



A MAGYAR
TUDOMÁNY
ÜNNEPE

Mit tanulhatunk az extrém időjárási helyzetek gyakoriságáról laboratóriumi modellkísérletekből?

Vincze Miklós

HUN-REN—ELTE Elméleti Fizikai

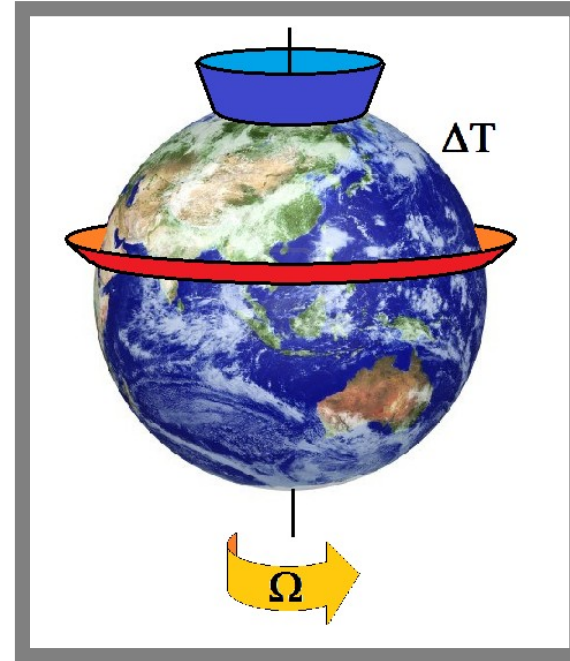
Kutatócsoport;

HUN-REN Földfizikai és Űrtudományi

Kutatóintézet

A mérsékelt égövi légkörzés laboratóriumi “minimálmodellje”

- A földi légkör dinamikája bonyolult.
- **Ötlet:** Csináljunk láttató erejű “minimálmodelleket”, akár egy laborban!
- A nagyskálájú (mérsékelt övi) légköri és óceáni áramlási jelenségek igen nagy részét alapvetően **két tényező** alakítja:
- ***Forgatás + meridionális hőmérsékletkülönbség***
≈ időjárás



A mérsékelt égövi légkörzés laboratóriumi “minimálmodellje”

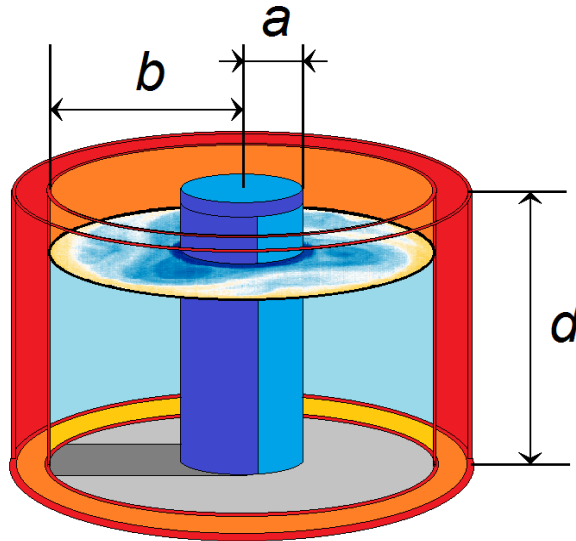
- Hengeres, oldalról hűtött és fűtött tartály egy forgóasztalon. „Rotating annulus”

Méretek (Cottbus):

$$a = 45 \text{ mm}$$

$$b = 120 \text{ mm}$$

$$d = 135 \text{ mm}$$



A mérsékelt égövi légkörzés laboratóriumi “minimálmodellje”

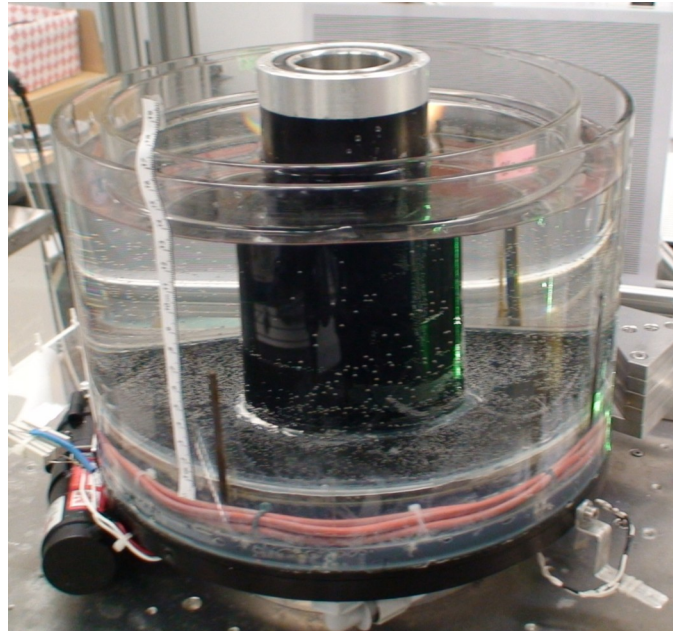
- Hengeres, oldalról hűtött és fűtött tartály egy forgóasztalon. „Rotating annulus”

