

Az AROME modellen alapuló numerikus időjárás-előrejelző rendszer fejlesztései

SZÉPSZÓ GABRIELLA

ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT | 2022. NOVEMBER

A MAGYAR TUDOMÁNY ÜNNEPE

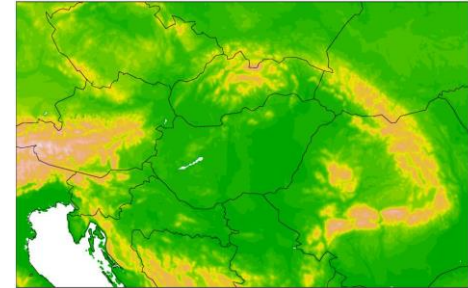


Tudomány: út a világ megismeréséhez

Numerikus előrejelzések az AROME modellel

2,5 km & 60 szint

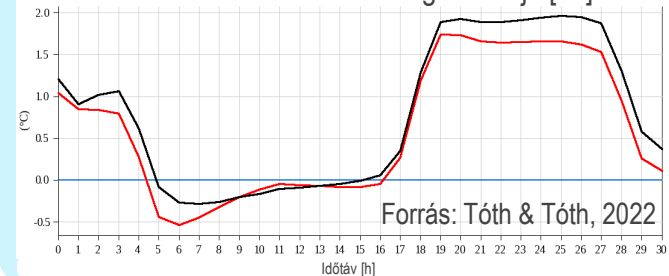
- Az ALADIN, ALARO, AROME modellek közös fejlesztése 1991-től az ACCORD (ALADIN) és a LACE nemzetközi konzorciumokban
- Regionális előrejelzések az AROME-mal 2 napra **2,5 km-es felbontáson**
- Oldalsó határfeltételek: **9 km-es felbontású ECMWF-HRES**
- Kezdeti feltételek frissítése 3-óránként:
 - Felszínen (júliustól):
egyszerűsített-kiterjesztett Kálmán-filter
 - Légkörben: 3-dimenziós variációs technika
 - Mérések: SYNOP, TEMP, AMDAR, Mode-S MRAR, GNSS ZTD
- **Ensemble előrejelzések** az ECMWF-ENS 10+1 tagjának leskálázásával



SE Kálmán-filter

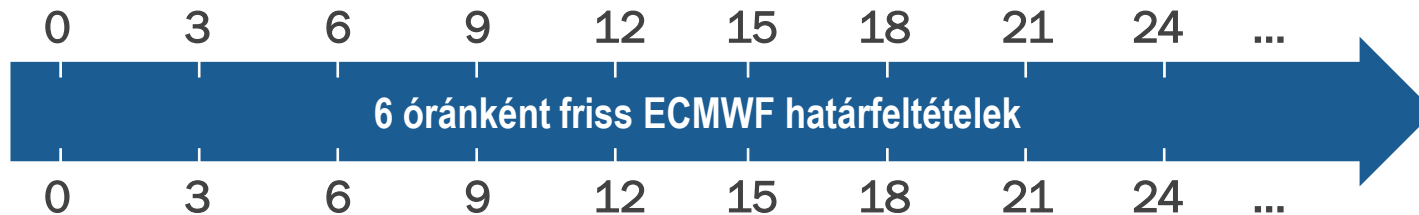
- Előtte: **optimális interpoláció**
- Kisebbségi éjjeli hőmérséklet felülbecslés
- Később: műholdas adatok asszimilációja

2-méteres hőmérséklet átlagos hibája [°C]

