



*2020 JÖVŐFORMÁLÓ TUDOMÁNY*

# A meteorológiai modellezés fejlődése és fejlesztési irányai

**Szépszó Gabriella**

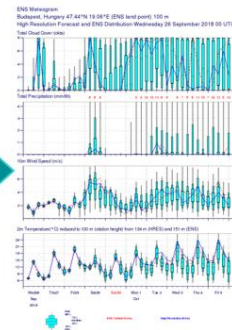
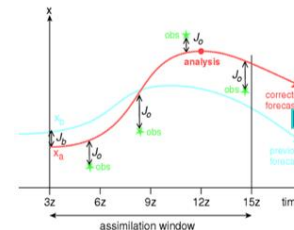
Országos Meteorológiai Szolgálat

2020. november 19.

# Kezdetek

- Numerikus Módszerfejlesztési Csoport és OMSZ Számítóközpont 1986-ban  
→ Svéd Modell adaptálása 1988-ban
- Számos technikai kihívás leküzdése: megfigyelési információk ellenőrzése, kezdeti feltétel előállítása, határfeltételek kezelése, outputok megfelelő formátumban előállítása, operátori teendők
- ECMWF társult tagság 1994-től → első előrejelzés 1995-ben
- Francia kezdeményezésre 1990-től ALADIN együttműködés → részvétel a modellkód kifejlesztésében is

ADATASSZIMILÁCIÓ	MODELL-INTEGRÁLÁS	UTÓFELDOLGOZÁS
<b>Kezdeti feltétel meghatározása:</b> mérési információk gyűjtése, ellenőrzése, modellrácsra előállítás (objektív analízis)	<b>A hidro-termodinamikai egyenletrendszer közelítő megoldása</b>	<b>Megjelenítés, speciális paraméterek származtatása</b>



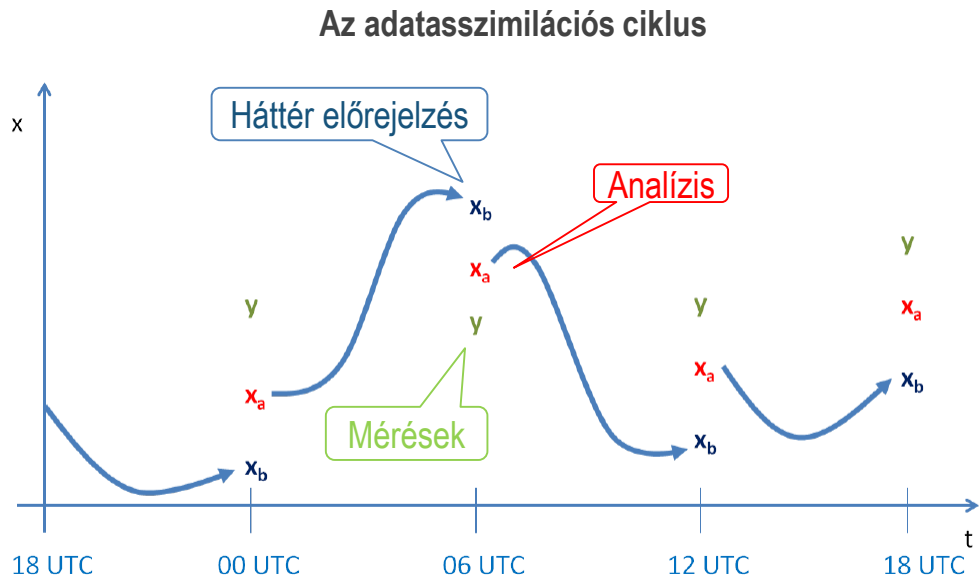
# Az ALADIN modell fejlesztése

- Első cél: a francia ARPEGE globális modell korlátos tartományú változatának kifejlesztése, majd operatív bevezetése a tagországokban
- Kutatók és fejlesztők együttműködése Toulouse-ban
- Első operatív változat 1996-ban Toulouse-ban, majd a LACE támogatásával 1998-tól Prágában illetve Budapesten:
  - Dinamikai adaptáció
  - 11 km-es rácsfelbontás és 27 szint Közép-Európa felett
  - 48-órás előrejelzések naponta 2-szer



# Lokális kezdeti feltétel előállítása

- 3-dimenziós variációs asszimilációs módszer implementálása 2000-ben a magaslégköri állapot leírására
- Adatasszimilációs ciklus, melynek alapja:
  - Megfigyelések
  - 6-órás előrejelzések
  - A megfigyelési és háttér hibák becslései
- Operatív bevezetés 2005-ben