Méretek (Cottbus):

$$a = 45 \text{ mm}$$

$$b = 120 \text{ mm}$$

$$d = 135 \text{ mm}$$



A mérsékelt égövi légkörzés laboratóriumi “minimálmodellje”

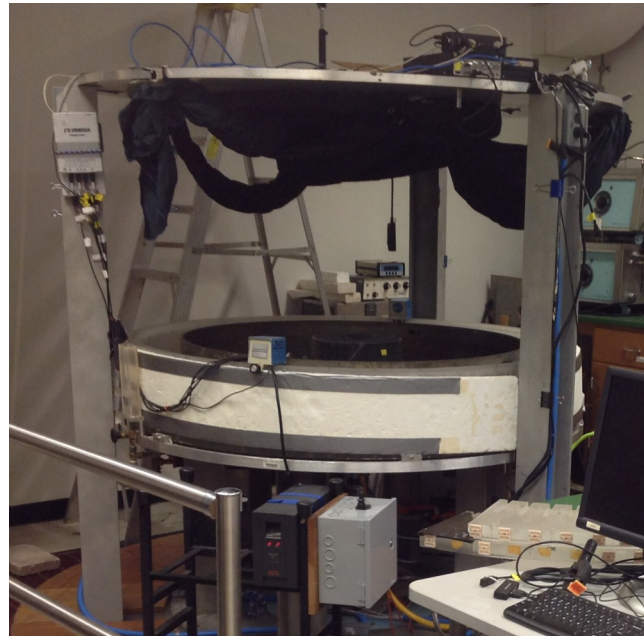
- Hengeres, oldalról hűtött és fűtött tartály egy forgóasztalon. „Rotating annulus”

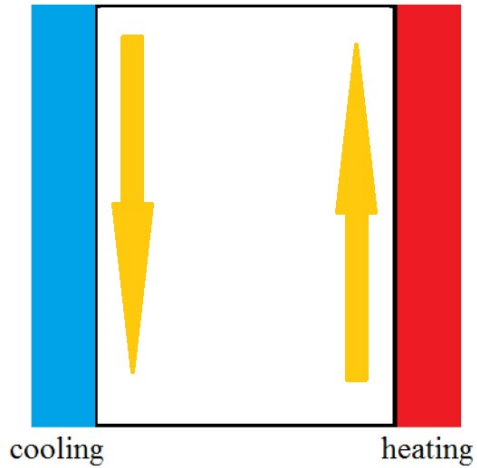
Méretek (Tallahassee):

