

## Új fejlesztések az OMSZ előrejelző rendszerében: Út a meteorológiai méréstől a felhasználói produktumig

Előadó: Szúcs Mihály ([szucs.m@met.hu](mailto:szucs.m@met.hu))

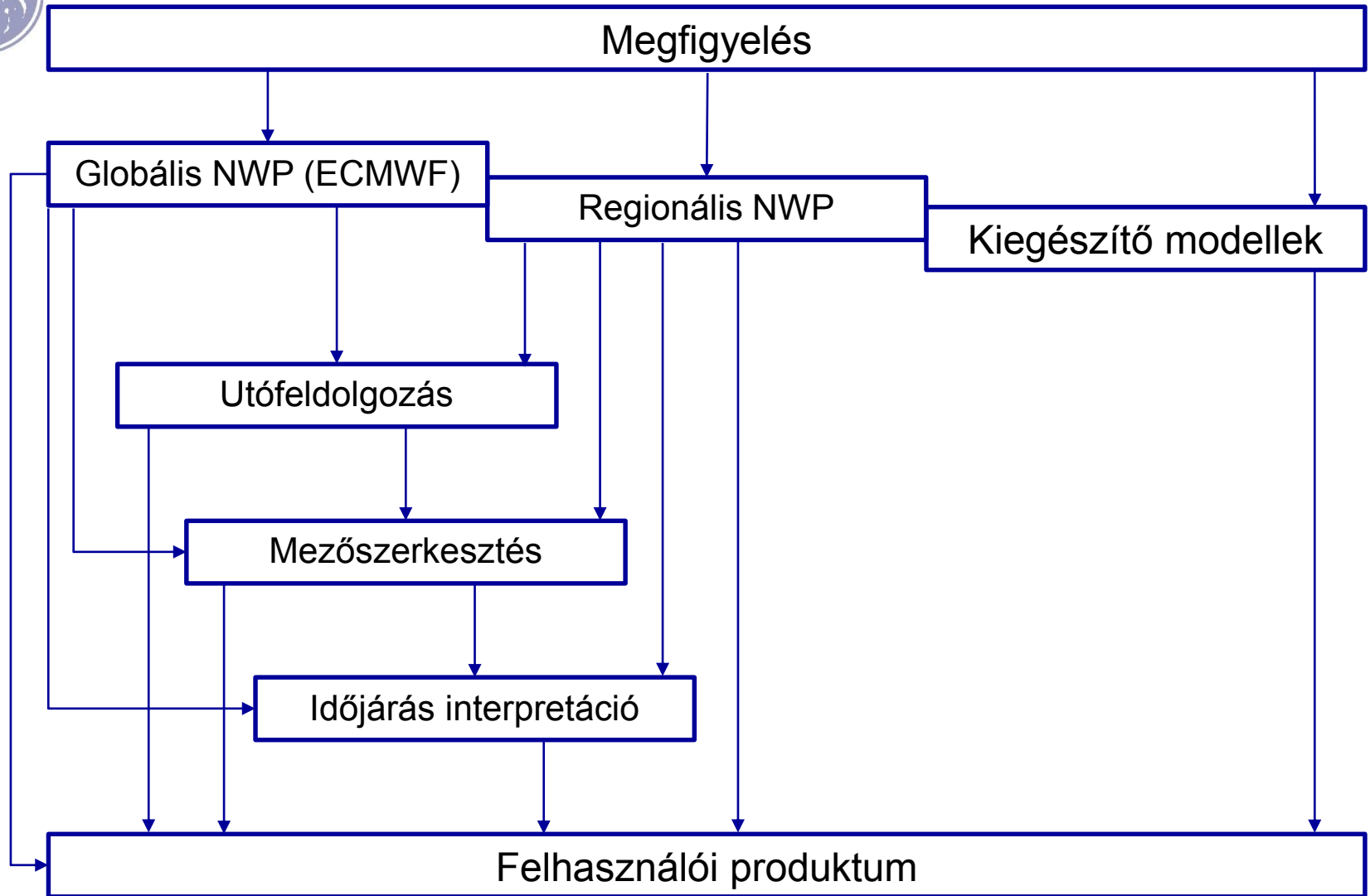
Hozzájárultak: Előrejelzési és Éghajlati Főosztály (EÉFO)



*Alapítva: 1870*

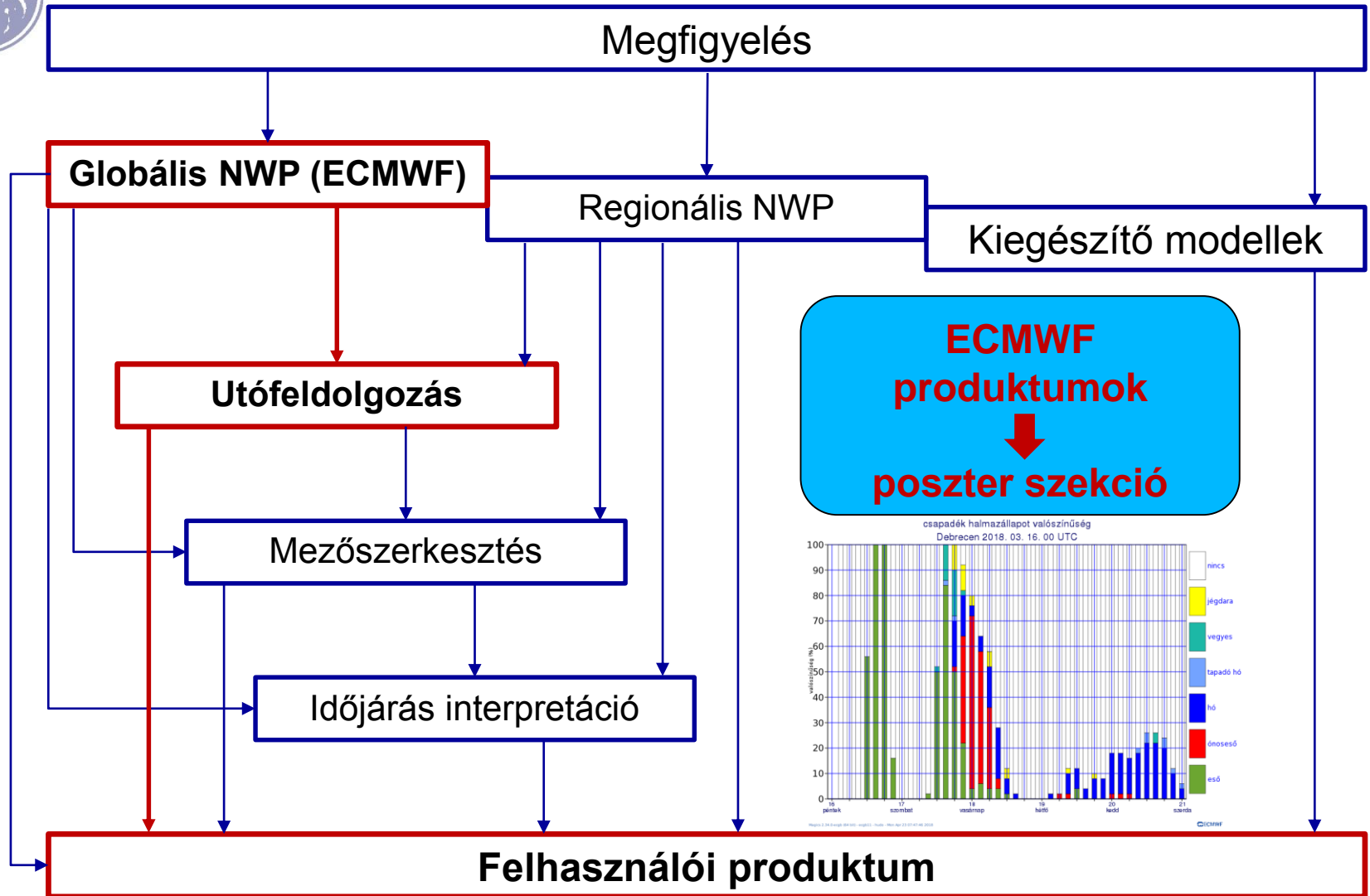


# OMSZ – Sematikus folyamatábra



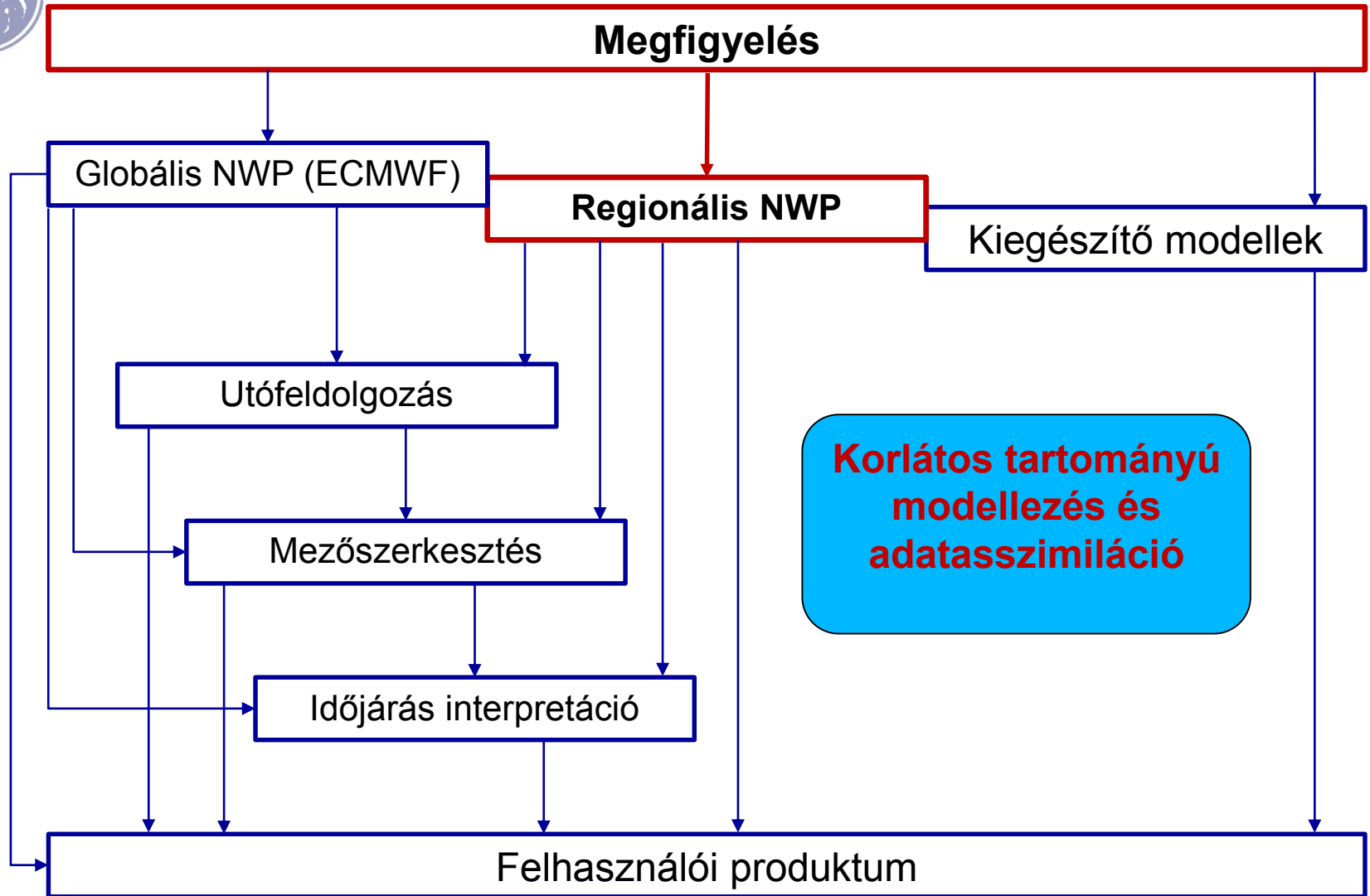


# Modellezés





# Modellezés



- A légkör mozgásait leíró **kormányzó egyenletek**, a légkör hidro-termodinamikai egyenletrendszer (HTDER)
- Korlátos tartományú modelleknél ezekhez rendelünk **oldalsó peremfeltételeket** globális modellekből
- Rácson explicit módon nem leírt, kis-skálájú folyamatokat **parametrizáljuk**

