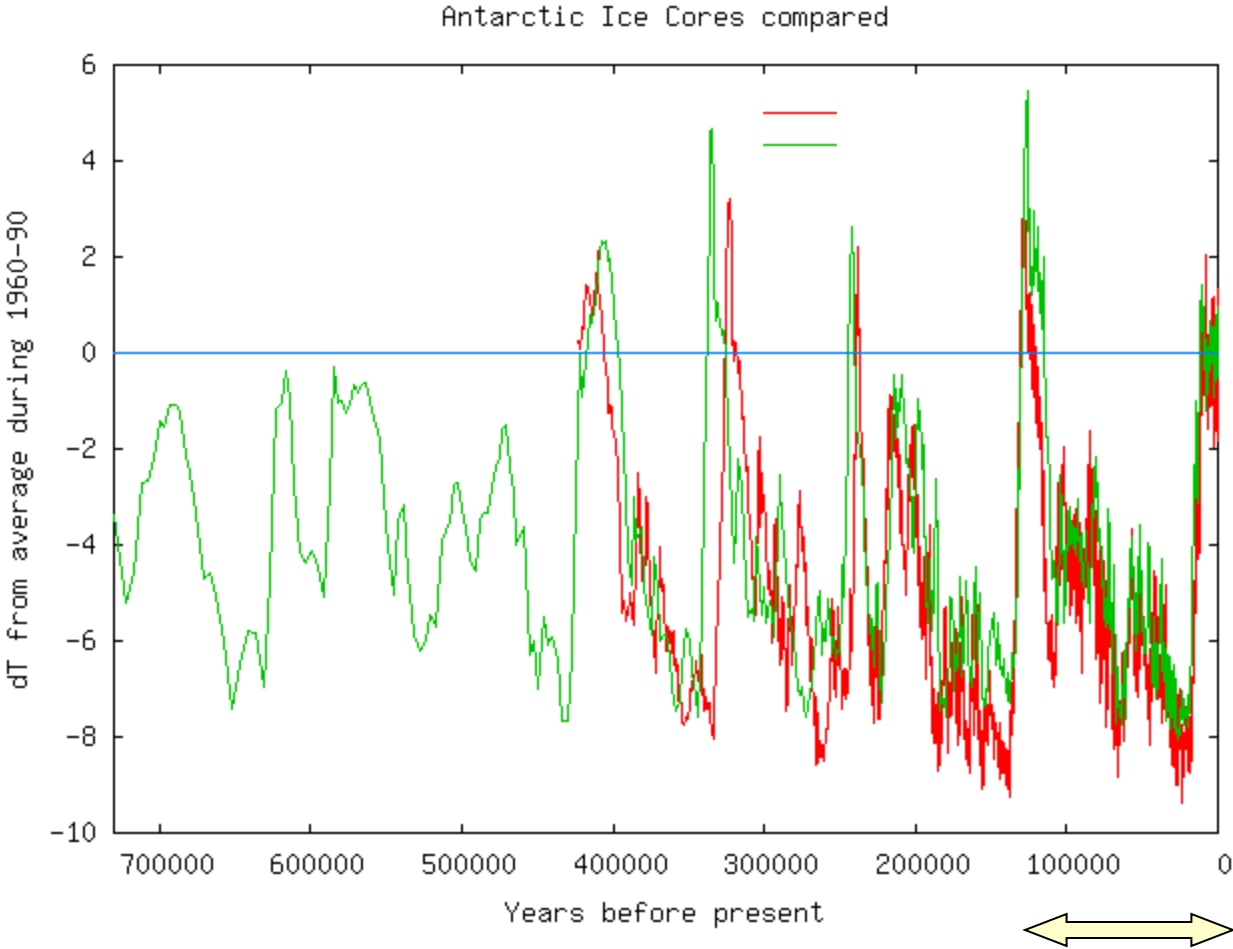
Az utolsó 725 ezer év

Adatok pontossága:



nyomás
nyírás
felület

Honnan ered
a 100000 éves
periodicitás?

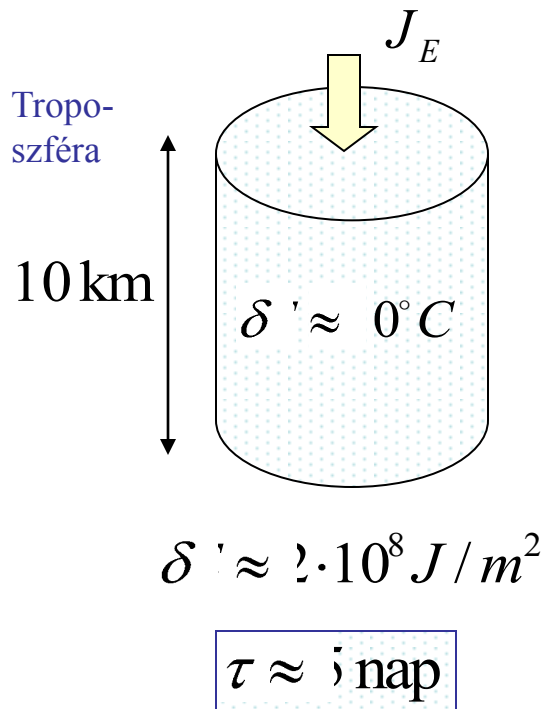


Energiák és energiáramok: Karakterisztikus idők

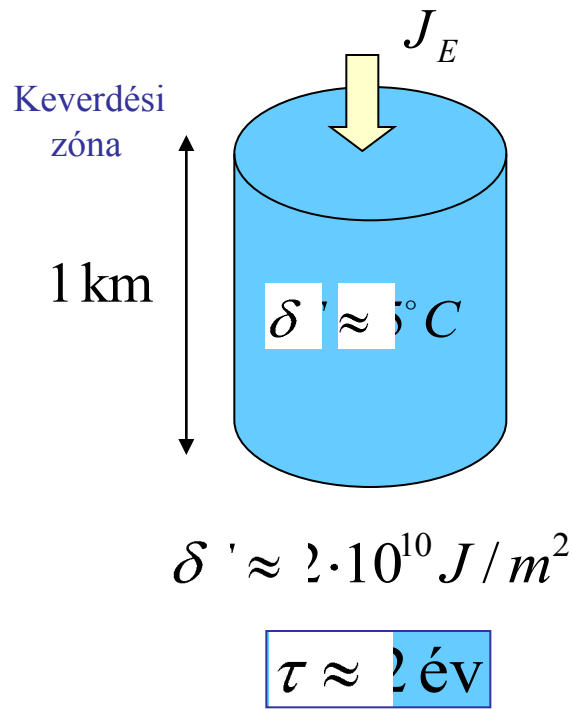
a perturbáció relaxációs ideje $\rightarrow \tau \approx \frac{\delta \bar{\epsilon}}{J_E}$

← energiaperturbáció
← energiaáram a rendszeren keresztül
 $\approx 142.5 \text{ w/m}^2$