$$a = 160 \text{ mm}$$

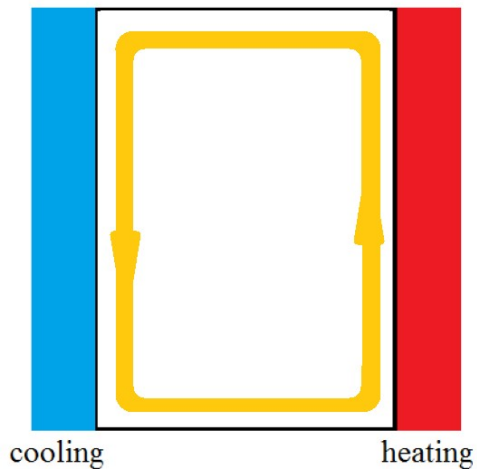
$$b = 610 \text{ mm}$$

$$d = 80 \text{ mm}$$

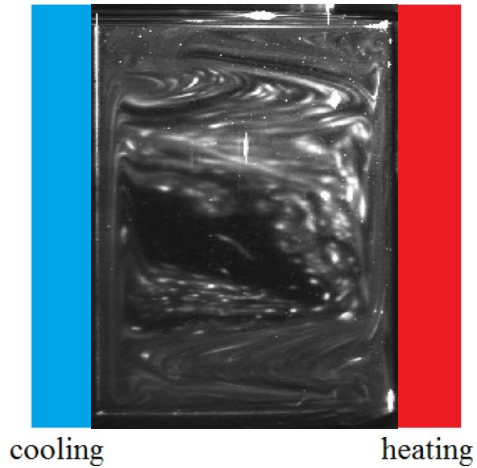




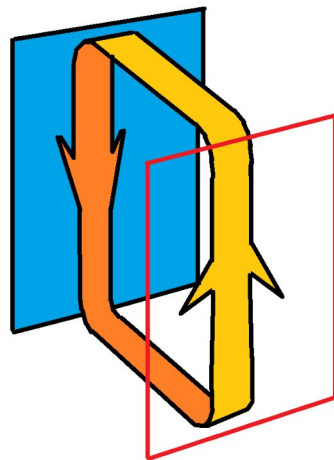
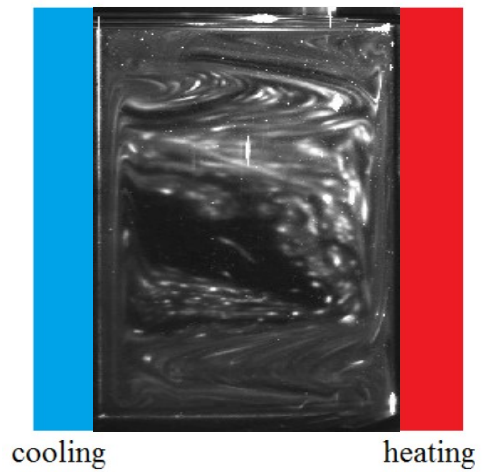
"Oldalirányú" konvekció –
nincsen minimális "kritikus"
 ΔT
(vagyis 'kritikus Rayleigh-
szám')

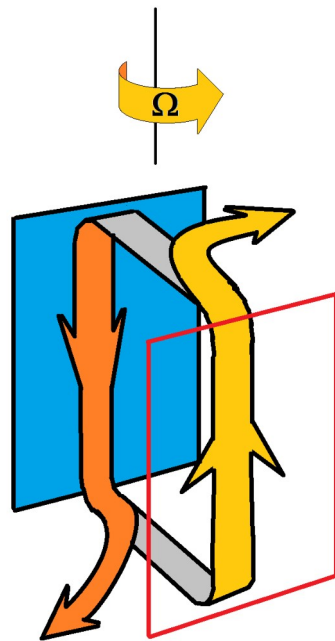
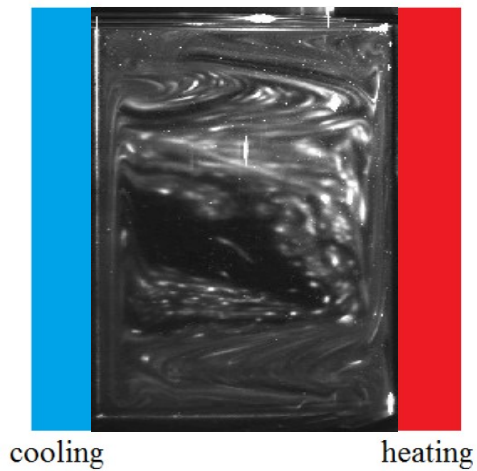


"Oldalirányú" konvekció –
nincsen minimális "kritikus"
 ΔT
(vagyis 'kritikus Rayleigh-
szám')

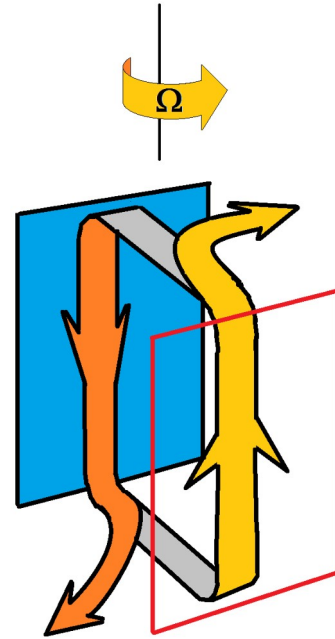


"Oldalirányú" konvekció –
nincsen minimális "kritikus"
 ΔT
(vagyis 'kritikus Rayleigh-
szám')