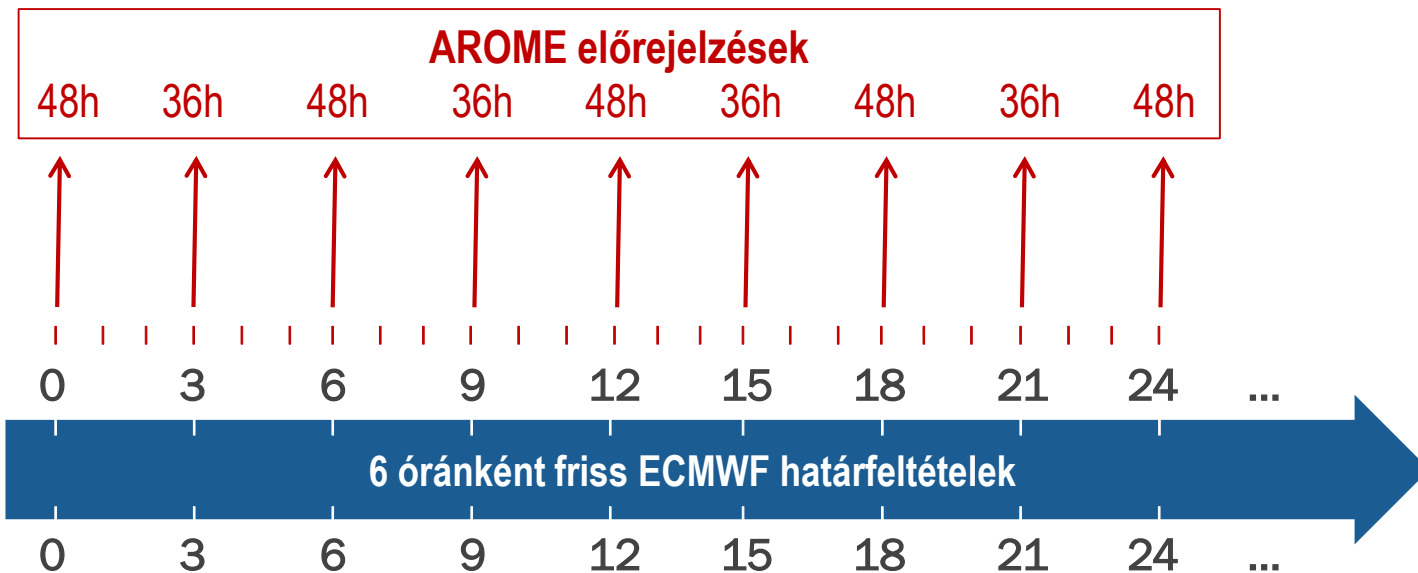


Operatív modellfuttatások – 2022

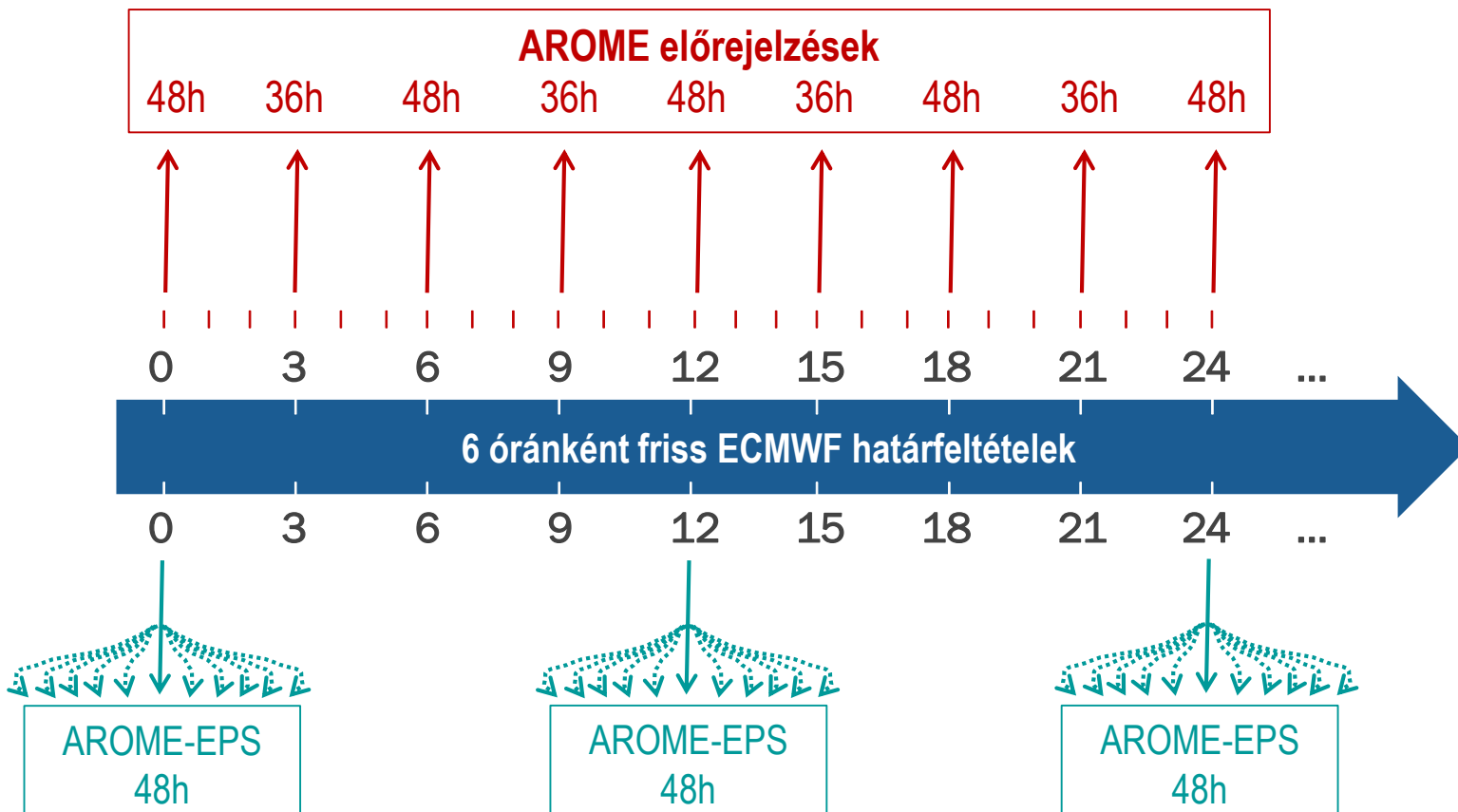
Operatív modellfuttatások – 2022



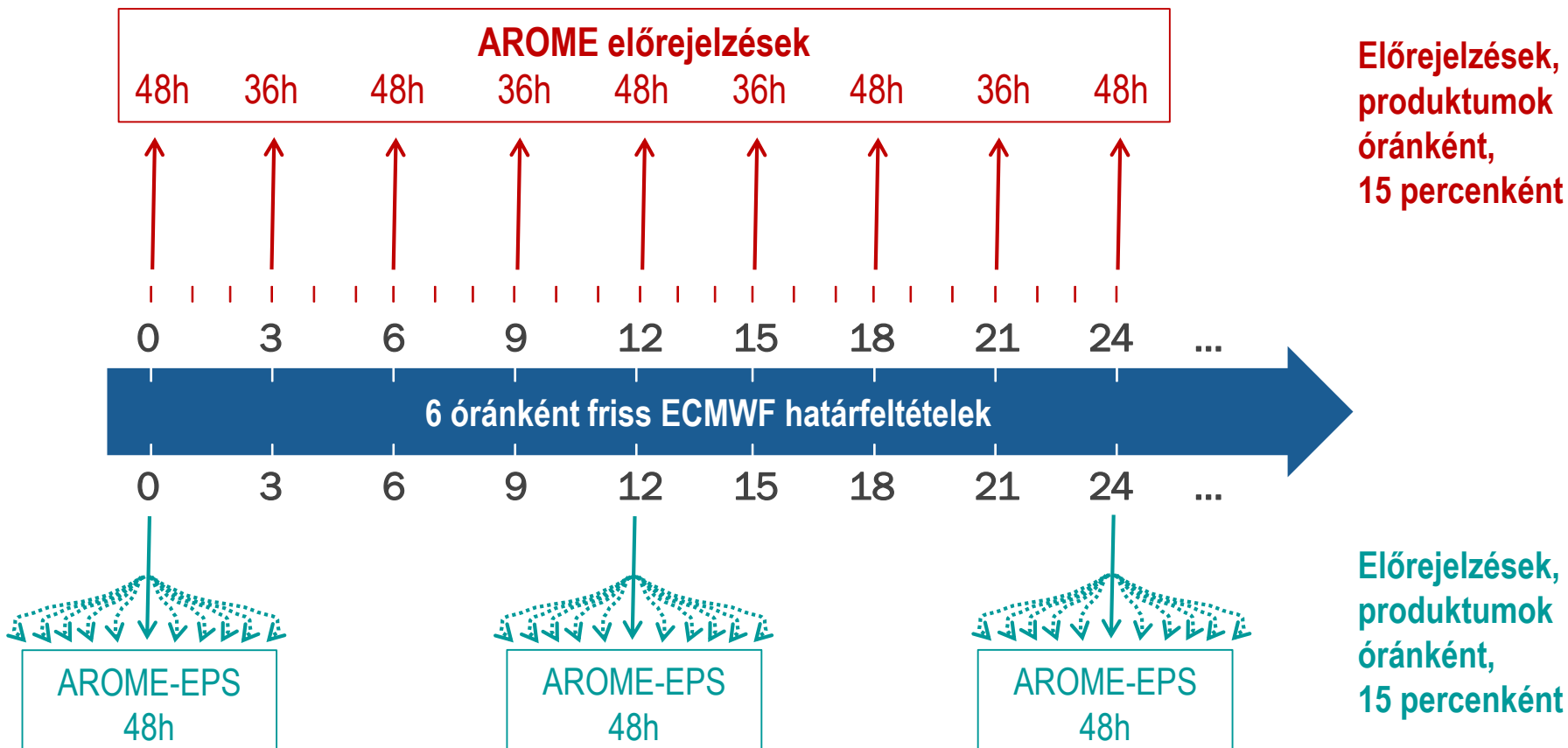
Operatív modellfuttatások – 2022



Operatív modellfuttatások – 2022



Operatív modellfuttatások – 2022

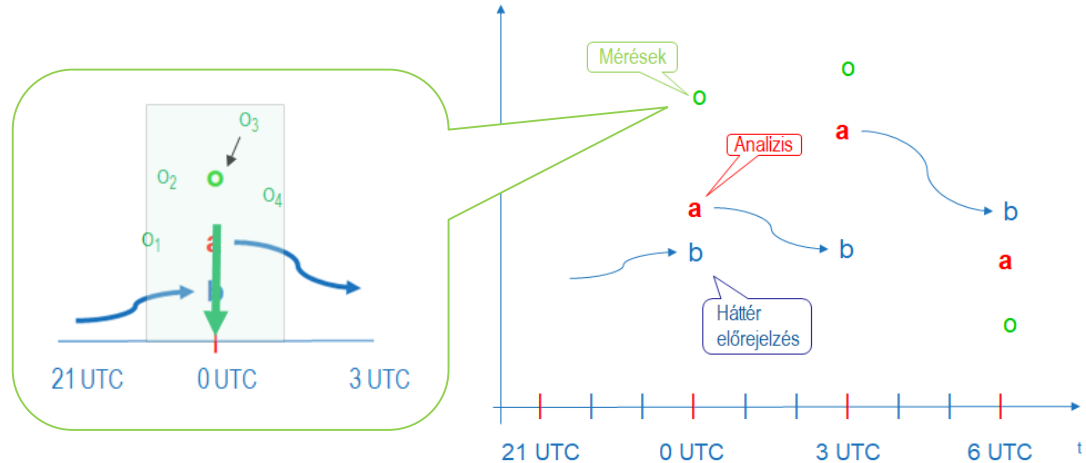


Aktuális fejlesztések

- Térbeli felbontás növelése: 2,5 km + 60 szint → 1,3 km + 90 szint
- Adatasszimiláció gyakoriságának növelése: 3 óra → 1 óra
- Gyakoribb és új megfigyelések bevonása az adatasszimilációba: műholdas és radar adatok
- Lokális perturbációk az ensemble előrejelzésekben: ensemble adatasszimiláció
- Nyers előrejelzések utó-feldolgozása mérési adatokkal és gépi tanulási módszerekkel: globálsugárzás, 100-méteres szélesség