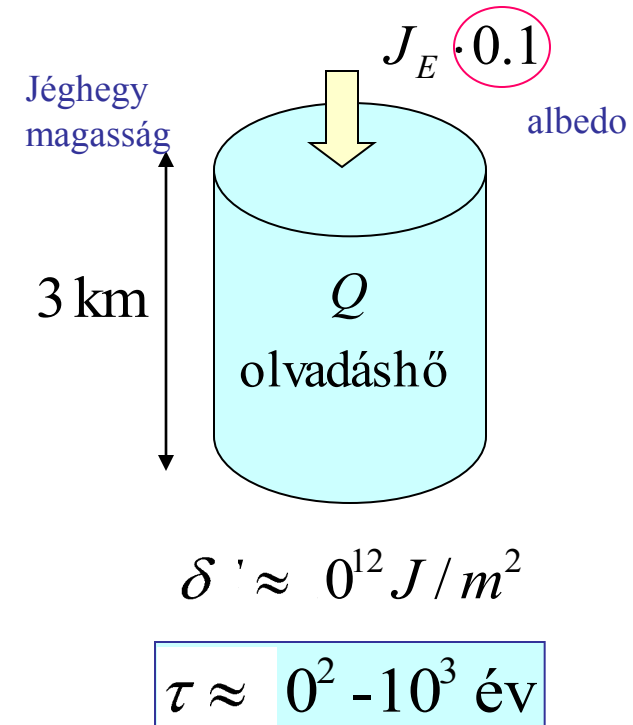
Légköri perturbációk



Óceáni perturbációk



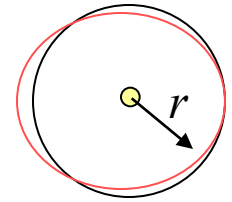
Jéghegyek olvadása



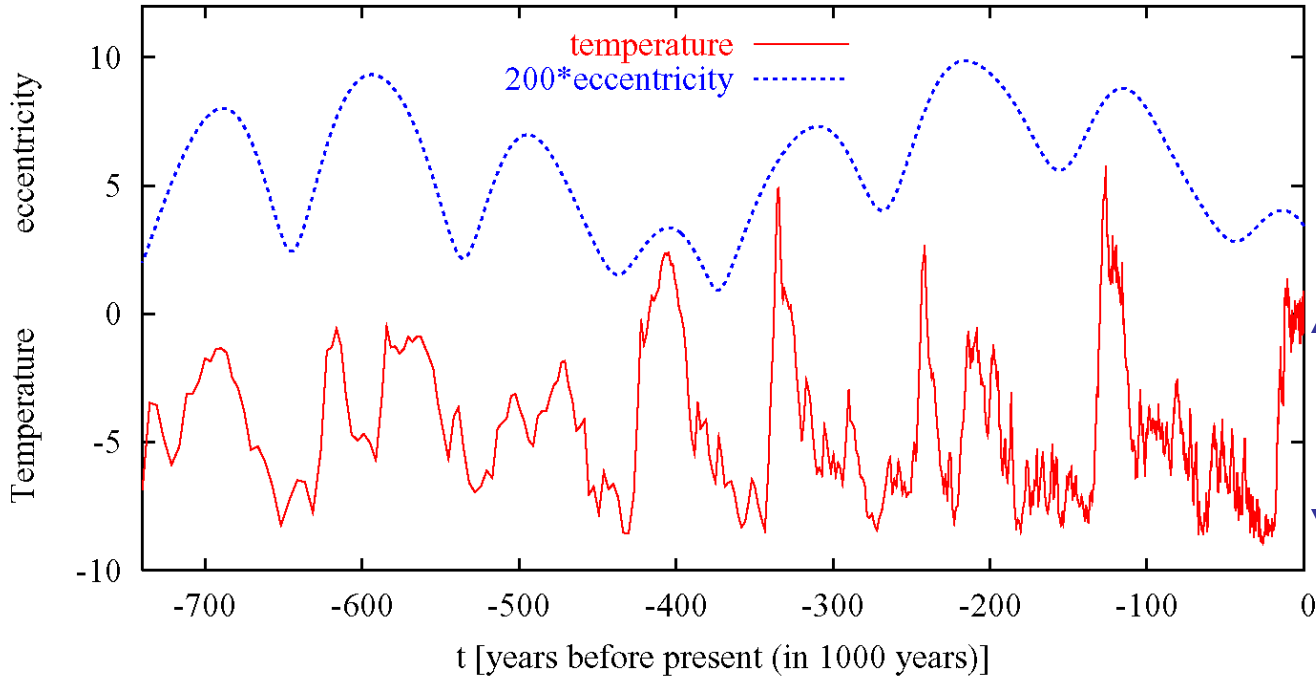
Örvények a Golf áram mentén

Jégkorszakok és a pályaexcentricitás

M. Milankovich (1930)



Antarctic ice-core temperatures and eccentricity of Earth's orbit



$$J_E \sim 1/r^2$$

$$\frac{\delta_E}{J_E} \sim 10^{-4}$$

$$7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\delta'_F \approx 1.07^\circ\text{C}$$

$$\frac{\delta'_F}{T_F} \approx \frac{1}{4} \frac{\delta_E}{J_E}$$

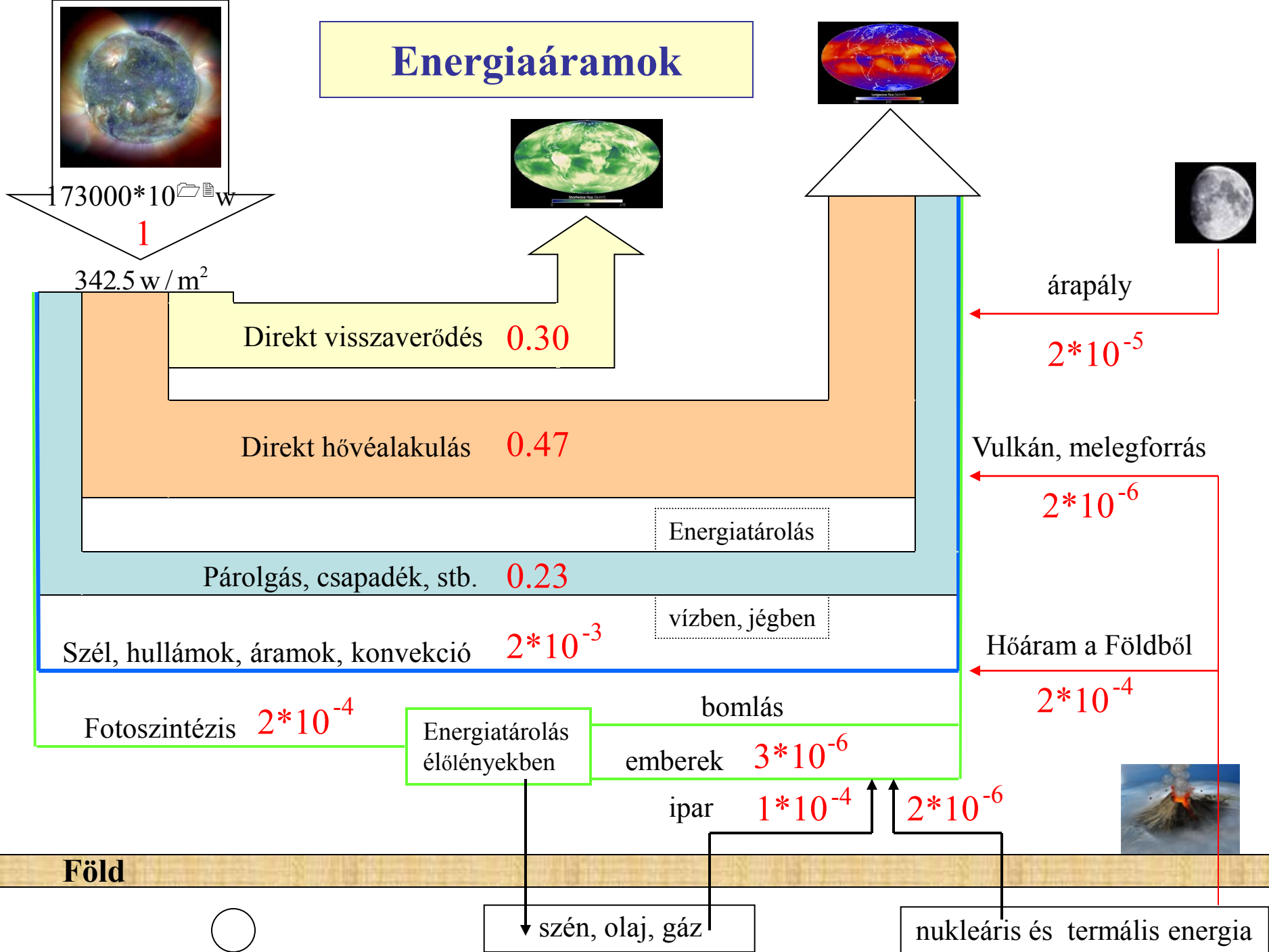
Problémák:

- (1) két nagyságrend hiányzik
- (2) 400000 éves periódus

$$J_E + \delta_E \approx \epsilon (T_F + \delta'_F)^4$$



Energiaáramok



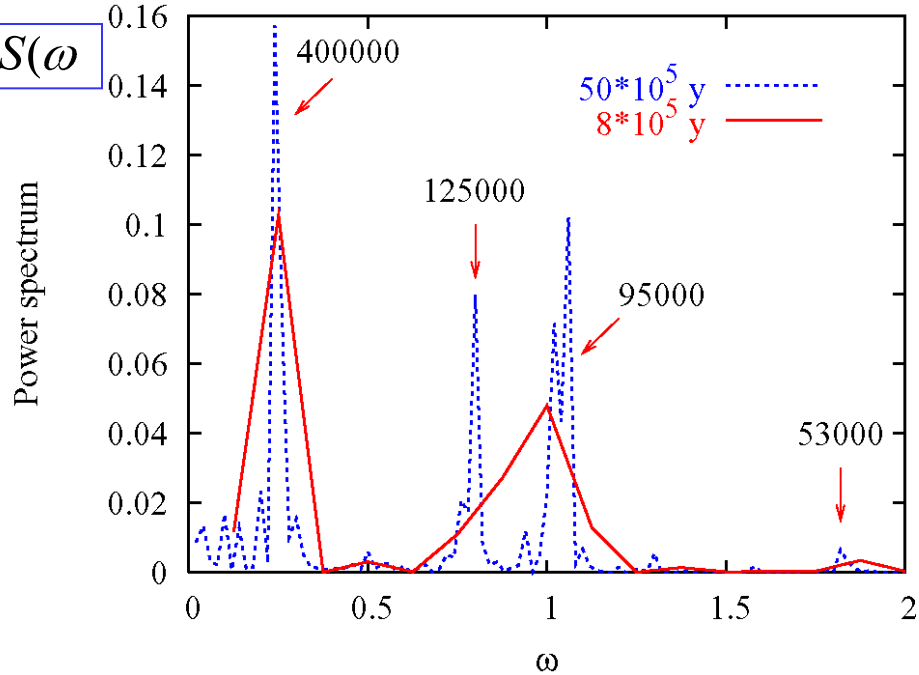
Pályaeexcentricitás spektrum

$$f(t) \rightarrow (\omega$$

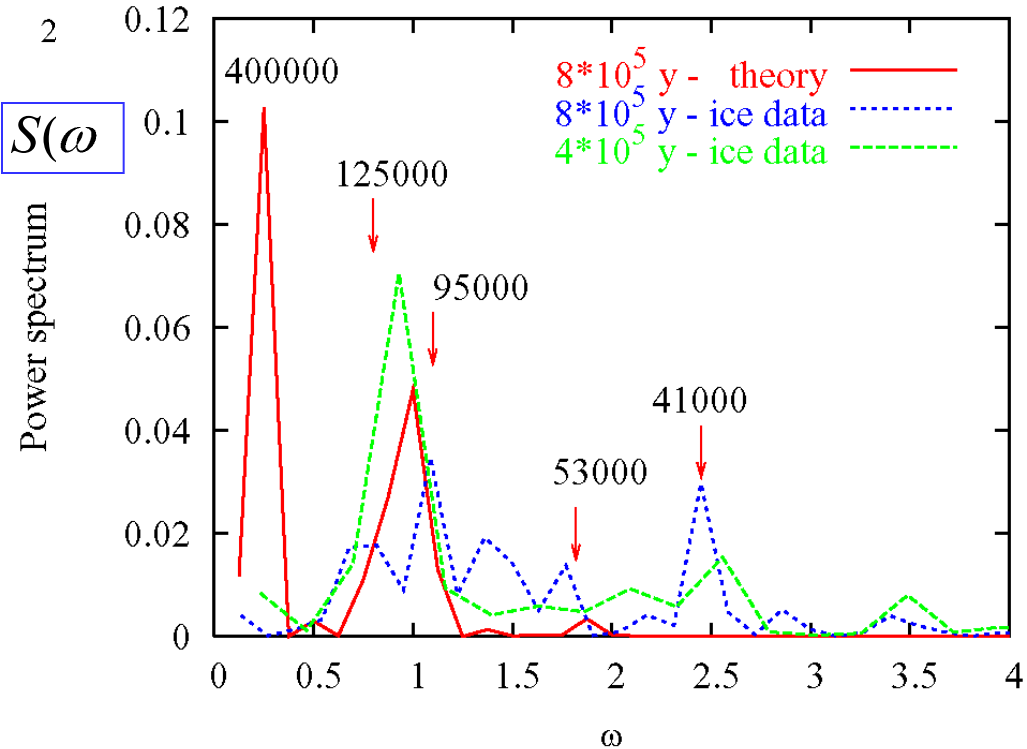
Teljesítményspektrum:

$$S(\omega) \sim |F(\omega)|^2$$

Eccentricity spectrum



Eccentricity spectrum and Antarctic ice-core data



Problémák:

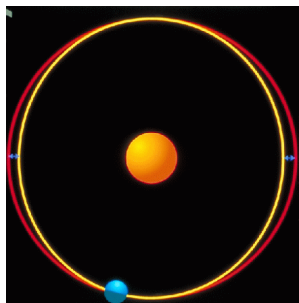
400000 éves periódus hiányzik

100000 éves nincs a helyén

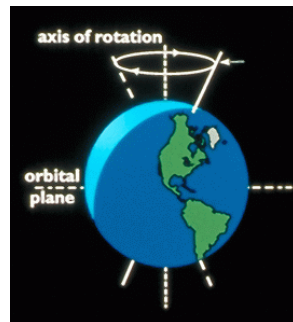
extra frekvenciák

A Föld periódusai: (Milankovich 1920)