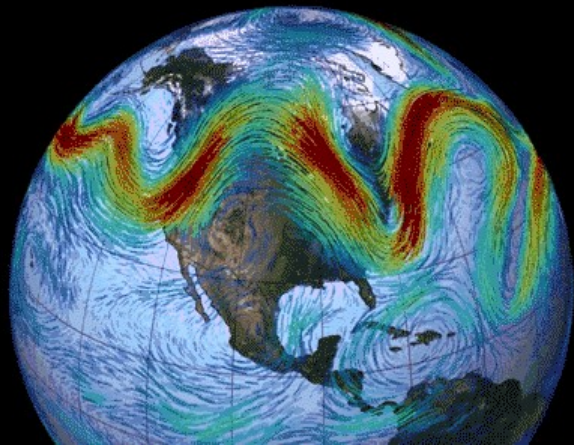
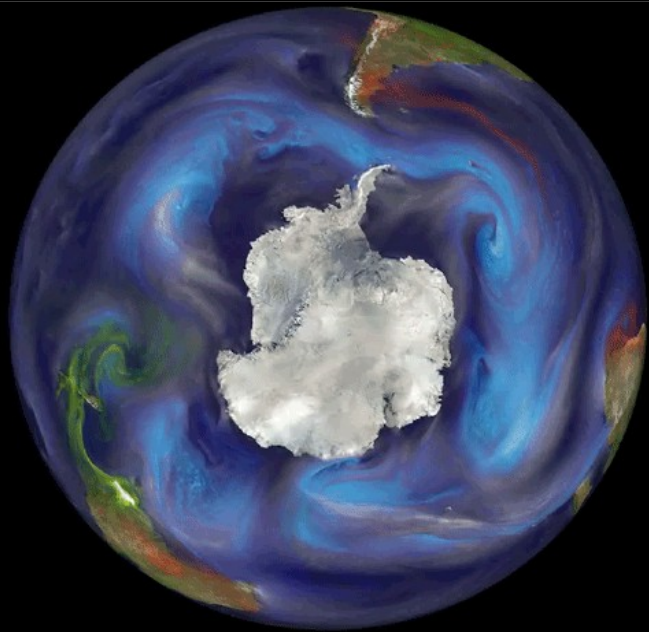


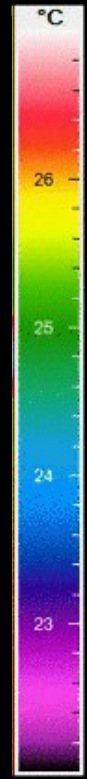
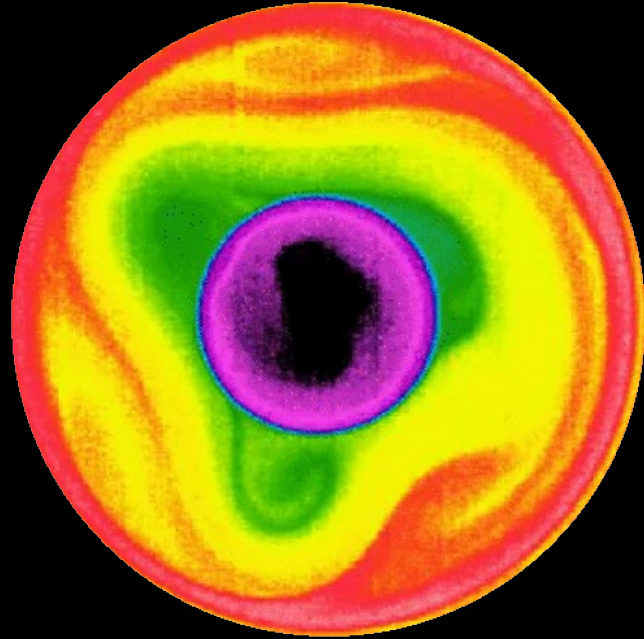