Nagyobb felbontás és óránkénti frissítés

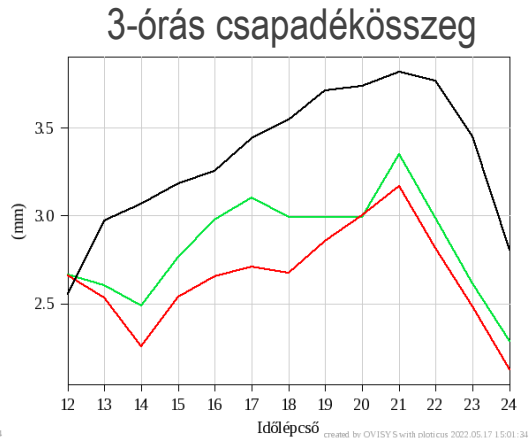
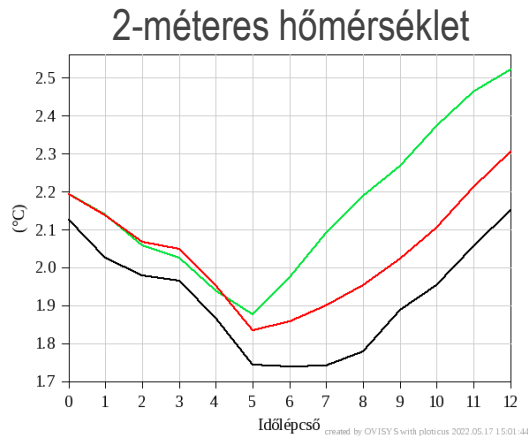
- 2,5kmL60 → 1,3kmL90
- Kb. 8-szoros számítási igény
- Önmagában a felbontás növelése nem javítja az előrejelzést
- Szükséges az asszimilációs és a **parametrizációs beállítások** felbontáshoz igazítása:
 - A szub-grid skálájú felhőzet számítása új, prognosztikai módszerrel → „diszkrét” felhőzet
 - Telítési nedvesség szórásával kapcsolatos paraméter hangolása
- Analízis frissítése 3 helyett 1 óránként (rapid update cycle)
- Ezzel:
 - Mérések figyelembevétele a mérési időpontjukhoz közelebb
 - A gyakoribb mérésekből több kerül felhasználásra



