

# AZ ÉGHAJLAT DINAMIKÁJÁNAK NÉHÁNY NYITOTT KÉRDÉSÉRŐL

Götz Gusztáv

# A NAGY REJTÉLY:

1. **Egyik oldalról: minimális reagálás** a napsugárzás intenzitásának a földi élet 3,8 milliárd évvel ezelőtti megjelenése óta bekövetkezett 25-30 % körüli növekedésére,  
**másik oldalról: igen érzékeny reagálás** a Föld pályaelemeinek az inszoláció mértékét és földrajzi eloszlását kis mértékben befolyásoló megváltozásaira.
2. **Ugyanahhoz** a külső éghajlati kényszerhez **egyidejűleg több**, egymást váltogató egyensúlyi klímaállapot (ún. **éghajlati rezsim**) tartozik.

A rezsimváltásokat a múltban ugrásszerű változások jellemezték,

**és egy gyors változás lehetőségét a jövőre vonatkozóan sem lehet kizárni.**

# MAGYARÁZAT:

## Ergodelmélet:

### (a) Tranzitív rendszerek

**Egyetlen** állandósult viselkedési forma (**klímaállapot**) létezik, és az összes kezdeti feltétel ugyanehhez a formához vezet

### (b) Intranszítív rendszerek

**Több** forma létezik, és a kezdeti feltételek egyik halmaza **végérvényesen** az egyikhez, másik halmaza egy másik forma kialakulásához vezet