$$-2\Omega \vec{e}_z \times \vec{u}$$

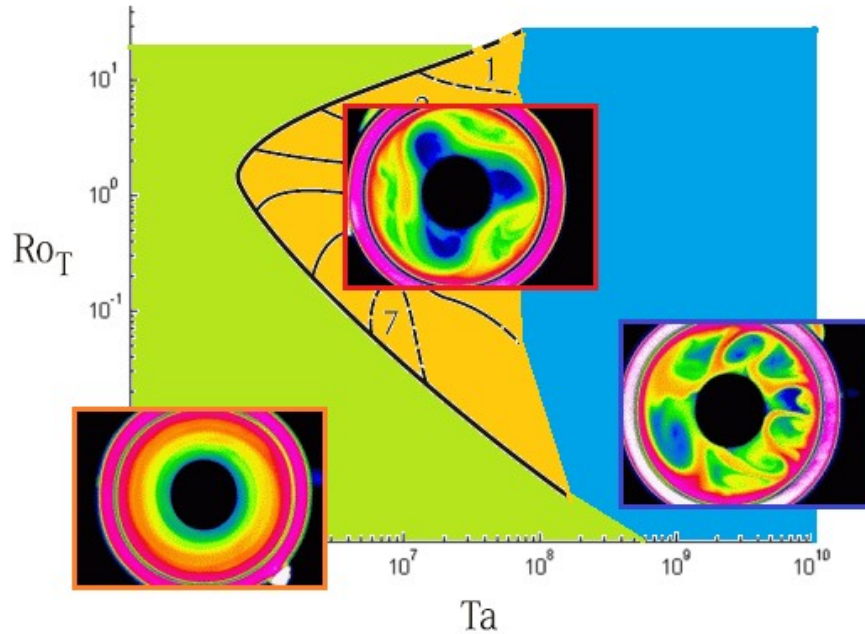


$$-2\Omega \vec{e}_z \times \vec{u}$$





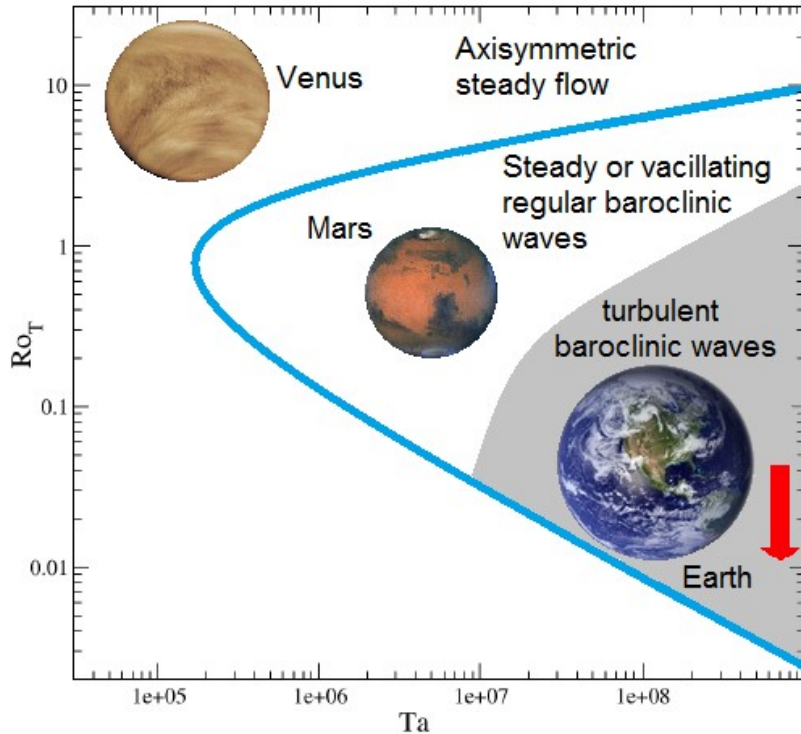
A fázisdiagram (Fultz és Hide nyomán)



$$Ta = \frac{4 \cdot \Omega^2 \cdot (b - a)^5}{\nu^2 \cdot d}$$

$$Ro = \frac{g \cdot d \cdot \alpha \Delta T}{\Omega^2 \cdot (b - a)^2}$$

A fázisdiagram (Fultz és Hide nyomán)



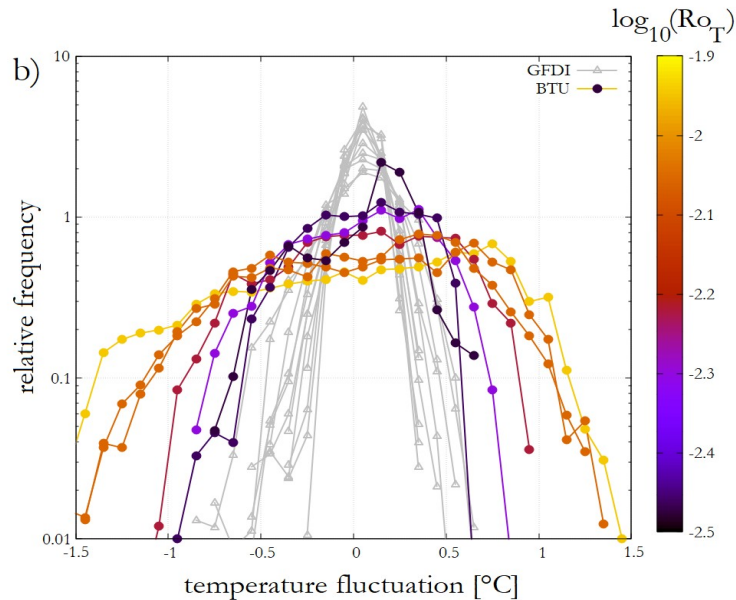
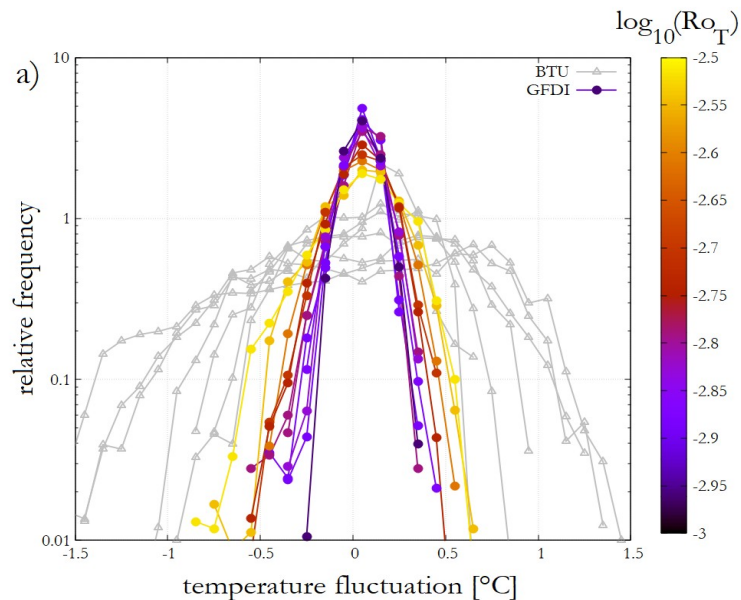
Forrás: Vincze, Borcia, Harlander, Scientific Reports (2017)