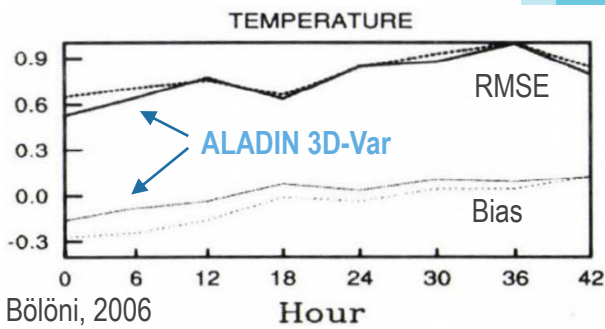
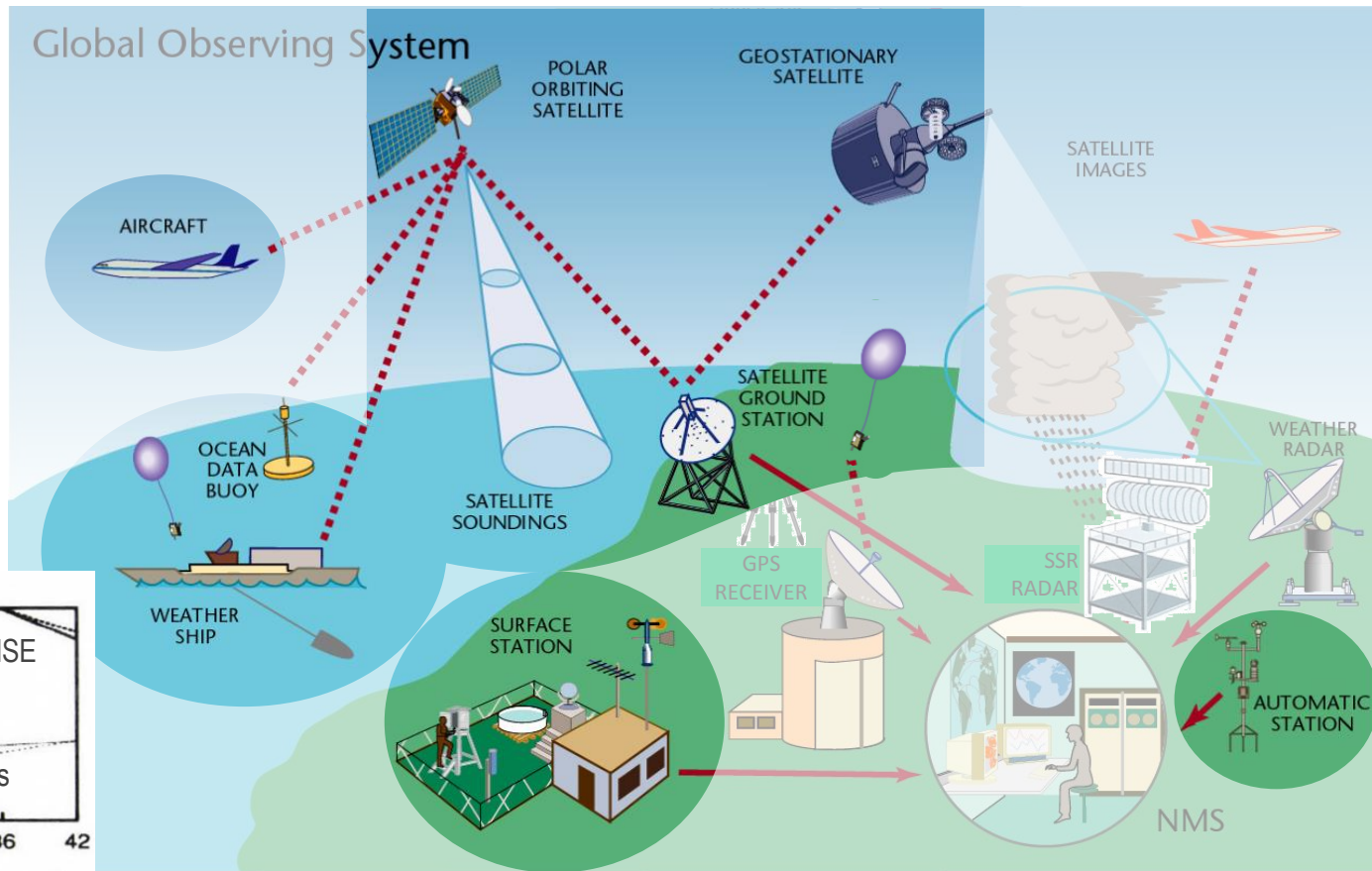
# Felhasznált megfigyelések

Kezdetben (2000):