Intranszítív-e a földi klíma? **Nem tudjuk!**

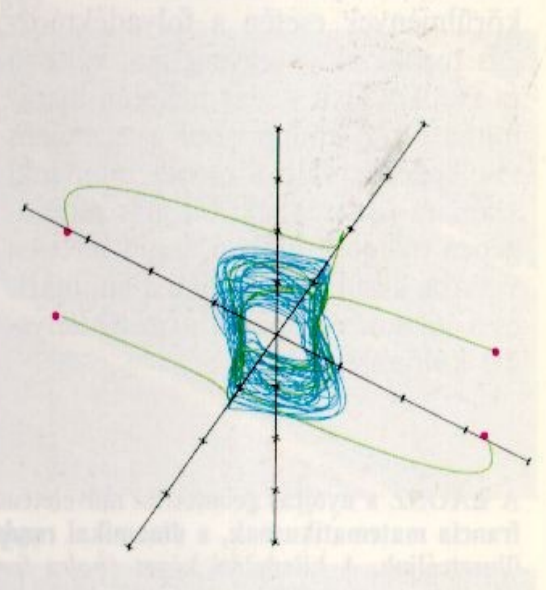
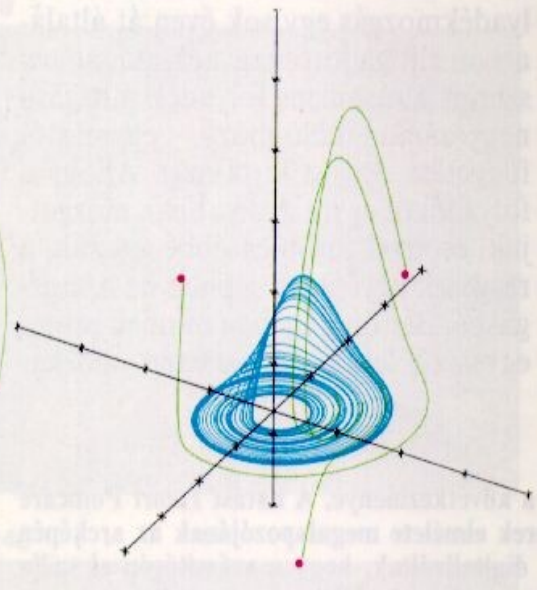
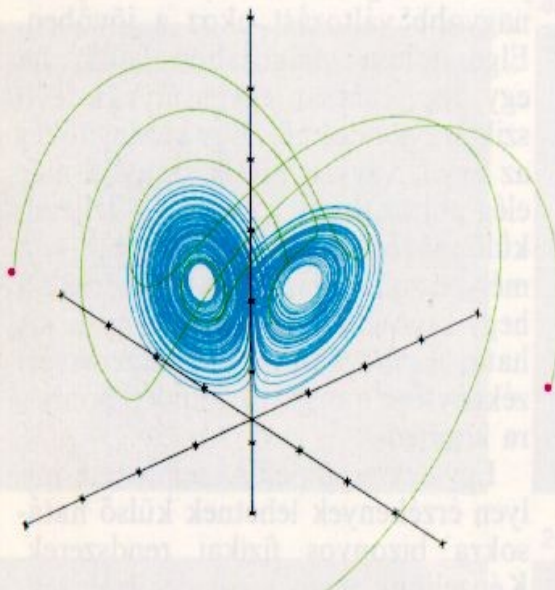
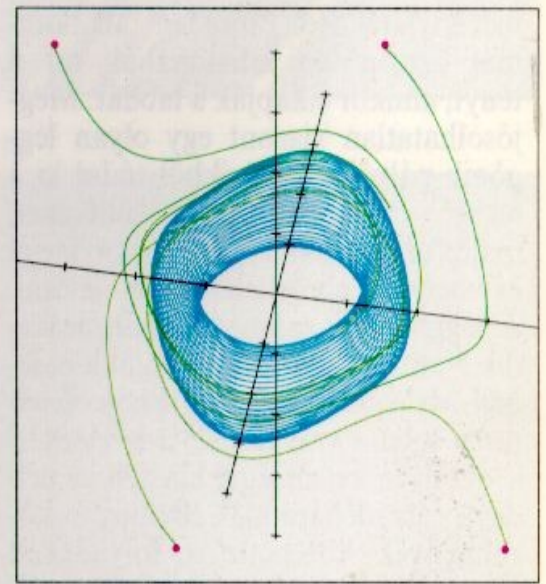
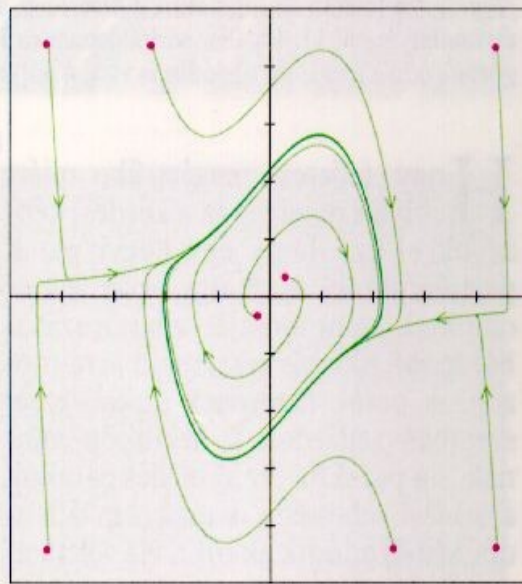
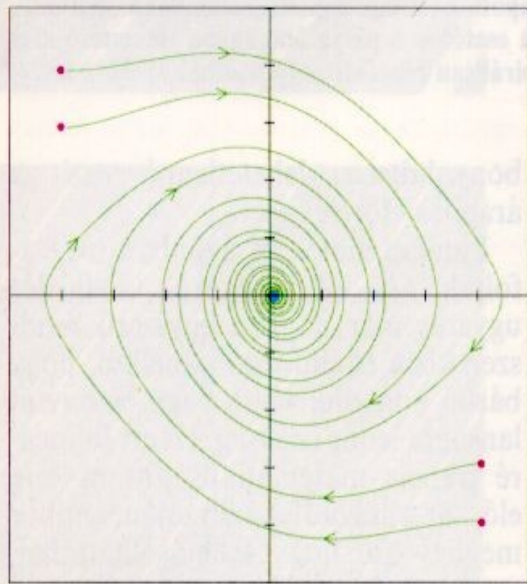
### (c) Pszeudo-intranszítív rendszerek

A különböző időskálákon **több forma** (éghajlati rezsim) váltogatva követheti egymást

Földünk kaotikus dinamikájú éghajlati rendszere (légkör, óceán) az elméleti vizsgálatok szerint ebbe a kategóriába tartozik:

állandósult viselkedése a fázistérben egy

**többrezsimes (Lorenz-féle) attraktor formájában jelenik meg**



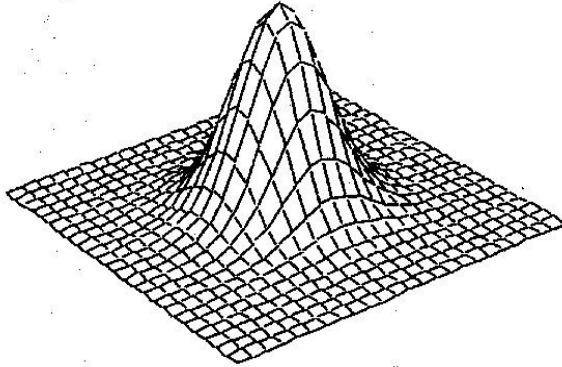
LORENZ

RÖSSLER

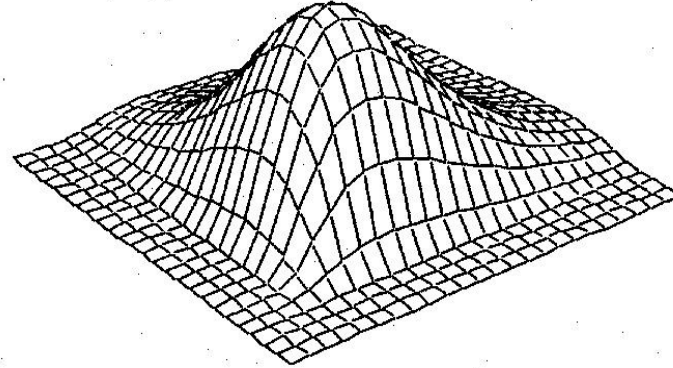
SHAW

## A valószínűségi sűrűségfüggvény eloszlásának három fő típusa

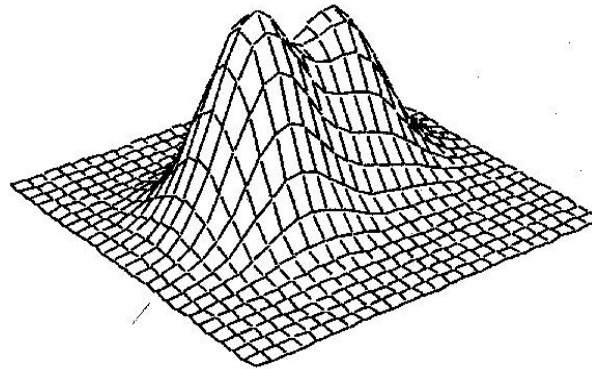
a) Multinormal distribution



b) Skewed distribution



c) Multi-modal distribution



a) unimodális Gauss-eloszlás; b) nemlineáris folyamatok által torzított unimodális eloszlás;

c) több éghajlati rezsim létezésére utaló multimodális eloszlás

# ÉGHAJLATI REZSIMEK MEGJELENÉSE

## A KÜLÖNBÖZŐ IDŐSKÁLÁKON

### 1. Jégkorszakok

A 2 millió évvel ezelőtt beköszöntött jelenkori jégkorszak a legújabb azoknak a sorában, amelyek több százmillió évenként szakították meg a Föld lényegesen stabilisabbnak mutatkozó, teljesen jégmentes klímaállapotát.

### 2. Glaciációs ciklusok

Az eljegesedési és interglaciális szakaszok 100.000 éves periódusú ismétlődése.

### 3. Interstadiálisok

A glaciális szakaszon belüli, 10.000–15.000 éves periódusú meleg időszakok (Dansgaard–Oeschger-események)

### 4. A szinoptikus klimatológiai időskálán a fő makroszinoptikus helyzetek

A zonális és blocking helyzetek sorozata

# A REZSIMEK KÖZÖTTI ÁTVÁLTÁSOKAT ELŐIDÉZŐ LEHETSÉGES OKOK

Jégkorszakok esetében a **kis jégsapka instabilitás** fellépése

Glaciációs ciklusok esetében triggerként az **orbitális paraméterek megváltozása**

Makroszinoptikus helyzetek közötti átváltás esetében a **baroklin instabilitás**

Interstadiálisok esetében a **világóceán termohalin cirkulációjának többes egyensúlya:**

egy globális melegedést kísérő időszakos lassulása vagy teljes leállása,  
majd újraéledése

**EZ LEGALÁBB KÉTSZER MEGTÖRTÉNT AZ UTOLSÓ GLACIÁLIS  
PERIÓDUST KÖVETŐ GYORS GLOBÁLIS MELEGEDÉS SORÁN**

# A KLÍMADINAMIKA HÁROM AKTUÁLIS KÉRDÉSE,

1:

LASSUL-E AZ ATLANTI-ÓCEÁN TERMOHALIN CIRKULÁCIÓJA A JELENLEGI, ANTROPOGÉN EREDETŰ GLOBÁLIS MELEGEDÉS KÖVETKEZTÉBEN?