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial r} + \frac{v}{r} \frac{\partial u}{\partial \lambda} + w \frac{\partial u}{\partial z} - \frac{v^2}{r} - fv = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial r},$$

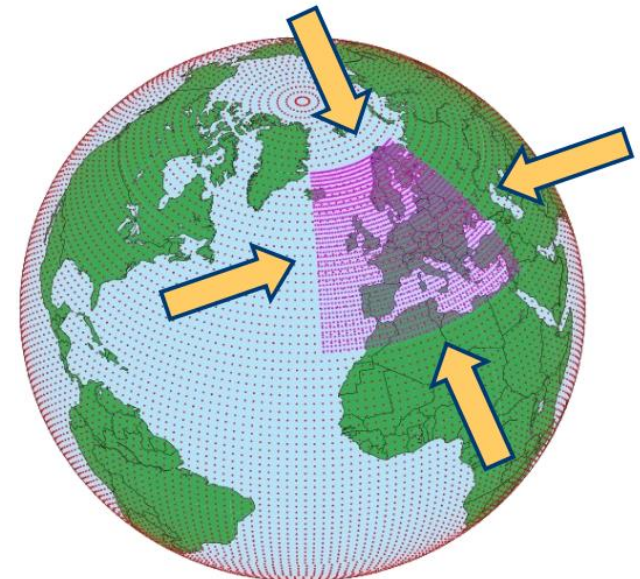
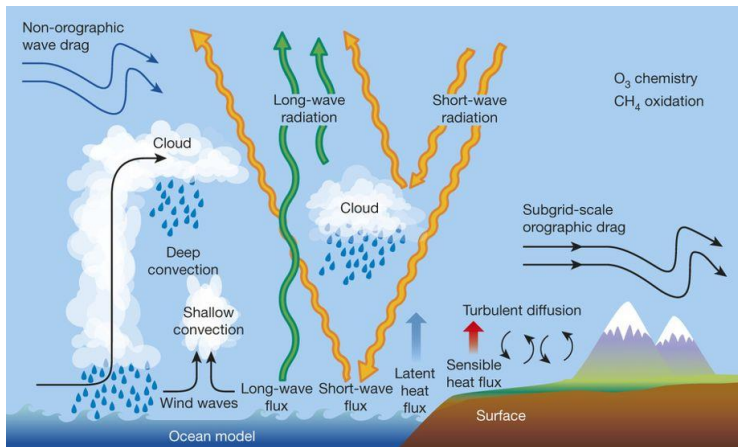
$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial r} + \frac{v}{r} \frac{\partial v}{\partial \lambda} + w \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{uv}{r} + fu = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial \lambda},$$

$$\frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial r} + \frac{v}{r} \frac{\partial w}{\partial \lambda} + w \frac{\partial w}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} - g,$$

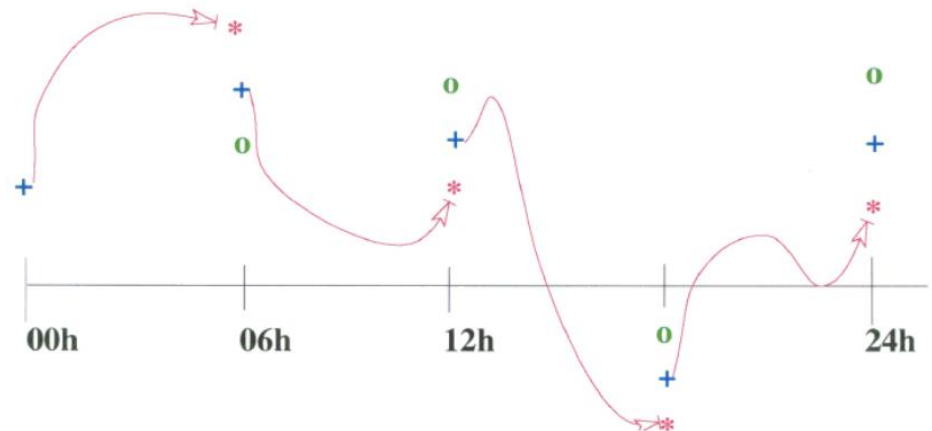
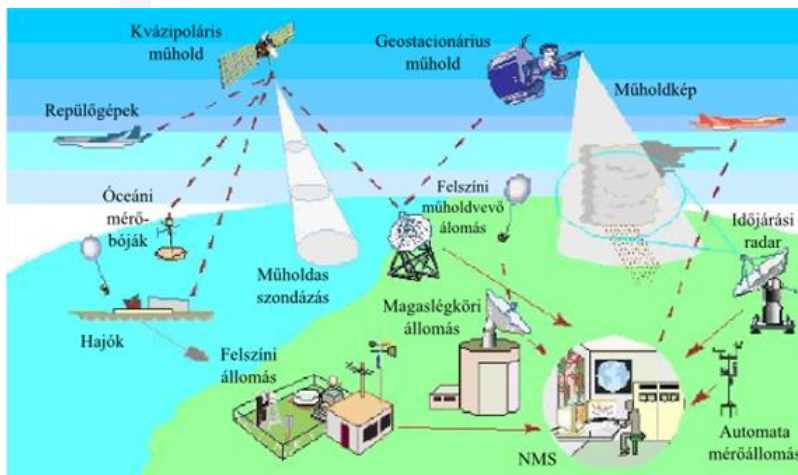
$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{1}{r} \frac{\partial \rho r u}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial \rho v}{\partial \lambda} + \frac{\partial \rho w}{\partial z} = 0,$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} + u \frac{\partial \theta}{\partial r} + \frac{v}{r} \frac{\partial \theta}{\partial \lambda} + w \frac{\partial \theta}{\partial z} = \dot{\theta}$$

$$\rho = p_* \pi^{\frac{1}{\kappa} - 1} / (R_d \theta)$$



- Az adatasszimiláció célja:
  - **Objektív analízis készítése** (NWP kezdeti feltételének meghatározása)
  - **Modell minőségének javítása** (légkör kaotikus jellege miatt)
- Az adatasszimilációs ciklusban felhasznált információk:
  - **Megfigyelések** (Minél többet szeretnénk figyelembe venni)
  - **First-guess vagy background** információ (előző modellfutás rövid-távú előrejelzése)

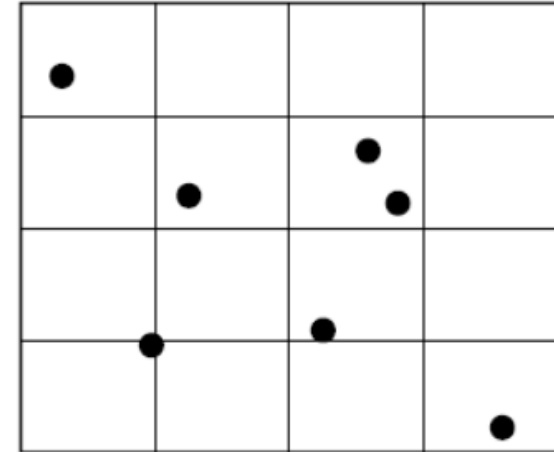


hátter mező + új megfigy. ----> kezdeti feltétel

- A variációs módszer célja a  $\mathbf{J}(\mathbf{x})$  veszteségfüggvény minimalizálása

$$J(\mathbf{x}) = \underbrace{(\mathbf{x} - \mathbf{x}_b)^T \mathbf{B}^{-1} (\mathbf{x} - \mathbf{x}_b)}_{J_b} + \underbrace{(\mathbf{y} - H[\mathbf{x}])^T \mathbf{R}^{-1} (\mathbf{y} - H[\mathbf{x}])}_{J_o}$$

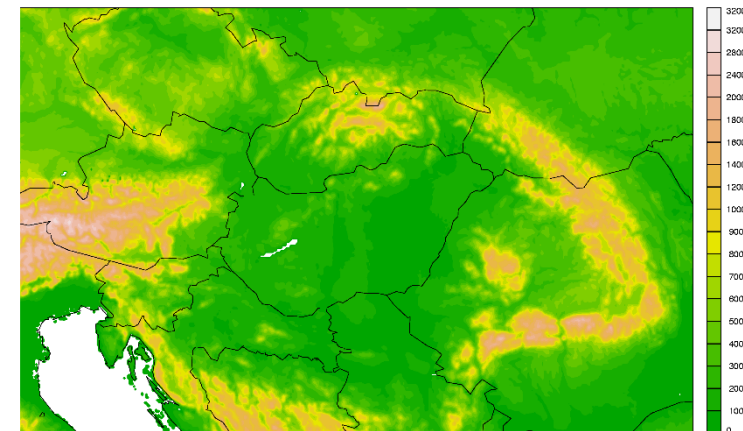
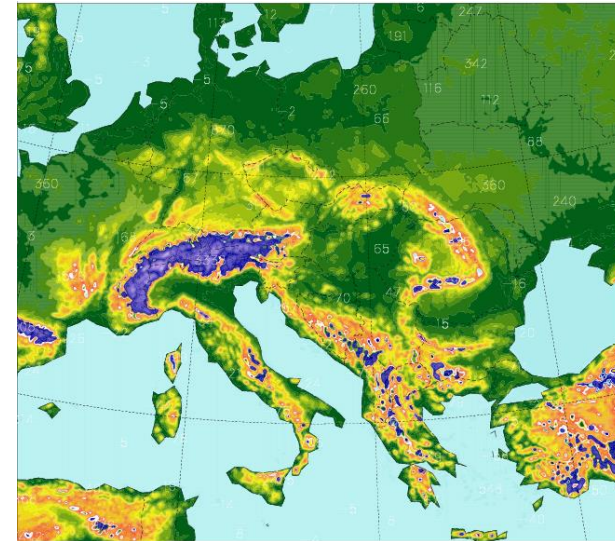
- $\mathbf{y}$  – megfigyelési vektor
- $\mathbf{x}$  – modell állapot vektor
- $\mathbf{R}$  – megfigyelési hiba kovariancia mátrix; feltételezzük, hogy a megfigyelések hibái térben korrelálatlanok
- $\mathbf{B}$  – háttér hiba kovariancia mátrix
- $\mathbf{H}$  – nemlineáris megfigyelési operátor, a modell állapotvektora és a megfigyelések között teremt kapcsolatot





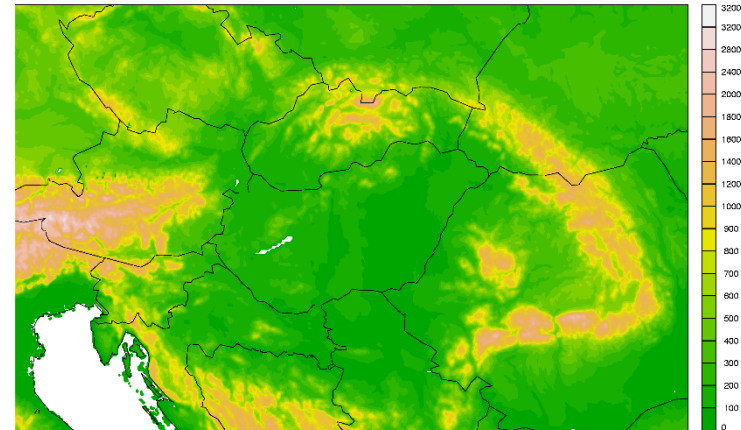
# Regionális NWP az OMSZ-nál

- **ALADIN** modell (4-szer naponta, 8km felbontás)  
→  
→  
→
- **ALADIN-EPS** (18UTC-kor, 11 tag) –  
valószínűségi információ és produktumok  
→  
→  
→  
→  
→  
→  
→  
→  
→  
→
- **AROME** (8-szor naponta, 2.5km felbontás) –  
nem-hidrosztatikus, konvekciót leíró modell  
→  
→  
→  
→  
→  
→  
→  
→  
→