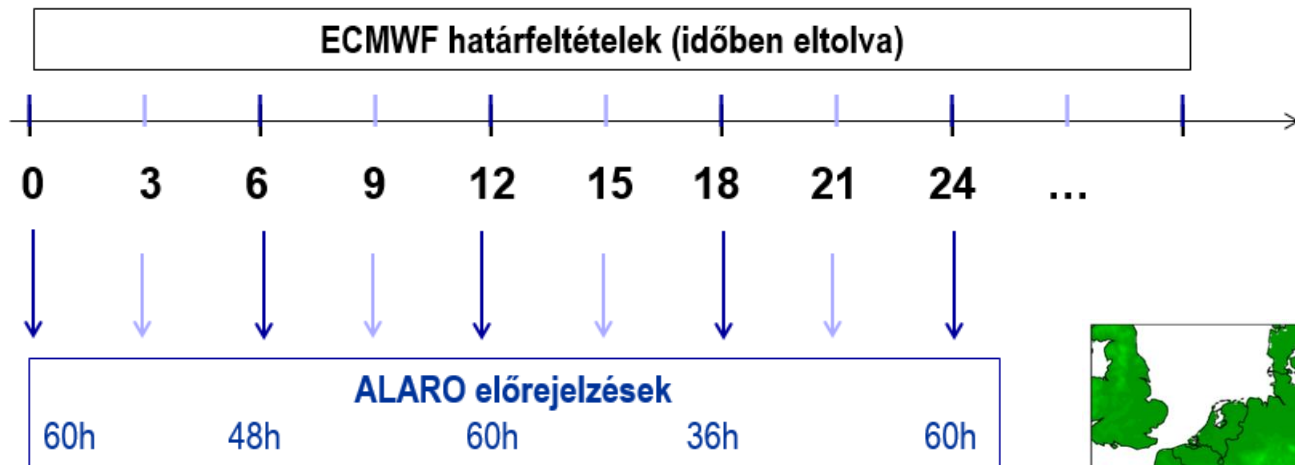
- Felszíni állomások
- Rádiószondák

Majd (2005-től):

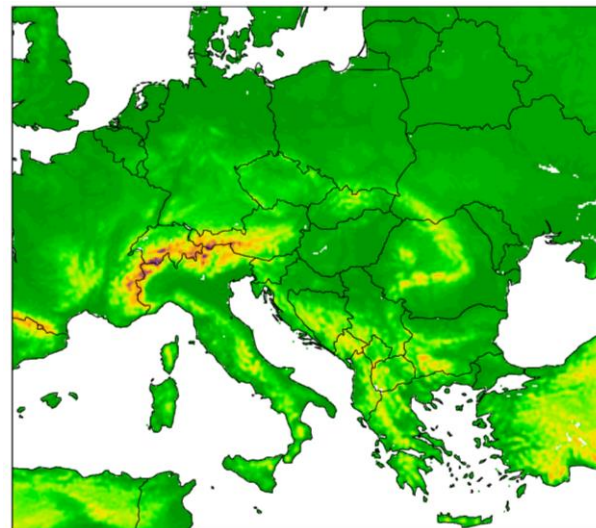
- Repülőgépes mérések
- Műholdas adatok



# Az ALADIN (ALARO) futtatások ma



- 8 km-es rácsfelbontás és 49 szint
- Számos műholdas adat: ATOVS (AMSU, MHS radianciák), MSG/GEOWIND (AMV), MSG (SEVIRI radianciák)



# Az AROME modell színre lépése

- Nem-hidrosztatikus dinamika, fejlettebb mikrofizika és felszín-leírás
- Vizsgálatok az AROME-mal az OMSZ-ban 2006-tól
- Első operatív változat 2010-ben:
  - Naponta 4-szer 36- és 48-órás előjelzések
  - Kezdeti és határfeltételek az ALADIN modellből (később ECMWF/IFS-ből)
  - Saját adatasszimiláció 2013-tól 3-óránként (Rapid Update Cycle)