Mivel

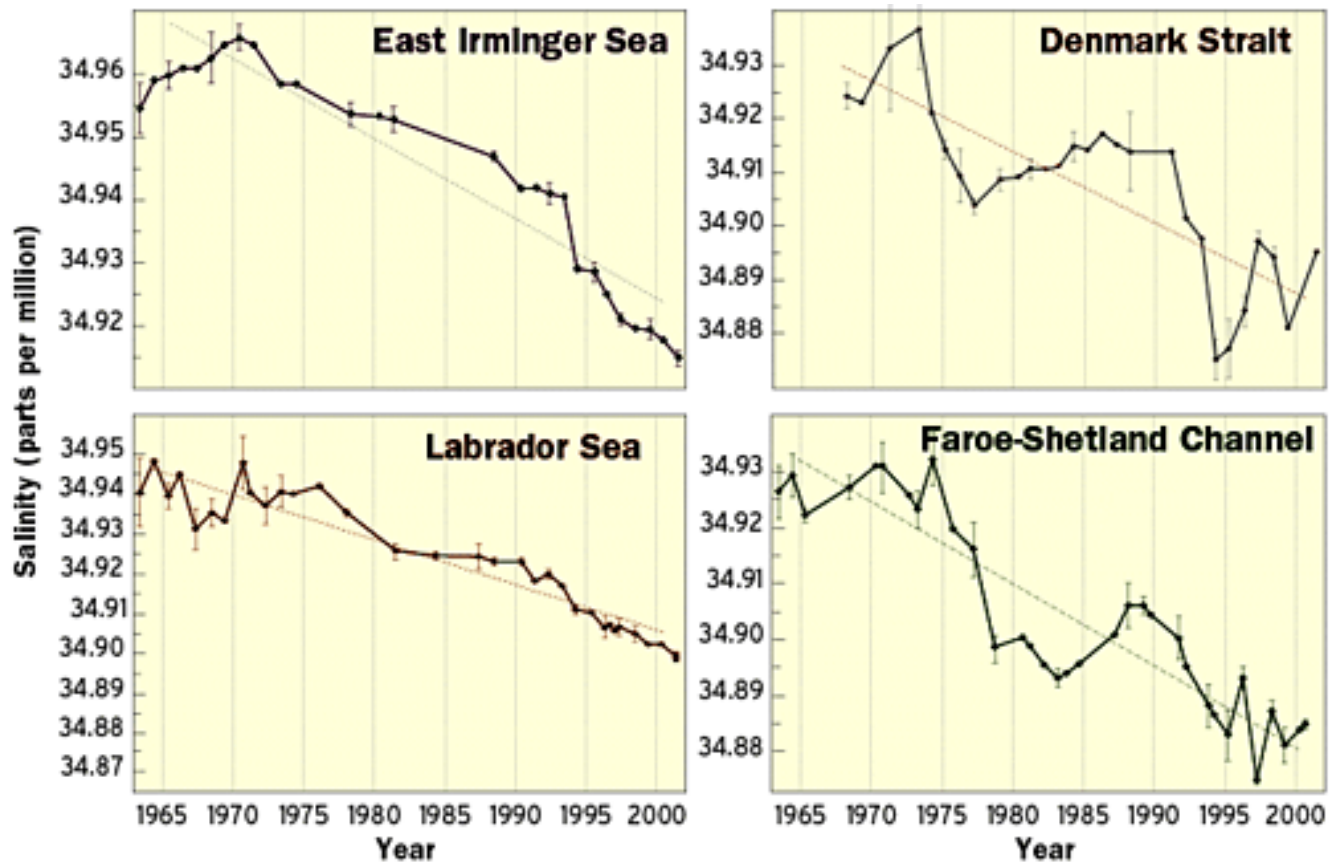
**egyik oldalról** a termohalin cirkulációt a tengervíz hőmérsékletének és sótartalmának meridionális gradiense tartja fent,

**másik oldalról** a poláris tengerek melegedése és sótartalmának csökkenése az észak-atlanti térségben redukálja a meridionális sűrűség-gradienst,