“Meridionális” hőmérséklet-különbség vs. hőmérsékleti fluktuációk

- Nagy méretű “annulus” → kicsiny Rossby-szmámok (kvázigeosztrofikus turbulencia)
- Hőmérsékleti idősorok rögzített mérőhelyekről
- **Kérdés:** Hogyan függnek a hőmérsékleti szélsőségek gyakoriságai ebben a modell-időjárásban (klímában?) a “meridionális” hőmérsékletkülönbségtől?

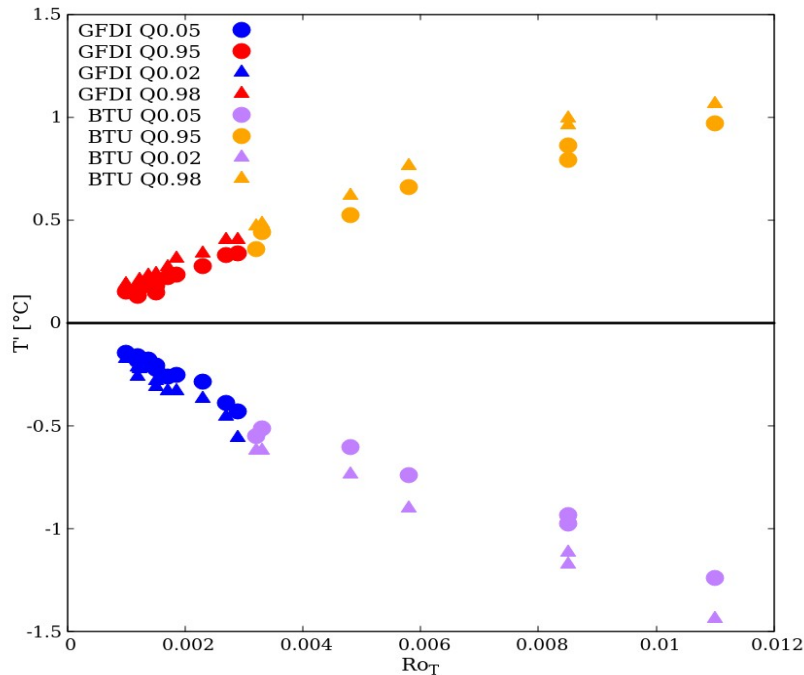
“Meridionális” hőmérséklet-különbség vs. hőmérsékleti fluktuációk

A hőmérsékletfluktuációk eloszlása (hisztogramja) a “meridionális” ΔT (illetőleg Rossby-szám) növekedésével szélesedik, és egyre inkább “nemnormális” jellegűvé válik.