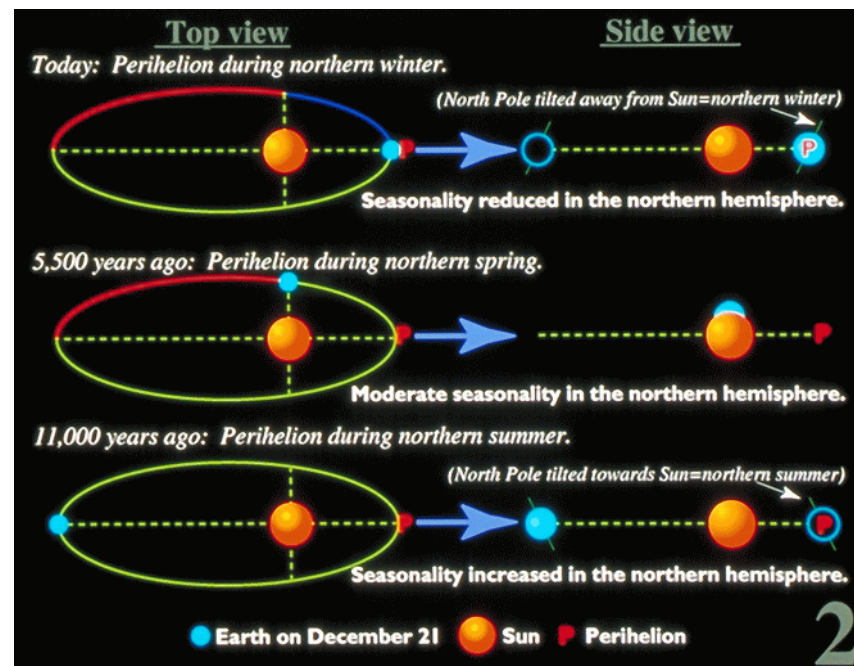
Bacsák György



Excentricitás (100000 év)
kis effektus – 0.1%

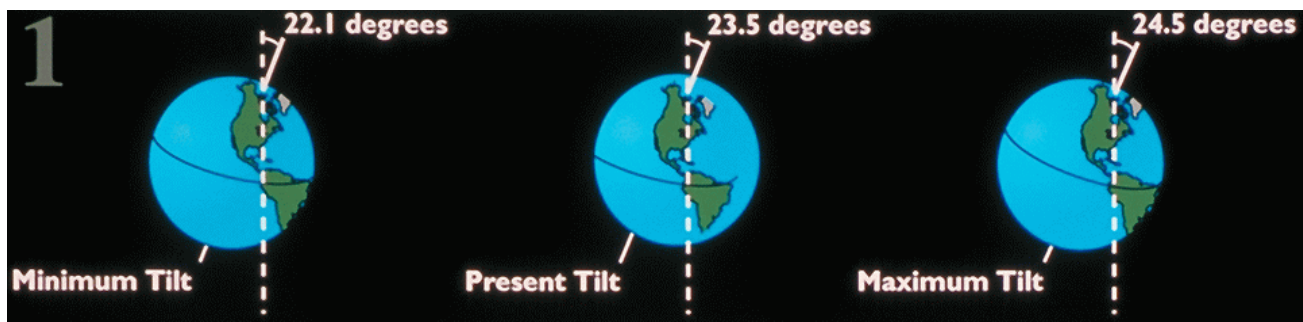


Forgástengely
precessziója:
(23000 év)



Az évszakok intenzitását befolyásolja.

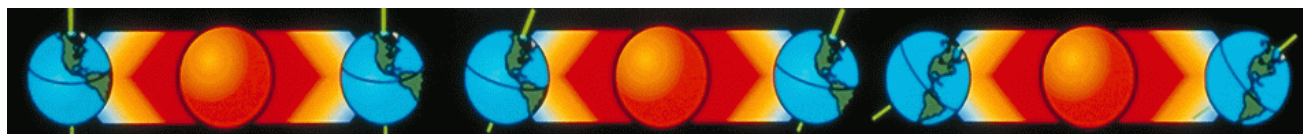
Forgástengely hajlásszöge (41000 év)



Napsugárzás eloszlását változtatja.

Északi sark besugárzása:

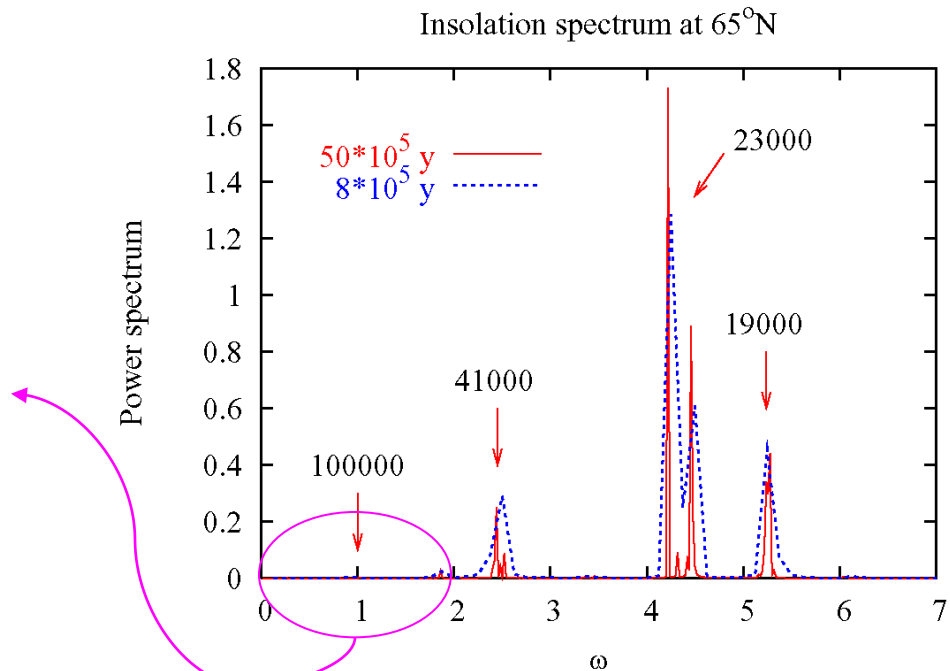
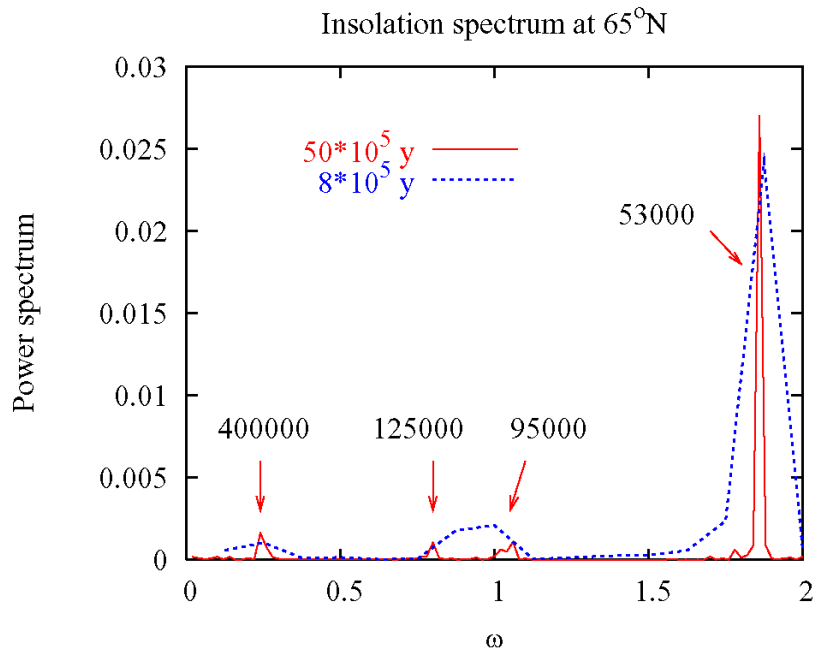
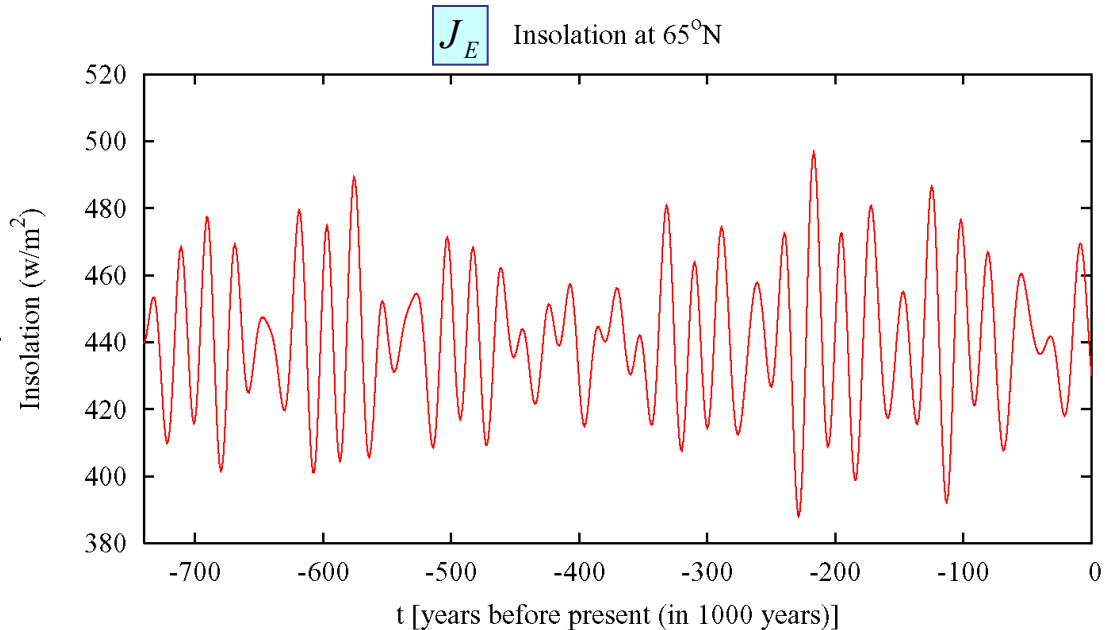
max 90° min 0°