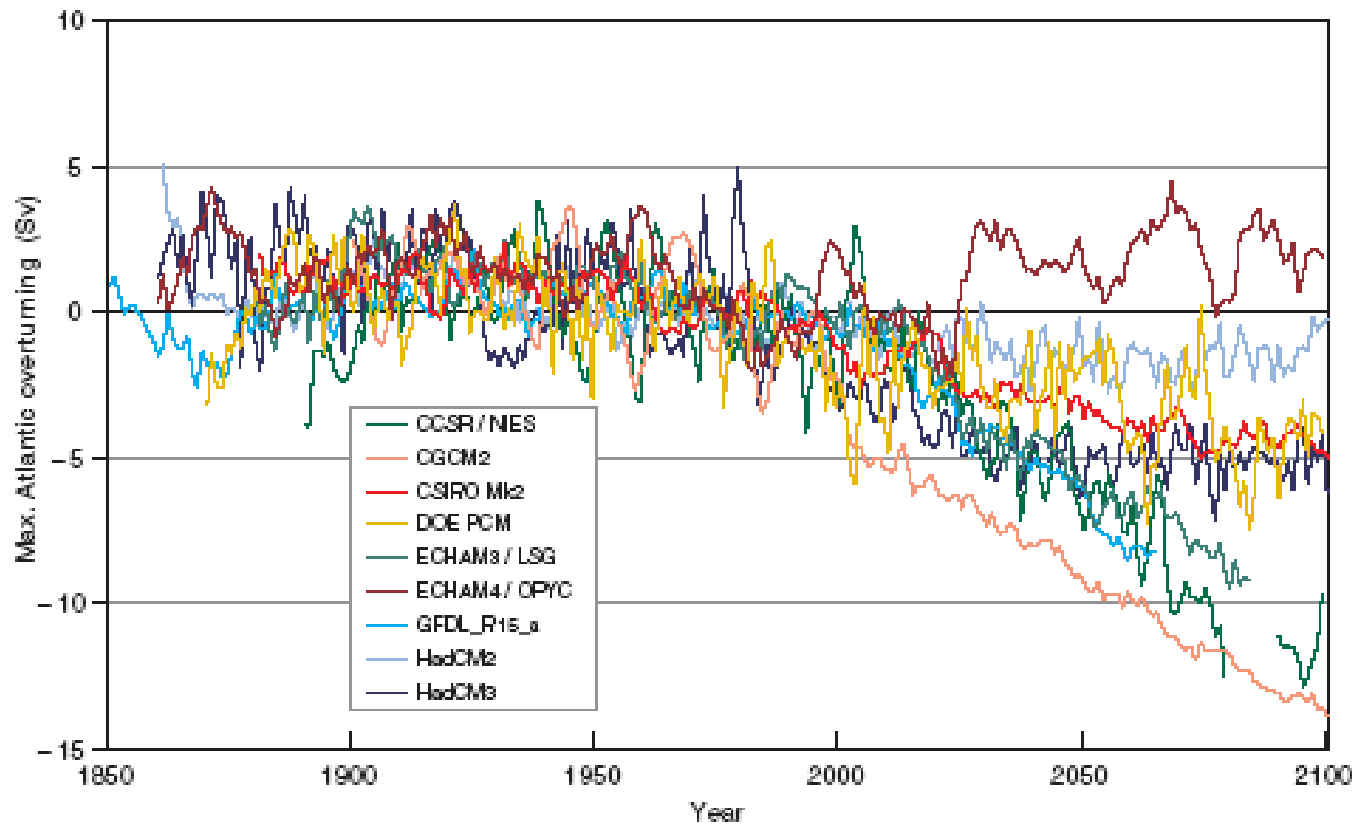
**a válasz:** a mérések és számos modellkísérlet szerint nagy valószínűséggel

**IGEN.**





A sótartalom csökkenése a poláris tengerekben a 20. század második felében,  
ppm-egységekben (1 ppm =  $10^{-6}$  térfogatszázalék)



A termohalin cirkuláció intenzitásának a 21. század végéig várható alakulása az 1961–1990. évek átlagához viszonyítva.

