

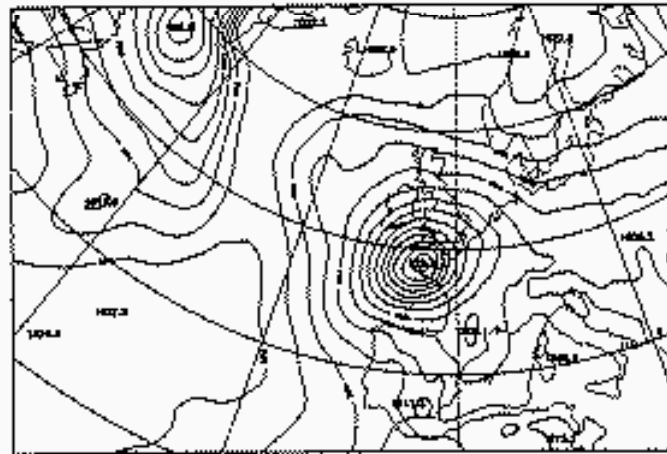
# Megfigyelések és mérések felhasználása a numerikus előrejelzésekben



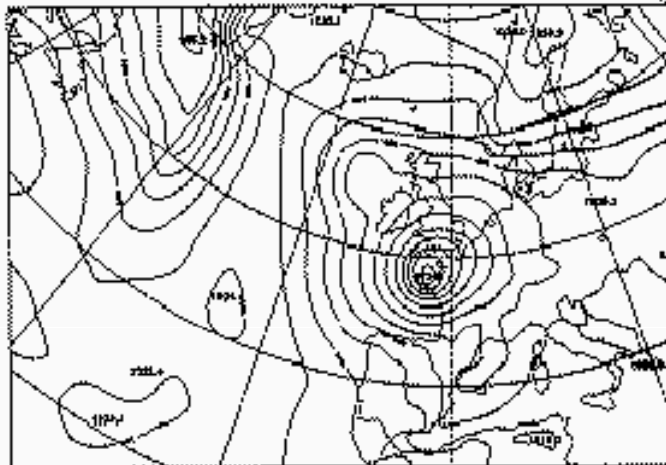
Bölöni Gergely, Mile Máté, Roger Randriamampianina,  
Steib Roland, Tóth Helga, Horváth Ákos, Nagy Attila