Napsugárzás intenzitása a jéghatáron

$$\delta_F \approx 1^\circ C \leftarrow \frac{\delta_E}{J_E} \sim 0.1$$

Hogyan lesz ebből
100 ezer éves periódus?



Jégkorszakok modelljei: Ia

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

M - jégterfogat

$$I(t) = \frac{J_E - I_E^{\max}}{|J_E^{\max}|}$$

$$\frac{dM(t)}{dt} = -I(t)^a \cdot [M(t)]^b$$

Jég állandóan keletkezik:

$$r = \frac{1}{\tau}$$

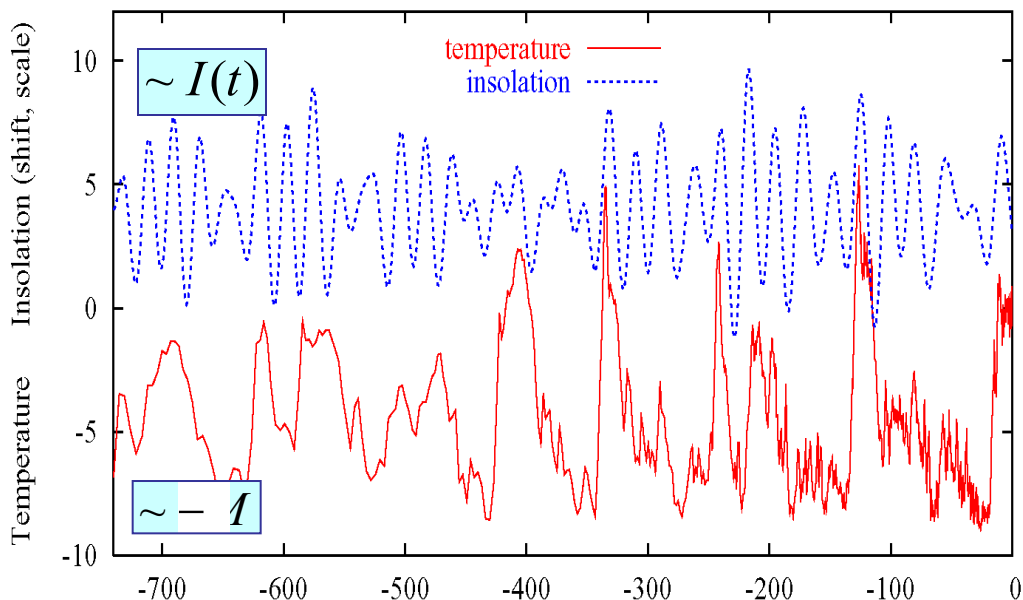
$\tau \sim 30000$ év

Jég instabillá válik, ha

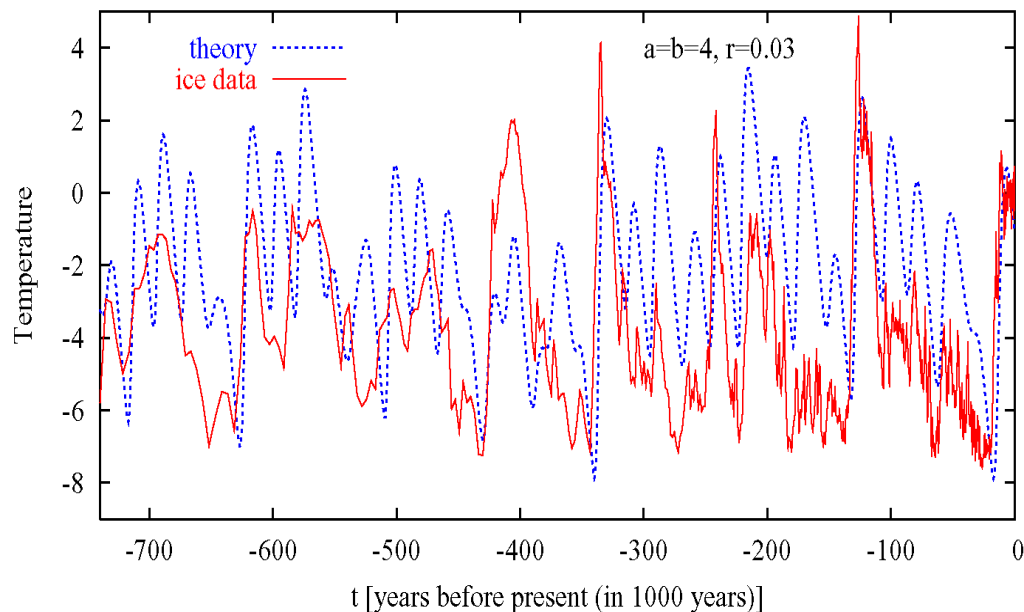
- (1) A jégmező túl vastag (gravitáció)
- (2) a besugárzás nagy és növekszik