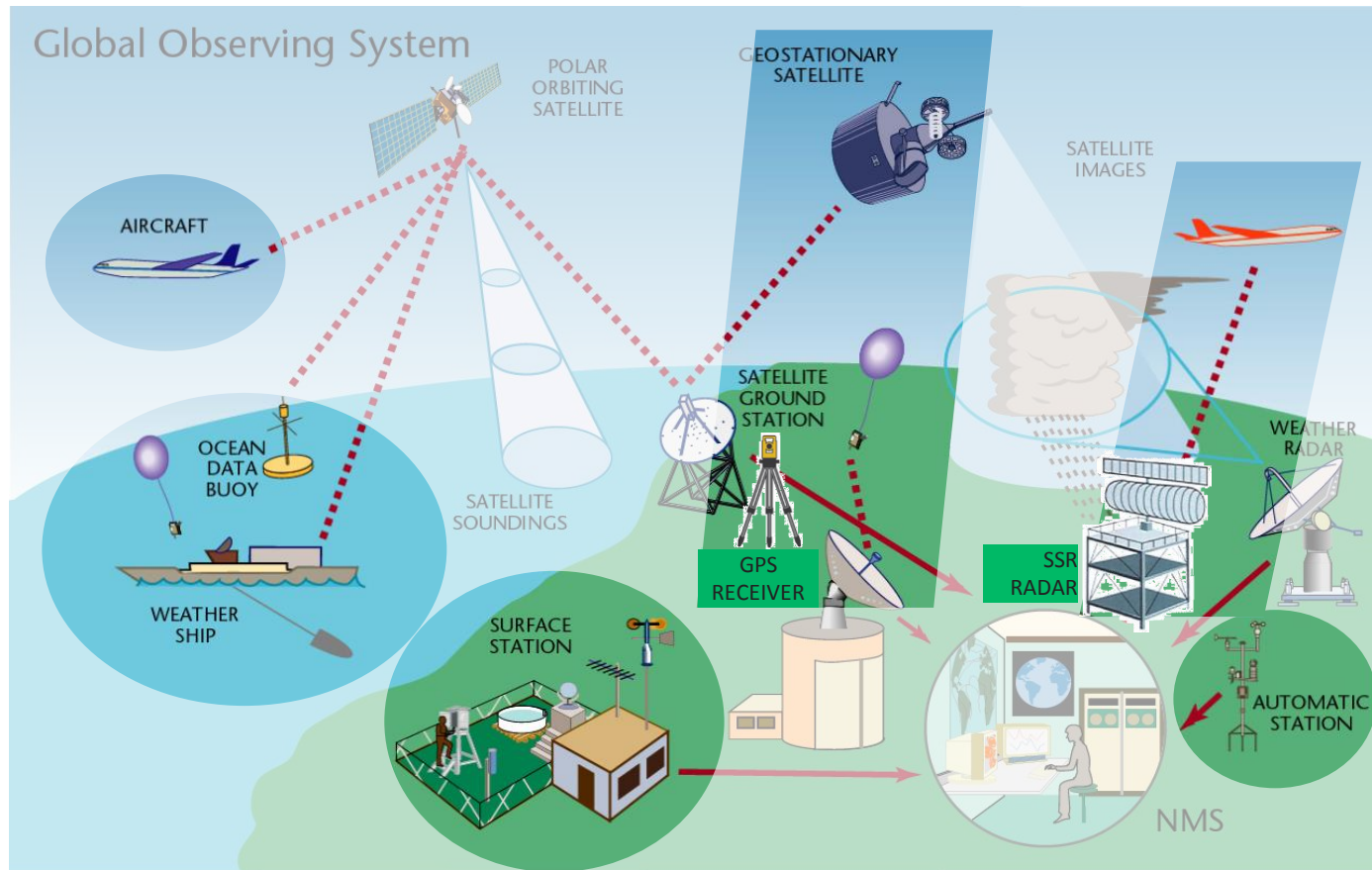
# Felhasznált megfigyelések

Kezdetben (2013):

- Felszíni állomások
- Rádiószondák
- Repülőgépes mérések

Majd (2018-tól):

- GPS adatok
- Újabb repülőgépes adatok





# Felhasznált megfigyelések

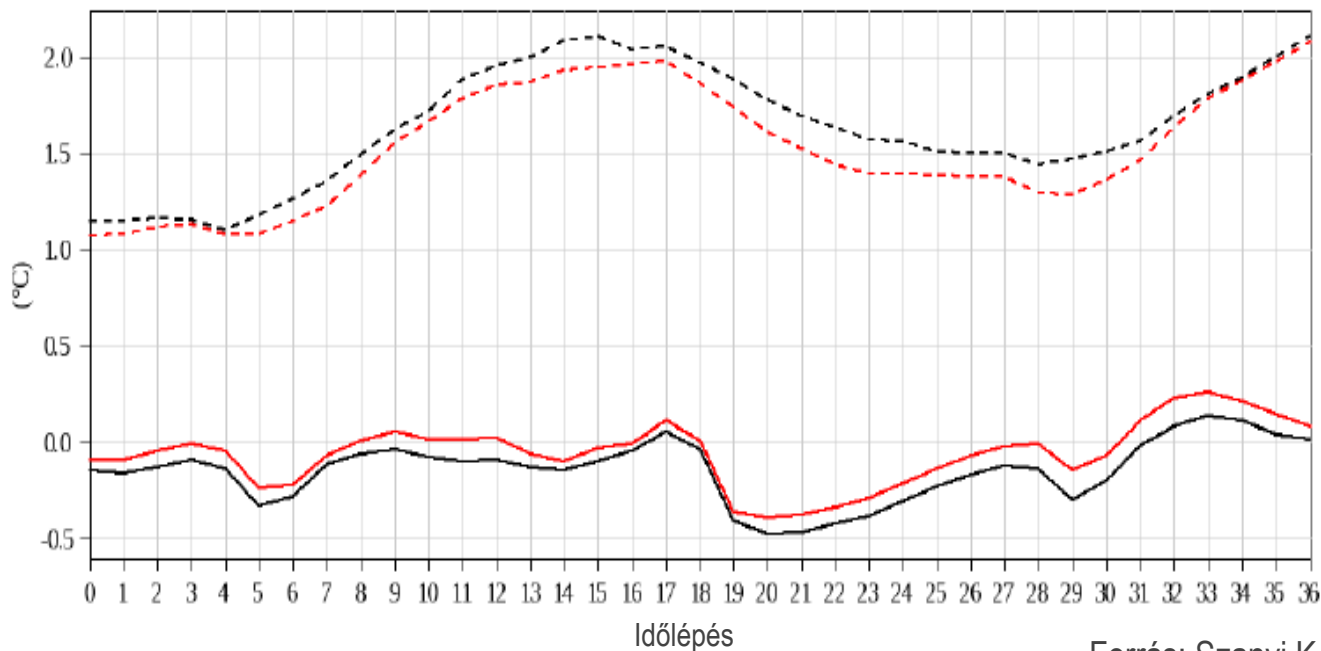
Kezdetben (2013):

- Felszíni állomások
- Rádiószondák
- Repülőgépes mérések

Majd (2018-tól):

