

## Miért van szükség szuperszámítógépre?

avagy a korlátos tartományú időjárás-előrejelző és éghajlati modellek számításigénye

Szintai Balázs

Informatikai és Módszertani Főosztály  
Módszerfejlesztési Osztály



*Alapítva: 1870*



# Tartalom

- Bevezetés: számítógépes időjárás-előrejelzés
- Numerikus modellezés az OMSZ-ban
- Modellek számításigénye
- Összefoglalás és jövőbeni tervek



# Bevezetés



# Bevezetés: Időjárás-Előrejelzés

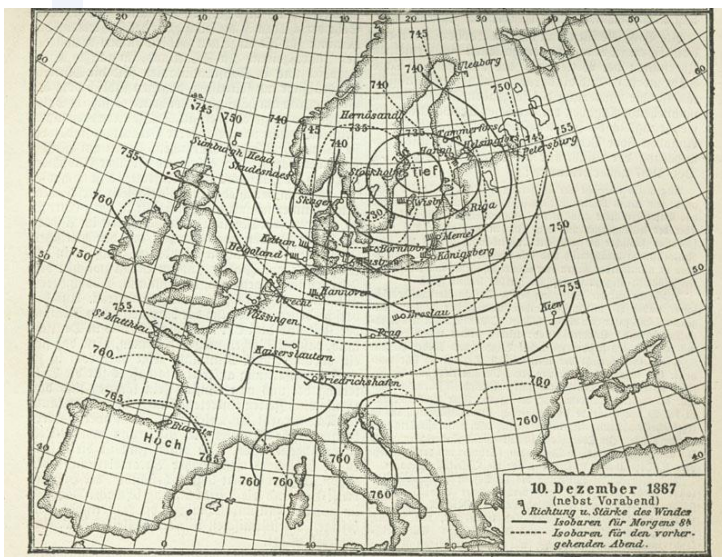
~1850 – ~1960

Analógia, „ököl szabályok”