Verifikációs analízis

Msl Par2 13/9/93 0h ancan

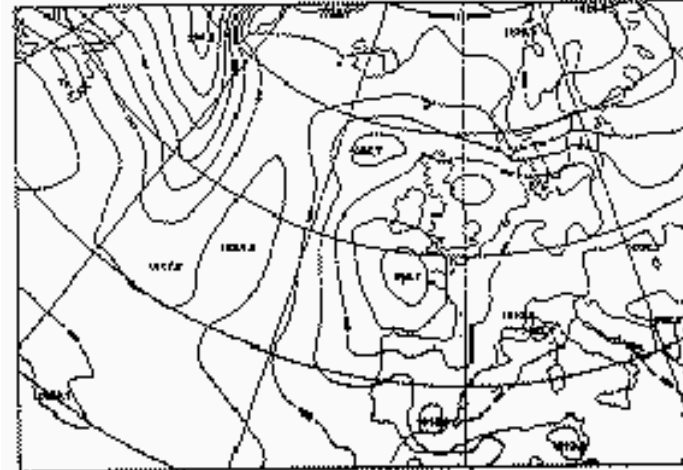


Msl Par2 10/9/93 0h fc t+72 VT:13/9/1993 0h h0j



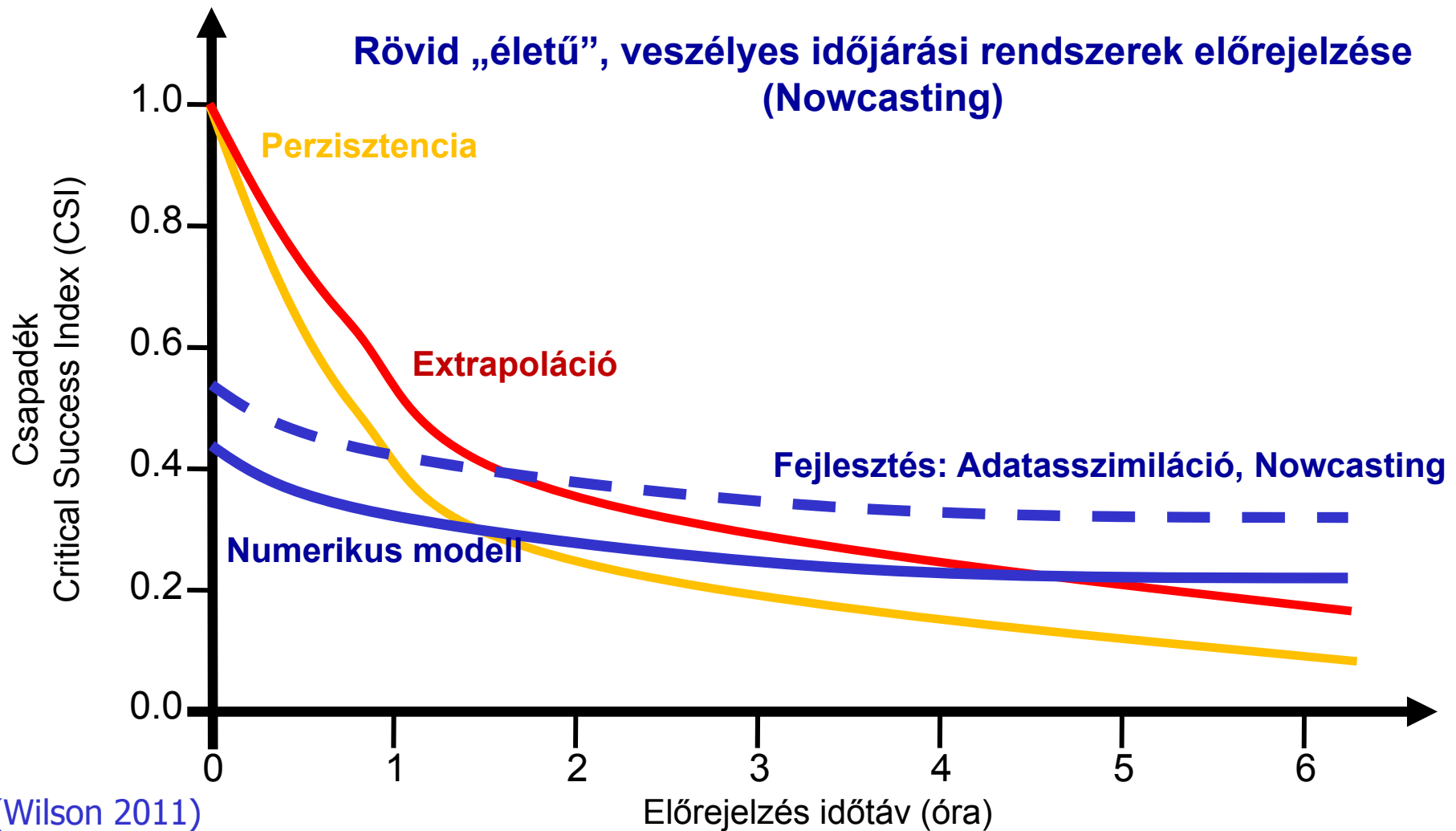
Előrejelzés „jó” kezdeti feltételből

Msl Par2 10/9/93 0h fc t+72 VT:13/9/93 0h can

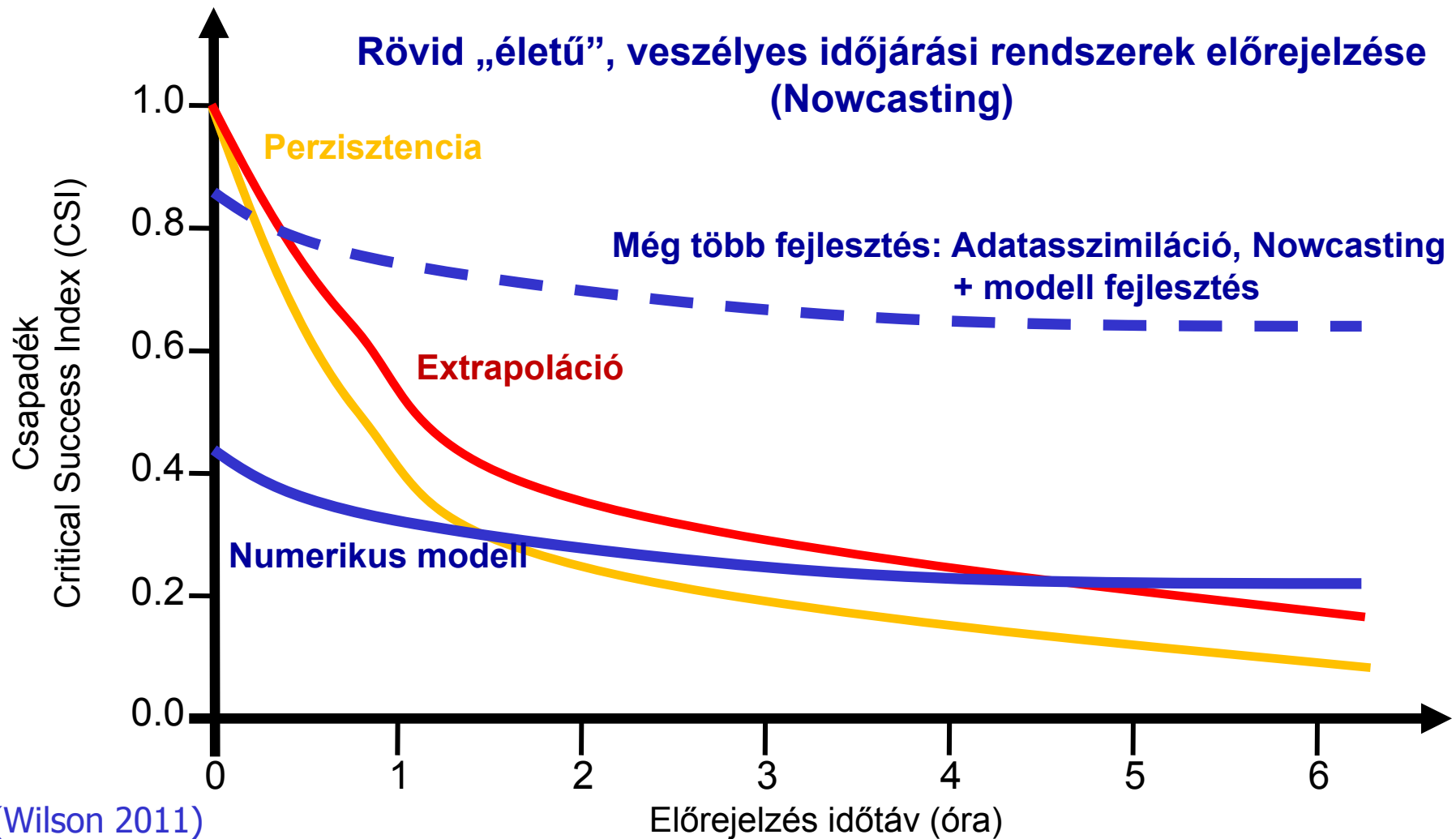


Előrejelzés „rossz” kezdeti feltételből

# Motiváció



# Motiváció



# Tartalom

## 1. Rész: Adatasszimiláció

**Cél:** pontos rövidtávú numerikus előrejelzések, fizikailag konzisztens meteorológiai mezők

**Módszertan:** matematika, statisztika, optimális becslés, variációs analízis

**Felhasználás:** ALADIN és AROME modellek

## 2. Rész: Nowcasting (Nagy Attila)

**Cél:** egyedi időjárási objektumok figyelembevétele, időbeli fejlődésének