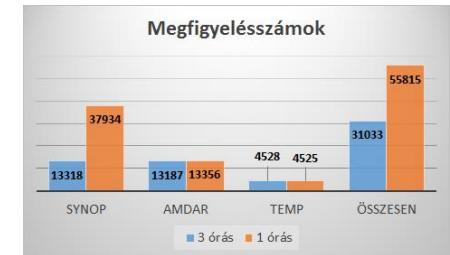


- **AROME** modell
  - Naponta nyolcszor  
(00, 06, 12, 18 UTC-kor +48 órára;  
03, 09, 15, 21 UTC-kor +36 órára)
  - 2.5km horizontális felbontás
  - 60 vertikális szint
  - 60s időlépcső
  - ECMWF HRES modellhez van csatolva
  - **3-órás légköri 3D-VAR asszimilációs ciklus:**
    - Konvencionális megfigyelések (SYNOP, TEMP, AMDAR, SHIP) és GNSS ZTD
  - Optimális interpoláció a felszíni analízis készítéshez



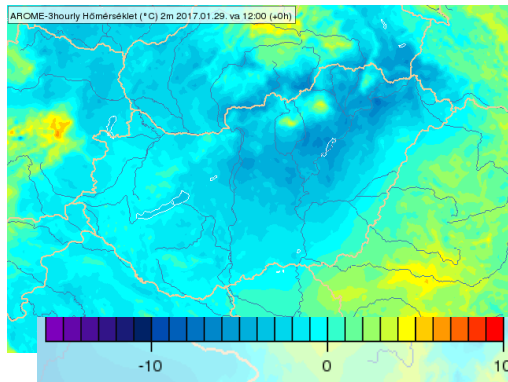
# 1-órás asszimilációs ciklus

- Rapid Update Cycle (RUC)
- Több megfigyelést lehet felhasználni
- Főleg a 0-12 órás előrejelzési időtávon javít  
Téli helyzetekben nagyobb a hatása

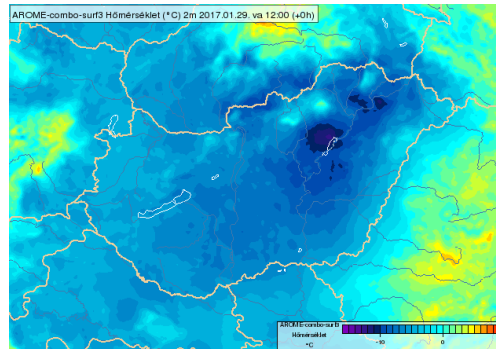


Esettanulmány: 2017. január 29. 12 UTC

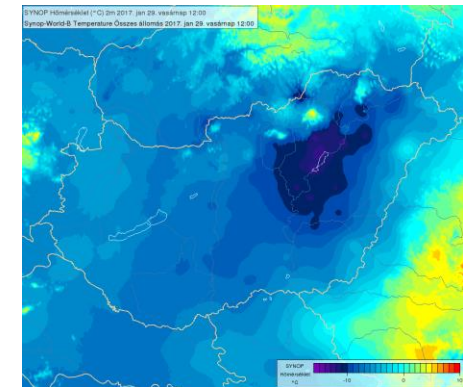
Operatív AROME



AROME RUC

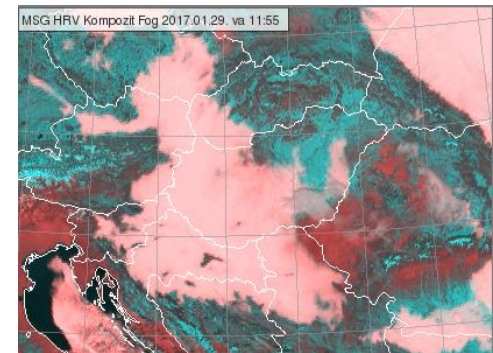
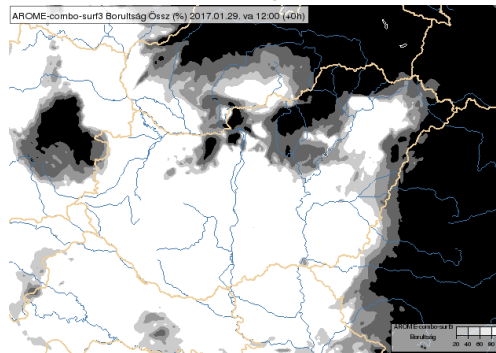
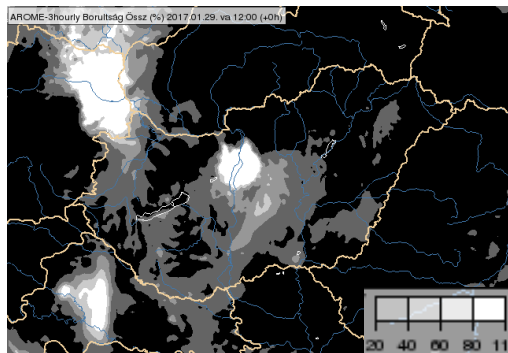


Megfigyelés



2 m-es hőmérséklet [°C]

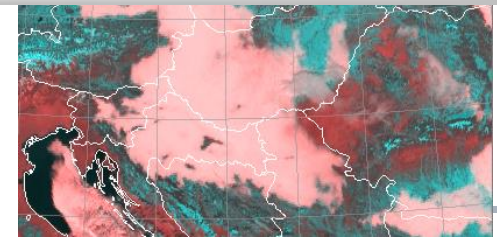
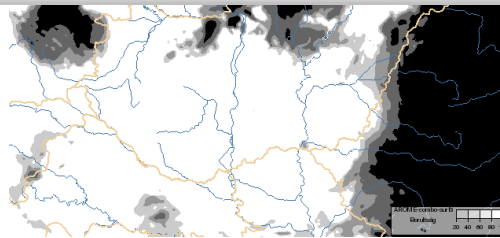
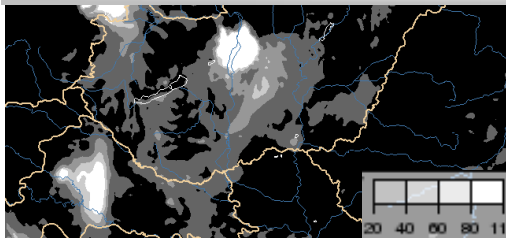
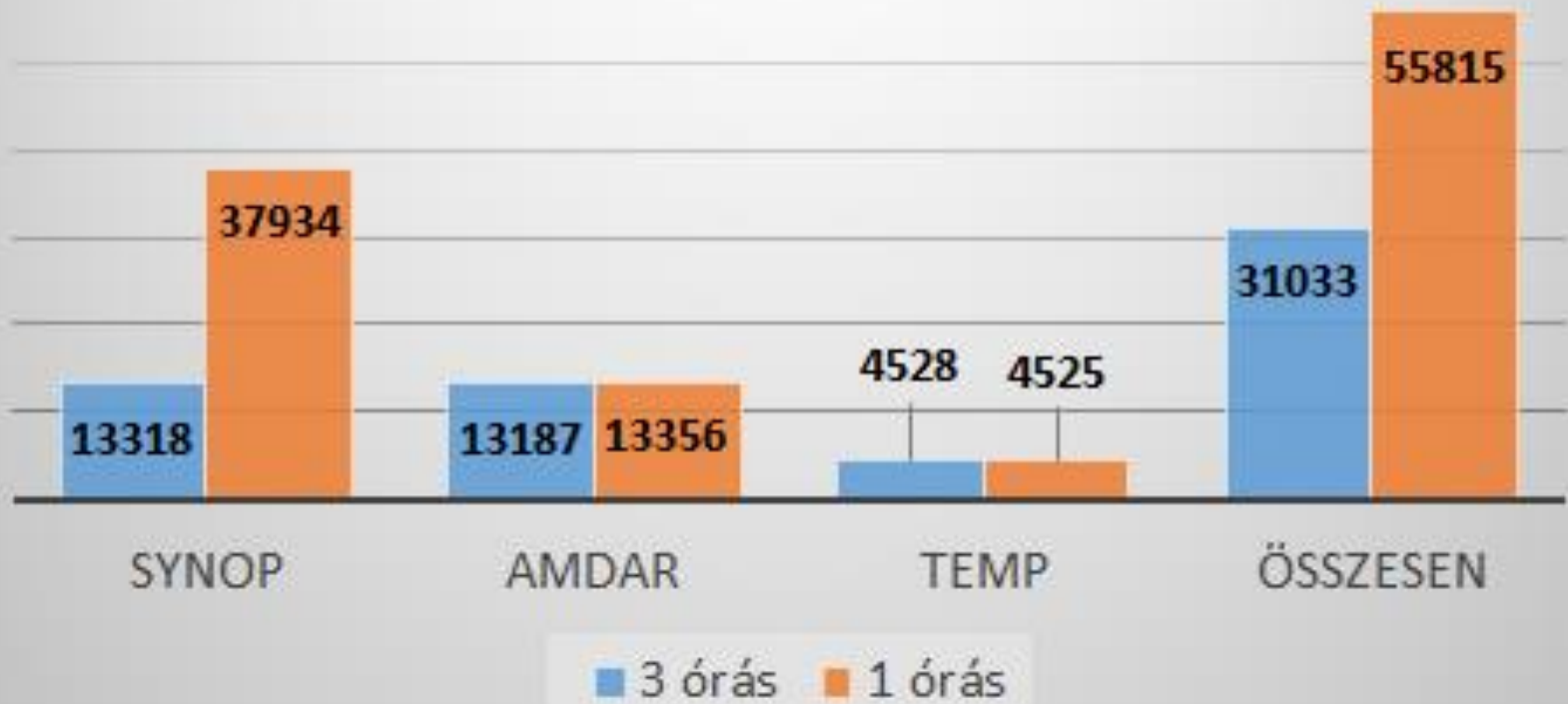
Borultság [%]



# 1-órás asszimilációs ciklus

• Rapid Update Cycle (RUC)

## Megfigyelésszámok



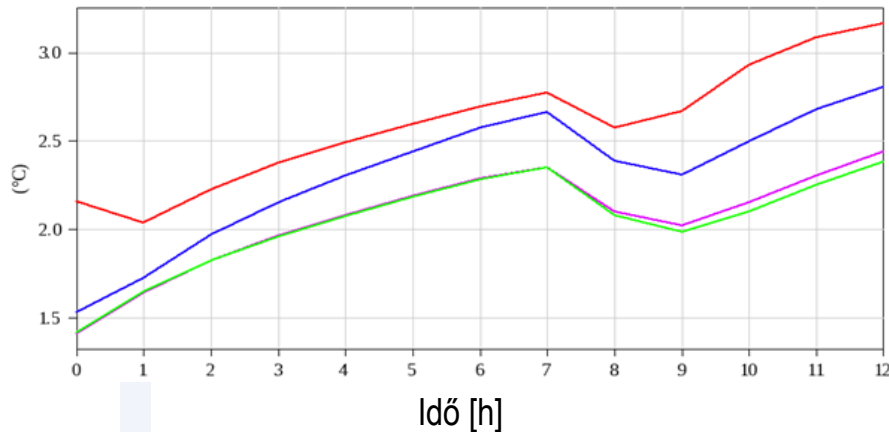


# 1-órás asszimilációs ciklus

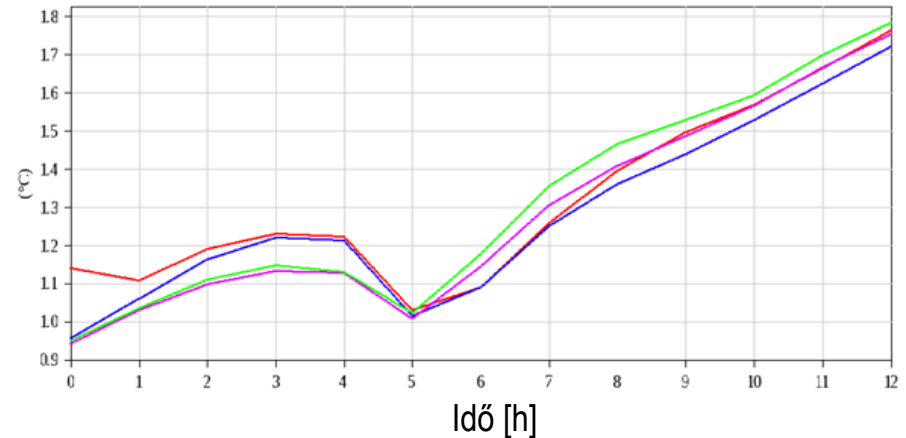
- Rapid Update Cycle (RUC)
- Több megfigyelést lehet felhasználni
- Főleg a 0-12 órás előrejelzési időtávon javít  
Téli helyzetekben nagyobb a hatása
- Tesztek a sűrűbb légköri és ritkább felszíni asszimilációra vonatkozóan