Az adatok Sverdrup-egységekben (Sv) szerepelnek ( $1 \text{ Sv} = 10^6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ )

# A KLÍMADINAMIKA HÁROM AKTUÁLIS KÉRDÉSE,

2:

VALÓBAN LÉNYEGES SZEREPET TÖLT-E BE A ÓCEÁNI HŐÁTVITEL A  
GLOBÁLIS ENERGIAEGYENSÚLY FENNTARTÁSÁBAN?

Az óceáni hőátvitel két összetevője:

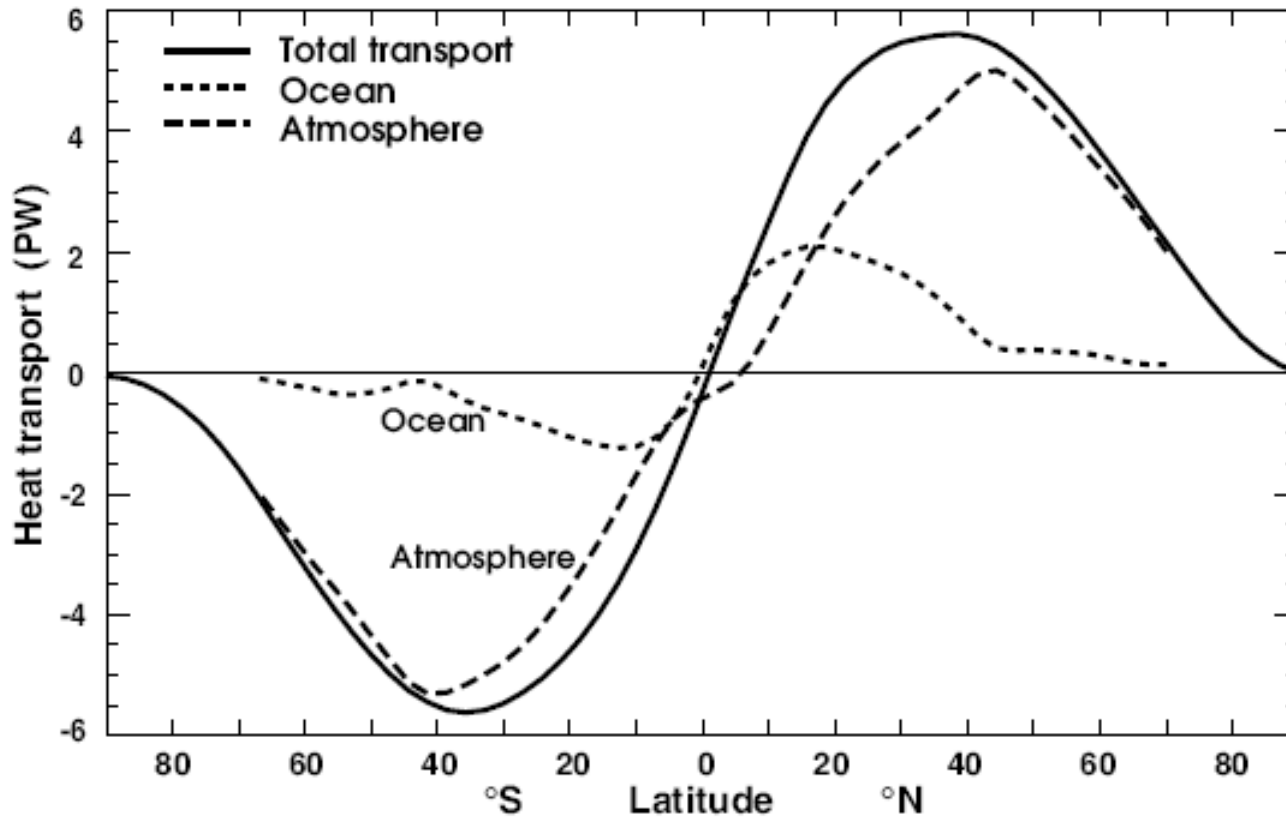
1. A **termohalin cirkuláció**,
2. Az **Ekman-sodrás** (az általános légköri mozgás által létrehozott cirkuláció).

Együttesük az ún. óceáni szállítószalag

Az Earth Radiation Budget Experiment (ERBE) műholdas mérései, valamint az ECMWF – NCEP – NCAR által egységesen újra analizált mezők alapján elvégzett számítások szerint

**az óceáni szállítószalag lényegesen kisebb szerepet játszik,**

mint azt néhány évvel ezelőtt gondoltuk.