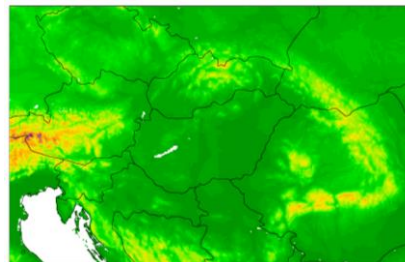
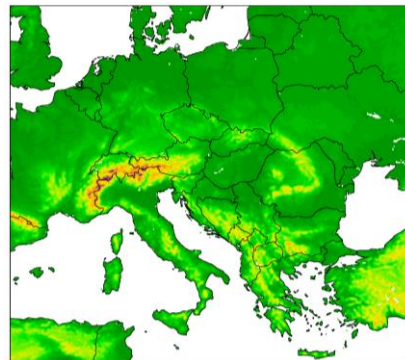
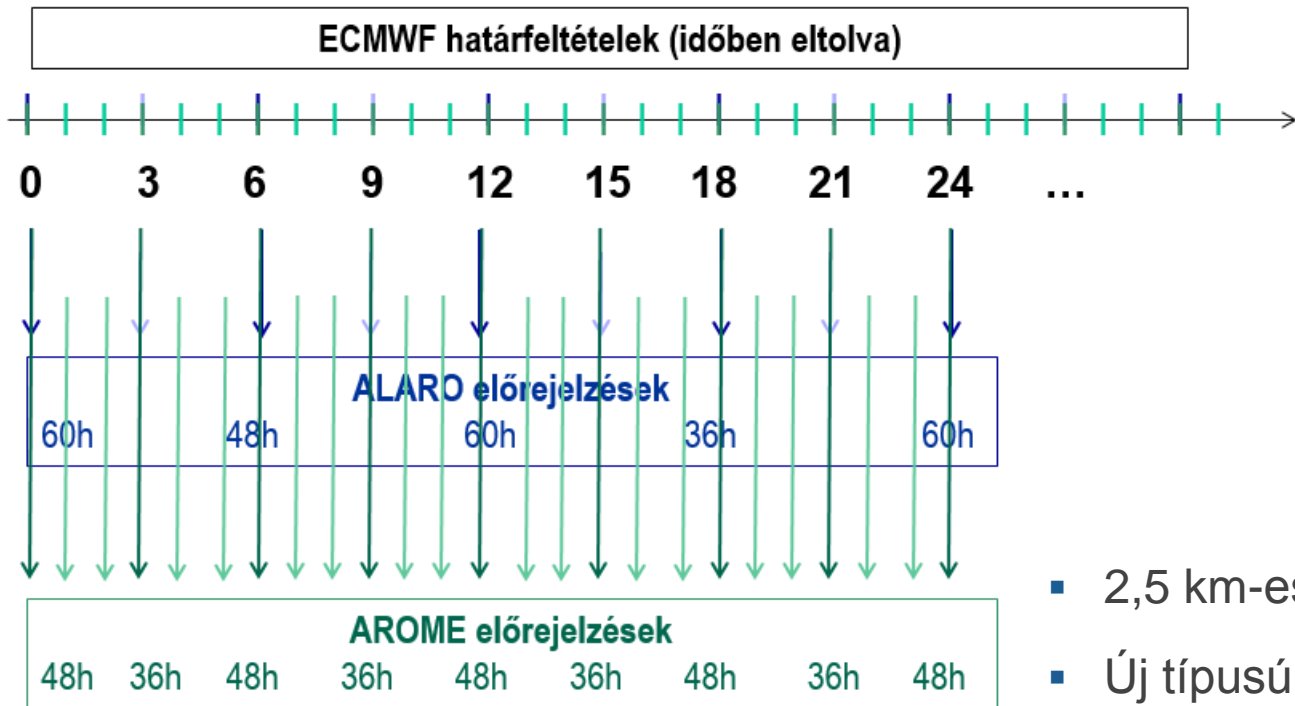
- GPS adatok
- Újabb repülőgépes adatok

Harmatpont RMSE (- -) és bias (--)  
Kísérletek: **előrejelzés cseh Mode-S adatokkal**, referencia előrejelzés



Forrás: Szanyi K.