leírása ultra-rövid távon

**Módszertan:** Nudging, konceptuális modellezés

**Felhasználás:** WRF modell

# Adatasszimiláció

Adatasszimiláció: kezdeti feltételek előállítása

megfigyelések ( $\mathbf{y}$ )

guess ( $\mathbf{x}_b$ )

adatasszimiláció

analízis ( $\mathbf{x}_a$ )

Variációs asszimiláció (3DVAR):

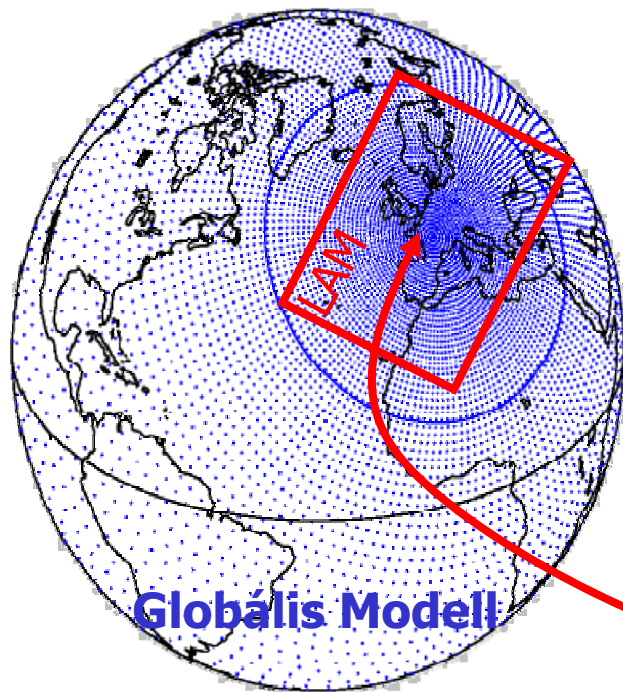
$$\mathbf{J}(\mathbf{x}) = \frac{1}{2}(\mathbf{x} - \mathbf{x}_b)^T \mathbf{B}^{-1}(\mathbf{x} - \mathbf{x}_b) + \frac{1}{2}(\mathbf{y} - \mathbf{H}(\mathbf{x}))^T \mathbf{R}^{-1}(\mathbf{y} - \mathbf{H}(\mathbf{x}))$$

$$\mathbf{J}_{\min}(\mathbf{x}) \rightarrow \mathbf{x}_a$$

(Lorenc, 1986, Kalnay, 2003)

# Adatasszimiláció

## Korlátos tartományú modell (LAM)



Globális modell „hajtja” meg:

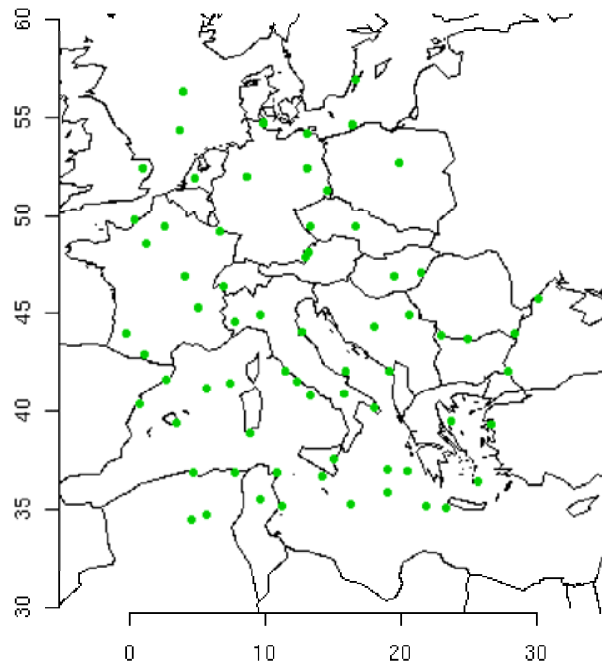
- oldalsó peremfeltételek
- kezdeti feltételek (interpoláció)
- **vagy lokális adatasszimiláció**



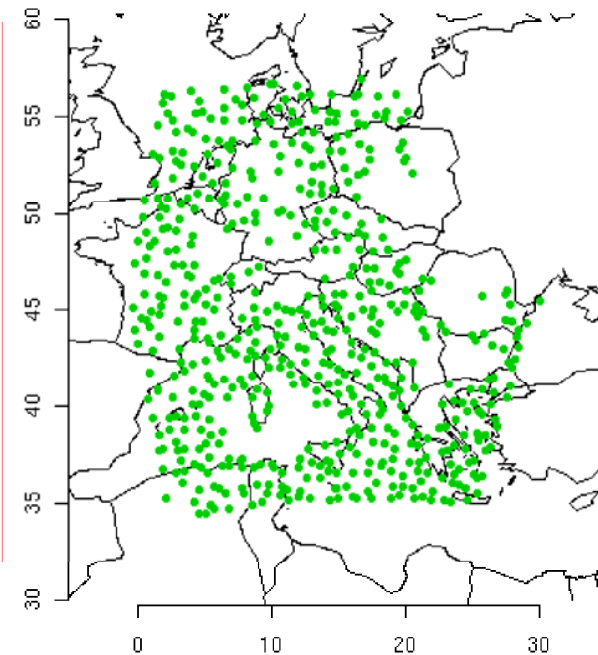
# Adatasszimiláció

Globális modell interpolációja ↔ Lokális adatasszimiláció

Műholdas megfigyelések globális modellben



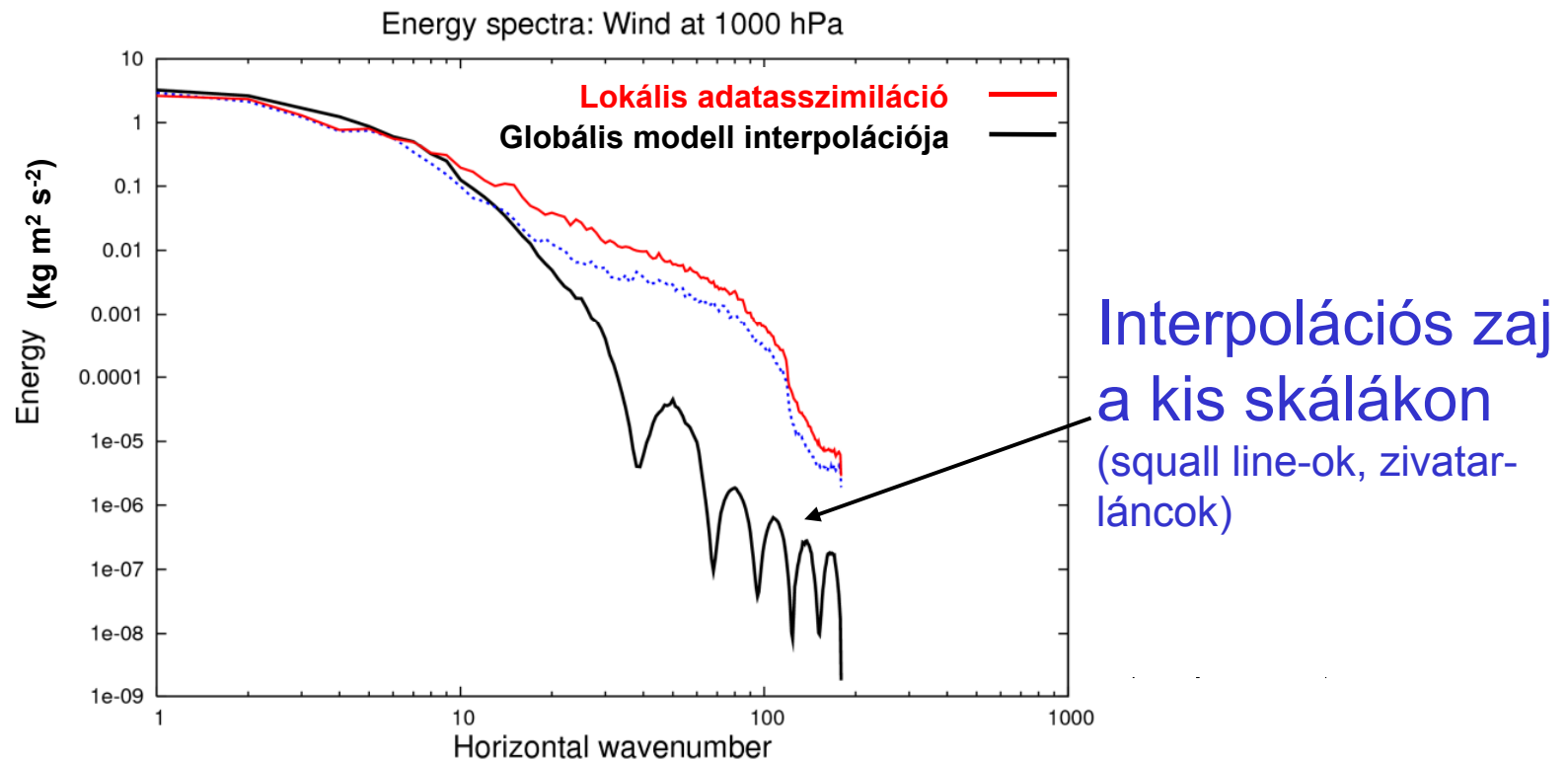
Műholdas megfigyelések a lokális modellben