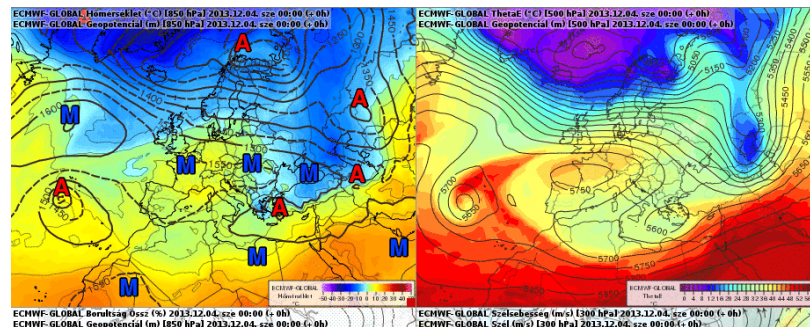


~1950 – napjaink

Számítógépes modellek

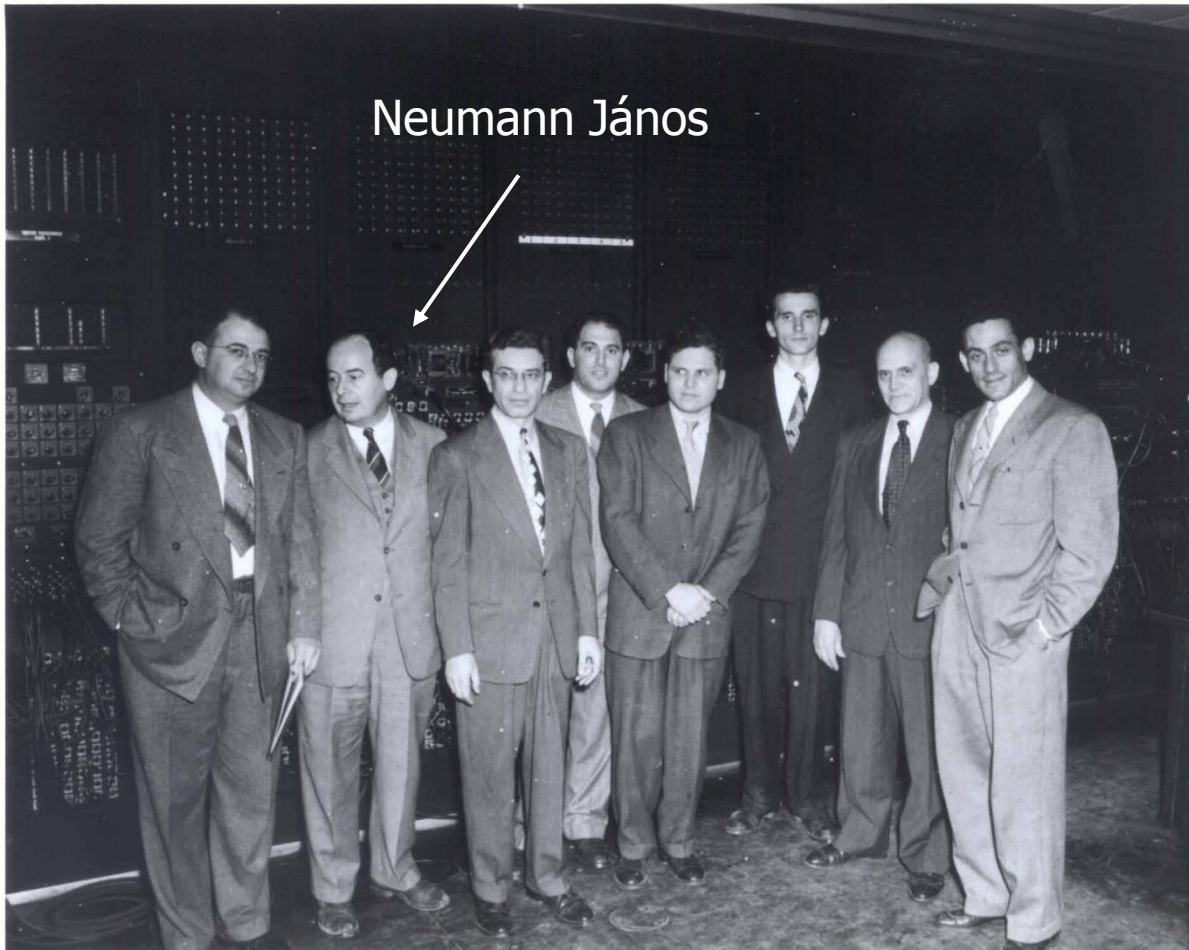


87 (Deutsche Erdearte).



Forrás: Rajnai Márk





Az első számítógépes előrejelzés

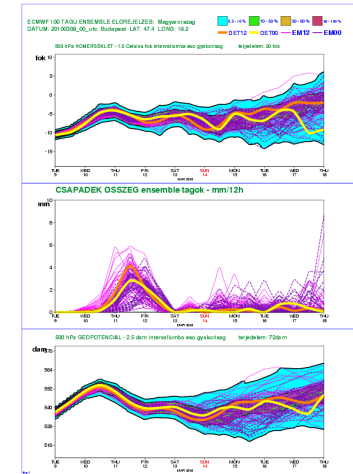
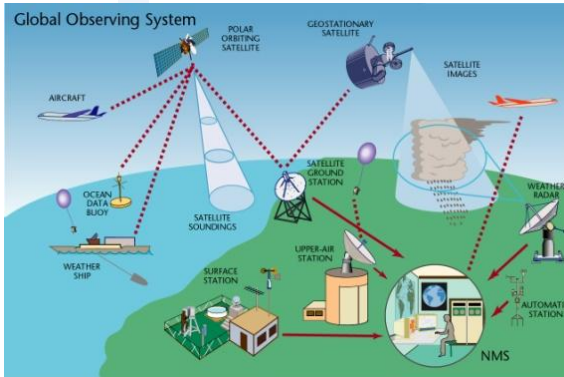
**ENIAC:** Electronic Numerical Integrator And Computer (Amerikai Hadsereg számítógépe)

Sikeres előrejelzés:

- Reális meteorológiai mezők
- De! 24 óra alatt készült el az 1 napos előrejelzés



# Bevezetés: napjaink

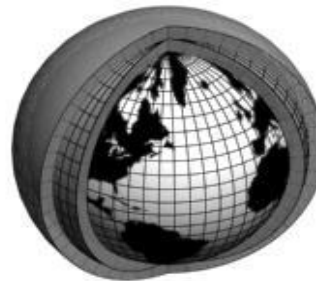


## Kiindulási feltételek meghatározása

Megfigyelések, mérések:

- Felszíni mérések
- Rádiószondák
- Radar
- Műholdas mérések
- stb

## Előrejelzés



## Jelentős számítás igény

2 napos előrejelzés



$10^{10}$  változó és művelet  $\sim 1$  óra

## Utófeldolgozás

Eredmények megjelenítése, értelmezése és továbbítása

- Meteogramok
- Térképes megjelenítés
- Metszetek
- stb



# Bevezetés: napjaink

- Gyakorlati példa (AROME modell):
  - Modellrács:  $500 \times 320 \times 60 \sim 10^7$  rácspont
  - 12 modellváltozó (sebességkomponensek, nyomás, hőmérséklet, hidrometeorok, TKE)
  - 60 s-os időlépcső
  - 1 órás előrejelzés:  $10^7 \times 12 \times 60 \sim 10^{10}$  változó és művelet