## 2-méteres hőmérséklet RMSE [°C]

2017. január 8. – február 6. 00 UTC



2019. május 4. – június 2. 00 UTC



3-óránkénti adatasszimiláció (operatív)

Óránkénti adatasszimiláció

Óránkénti magaslégtörri & 3-óránkénti felszíni

Óránkénti magaslégtörri & 6-óránkénti felszíni

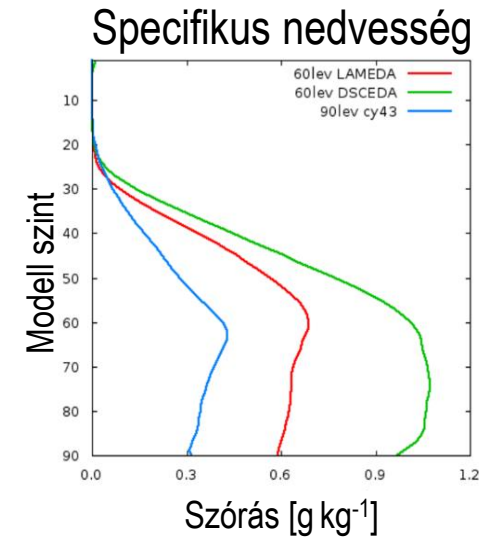
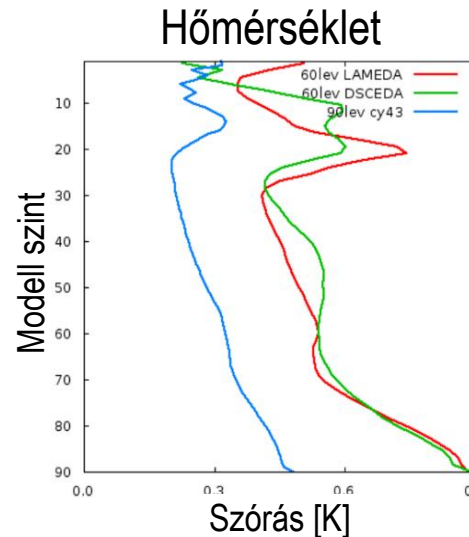
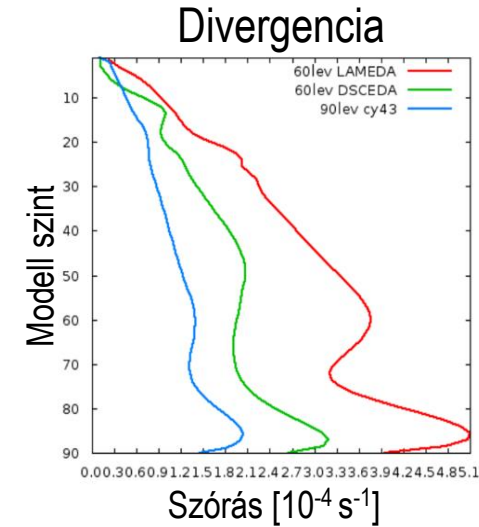
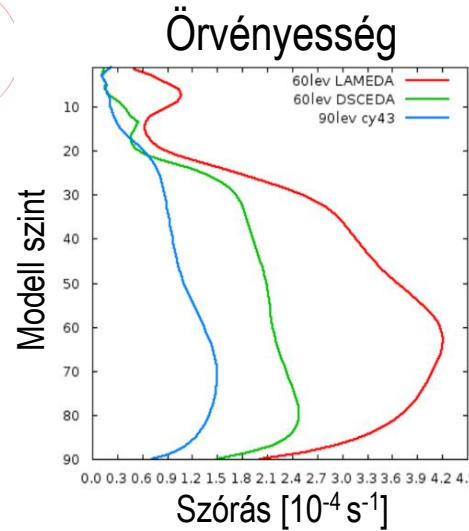


# Háttérhibák újraszámítása

$$J(x) = \underbrace{(x-x_b)^T \mathbf{B}^{-1} (x-x_b)}_{J_b} + \underbrace{(y-H[x])^T \mathbf{R}^{-1} (y-H[x])}_{J_o}$$

- **B** – háttér hiba kovariancia mátrix újraszámítása
  - 60 helyett 90 modellszintet szeretnénk használni a jövőben
  - Ensemble Adatasszimiláció (EDA) 4 tag
  - 4 évszak 2-hetes tesztidőszakaiból vett mintából számolunk

„Jelenlegi” B-mátrix 60 szinttel  
EDA B-mátrix 60 szinttel  
Leskálázott B-mátrix 90 szinttel





# Új megfigyelés típusok bevonása

## • GNSS ZTD

- Operatív alkalmazás 2018 óta
- Cseh, lengyel és magyar adatok (E-GVAP) felhasználása
- Nyáron pozitív hatás az előrejelzés első 12 órájában, télen neutrális

## • Radaradatok

- Kiemelt fejlesztési irány LACE-en belül
- OPERA HDF5 fájlok felhasználása
- Adat előfeldolgozás és homogenizáció

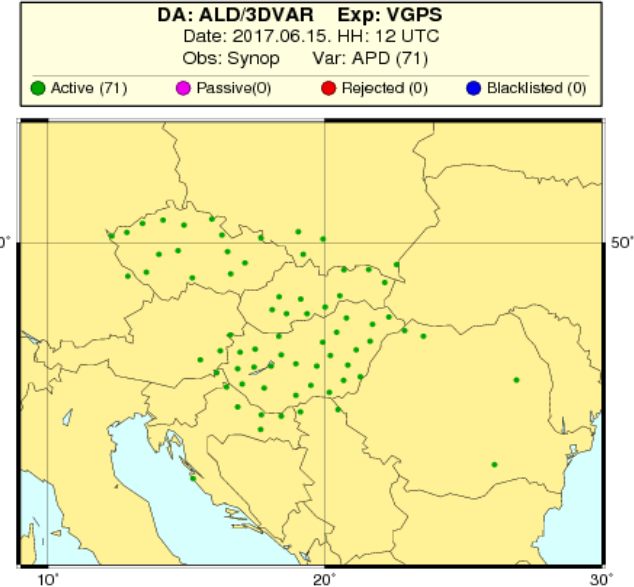
## • Mode-S

- Szlovén adatokat már használunk, cseheket tesztelünk
- Cél: magyar adatokkal bővíteni