Felbontásnövelés és gyakoribb frissítés hatása

Előrejelzés négyzetes hibája
2021/7/7–28 0 UTC

További információ:
Sintai & Szanyi 2022



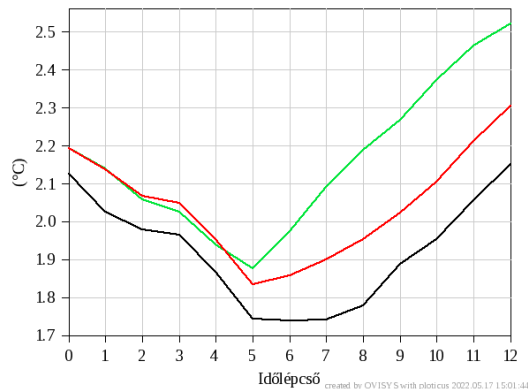
2,5 km-es felbontás
1,3 km-es felbontás
1,3 km-es felbontás
+ hangolás

Felbontásnövelés és gyakoribb frissítés hatása

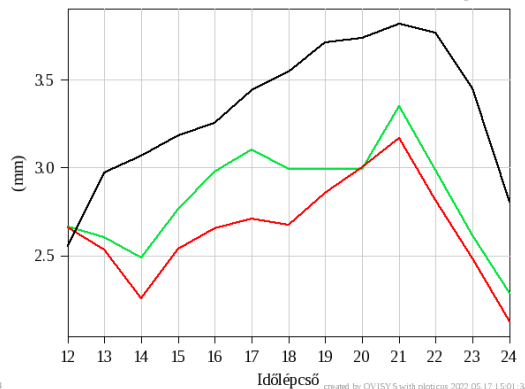
Előrejelzés négyzetes hibája
2021/7/7–28 0 UTC

További információ:
Szintai & Szanyi 2022

2-méteres hőmérséklet



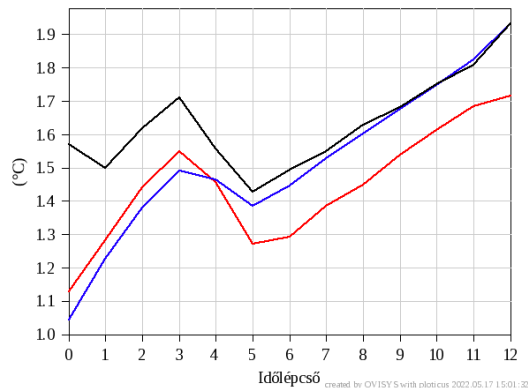
3-órás csapadékösszeg



2,5 km-es felbontás

1,3 km-es felbontás

1,3 km-es felbontás
+ hangolás



2,5 km-es felbontás
+ 3 óránkénti frissítés

2,5 km-es felbontás
+ 1 óránkénti frissítés

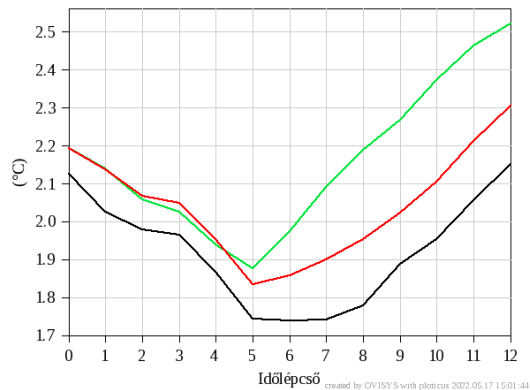
1,3 km-es felbontás
+ 1 óránkénti frissítés

Felbontásnövelés és gyakoribb frissítés hatása

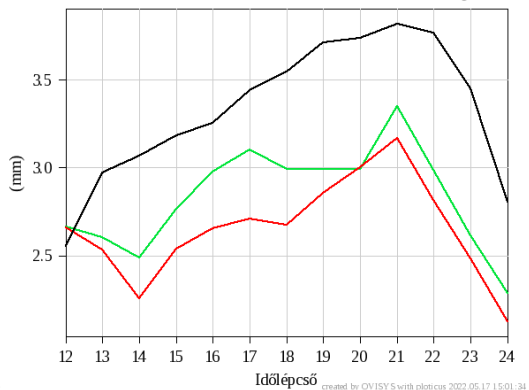
Előrejelzés négyzetes hibája
2021/7/7–28 0 UTC