# **Numerikus modellezés az OMSZ-ban**





# Numerikus modellezés az OMSZ-ban


Előrejelzési időtáv



  
**Ultrarövidtáv**  
*(~néhány óra → 1 nap)*

**Korlátos tartományú időjárás-előrejelző modellek**

**WRF**

  
**Rövid táv**  
*(1-2 nap)*

**ALADIN/AROME**


**LAMEPS**

  
**Éghajlati időskála**  
*(50-100 év)*

**Regionális klímamodellek**

**ALADIN-Climate**

**REMO**

**Közép táv**  **Évszakos**  
*(10 nap)* *(3-6 hónap)*

**Globális modellek**

**ECMWF/IFS** **ECMWF System 4**



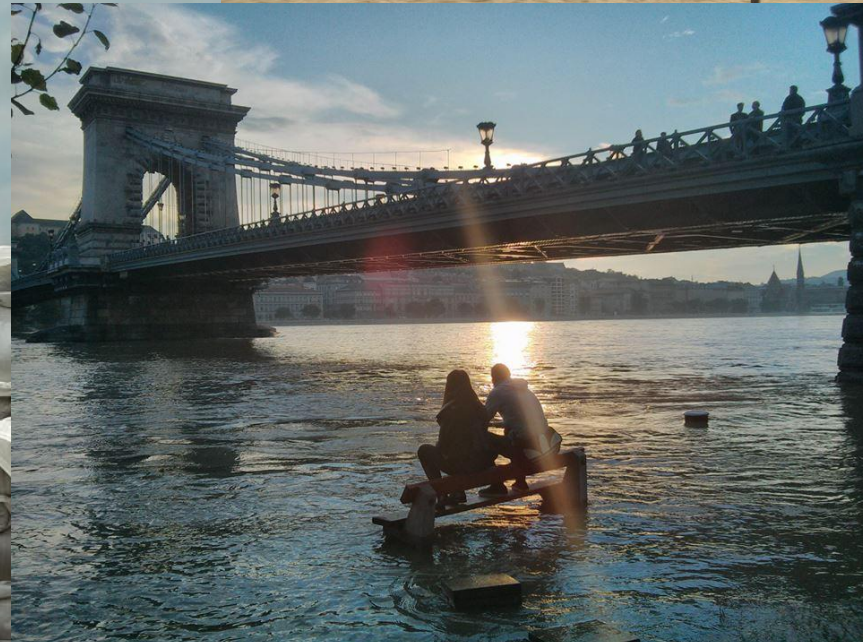
# OMSZ: számítógépes időjárás-előrejelzés

**Példa: 2013. júniusi árvíz**

**Tetőzés Budapesten:**

**Június 9 éjjel (891 cm)**

***Középtávú előrejelzési feladat!***





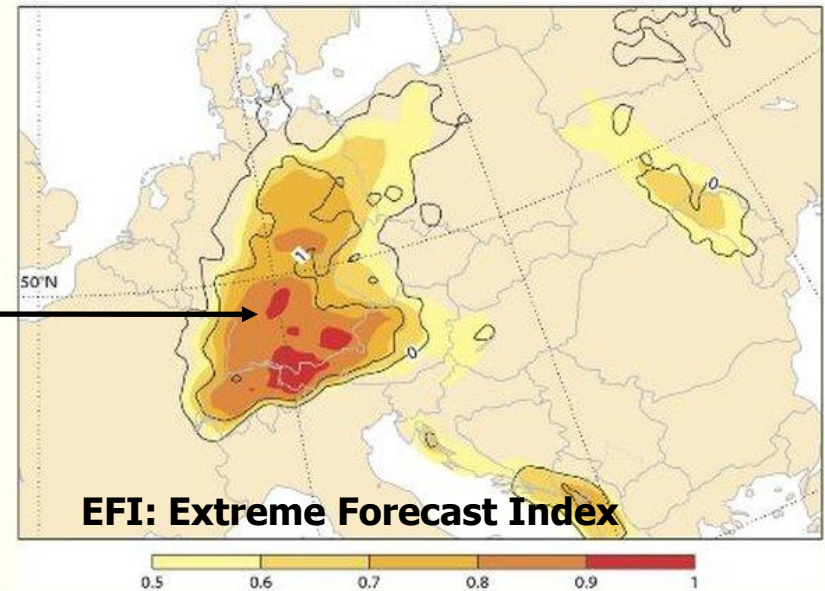
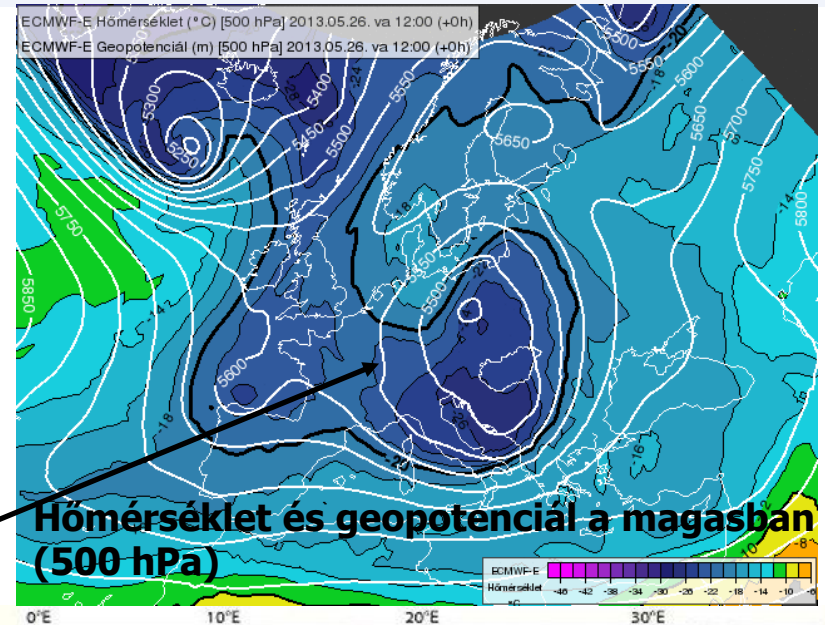
# OMSZ: számítógépes időjárás-előrejelzés

**Példa: 2013. júniusi árvíz  
(sikeres középtávú előrejelzés)**

Sikeres **ECMWF** előrejelzés **5 nappal** az árhullámot okozó csapadék érkezése előtt