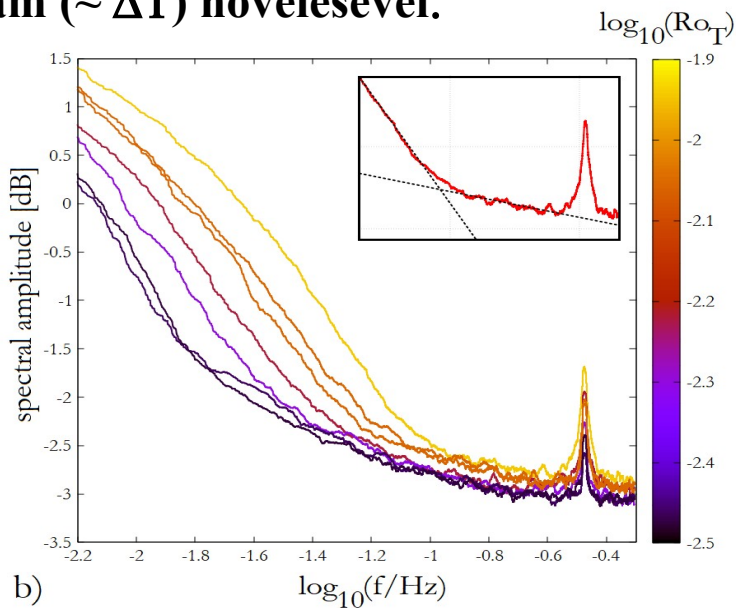
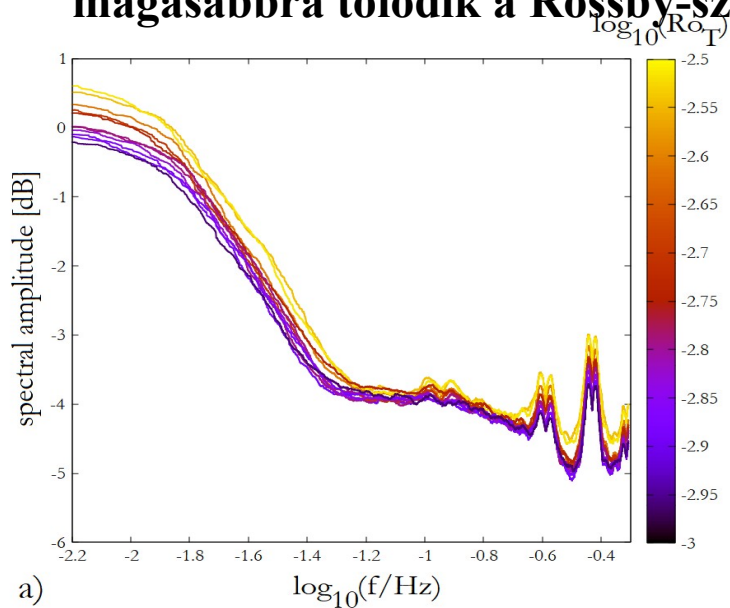
“Meridionális” hőmérséklet-különbség vs. hőmérsékleti fluktuációk

A hőmérsékletfluktuációk eloszlása (hisztogramja) a “meridionális” ΔT (illetőleg Rossby-szám) növekedésével szélesedik, és egyre inkább “nemnormális” jellegűvé válik.



“Meridionális” hőmérséklet-különbség vs. hőmérsékleti fluktuációk

Fourier (illetve DFA) spektrumok: a “töréspont” f^* küszöbfrekvenciája a vöröszaj-szerű korrelált (perzisztensebb) és a fehérzaj-szerű (korrelálatlan) tartomány között **magasabbra tolódik a Rossby-szám ($\sim \Delta T$) növelésével.**



Idősormodellek

- A Hasselmann-paradigma: additív, korrelálatlan (fehér) zaj

$$\frac{dx}{dt} = -\lambda x + \eta'$$

- Remekül modellezi a hőmérsékleti adatsorok “vörös zaj” jellegét, de nem ad számot a hőmérsékletfluktuációk “nemnormális” jellegéről, illetve a megfigyelt extrémumok (általánosított Pareto-eloszlással leírható) eloszlásokról

$$\frac{dx}{dt} = -\lambda x + (\phi x + 1)\eta + \eta' - \phi \langle x\eta \rangle.$$

- A “korrelált additív-multiplikatív” (CAM) zaj-modell (Sura, 2011) azonban, úgy tűnik, jó leírását adja a megfigyelt jellemzőknek (hőmérsékletkontraszttal szélesedő, nemnormális eloszlás, eltolódó letörési frekvenciájú, vörös zaj jellegű spektrumok).

Kitekintés: “lapszemle”

Geophysical Research Letters



RESEARCH LETTER

10.1029/2023GL105132

Key Points:

- Spatial extent of midlatitude waves is increased by polar amplification
- Magnitudes of ridges and troughs within waves are decreased by polar amplification
- Accordingly, geometric, and anomaly-amplitude measures of jet waviness can yield opposing responses

Supporting Information:

Supporting Information may be found in the online version of this article.