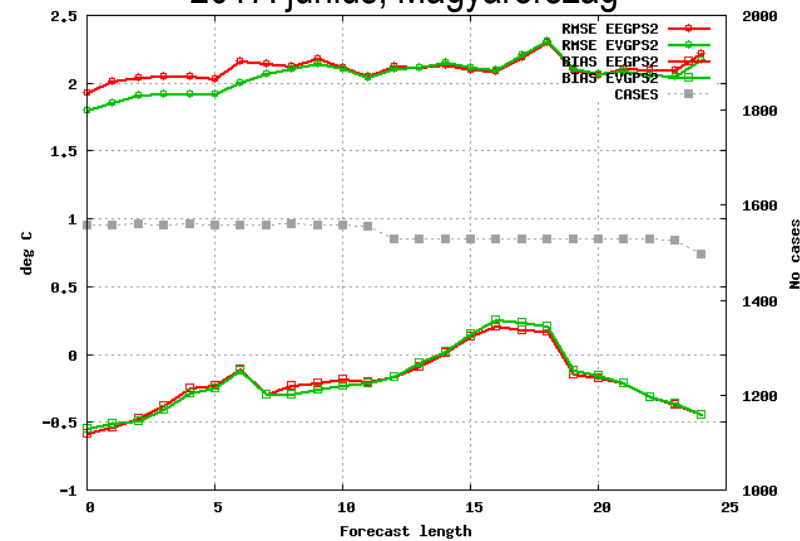
## • AMDAR

- Cél: minél több légitársaság, minél több nedvesség szenzor

## • MSG/GEOWIND AMV

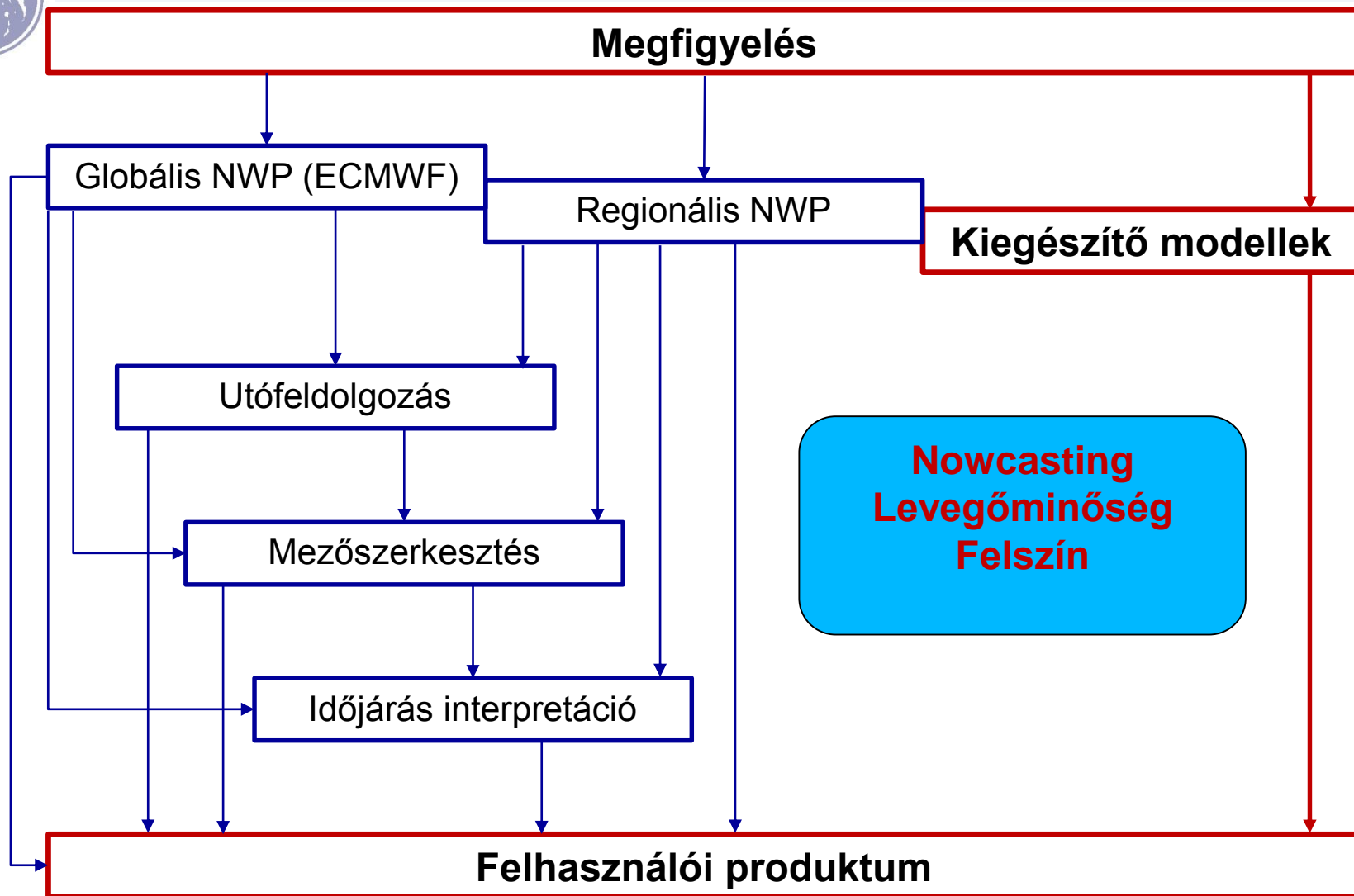


Harmatpont RMSE és bias [°C]  
2017. június, Magyarország





# Modellezés



## • Nowcasting - MEANDER

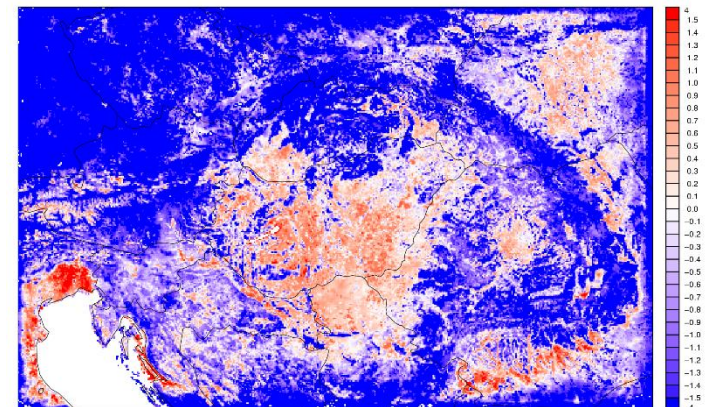
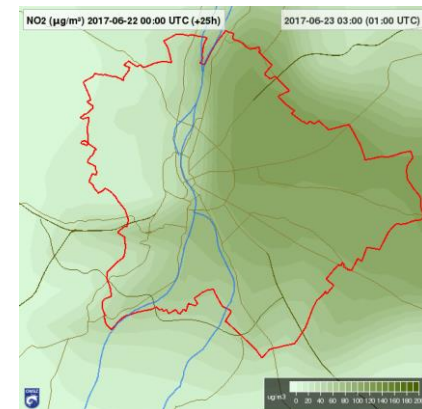
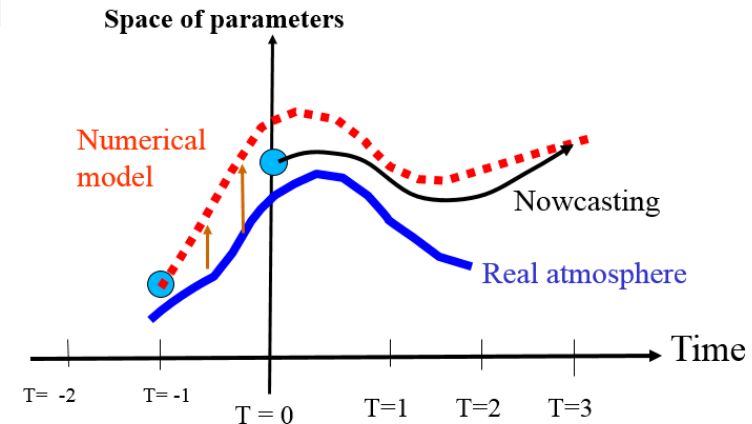
- ECMWF leskálázása WRF modellel
- Nowcasting analízis elkészítése radar adatok figyelembe vételével
- 3-órás lineáris előrejelzés futtatása 15 percenként

## • Levegőminőség - CHIMERE

- 3D-s euler-i modell
- Naponta fut az OMSZ-nál levegőminőség előrejelzés céljából
- LIFE projekt keretein belül 14 hazai nagyvárosra tervezzük futtatni

## • Felszín – SURFEX

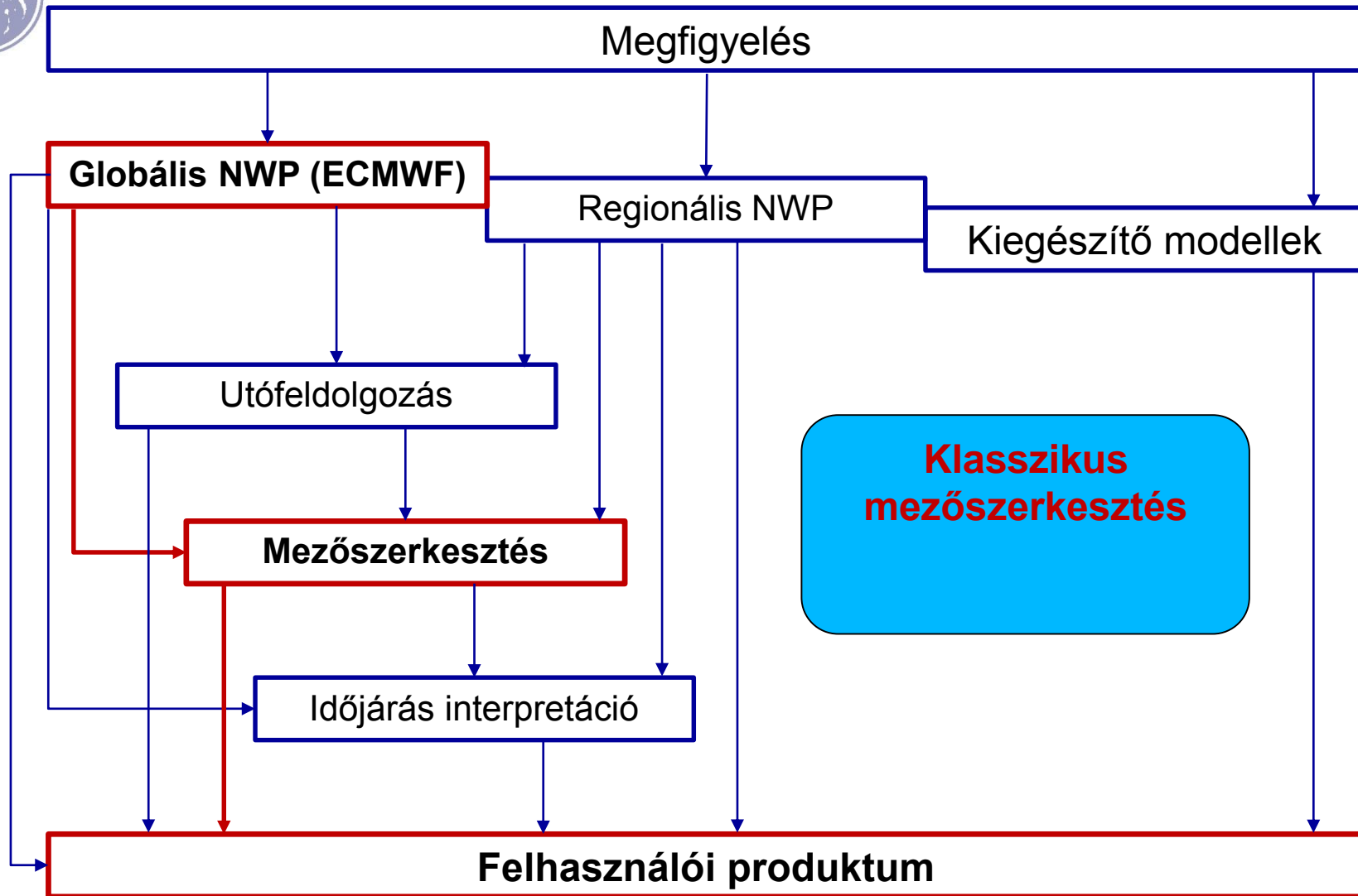
- Az AROME-hoz is csatolt modell off-line módon is futtatható
- Műholdas adatok (talajnedvesség, LAI) asszimilációja Kalman-filterrel