Egy helyben forgó „mély” ciklon a Duna vízgyűjtő területe fölött

Extrém csapadékmennyiségre utaló előrejelzések a Duna vízgyűjtő területén



Forrás: Homokiné Ujváry Katalin



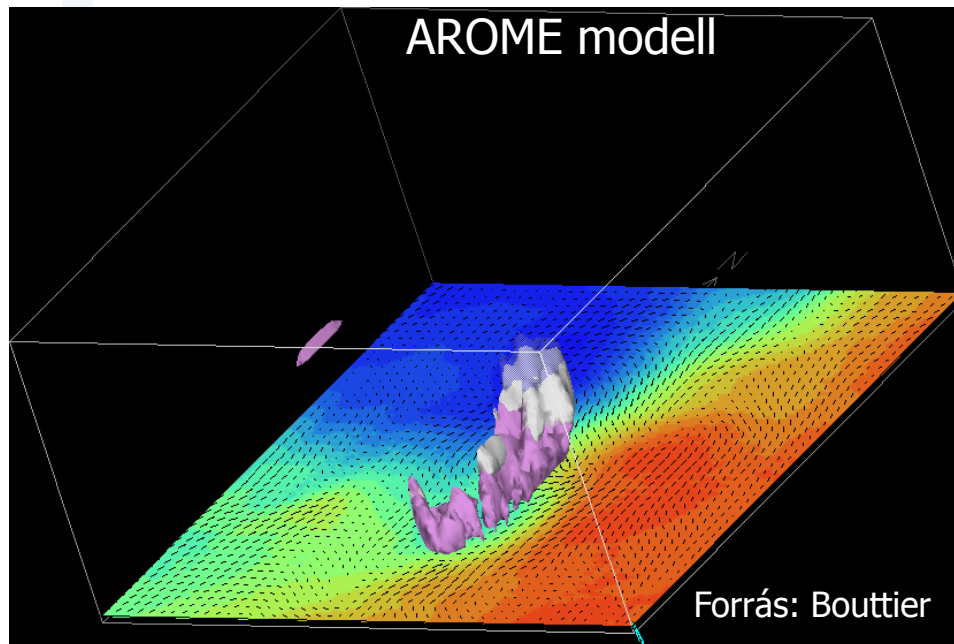
# OMSZ: számítógépes időjárás-előrejelzés

## Részletes rövidtávú előrejelzések

Gyors mozgású intenzív frontok, zivatarok



- Rövidtávú előrejelzés szükséges nagy térbeli felbontással
- Saját super-számítógép és modell alkalmazások szükségesek az OMSZ-ban



### OMSZ alapító okiratának részlete (2014. 11. 18.)

„a Kárpát-medence területére nagy tér- és időbeli felbontással modell-előrejelzéseket készít elsősorban a meteorológiai veszélyjelzései feladatok ellátása érdekében, és az ehhez kapcsolódó időjárás-előrejelző modelleket, valamint a szükséges informatikai infrastruktúrát fejleszti és működteti”



# OMSZ: számítógépes időjárás-előrejelzés

**Példa: 2006. augusztus 20.**

**Gyors mozgású intenzív  
hidegfront**

**→ „Supercella” (120 km / h  
feletti szélökések)**

***Rövidtávú előrejelzési feladat!***





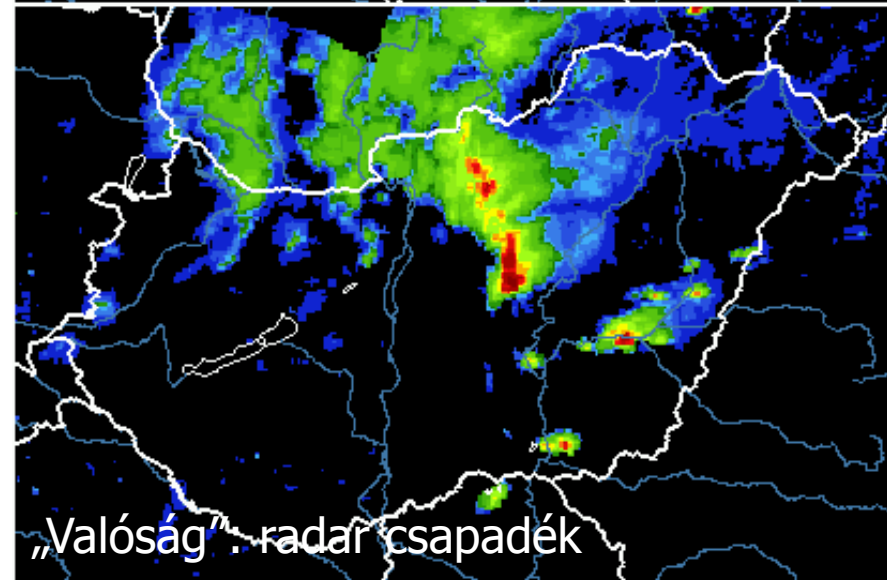
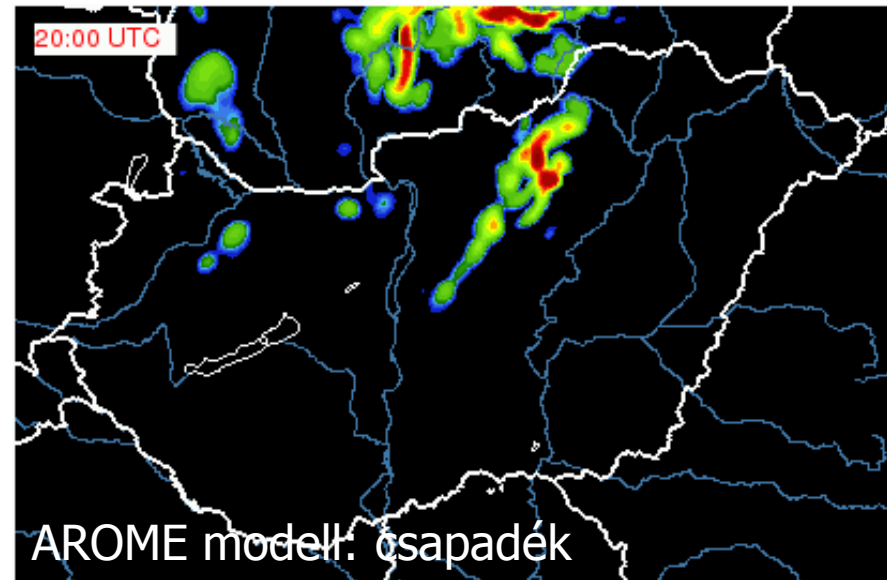
# OMSZ: számítógépes időjárás-előrejelzés