Fittelés: $a \approx 1$ $b \approx 1$

Antarctic ice-core temperatures and insolation at 65°N



Antarctic ice-core T compared to a-b-model predictions

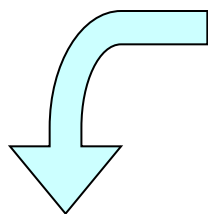


Jégkorszakok modelljei: Ib

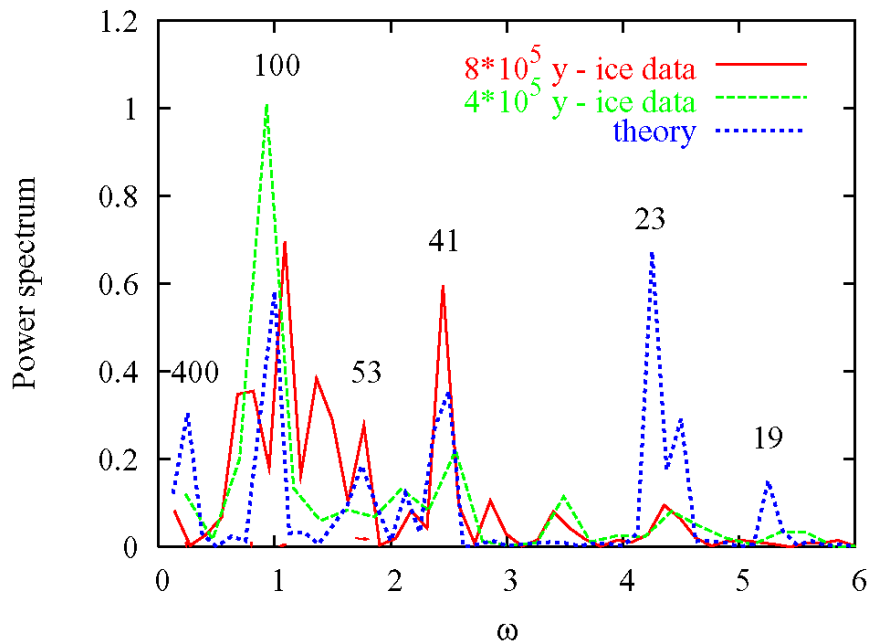
W. H. Berger, Int. Journ. Earth Sci. **88**, 305 (1999)

Teljesítményspektrum:

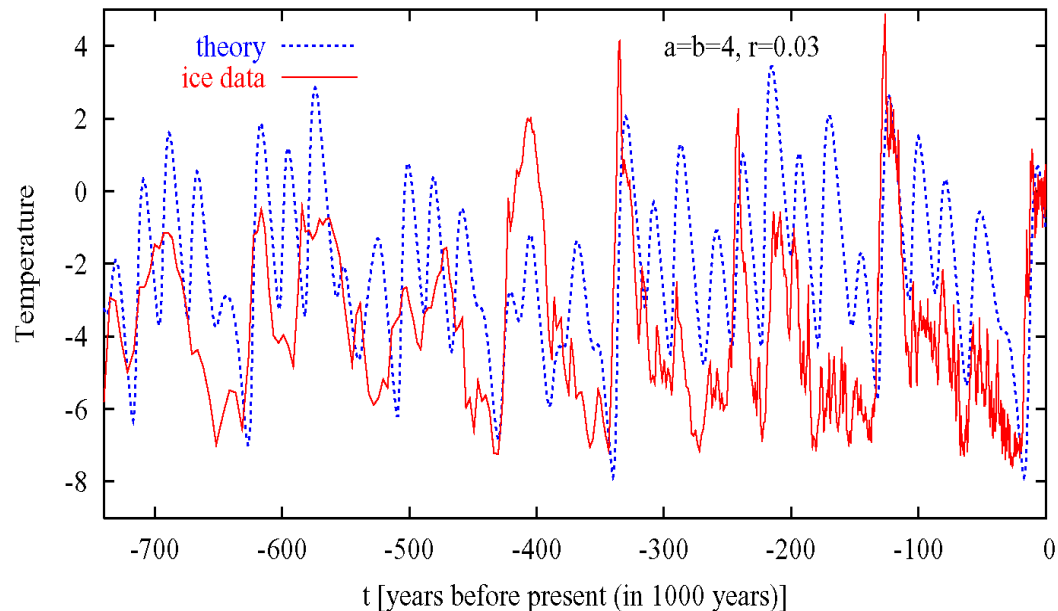
$$S(\omega) \sim |F(\omega)|^2$$



Antarctic ice vs. a-b-model



Antarctic ice-core T compared to a-b-model predictions



Problémák:

400000 éves periódus hiányzik

extra frekvenciák

Jégkorszakok modelljei: II

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

Memórieffektusok

(Jégmezők memóriája?)

Átlagos jégterefogat az utolsó

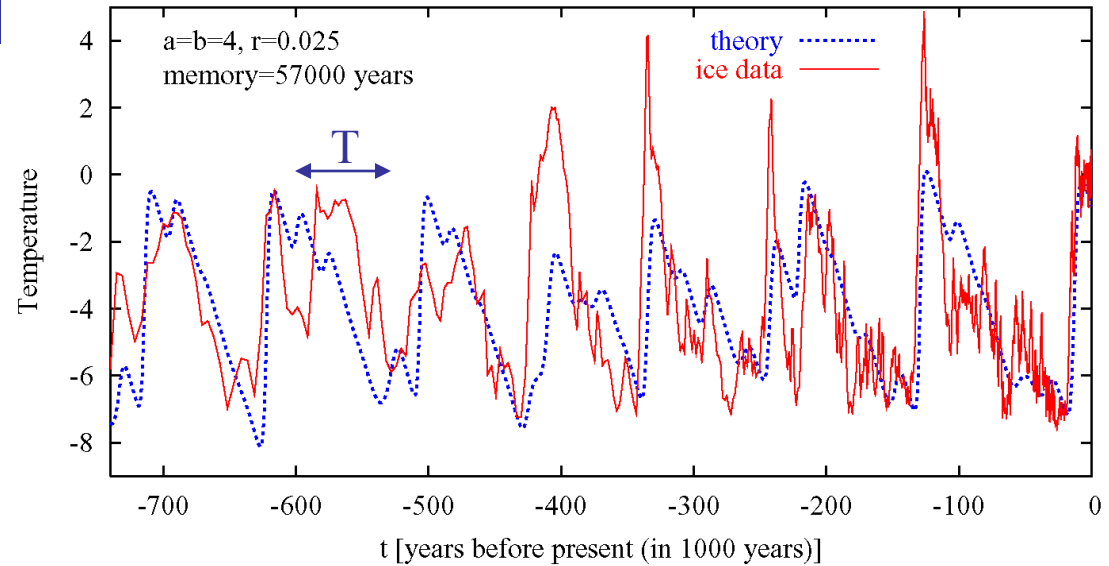
T évben:

$$Me(t) = \frac{1}{T} \int_{t-T}^t M(t') dt'$$

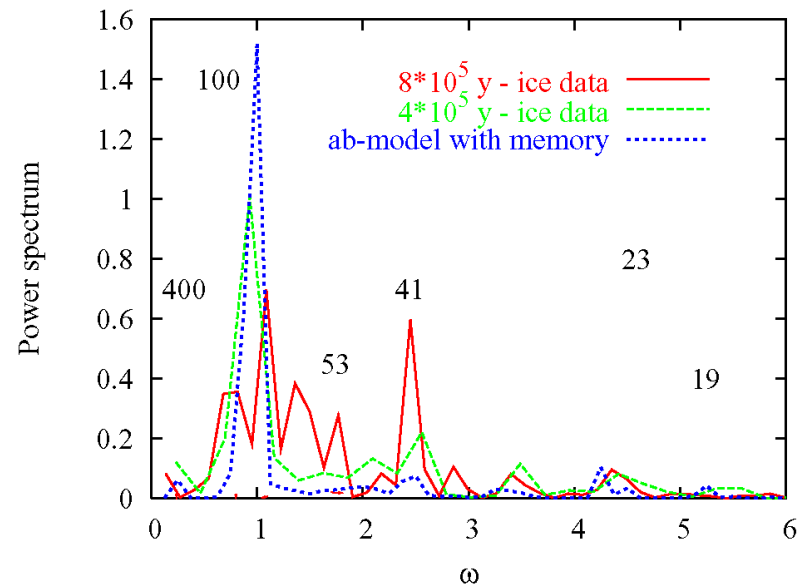
$$\frac{dM(t)}{dt} = r - I(t)^a \cdot M(t) \cdot [Me(t)]^{b-}$$