A hő óceáni meridionális transzportja **csak a 0 N és a 17 N közötti térrészben domináns**, és a 35° szélességnél, ahol az átvitel maximális, az óceán részesedése az északi féltekén **22%**, a déli féltekén pedig mindössze **8%**.

# A KLÍMADINAMIKA HÁROM AKTUÁLIS KÉRDÉSE,

3:

## HOGYAN ALAKUL AZ ELKÖVETKEZŐ ÉVTIZEDEKBEN FÖLDÜNK ÉGHAJLATA?

A kérdésre a válaszadás megközelíthető:

- (A) **elméleti oldalról**, a nemlineáris dinamikai rendszerek elmélete alapján, és
- (B) **gyakorlati módszerekkel**, statisztikus és dinamikai eljárásokkal végzett számítások alapján.

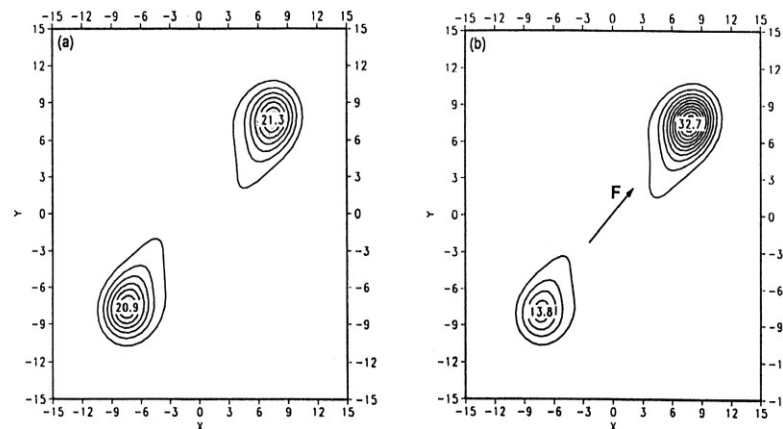
## (A) AZ ANTROPOGÉN KLÍMAVÁLTOZÁS NEMLINEÁRIS DINAMIKAI PERSPEKTÍVÁJA

A dinamikai rendszerek elméletének szemszögéből a kérdés az éghajlati rendszer **strukturális stabilitásának** problémájaként vetődik fel.

Strukturálisan stabilis az a rendszer, amelynek az attraktora **topologikusan ekvivalens marad** a perturbálatlan rendszer attraktorával.

Az alacsonyrendű modellek szerint egy antropogén kényszer **csak az állapotpont valószínűségi sűrűségfüggvényének fázistérbeli eloszlását** változtatja meg:

**az emberi tevékenység nem idézi elő az általános légköri alapvető megváltozását.**



## (B) AZ ANTROPOGÉN KLÍMAVÁLTOZÁS KÉRDÉSE A STATISZTIKUS ÉS DINAMIKAI VIZSGÁLATOK TÜKRÉBEN

Gyakorlati válaszok remélhetőik:

- milyen mértékben jelent már meg az „antropogén jel”?
- hogyan módosul a ciklontevékenység a mérsékelt szélességeken?
- miként változik meg a trópusi ciklontevékenység?
- gyakoribbakká válnak-e a szélsőségek (aszályok, nagy csapadékok)?

Ma még igen sok a bizonytalanság

- nemcsak a **jövő**, hanem
- az **elmúlt 50-100 év** tekintetében is.

## A JÖVŐ BIZONYTALANSÁGÁNAK VESZÉLYE:

„beplántálhatta a társadalomba a félelem légkörét” (Hans von Storch)