# Utófeldolgozás és mezőszerkesztés

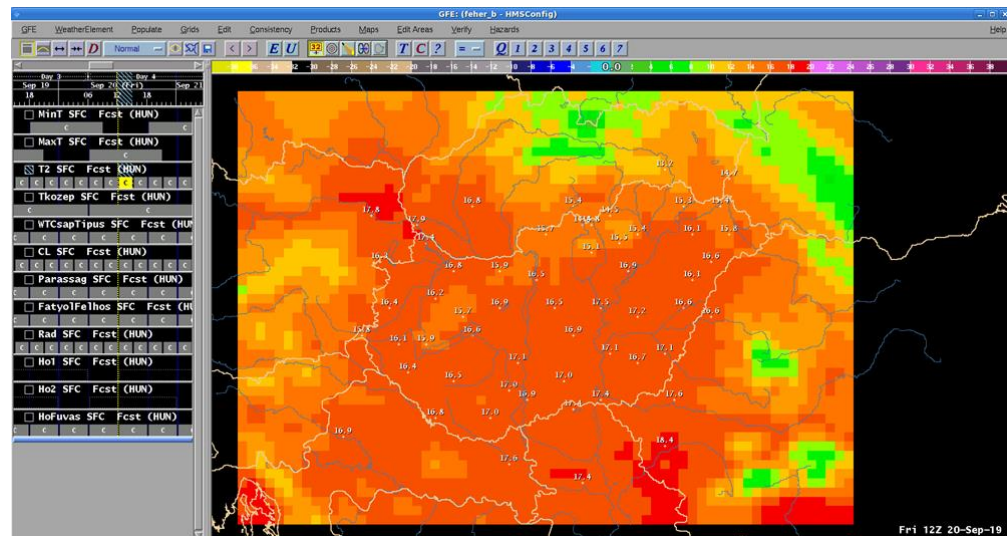


**Klasszikus  
mezőszerkesztés**



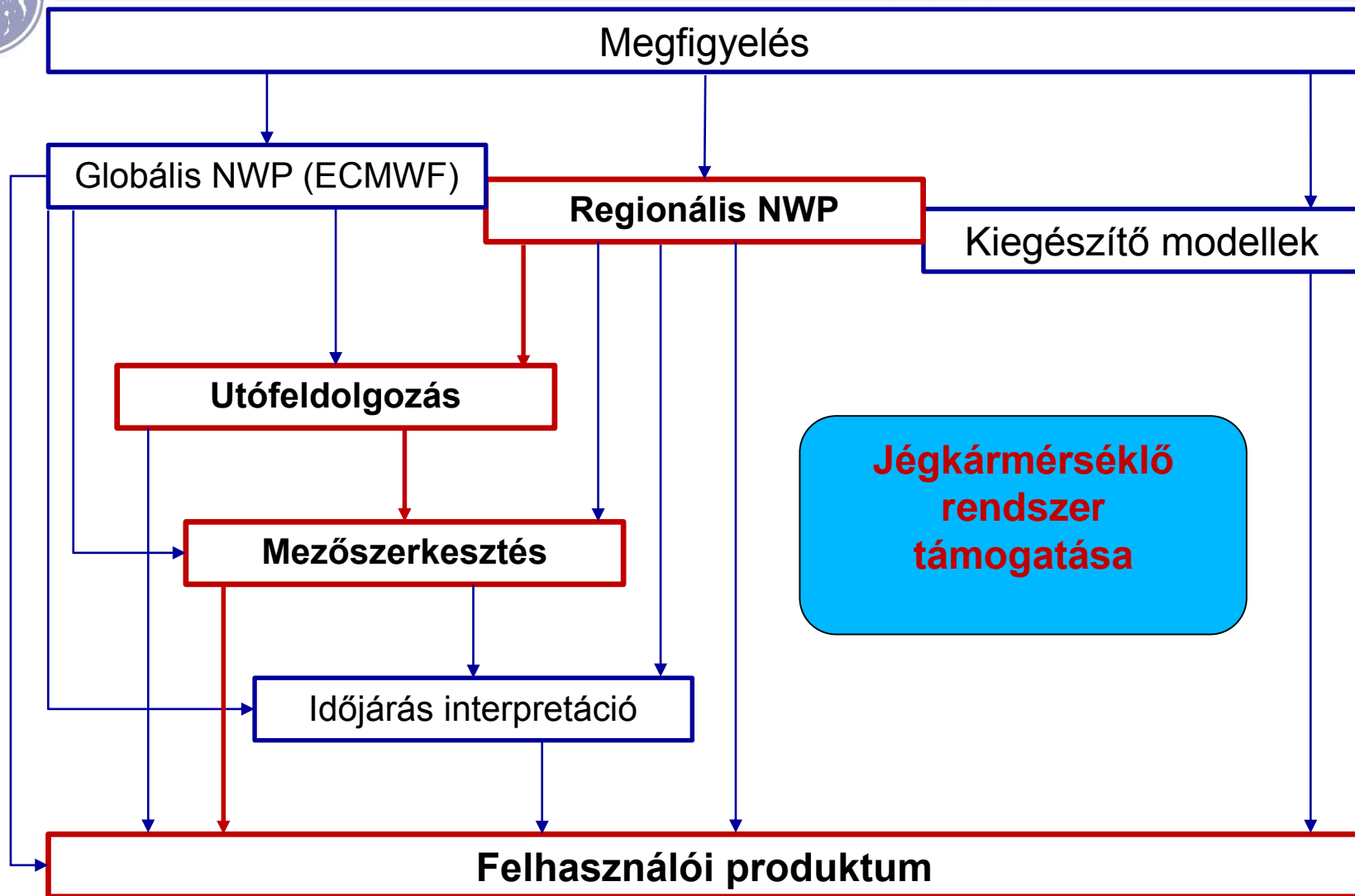
# Klasszikus mezőszerkesztés

- **Mezőszerkesztés:**
  - Naponta kétszer (LT 11, LT 23 körül), jellemzően modell változók pontosítására
  - **FOCUS adatbázisba** kerül – számos szolgáltatás alapja
- **Szerkesztett mezők:**
  - **Tmin, Tmax** (ezeken keresztül összes 2mT mező módosul)
  - **Csapadéktípus:** eső, zivatar, szitálás, ónos szitálás, ónos eső, hószállingózás, havazás, havas eső
  - **Felhőzet** (ezen keresztül módosul a globálsugárzás)
  - **Párasság, köd**
  - **Hóvastagság:** friss hóréteg 48 órára előre
  - **Hófúvás**





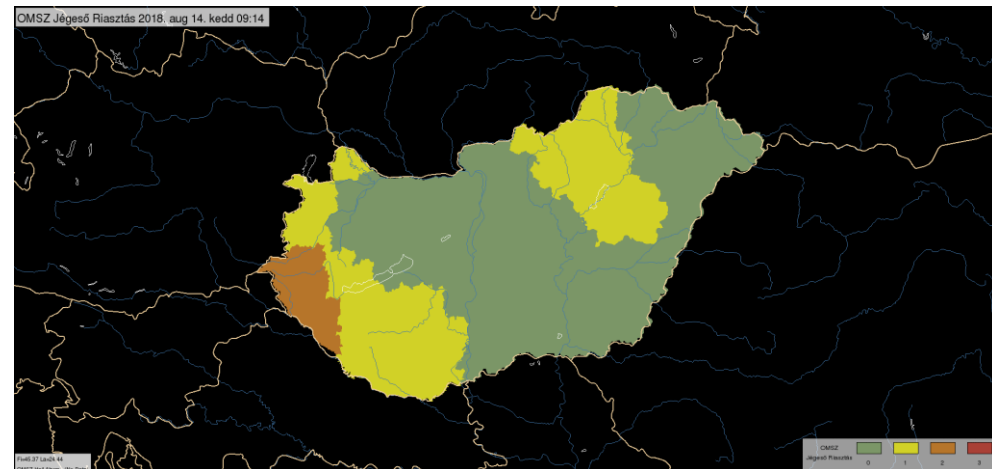
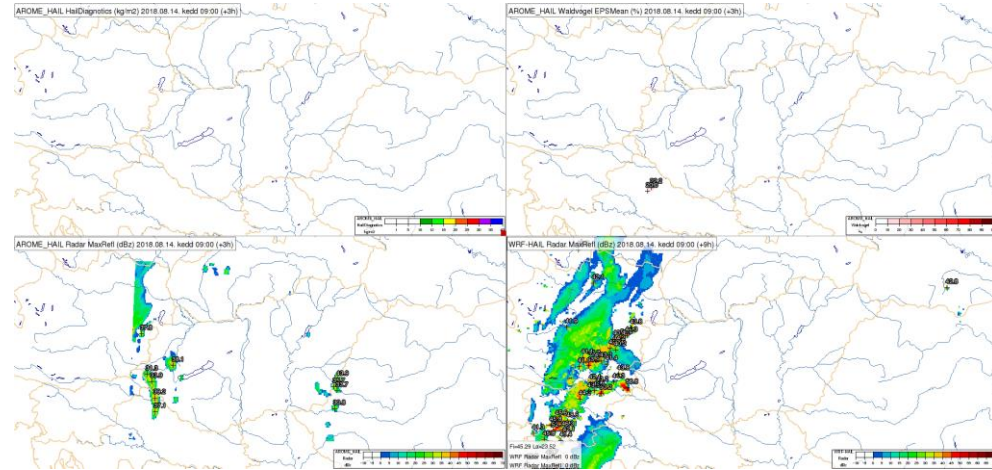
# Utófeldolgozás és mezőszerkesztés





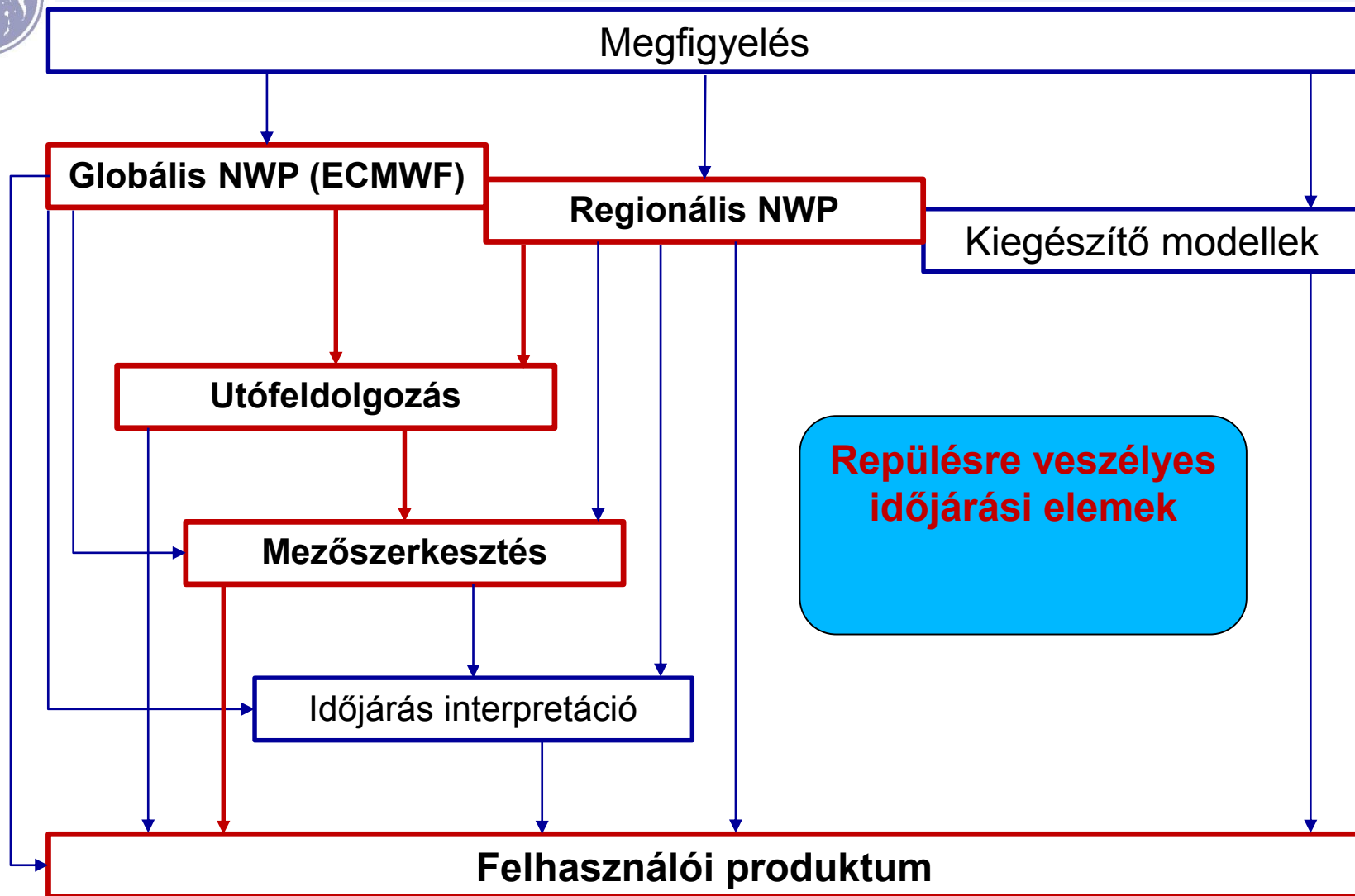
# Jégekármérséklő rendszer támogatása

- **Nyers modell előrejelzések**
- **Utófeldolgozás**
  - Jegesedés feltételeinek vizsgálata
    - Futásonként és rácspontonként
  - Jégvalószínűség becslése
    - Több futásból járásra
  - Kategóriákba történő besorolás
- **Mezőszerkesztés**
  - A járási riasztási térképre történik





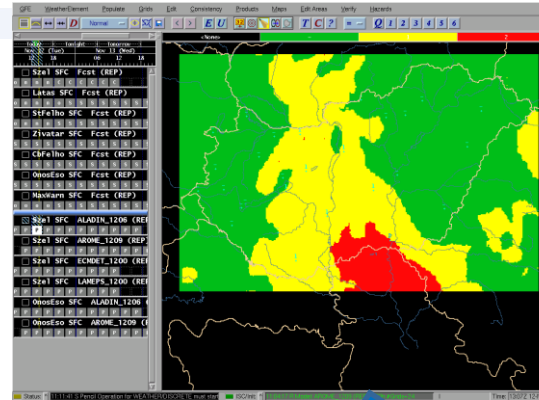
# Utófeldolgozás és mezőszerkesztés



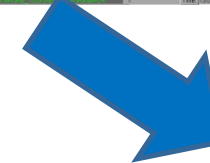


# Repülésre veszélyes időjárás – áttekintő térkép

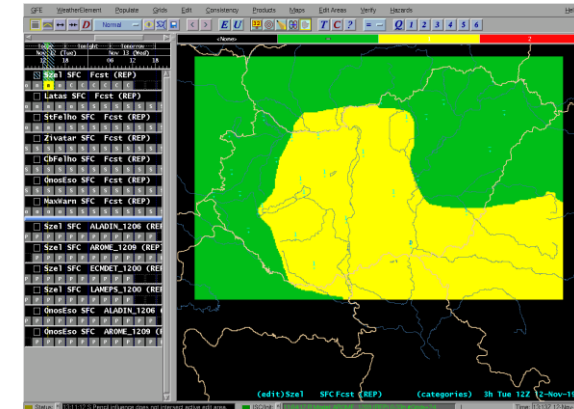
- **Választható modell háttér**
  - PI. ECMWF vagy ALADIN vagy AROME
- **Utófeldolgozás**
  - Esetenként statisztikus utófeldolgozás
    - PI. ónos eső számításánál
  - Kategóriás előrejelzés származtatása
- **Mezőszerkesztés**
  - Kategóriás térképre történik elemenként
- **Produktum generálás**
  - Összesített veszélyjelzési áttekintő térkép
  - aviation.met.hu



Modell által felajánlott kategóriás szélelőrejelzés



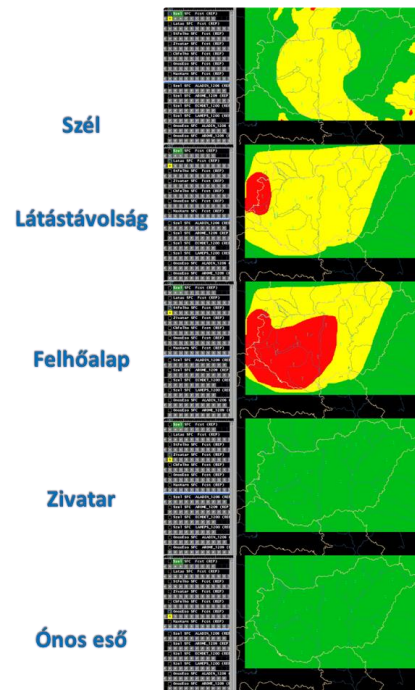
Előrejelző szakember által készített előrejelzés