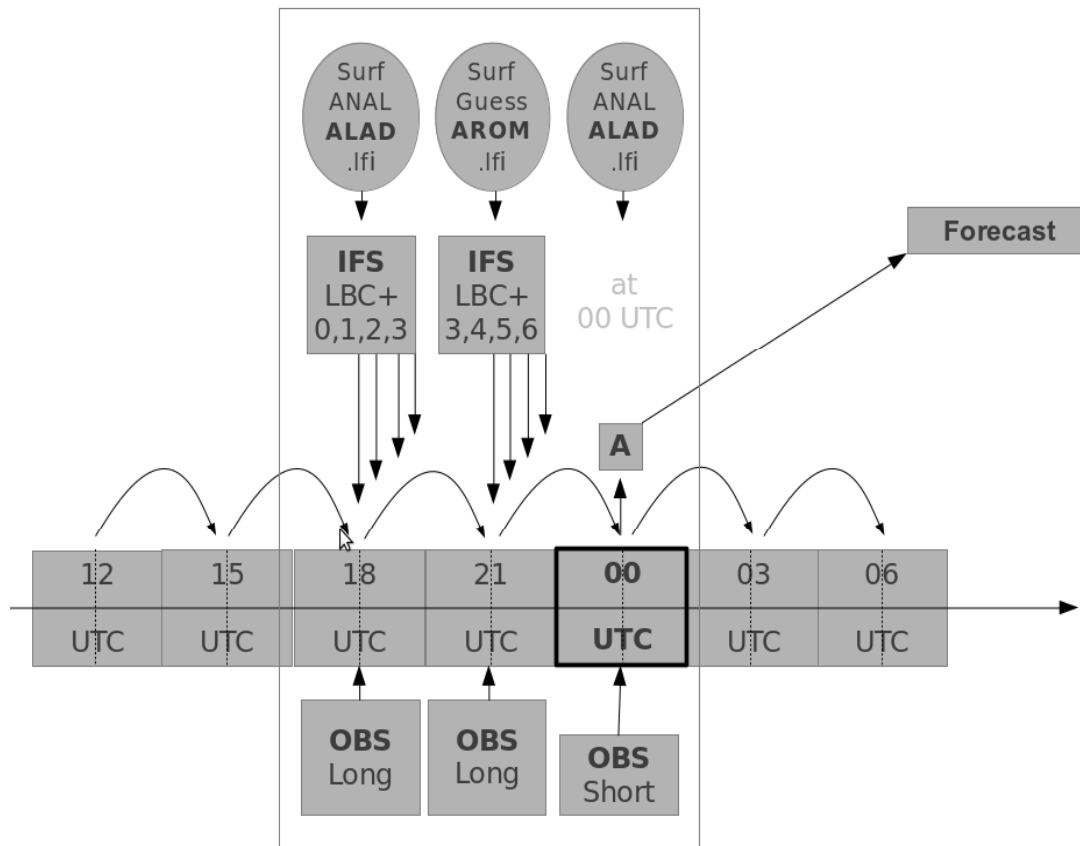
# Adatasszimiláció

Globális modell interpolációja ↔ Lokális adatasszimiláció



# Adatasszimiláció

## Lokális 3DVAR rendszerek az OMSZ-ban

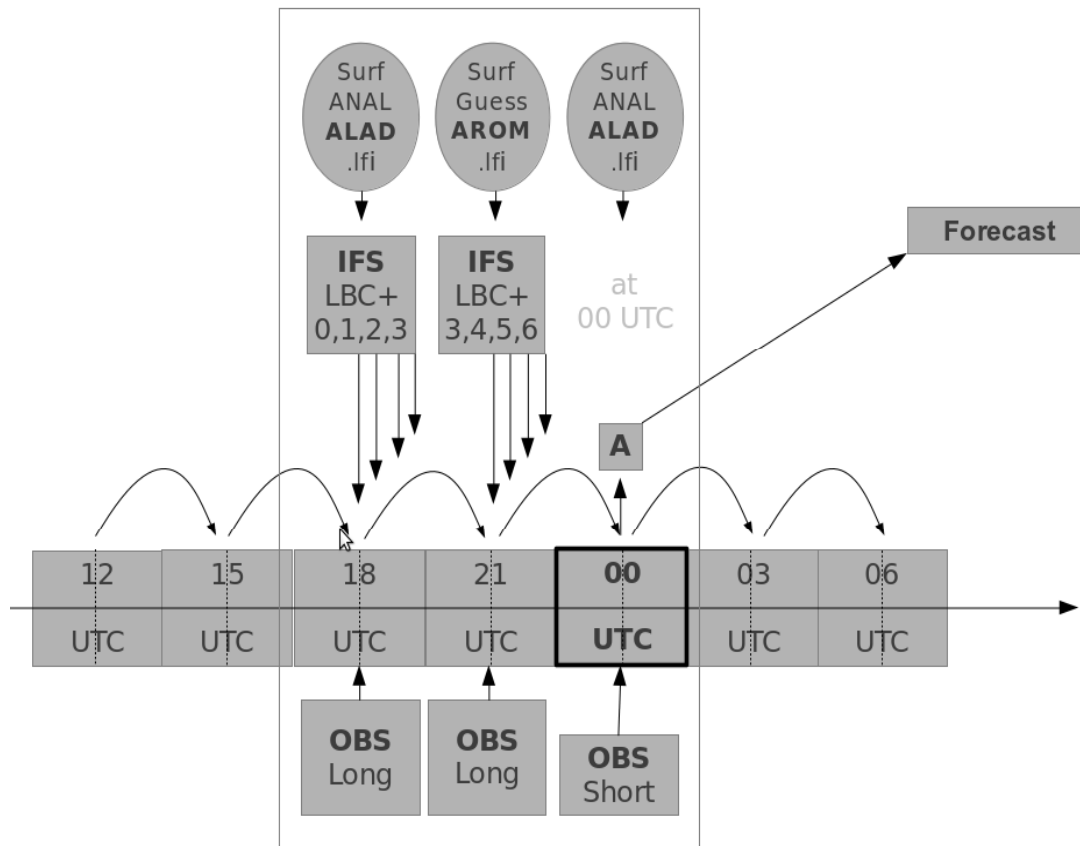


<b>SYNOP &amp; SHIP</b>	<b><math>P_s, T, RH, u, v</math></b>
<b>AMDAR</b>	<b><math>u, v, T</math></b>
<b>TEMP</b>	<b><math>u, v, T, q</math></b>
<b>Wind Profiler</b>	<b><math>u, v</math></b>
<b>MSG3/SATOB</b>	<b><math>u, v</math></b>
<b>ATOVS/AMSU-A (NOAA15-18)</b>	<b><math>T_b</math></b>
<b>ATOVS/AMSU-B (NOAA17)</b>	<b><math>T_b</math></b>
<b>ATOVS/MHS (NOAA18)</b>	<b><math>T_b</math></b>
<b>ATOVS/HIRS (NOAA15-18)</b>	<b><math>T_b</math></b>
<b>MSG3/SEVIRI</b>	<b><math>T_b</math></b>

# Adatasszimiláció

## Lokális 3DVAR rendszerek az OMSZ-ban

AROME



<b>SYNOP &amp; SHIP</b>	<b>P<sub>s</sub>, T, RH, u, v</b>
<b>AMDAR</b>	<b>u, v, T</b>
<b>TEMP</b>	<b>u, v, T, q</b>