**Példa: 2006. augusztus 20.**

**(sikeres szimuláció az AROME modellel)**

Gyors mozgású intenzív hidegfront → „Szupercella”  
(120 km / h feletti szélökések)

→ Lokális modellezéssel  
(számítógépes előrejelzéssel)  
lehetséges a hasonló súlyú  
veszélyes időjárási események  
előrejelzése!





# Modellek számításigénye



# Számításigény: ALADIN/AROME

## Operatív futtatás:

- 34 node (272 mag)
- 315 GB tárterület

## Kutatás és fejlesztés:

- 36 node (288 mag)
- 2 TB tárterület

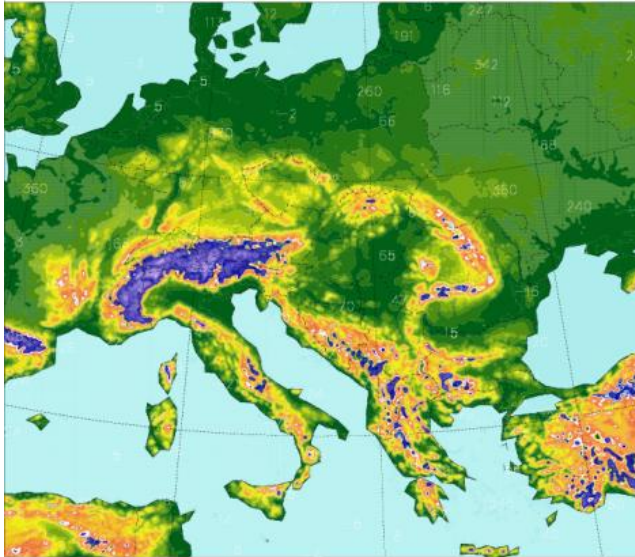


IBM iDataPlex  
szuperszámítógép (fele)

Operatív használatban:  
2010 decembere óta



# Számításigény: ALADIN



- *8 km-es horizontális felbontás*
- *ECMWF határfeltételek*
- *360x320 rácspont egy szinten*
- *49 vertikális szint*
- *Összesen: ~ 5,6 millió rácspont*
- *Naponta:*
  - *4 előrejelzés (2 napra előre)*
  - *4 adatasszimiláció*

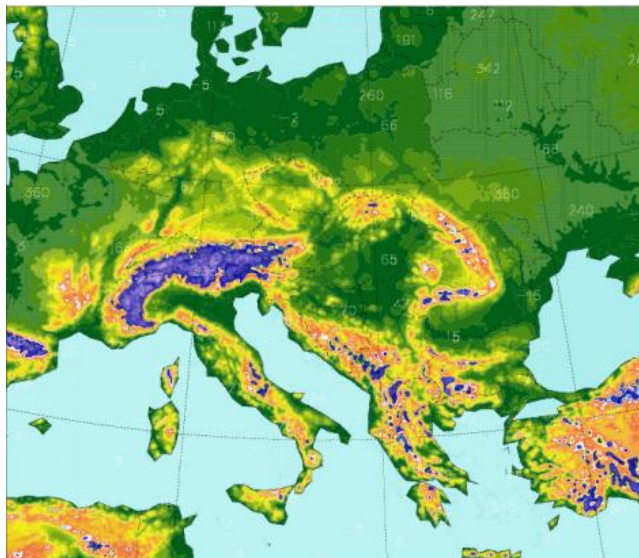
## Adatasszimiláció:

- 6 node (48 mag)
- ~25 perc

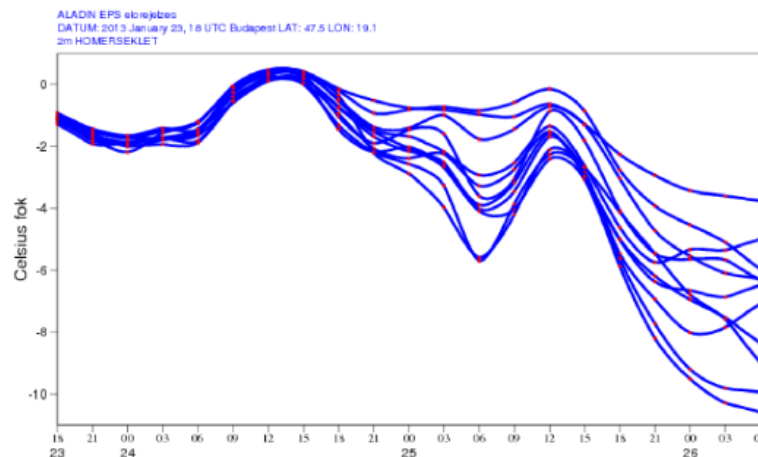
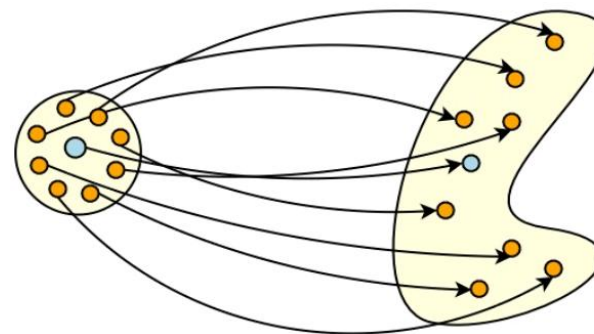
## Előrejelzés (48 órára):

- 4 node (32 mag)
- ~45 perc

# Számításigény: ALADIN-EPS



- **8 km-es horizontális felbontás**
- **PEARP határfeltételek**
- **360x320 rácspont egy szinten**
- **49 vertikális szint**
- **Összesen: ~ 5,6 millió rácspont**
- **11 tag**
- **60 órás előrejelzés**

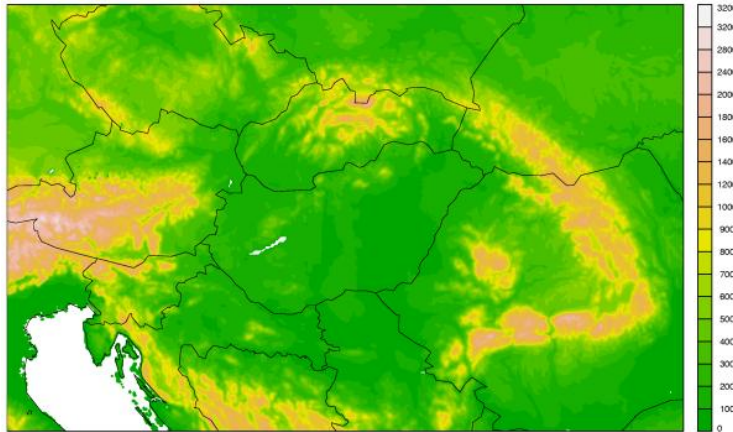


## Előrejelzés 1 tagra (60 órára):

- 8 node (64 mag)
- ~20 perc



# Számításigény: AROME



- *2,5 km-es horizontális felbontás*
- *ECMWF határfeltételek*
- *500x320 rácspont egy szinten*
- *60 vertikális szint*
- *Összesen: ~ 9,6 millió rácspont*
- *Naponta:*
  - *4 előrejelzés (2 napra előre)*
  - *8 adatasszimiláció*