Correspondence to:

R. Geen,
r.geen@bham.ac.uk

Citation:

Geen, R., Thomson, S. I., Screen, J. A., Blackport, R., Lewis, N. T., Mudhar, R., et al. (2023). An explanation for the metric dependence of the midlatitude jet-waviness change in response to polar warming. *Geophysical Research Letters*, 50, e2023GL105132. <https://doi.org/10.1029/2023GL105132>

Received 22 JUN 2023
Accepted 20 OCT 2023

An Explanation for the Metric Dependence of the Midlatitude Jet-Waviness Change in Response to Polar Warming

Ruth Geen¹ , Stephen I. Thomson² , James A. Screen² , Russell Blackport³ , Neil T. Lewis² , Regan Mudhar², William J. M. Seviour², and Geoffrey K. Vallis²

¹School of Geography, Earth and Environmental Sciences, University of Birmingham, Birmingham, UK, ²Department of Mathematics and Statistics, University of Exeter, Exeter, UK, ³Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis, Environment and Climate Change Canada, Victoria, BC, Canada

Abstract Arctic amplification has been proposed to promote temperature extremes by slowing the midlatitude jet and increasing the amplitude of its meanders. Observational and modeling studies have used a variety of metrics to quantify jet waviness. These studies show conflicting changes in jet waviness depending on the metric used and period examined. Here, we evaluate common metrics for dry idealized model simulations in which we apply polar warming of varying depth and meridional extent. In all simulations, polar warming increases the spatial extent of jet meanders, but reduces the magnitudes of ridges and troughs within the wave. As a result, geometric and anomaly-amplitude measures of jet waviness can yield opposing responses. This contrast between metrics is particularly evident when warming extends into the midlatitudes. In all simulations, midlatitude temperature anomalies weaken as the poles warm, suggesting that a wavier jet need not imply stronger temperature extremes.

Plain Language Summary The Arctic is warming faster than anywhere else on Earth, and this has been suggested to affect weather over midlatitude regions in Eurasia and North America. It has been proposed that, as the pole warms, the equator-to-pole temperature gradient is reduced and the atmospheric jet stream slows down and undergoes larger, slower-moving meanders, which bring long-lasting extreme temperatures. However, theories for understanding waves in the jet stream actually suggest that these waves could weaken when the equator-to-pole temperature gradient decreases. This study uses simple model simulations to test how different metrics for describing jet waviness respond when the pole is warmed. We find that the overall scale of meanders does seem to increase, but the associated temperature anomalies decrease, suggesting a wavier jet stream need not imply stronger temperature extremes.

Összefoglalás

- A Rossby-hullámok hőmérsékletfluktuációkban játszott szerepének megértéséhez hasznosak az egyszerű, laboratóriumi minimálmodellek. Hangsúlyozzuk azonban, hogy ez NEM az igazi légkörzés, az sokkal bonyolultabb.
- A “polar amplification”-szerű hőmérsékletkontraszt-csökkenéssel a hőmérsékletfluktuációk eloszlása keskenyedik (hiába válnak jobban meanderezőkké a Rossby-hullámok). Ennek a skálaparamétere a termikus Rossby-szám.
- Mindeközben a perzisztencia, ha úgy tetszik “előrejelezhetőség” (a spektrumok tükrében) csökken.
- Ezt a megfigyelt viselkedést kvalitatíve helyesen leírja a CAM idősor-modell. (Szemben a Hasselmann-féle klasszikus minimálmodellel.

További részletek: hamarosan itt

Extreme temperature fluctuations in laboratory models of the mid-latitude atmospheric circulation

Miklós Vincze^{1,2,*}, Cathrine Hancock³, Uwe Harlander⁴, Costanza Rodda^{4,5}, and Kevin Speer³

¹HUN-REN–ELTE Theoretical Physics Research Group, Budapest, H-1117, Hungary

²Institute of Earth Physics and Space Science (HUN-REN EPSS), Sopron, H-9400, Hungary

³Geophysical Fluid Dynamics Institute; Florida State University, Tallahassee, FL32306-4360, Florida, USA

⁴Brandenburg University of Technology Cottbus–Senftenberg, Department of Aerodynamics and Fluid Mechanics, Cottbus, D-03046, Germany

⁵Department of Civil and Environmental Engineering; Imperial College London, London, SW7 2AZ, England, United Kingdom

*mvincze@general.elte.hu

ABSTRACT

Using two laboratory-scale conceptual fluid dynamic models of the mid-latitude atmospheric circulation we investigate the statistical properties of pointwise temperature signals obtained in long experiment runs. We explore how the average “equator-to-pole” temperature contrast influences the range and the jump distribution of extreme temperature fluctuations, the ratio of the frequencies of rapid cooling and warming events, and the persistence of “weather” in the set-ups. We find simple combinations of the control parameters – temperature gradient, rotation rate and geometric dimensions – which appear to determine certain scaling properties of these statistics, shedding light on the underlying dynamics of the Rossby wave-related elements of the mid-latitude weather variability.

KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!

mta.hu



A MAGYAR
TUDOMÁNY
ÜNNEPE

MTA MAGYAR
TUDOMÁNYOS
AKADÉMIA