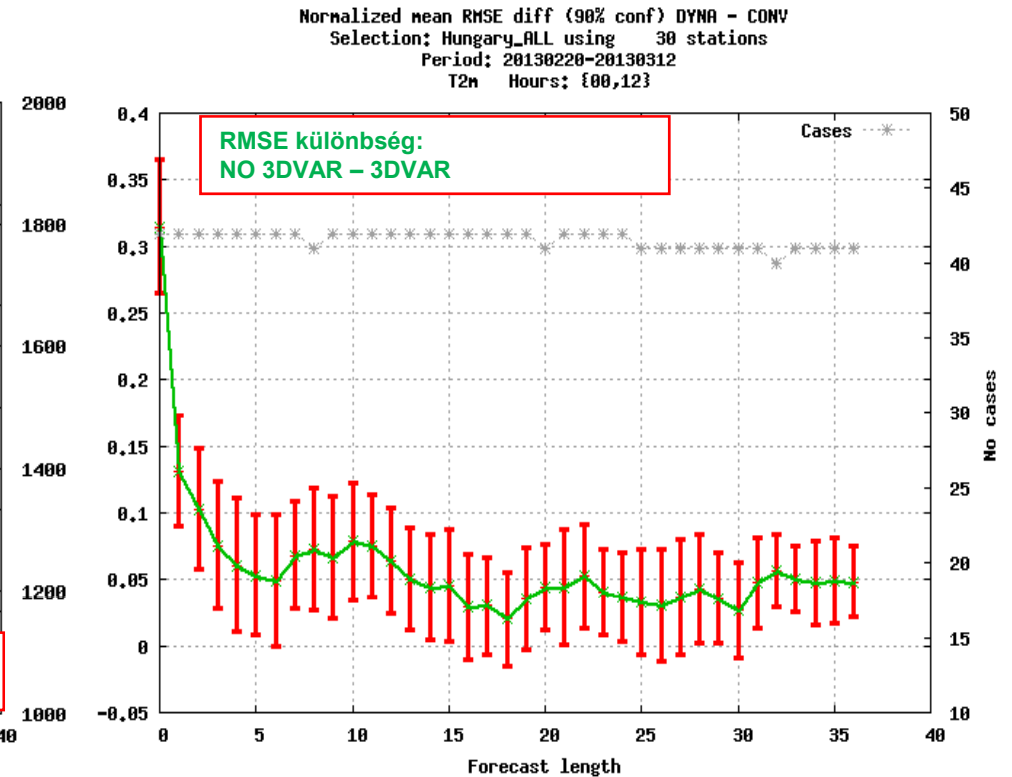
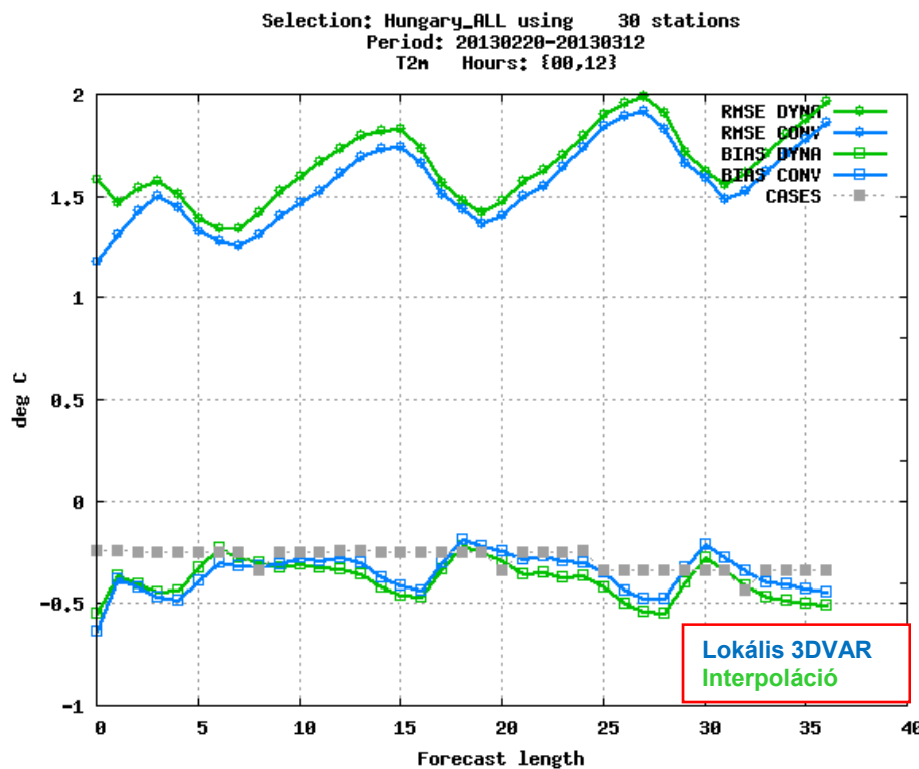
+ időben sűrűbb  
asszimiláció (3h Rapid  
Update Cycle)