# Az AROME futtatások ma



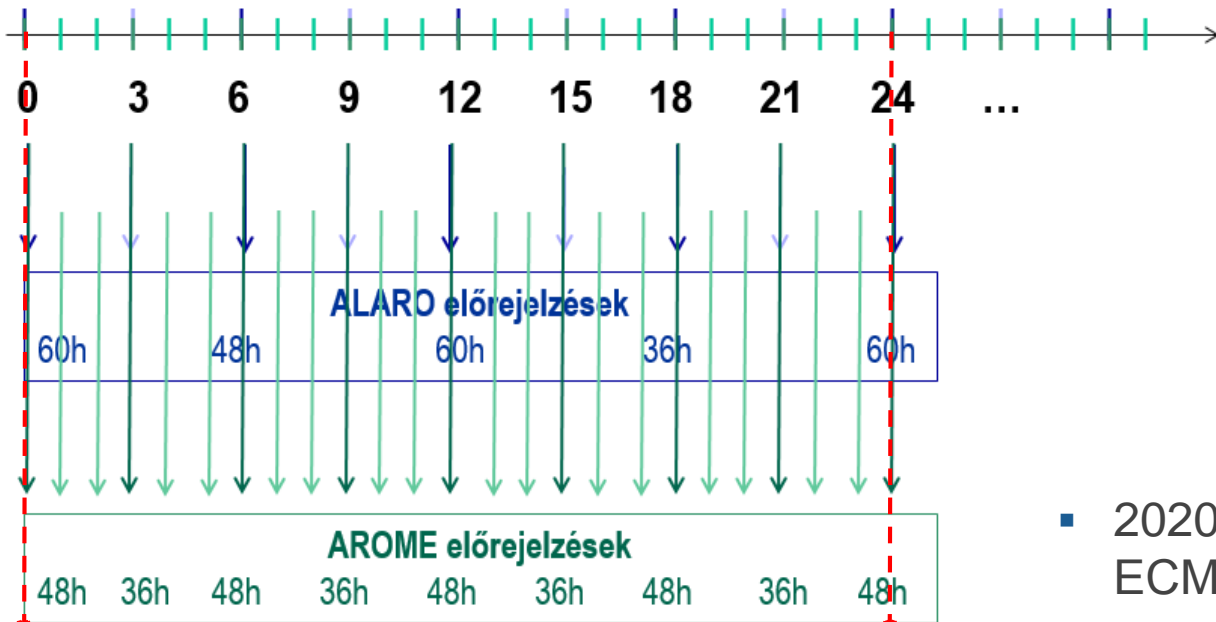
- 2,5 km-es felbontás és 60 szint
- Új típusú megfigyelések: GNSS ZTD, Mode-S MRAR (Si, Cz, Hu), MSG+NWC SAF (AMV), radar

# Korlátos tartományú ensemble előrejelzések

- Több évtizedes múltra visszatekintő globális ensemble előrejelzések (pl. ECMWF EPS) – LAMEPS kutatások 2003-tól
- Cél: a rövidtávú mezoskálájú előrejelzések (kezdeti feltételekből, modellezésből, határfeltételekből eredő) bizonytalanságának számszerűsítése
- Az ALADIN modellen alapuló kvázi-operatív ensemble rendszer 2008-tól (operatív bevezetés 2010-ben):
  - Naponta egyszer 11-tagú ensemble előrejelzés a francia PEARP rendszer leskálázásával
  - 12 km-es felbontás
  - Lokális adatasszimiláció és perturbációk nélkül

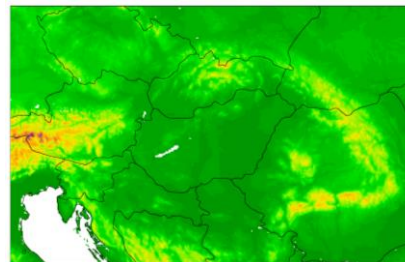
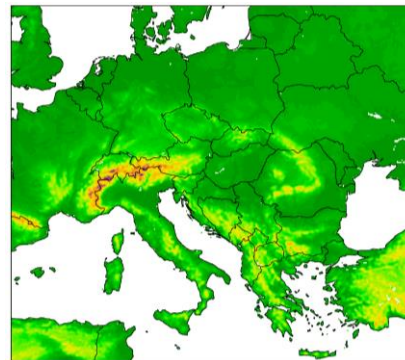
# A LAMEPS előrejelzések ma

ECMWF határfeltételek (időben eltolva)



AROME-EPS  
48h

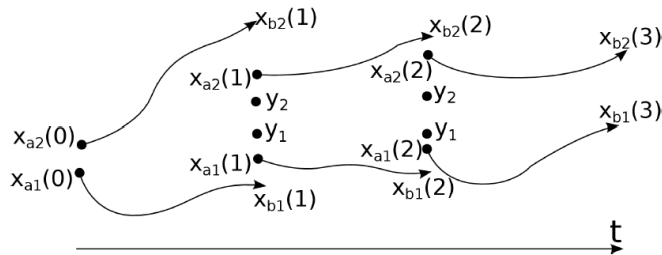
AROME-EPS  
48h



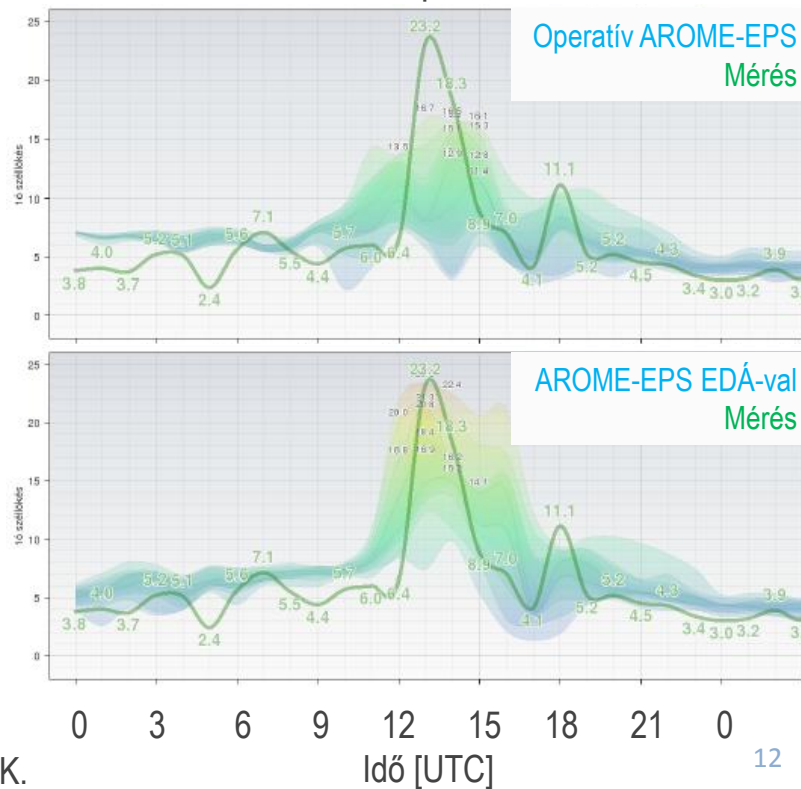
- 2020-tól 11-tagú előrejelzés ECMWF EPS határfeltételekkel
- 2,5 km-es felbontás és 60 szint
- Magaslégköri adatasszimiláció és lokális perturbációk nélkül