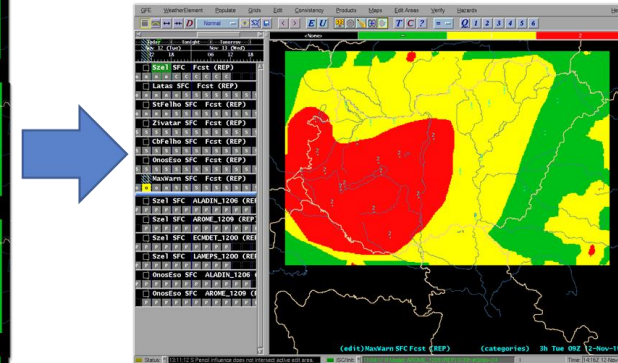


# Repülésre veszélyes időjárás – áttekintő térkép

- **Választható modell háttér**
  - PI. ECMWF vagy ALADIN vagy AROME
- **Utófeldolgozás**
  - Esetenként statisztikus utófeldolgozás
    - PI. ónos eső számításánál
  - Kategóriás előrejelzés származtatása
- **Mezőszerkesztés**
  - Kategóriás térképre történik elemenként
- **Produktum generálás**
  - Összesített veszélyjelzési áttekintő térkép
  - aviation.met.hu



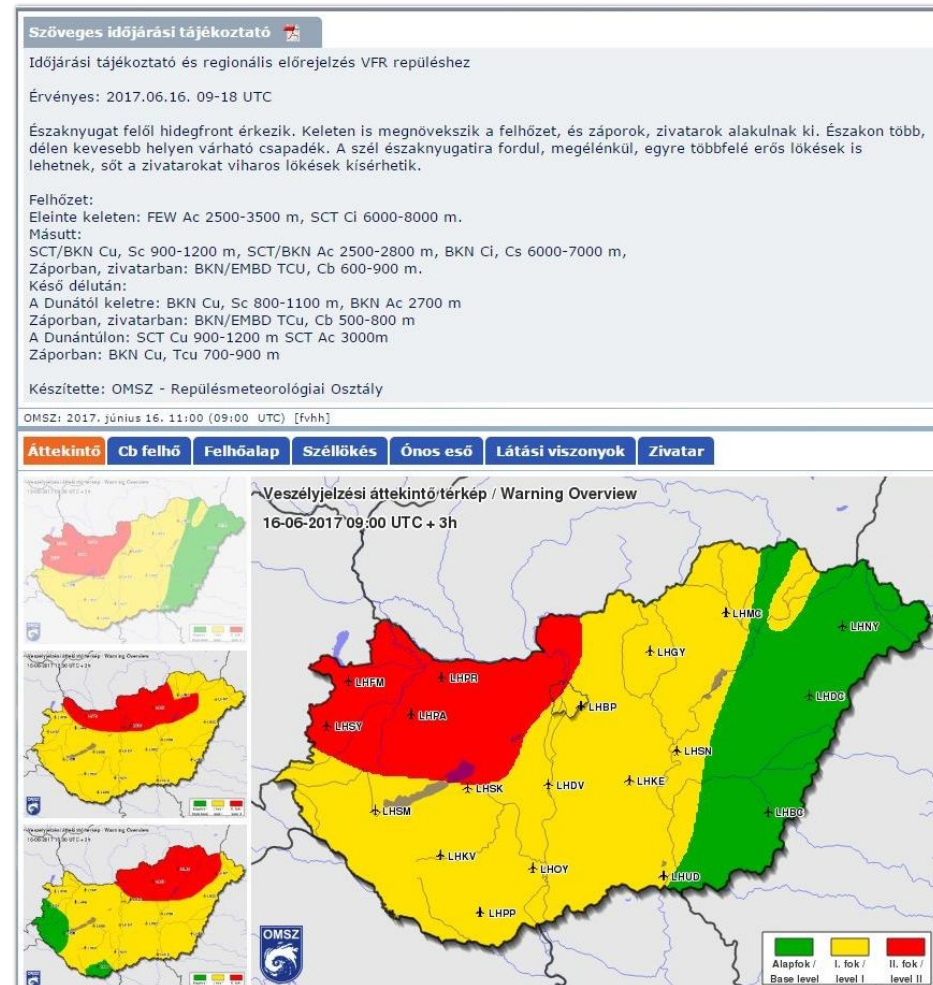
A repülésre veszélyes időjárás áttekintő térképe





# Repülésre veszélyes időjárás – áttekintő térkép

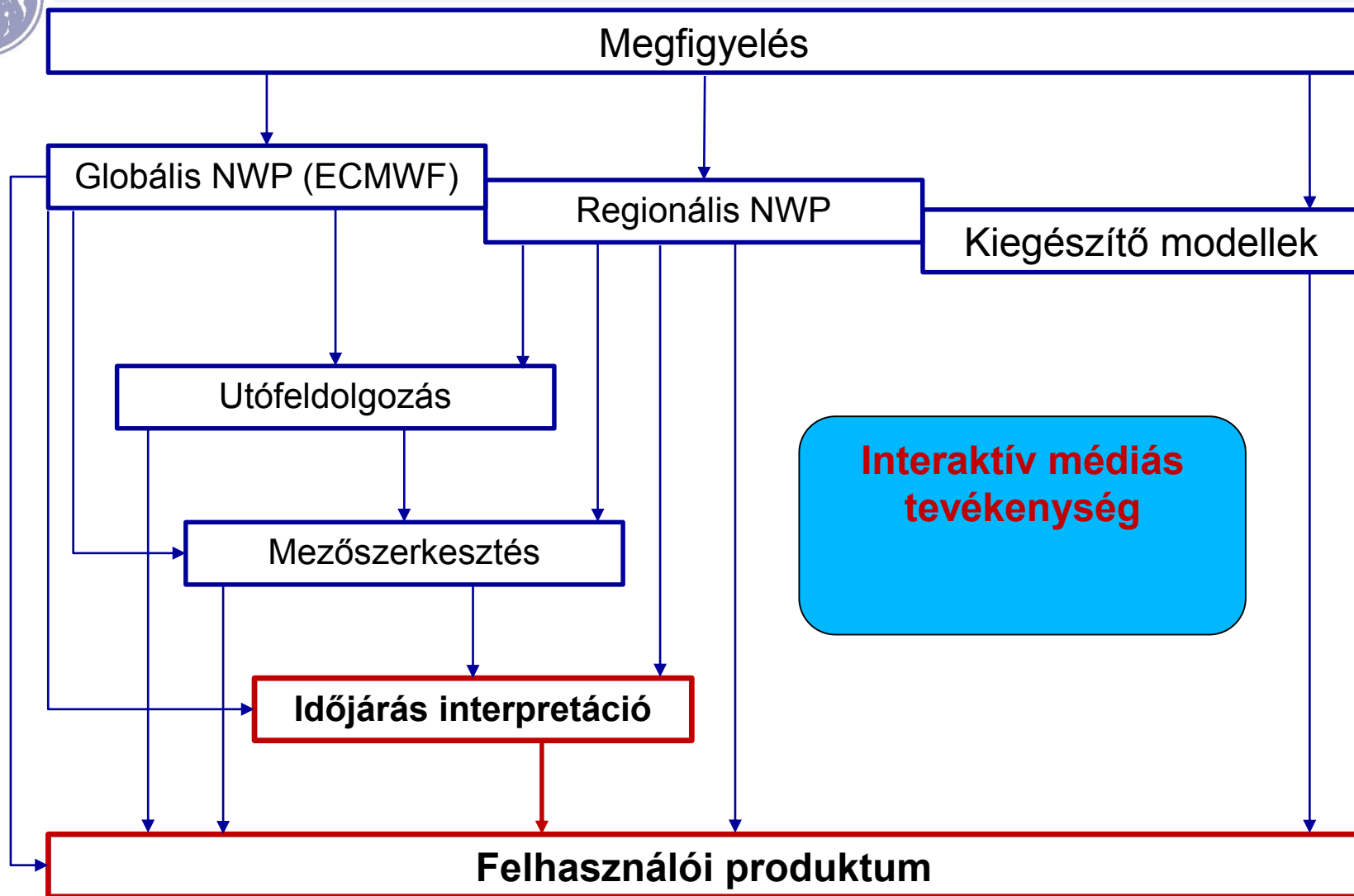
- **Választható modell háttér**
  - PI. ECMWF vagy ALADIN vagy AROME
- **Utófeldolgozás**
  - Esetenként statisztikus utófeldolgozás
    - PI. ónos eső számításánál
  - Kategóriás előrejelzés származtatása
- **Mezőszerkesztés**
  - Kategóriás térképre történik elemenként
- **Produktum generálás**
  - Összesített veszélyjelzési áttekintő térkép
  - aviation.met.hu







# Időjárás interpretáció

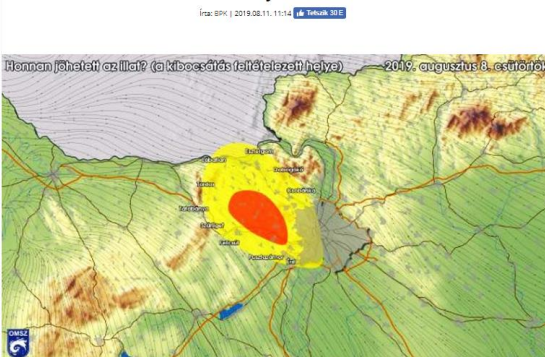


- Tájékoztatás tevékenység 3 fő iránya:
  - Tartalmilag-formailag megújult, de „hagyományos” tájékoztatás, klasszikus időjárás-jelentés
  - ismeretterjesztő anyagok közérthető nyelvezettel, szemléletesen
  - bulvárosabb, könnyedebb, de felkapott témák

Előrejelzett maximumhőmérséklet (°C) és időkép 2019. május 18. szombat

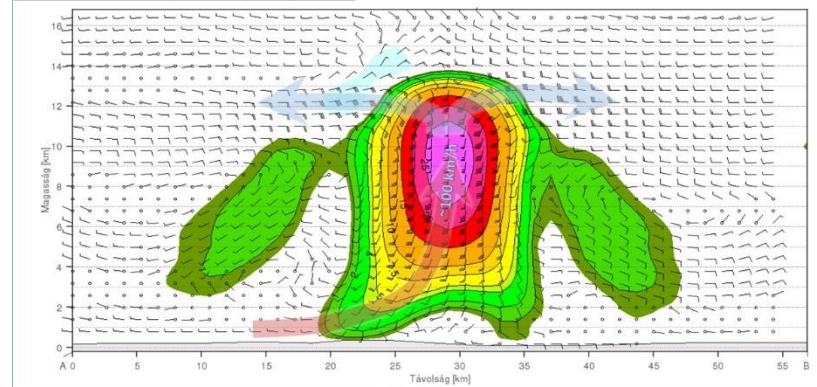


Kiszámolták honnét jött a Szélszág Budapestre és környékére



Már a Pest Megyei Kormányhivatal is vizsgálatot folytat a Budapestet és környékét betérítő bűz miatt. Zsámbékra és Pátyra még szombat este is trágyaszagot vitt a szél. Korábban erős bűzre panaszkodtak, Budaörsön, Telkiben, Törökbálinton, Pilisvörösváron, a fővárosban, sőt még Dunaharaszton és Szentendrén is sokan érezték a szagot.