Példák: Roland Emmerich *Holnapután* c. filmje (2004. május),

Michael Crichton *The State of Fear* c. könyve (2004. december),

a *Pentagon-jelentés* (2003. október),

Paul Wadhams: „leáll a Golf-áramlás”, és 2080-ra kihalhatnak a jegesmedvék

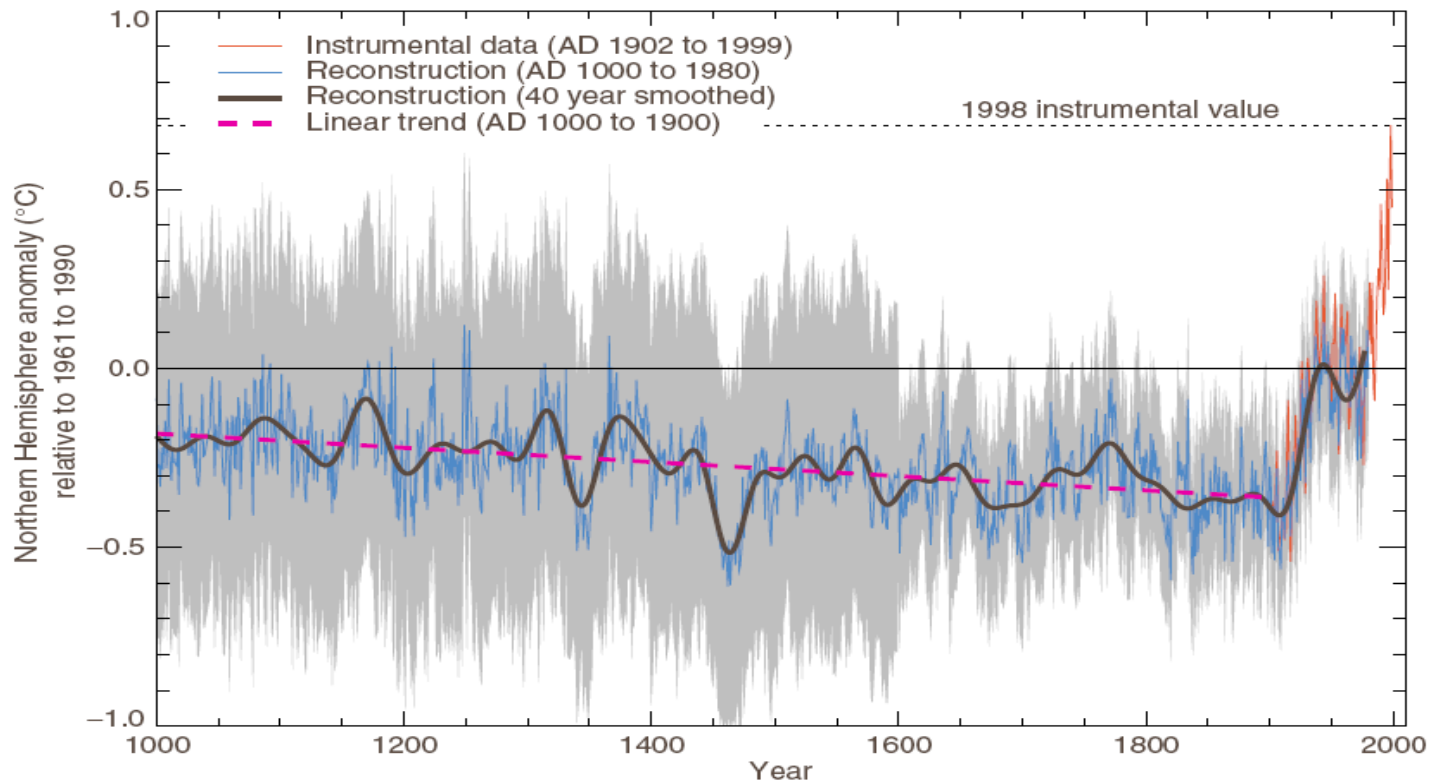
(EGU-ülésen adott sajtónyilatkozat, 2005. április) [a Golf-áramlás csak akkor áll

le, ha leáll vagy a légkörczés, vagy a földforgás, vagy mind a kettő!],

az IPCC harmadik helyzetértékelő jelentésében az antropogén klímaváltozás

„ikonszerű szimbólumává avatott” **hokibot-görbe** (von Storch).





Az elhíresült **hokibot-görbe**, amelyet sok kutató szerint csak hibás módszertan eredményezhet, és amely alkalmat nyújthat

„a túlzások spiráljának további fokozására”.

## ZÁRÓ GONDOLAT:

Az éghajlatlan megoldatlan, vagy még bizonytalan kérdéseiből fakadó problémák elhárításának útját

- az információgyűjtés fokozása, valamint
- a statisztikus és dinamikai módszerek további fejlesztése

jelenti.

Ennek a célnak az elérését segíti a

**Globális Földmegfigyelő Rendszerek Rendszerének (GEOSS)**

tíz évre szóló megvalósítási terve, amelyet 2005. február 16-án hagyott jóvá  
Brüsszelben 61 ország kormánya és az Európai Bizottság.