További információ:
Szintai & Szanyi 2022

2-méteres hőmérséklet



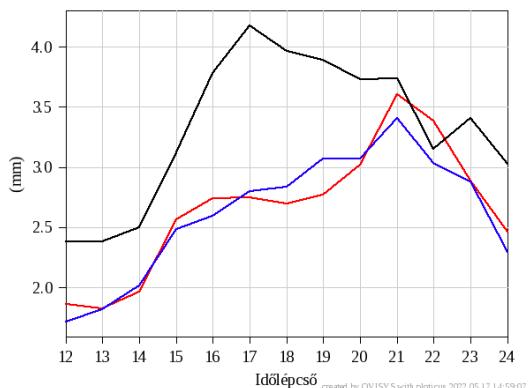
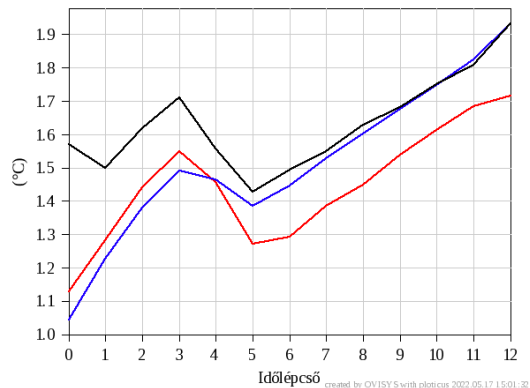
3-órás csapadékösszeg



2,5 km-es felbontás

1,3 km-es felbontás

1,3 km-es felbontás
+ hangolás



2,5 km-es felbontás
+ 3 óránkénti frissítés

2,5 km-es felbontás
+ 1 óránkénti frissítés

1,3 km-es felbontás
+ 1 óránkénti frissítés

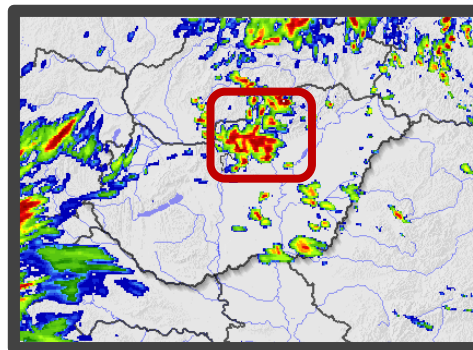
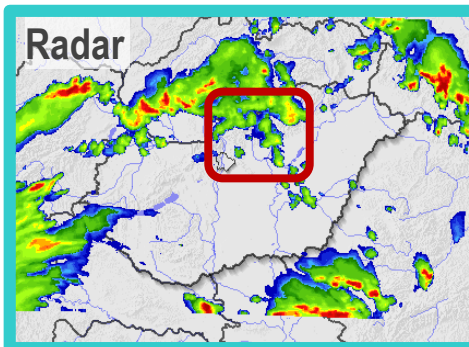
Felbontásnövelés és gyakoribb frissítés hatása

3-órás csapadékösszeg [mm] (radar és 15-órás előrejelzések)

2021. július 18. 15 UTC

Előrejelzés négyzetes hibája
2021/7/7–28 0 UTC

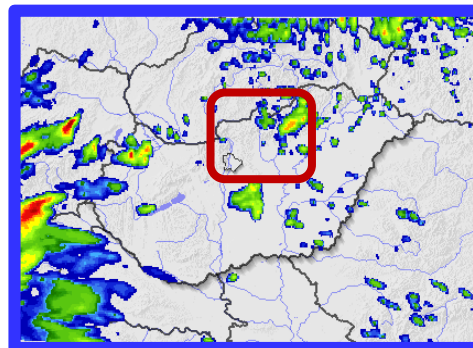
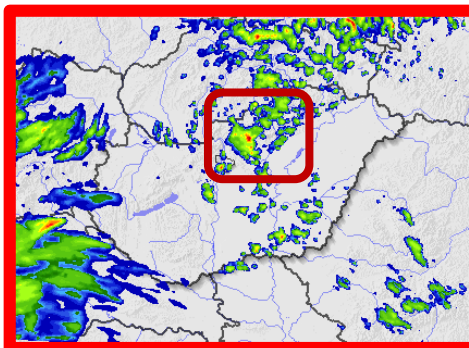
További információ:
Szentai & Szanyi 2022



2,5 km-es felbontás

1,3 km-es felbontás

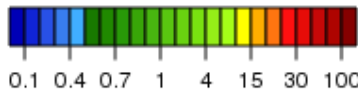
1,3 km-es felbontás
+ hangolás



2,5 km-es felbontás
+ 3 óránkénti frissítés

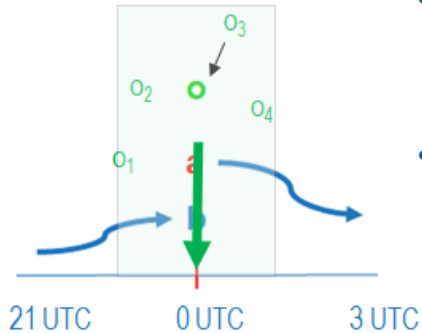
2,5 km-es felbontás
+ 1 óránkénti frissítés

1,3 km-es felbontás
+ 1 óránkénti frissítés

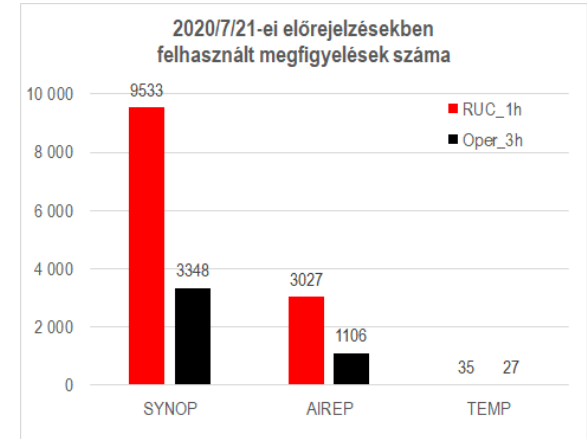


Többféle mérés figyelembevétele

- A kezdeti feltétel gyakoribb frissítésének akkor van hozzáadott értéke, ha több mérést tudunk felhasználni
- Nagy gyakorisággal előálló mérési információk: SYNOP, AMDAR, Mode-S (EHS/MRAR), GNSS, radar