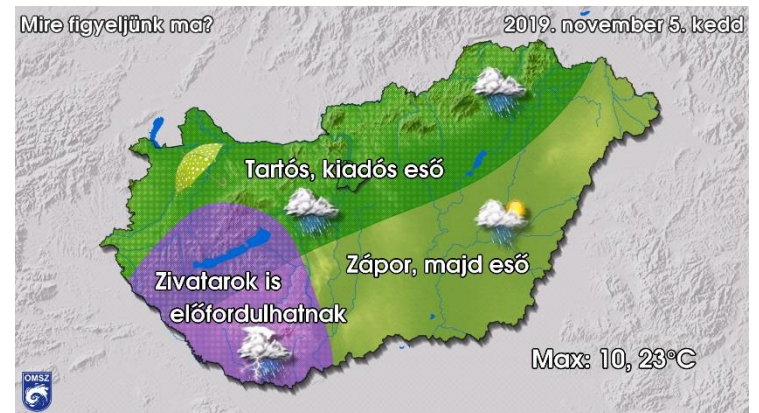
AROME VertVelocity (m/s) 2019. jún. 16. vasárnap 12:00 (+30h)  
AROME Wind-VSC (uv, w) (m/s) 2019. jún. 16. vasárnap 12:00 (+30h)



- Tájékoztató szemlélet újragondolása:
  - Kötetlen tartalom
  - Egyszerűség, közérthetőség
  - Valószínűségi szemléletmód
  - Saját vizualizációs rendszerünk (HAWK) képességeinek kiaknázása
  - Közösségi média használata
    - YouTube csatorna
    - Facebook megosztások



(Legalább) naponta készülő időjárás-jelentés  
YouTube videón, Facebookon megosztva

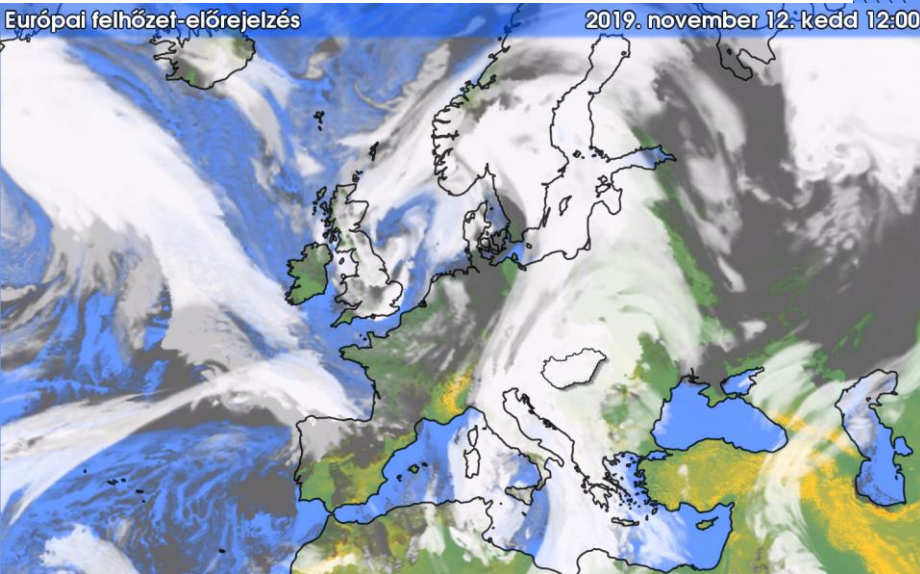


Mire figyeljünk ma?

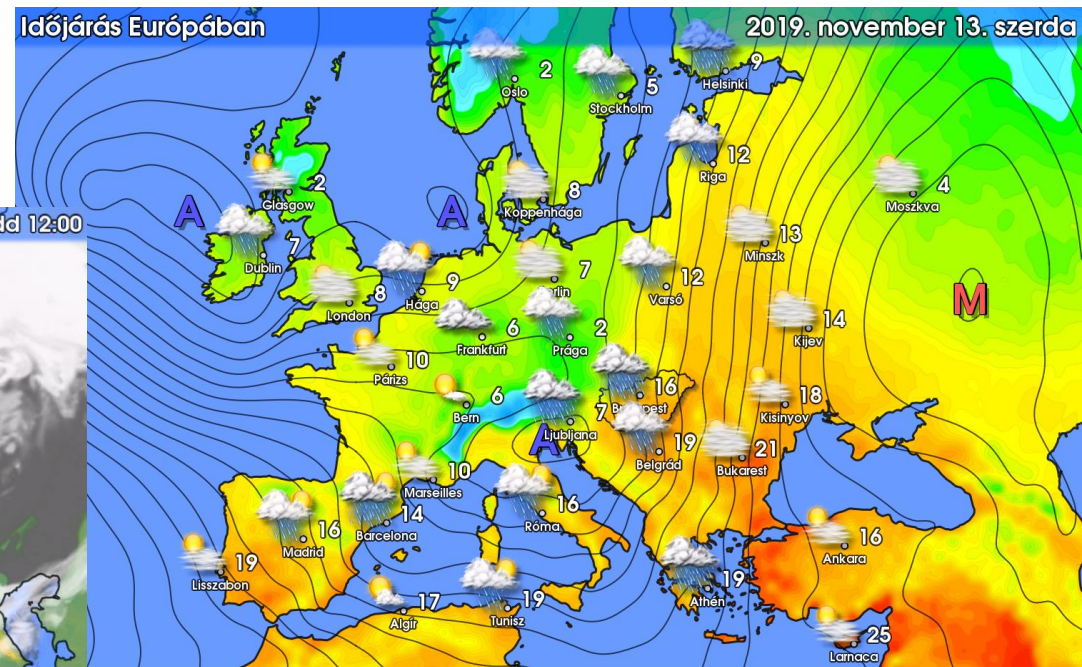


# Interaktív médiás tevékenység

- HAWK3 képességeire épülő képi megjelenítés, Európa



Műholdkép-szimuláció

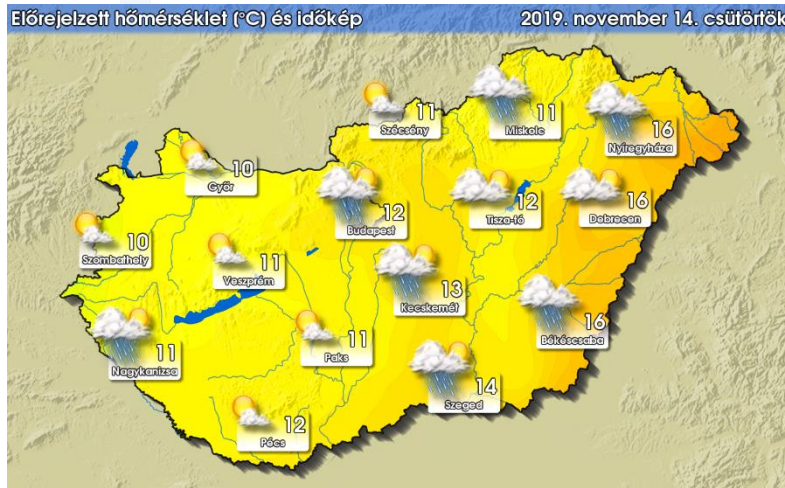


Hőmérséklet + piktogramos időkép előrejelzés



# Interaktív médiás tevékenység

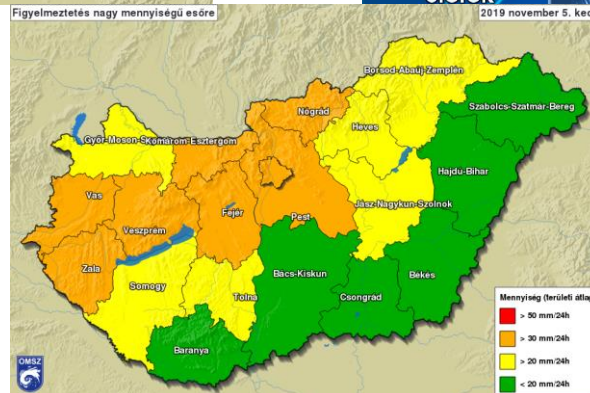
- HAWK3 képességeire épülő képi megjelenítés, Magyarország



Piktogramos napi/napszakos előrejelzés



Pontszerű előrejelzés

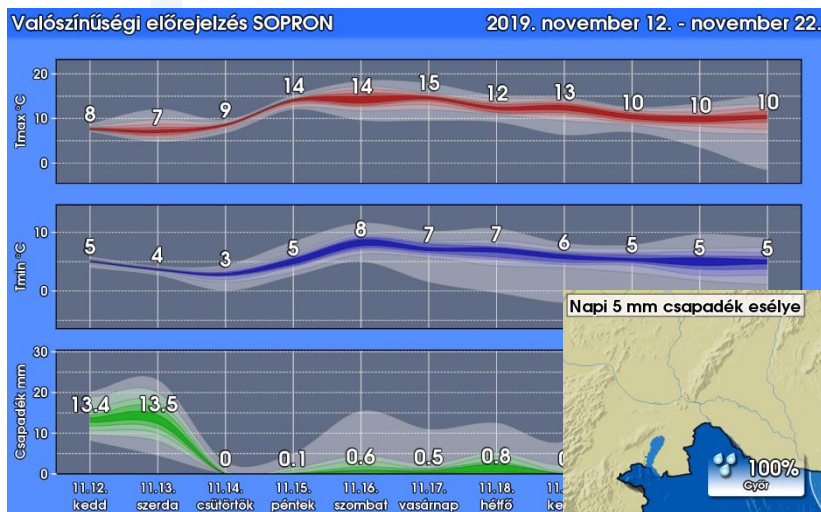


Veszélyjelzés

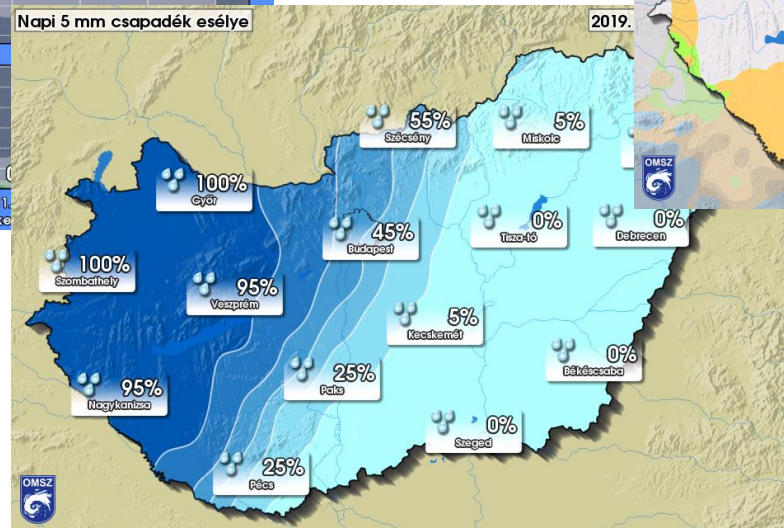


# Interaktív médiás tevékenység

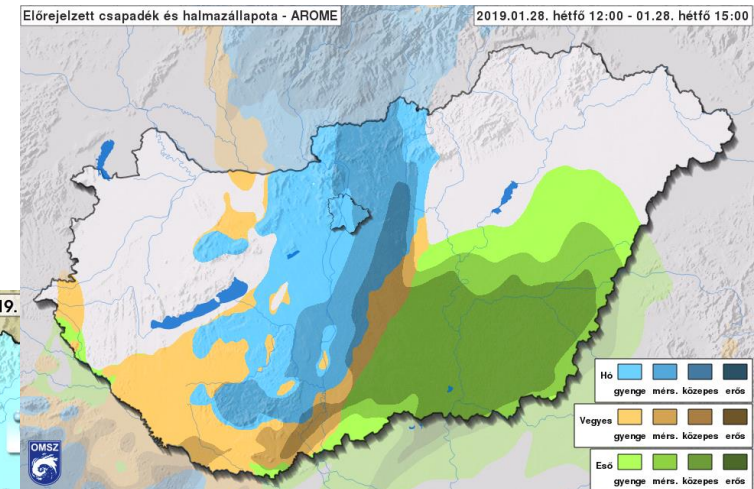
- Valószínűségi szemléletmód szerinti megjelenítés



Fáklya-diagram



Valószínűségi térkép



Valószínűségeen alapuló halmazállapot-előrejelzés



Köszönöm a figyelmet!



*Alapítva: 1870*