## Adatasszimiláció:

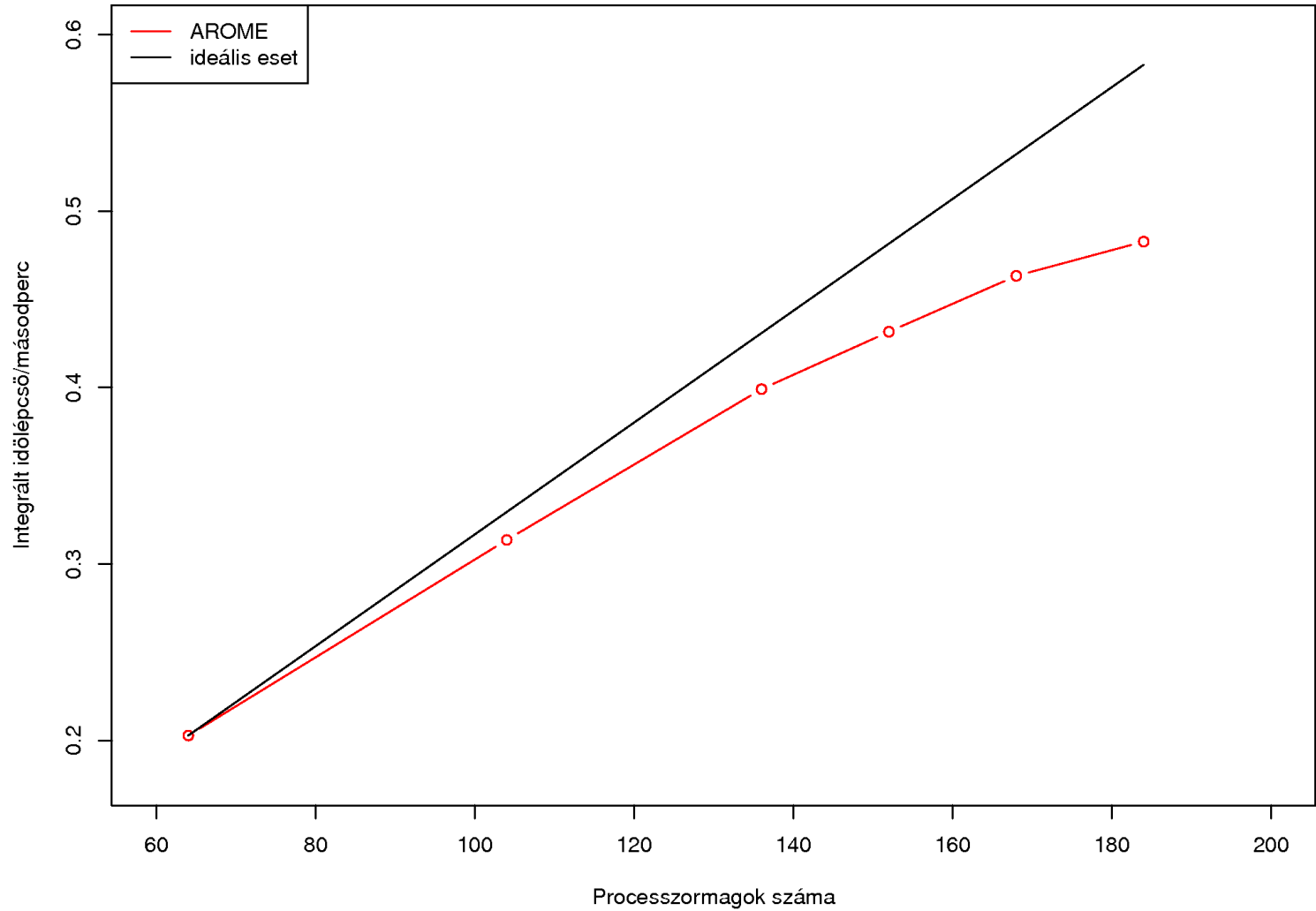
- 6 node (48 mag)
- ~45 perc

## Előrejelzés (48 órára):

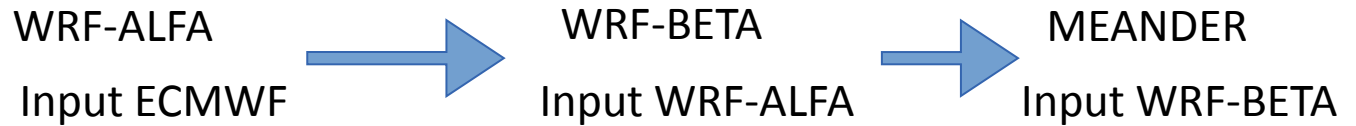
- 17 node (136 mag)
- ~110 perc



# AROME: skálázás



# WRF-rendszer

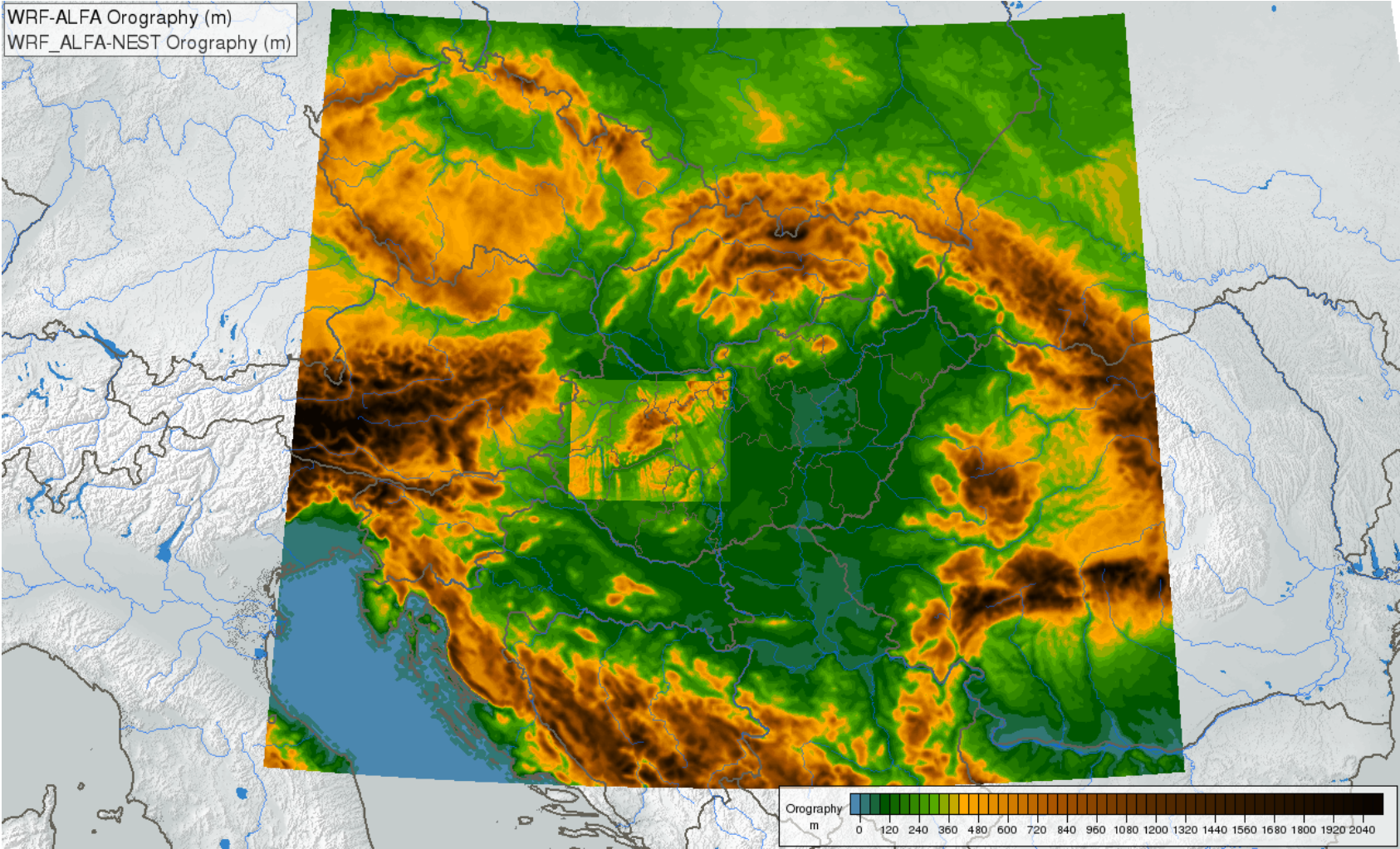


	WRF-ALFA Input ECMWF	WRF-BETA Input WRF-ALFA	MEANDER Input WRF-BETA
Futtatás naponta	4	4	24*10
Előrejelzési idő	00 UTC + 48 h 06, 12, 18 UTC + 36 h	2+9 h	3h
Felbontás, tartomány	2,7x2,7 km 400x340 0,9x0,9 km 280x250	1,2x1,2 km 350x300	1,2x1,2 km ~350x300
Integrálási idő/teljes futtatási idő	~70-80 perc/90 perc	~15-20 perc/25 perc	2 perc

## WRF-GFS

Naponta 1x, 36 h-ra előre, WRF-ALFA beállításával, nest nélkül  
 Integrálás/teljes futtatási idő ~ 20 perc/30 perc

# WRF-ALFA modelltartományok



**Forrás: Nagy Attila  
OMSZ, EFO/RVO**

## Szoftverkörnyezet, MPI-technika

Egy szálon futó wrf.exe

Timing for main on domain 1: 32.16074 elapsed seconds

OpenMP 146 szál

Timing for main on domain 1: 8.56216 elapsed seconds

MPI 146 szál

Timing for main on domain 1: 7.36243 elapsed seconds

Számítási sebesség vs. I/O

(sok szál -> gyors számítás, lassabb I/O

Kevés szál -> lassabb számítás, gyors I/O)

Minden programra más az optimális beállítás.