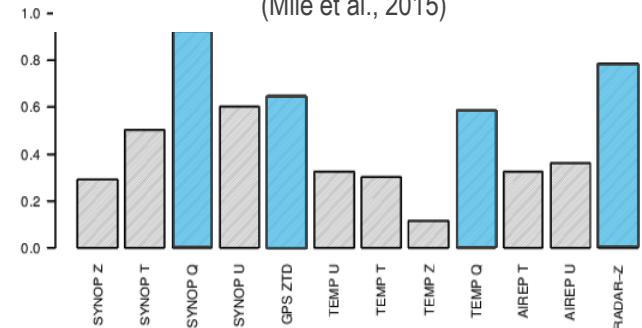


- Lényeges a mérési adatok korai beérkezése (rövid várakozási idő)
- Ez egyelőre nem teljesül a központilag kezelt adatokra (E-GVAP/GNSS, OPERA/radar, EMADDC/Mode-S)



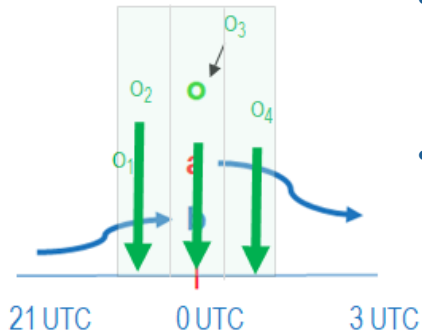
Mérések elméleti hatása az analízisre

(Mile et al., 2015)

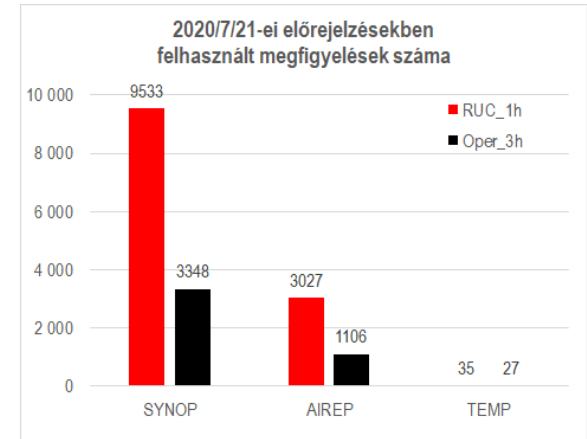


Többféle mérés figyelembevétele

- A kezdeti feltétel gyakoribb frissítésének akkor van hozzáadott értéke, ha több mérést tudunk felhasználni
- Nagy gyakorisággal előálló mérési információk: SYNOP, AMDAR, Mode-S (EHS/MRAR), GNSS, radar

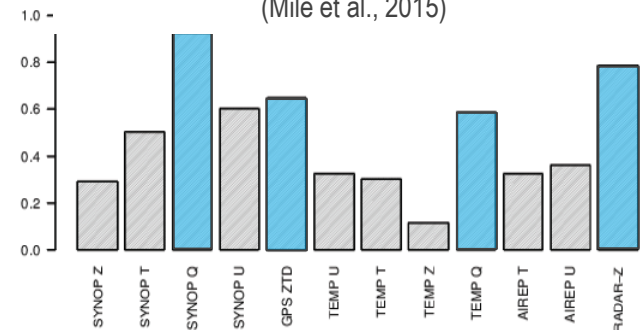


- Lényeges a mérési adatok korai beérkezése (rövid várakozási idő)
- Ez egyelőre nem teljesül a központilag kezelt adatokra (E-GVAP/GNSS, OPERA/radar, EMADDC/Mode-S)



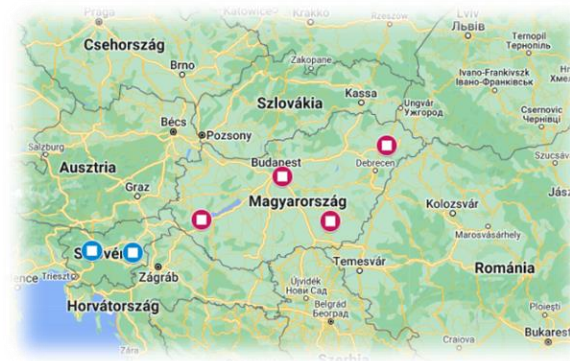
Mérések elméleti hatása az analízisre

(Mile et al., 2015)

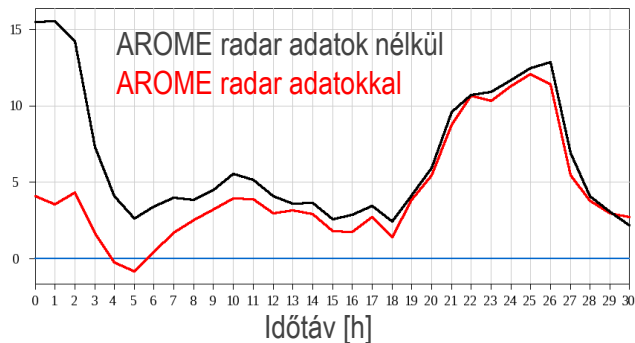


Radar reflektivitás asszimilációja

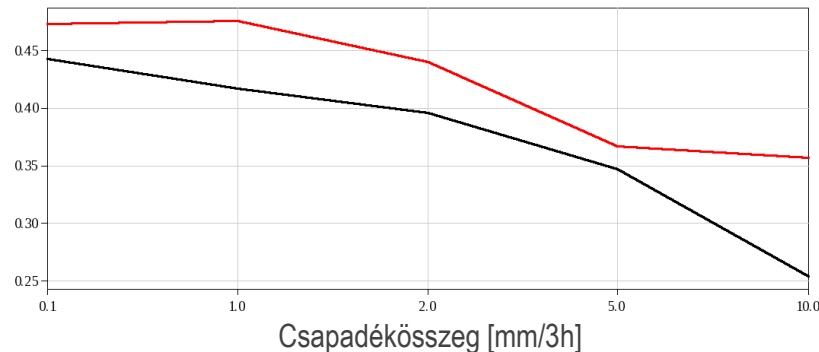
- Első kísérlet beállításai (Szanyi, 2022):
 - 2,5 km-es felbontás
 - Időszak: 2021/6/27–7/31
 - Felszíni asszimiláció: optimális interpoláció
 - Adatasszimiláció 3 óránként
 - Felhasznált mérések: SYNOP, TEMP, AMDAR, Mode-S MRAR, **OPERA radar**