Fittelés: $T \approx 57000\text{év}$

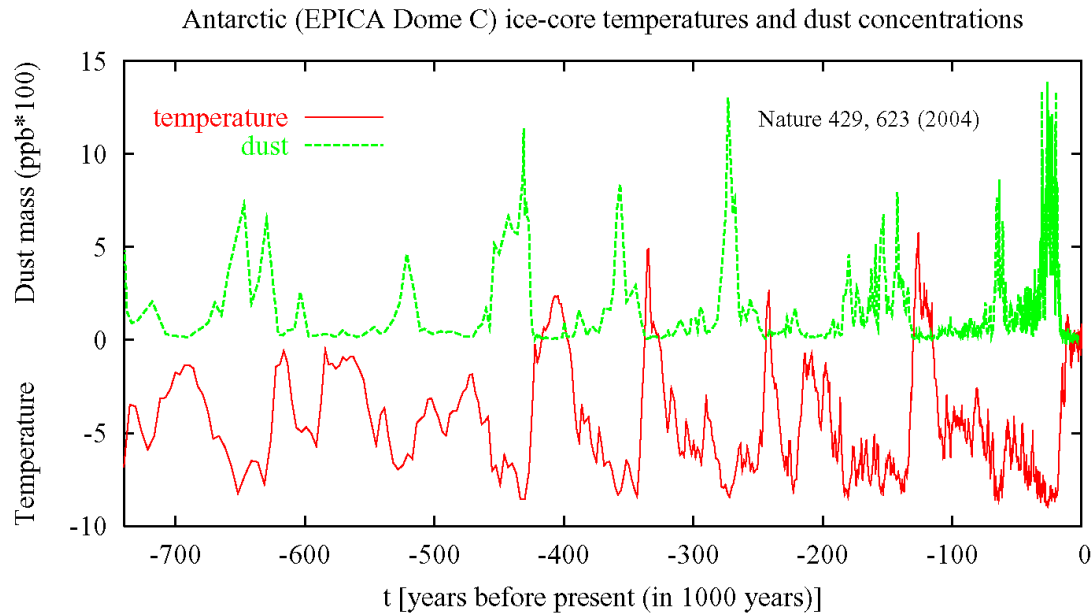
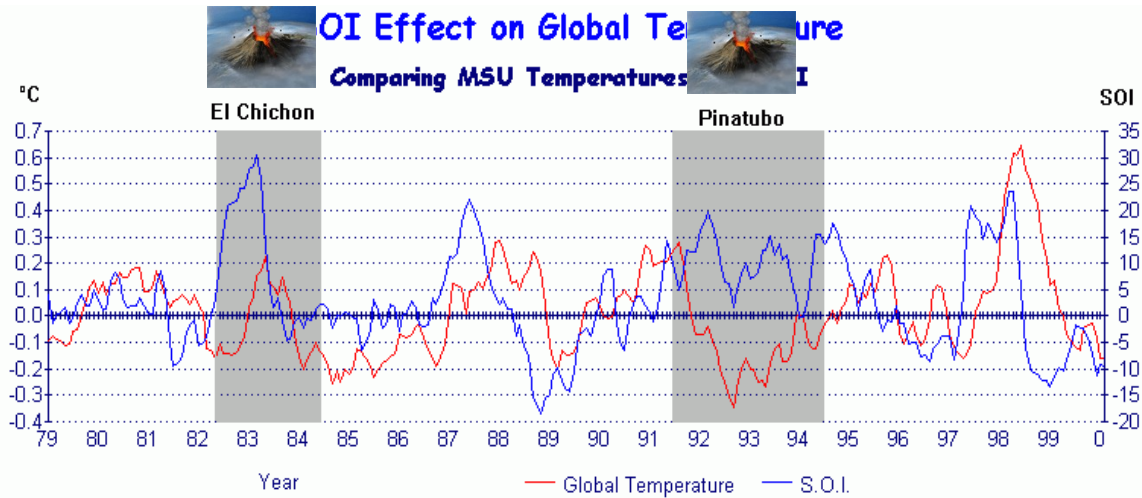
Antarctic ice-core T compared to a-b-memory model



Antarctic ice vs. a-b-model, memory



Por és hőmérséklet korrelációja

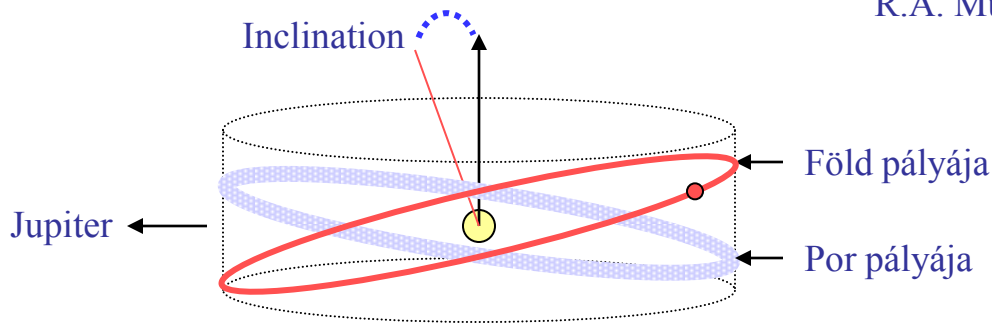


Kérdés: Honnan ered?

- (1) Szél?
- (2) Bolygóközi por?

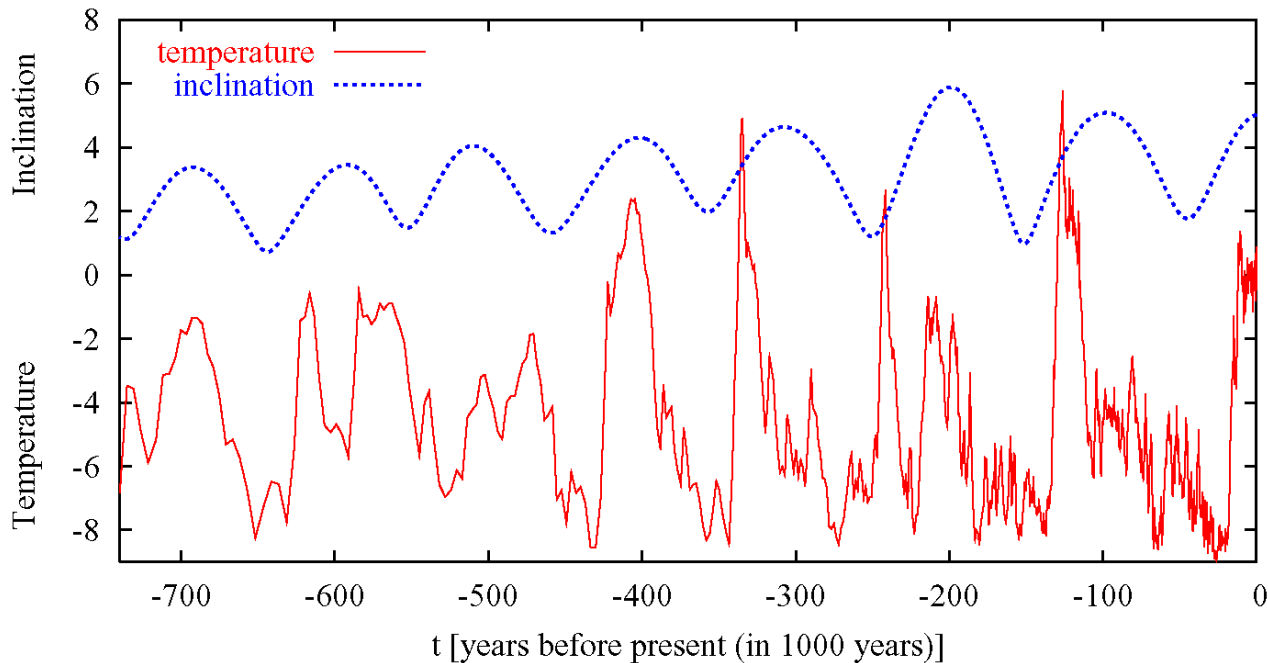
Bolygóközi por és a Föld pályasíkjának billegése