# Ensemble előrejelzések fejlesztése

- Kísérletek ensemble adatasszimilációval (EDA) a kezdeti feltétel lokális pontosítására és az adatasszimiláció hibáinak számszerűsítésére
- Ugyanazon megfigyelések használata, mint az AROME esetében



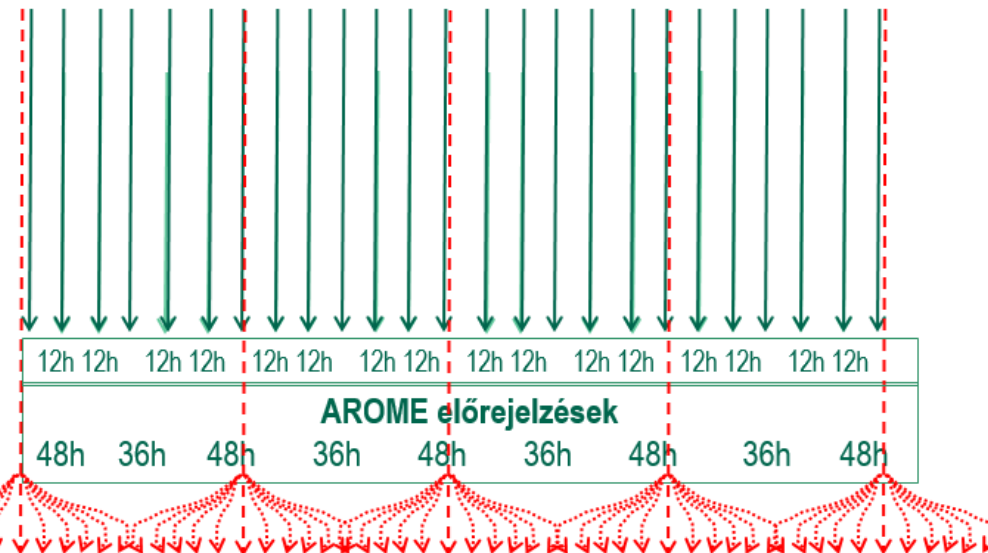
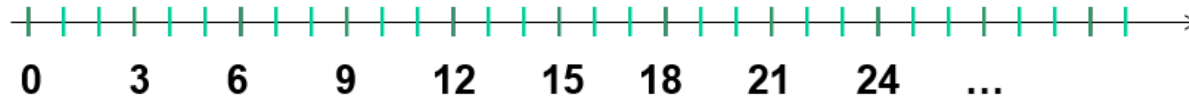
Szellőkés [m/s] Vásárosnaményre  
2020. április 25.



Forrás: Jávorné Radnóci K.

# Rövidtávú modellezési fejlesztési tervek

ECMWF határfeltételek (időben eltolva)



- 1,3 km-es felbontás és 90 szint
- Pontosabb kezdeti feltételek
- Még több előrejelzés naponta

**AROME-EPS**  
48h

**AROME-EPS**

**AROME-EPS**

**AROME-EPS**

**AROME-EPS**  
48h

# Éghajlati modellezés kezdete

- Hazai klímadinamikai tevékenység 2004-től
- Kétoldalú kapcsolatok a hamburgi Max Planck Intézettel és a francia meteorológiai szolgálattal → **két** regionális klímamodell adaptálása: REMO és ALADIN-Climate
- A modellek validációja és első projekciós kísérletek 10-25 km-es felbontáson nemzeti és nemzetközi projektek keretében (NKFP, CLAVIER és CECILIA EU FP6)
- A klímamodellezés céljára dedikált szuperszámítógép 2010-től
- Európai klímamodell-eredmények vizsgálata



2003

2005–2007

2006–2009



# Éghajlati modellezés jelene

- Klímamodellek eredményeinek felhasználása először **nemzetközi** projektekben 2010-től (pl. hidrológia és folyami közlekedés, városklíma)
- Hazai felhasználás (pl. mezőgazdaság, erdészet, turizmus) 2013-tól: Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer (NaTÉR)
- Jelenleg 10 km-es felbontású kísérletek készülnek az ALADIN-Climate és a REMO modellekkel → KLIMADAT adatbázis
- Tervek néhány-km-es skálájú éghajlati szimulációkra