Borultság átlagos hiba [%]
2021/7/1–31, 0 UTC-s futtatások

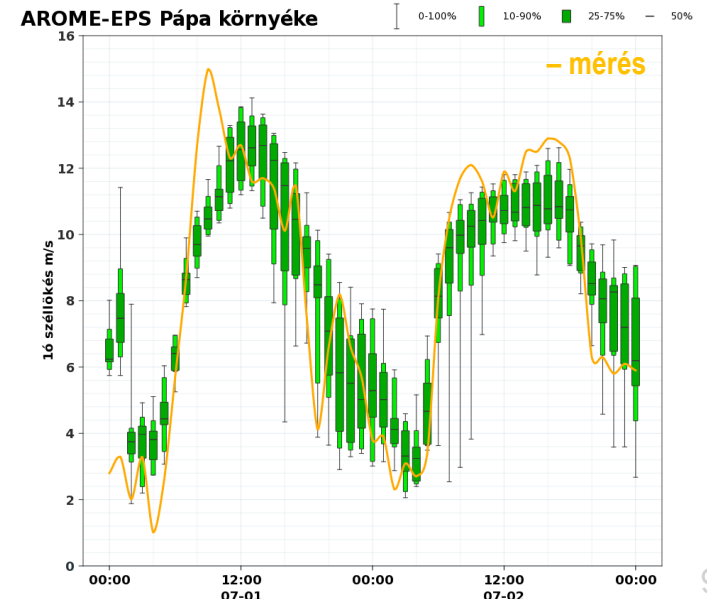
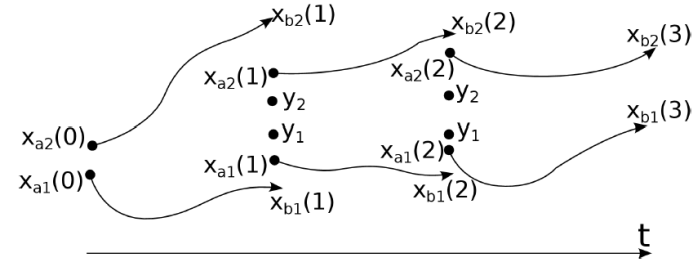


SEDI mérőszám a 0 és 3 UTC közötti csapadékra
2021/7/1–31, 6 UTC-s futtatások



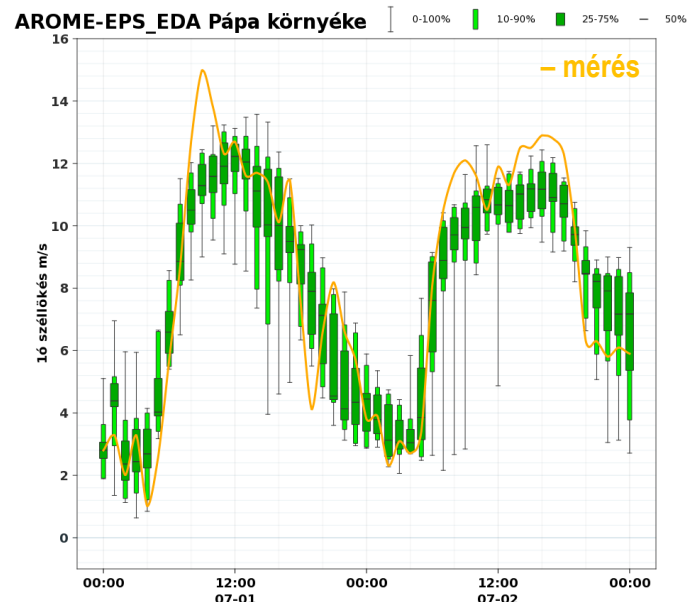
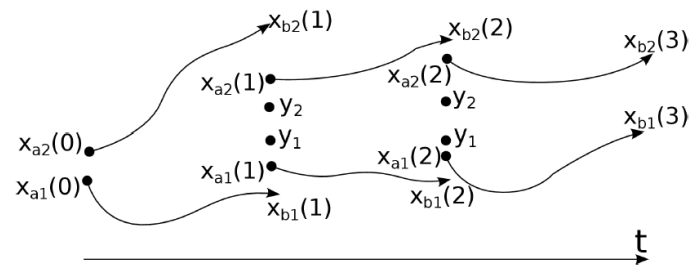
Lokális perturbációk az ensemble előrejelzésekben

- Jelenleg: ECMWF-ENS 11 tagjának dinamikai leskálázása → bizonytalanság: határfeltételekből és nagyskálájú kezdeti feltételekből (az analízis egy 6-órás előrejelzés)
- Kezdeti feltételek pontosítása asszimilációval és lokális perturbációk **ensemble adatasszimilációval**:
 - Operatíván használt mérések perturbációja
 - Felszíni asszimiláció: optimális interpoláció
 - Asszimiláció 3 óránként
 - 2,5 km-es felbontás