R.A. Muller and G.J. MacDonald, Nature 377, 107 (1995)



$$T_{per} = 00000\text{év}$$

Antarctic ice-core T and inclination of Earth's orbit (shifted by 33000 years)



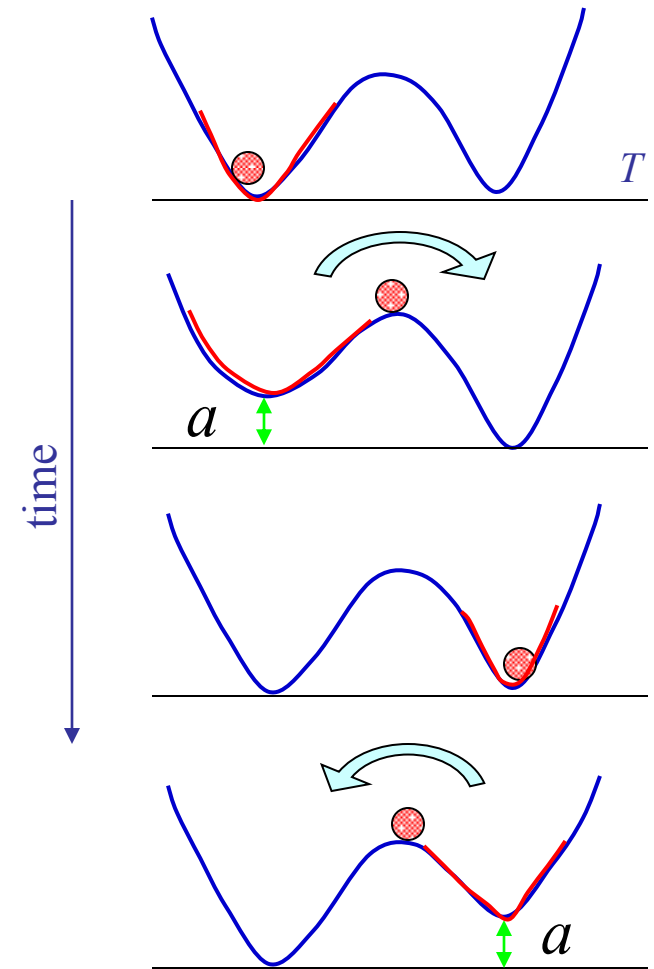
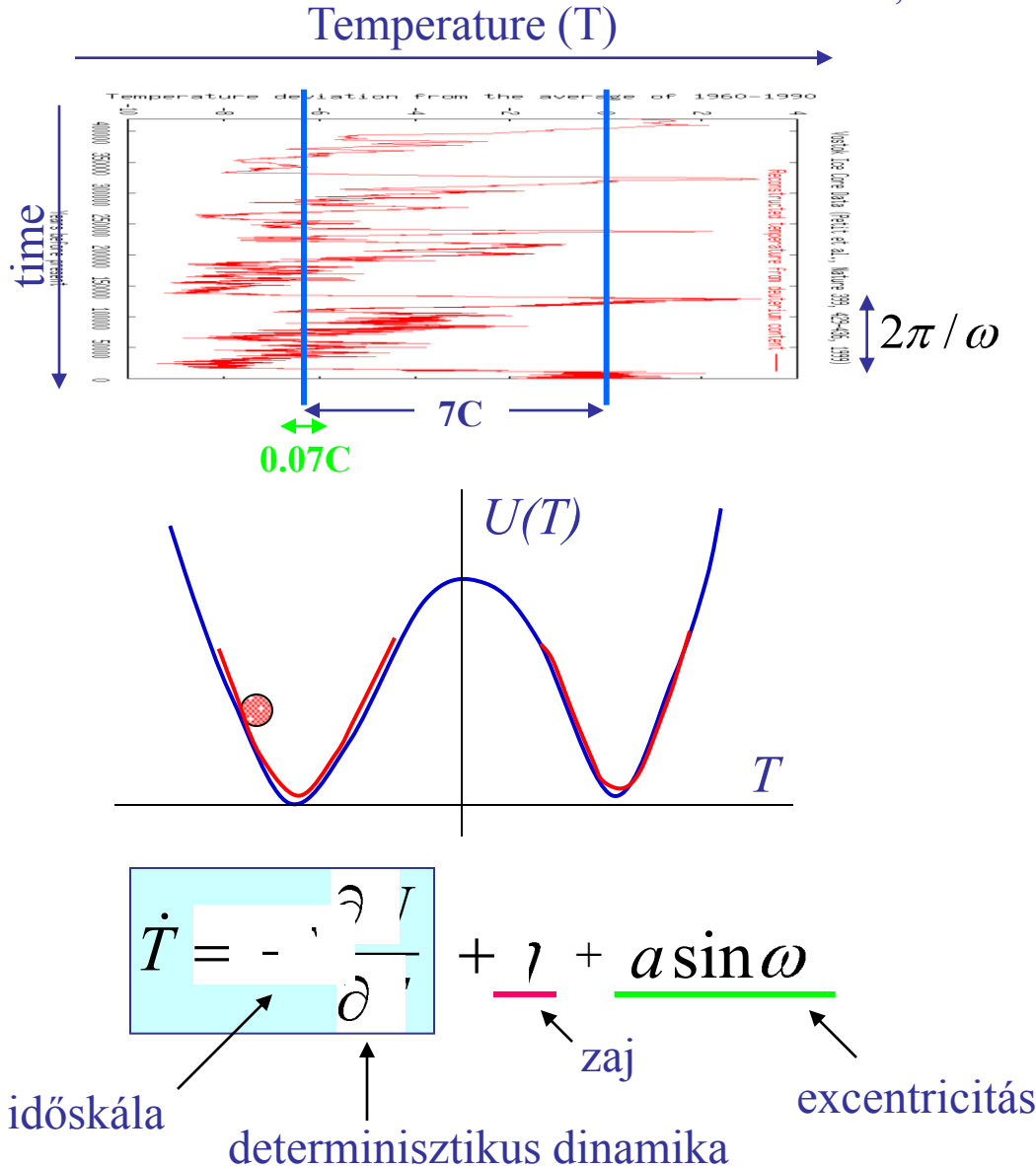
Problémák:

33000 éves memória,

Mechanizmus?

Stochasztikus rezonancia és a 100 ezer éves periódus

R. Benzi, G. Parisi, A. Sutera, and A. Vulpiani, Tellus 34, 16 (1982)



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



b : boszorkányok okozzák a hurrikánt
(gondolat)

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

Kiindulás: nem tudjuk

Ha b , akkor h valószínűsége nagy:

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

$$P(h|b) \approx 0.5$$

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

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

$$P(h, b) = P(h|b) P(b) = P(b|h) P(h)$$

h és b együttes
valószínűsége

h bekövetkezése esetén
 b valószínűsége

$$P(h|b) P(b) + P(h|\bar{b}) P(\bar{b})$$

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