Hatékonyabbá tétel:

Változók dinamikus kiírása

Utófeldolgozás nagy része az integrálással párhuzamosan megtörténik

(vertikális interpoláció nyomási- és magassági szintekre, származtatott paraméterek kiszámítása)

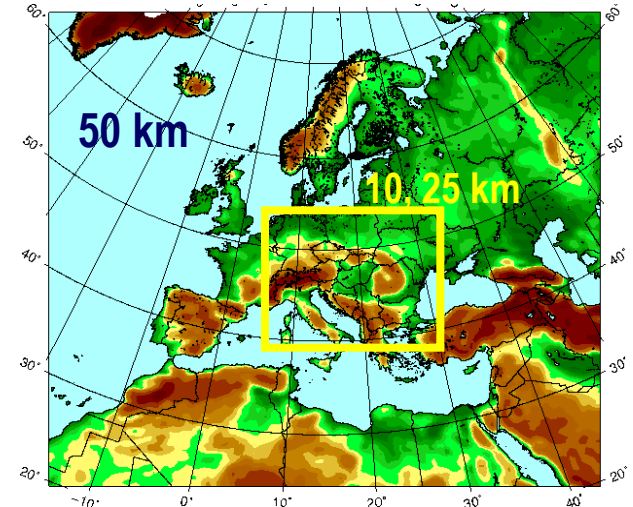


IBM iDataPlex  
szuperszámítógép (fele)

Operatív használatban:  
2010 decembere óta

# Az OMSZ-ban futtatott klímamodellek

- Két regionális klímamodell: ALADIN-Climate (Météo France) és REMO (Max Planck Intézet)
- 10, 25, 50 km-es felbontású kísérletek 1961–2100-re



- Határfeltételek csatolása és output-frekvencia: 6 óránként
- Dedikált számítógép: SGI Altix 3700 cluster, 92 Intel Itanium-2 CPU, 2 GB RAM/CPU
- Számításigény: 5-6 hónap – 1 év

**Forrás: Szépszó Gabriella  
OMSZ, Klímamodellező Csoport**





# Összefoglalás és jövőbeni tervek

Az OMSZ több tér és időskálán futtat numerikus modelleket, amelyek jelentős számításigénye indokolja saját szuperszámítógép használatát

## Jövőbeni tervek:

- felbontás növelése (minden modellalkalmazás esetében)
- korlátos tartományú nem-hidrosztatikus valószínűségi időjárás előrejelező rendszer kifejlesztése és operatív alkalmazása (AROME-EPS)



*Köszönöm a figyelmet!*



*Alapítva: 1870*