Lokális perturbációk az ensemble előrejelzésekben

- Jelenleg: ECMWF-ENS 11 tagjának dinamikai leskálázása → bizonytalanság: határfeltételekből és nagyskálájú kezdeti feltételekből (az analízis egy 6-órás előrejelzés)
- Kezdeti feltételek pontosítása asszimilációval és lokális perturbációk **ensemble adatasszimilációval**:
 - Operatíván használt mérések perturbációja
 - Felszíni asszimiláció: optimális interpoláció
 - Asszimiláció 3 óránként
 - 2,5 km-es felbontás



Nyers előrejelzések utó-feldolgozása

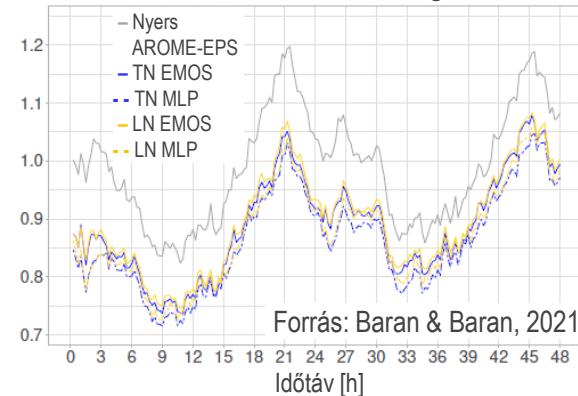
- Közös munka matematikusokkal
- Cél: az energia szektor által használt AROME és AROME-EPS előrejelzések javítása utó-feldolgozással
- Célparaméterek: **globálsugárzás** és **100-méteres szélesség**
- Felhasználható információk: mérések, előrejelzések
- Módszerek:
 - AROME: RMSE-re optimalizált pontonkénti korrektor, hosszú tanítási időszak, rendszeres újratanítás (Kornyik M. munkája)
 - AROME-EPS: CRPS-re optimalizált EMOS módszerek gépi tanulással kombinálva, gördülő tanulói időszak (Baran S. & Baran Á. munkája)
 - Javítás mértéke: 7-17 %

$$CRPS = \int_{-\infty}^{\infty} (F_{modell} - F_{mérés})^2 dx$$

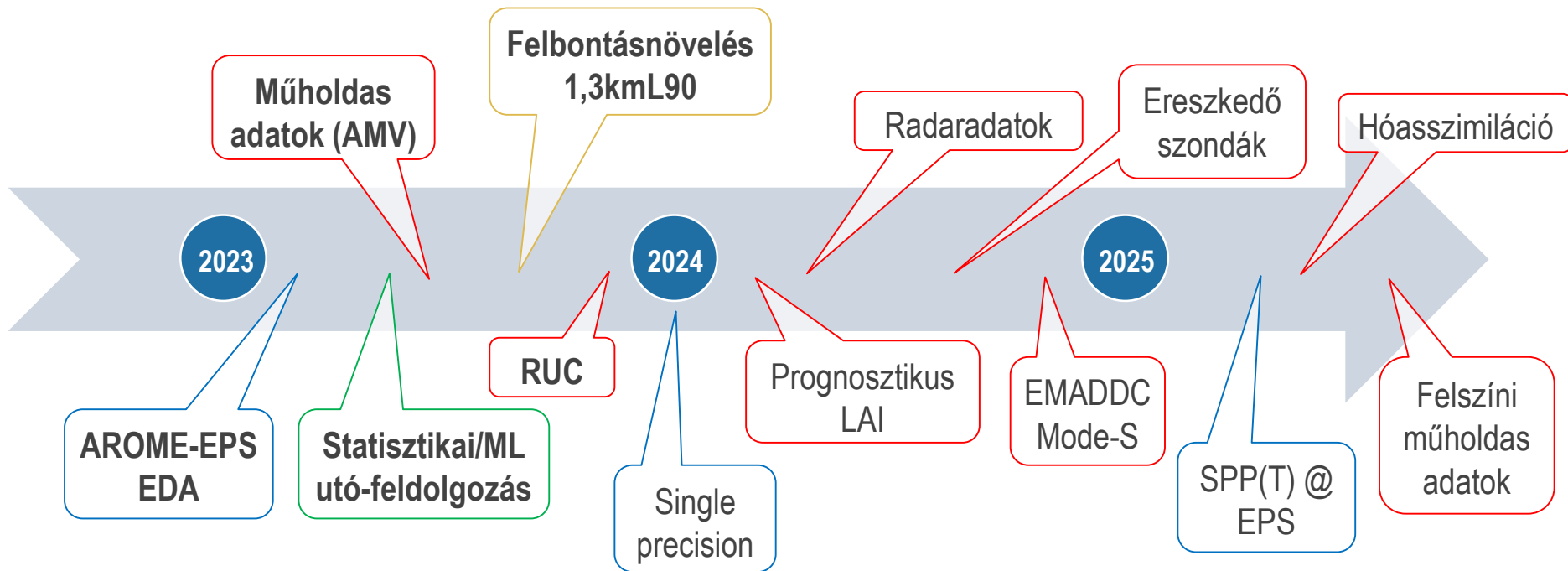
Partnerek **globálsugárzás**
és **100-méteres szélességi**



100-méteres szélességi CRPS



Fejlesztési tervek





A MAGYAR TUDOMÁNY ÜNNEPE

Az MTA programsorozata



KÖSZÖNÖM
A FIGYELMET!

mta.hu



Irodalom

- Tóth, H., Tóth, B., 2022: Implementation of Simplified Extended Kalman Filter in the operational AROME/HU. ACCORD Newsletter 3, 15–20.
- Szintai, B., Szanyi, K., 2022: High resolution experiments with the AROME numerical weather prediction model over Hungary. Modelling Fluid Flow (CMFF'22) konferencia beszámolókötetete, 6 p.
- Szanyi, K., 2022: Assimilating OPERA reflectivity observations into the AROME-HU system. RC LACE report, 9 p.
- Baran, S., Baran, Á., 2021: Calibration of wind speed ensemble forecasts for power generation. Időjárás 125 (4), 609–624.