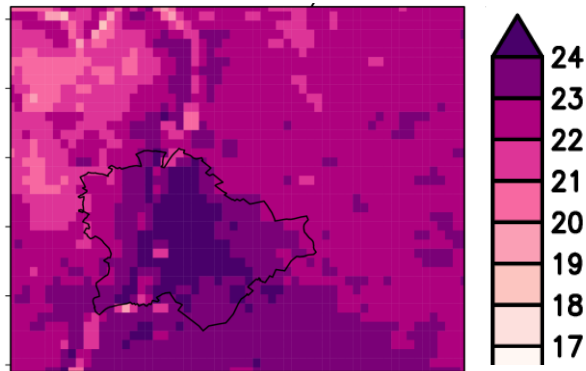


# A modelleredmények további felhasználása

Nyári átlaghőmérséklet  
Budapestre a SURFEX  
modellel 1971–2000-re

Input: ALADIN-Climate

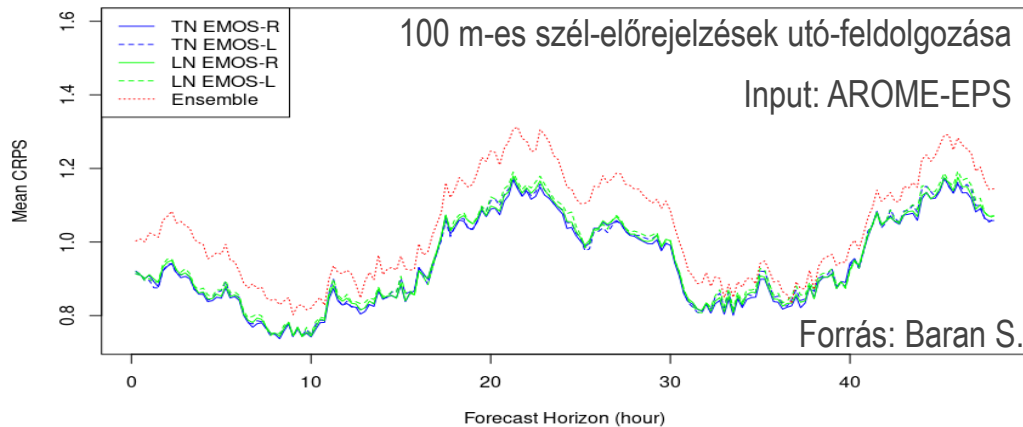
Forrás: Zsebeházi G.



Training: 53 days rolling. Verification period: 2020-07-01 - 2020-10-14

100 m-es szél-előrejelzések utó-feldolgozása

Input: AROME-EPS

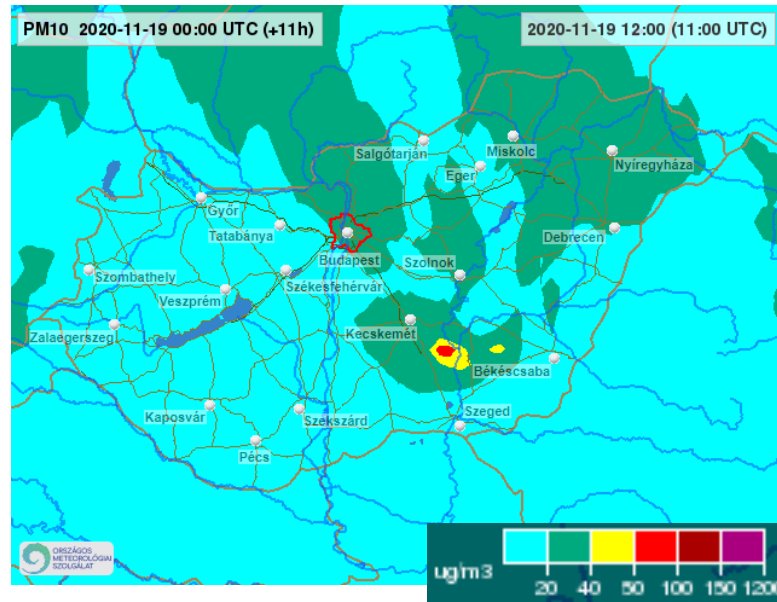


Forrás: Baran S.

PM10 koncentráció előrejelzés a CHIMERE modellel

Input: AROME

Forrás: www.met.hu



# Összefoglalás

## A modellezés bevált receptje

### Alapvető hozzávalók:

- Numerikus prognosztikai szaktudással felvértezett szakemberek
- Megfelelő numerikus modell
- Számítógépes infrastruktúra

### Teendők:

- Szakemberek (és a felhasználók) folyamatos képzése
- A modell adaptálása, megismerése és fejlesztése (többéves munka)
- A számítógépes infrastruktúra folyamatos fejlesztése

A MAGYAR  
TUDOMÁNY  
ÜNNEPE



*KÖSZÖNÖM  
A FIGYELMET!*

[mta.hu](http://mta.hu)