+ ~~RADAR: u,v, dBZ~~

# Adatasszimiláció

## A lokális AROME 3DVAR hatása

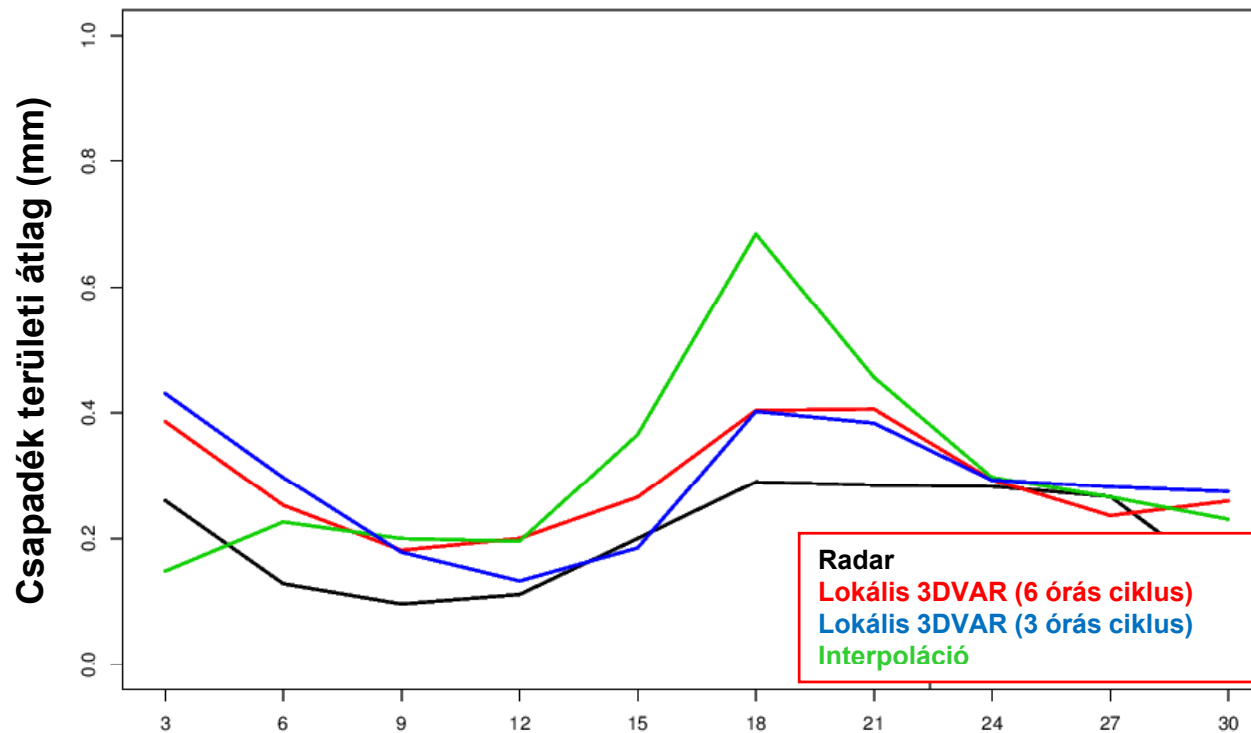
Pozitív hatás a *2 méteres hőmérséklet* előrejelzésben



# Adatasszimiláció

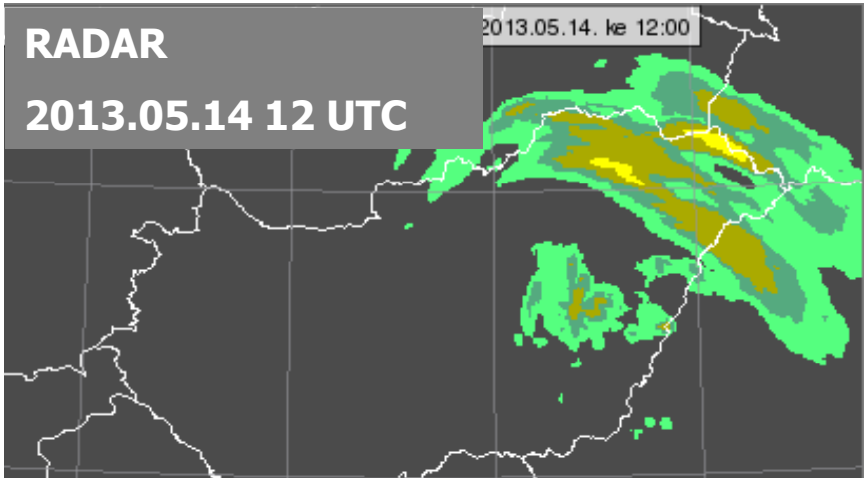
A lokális AROME 3DVAR hatása

Pozitív hatás a *csapadék* előrejelzésben

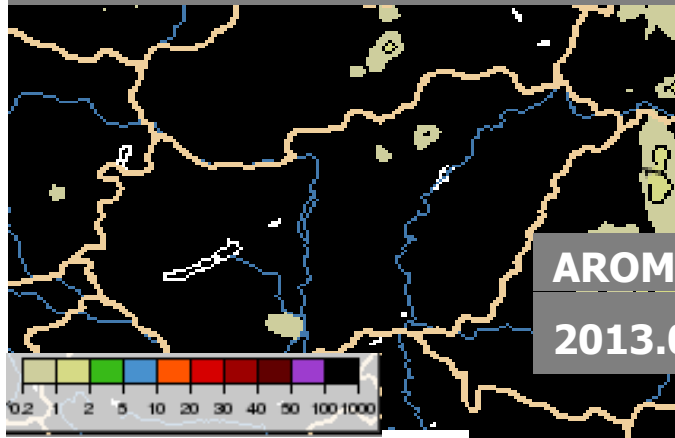


**RADAR**  
**2013.05.14 12 UTC**

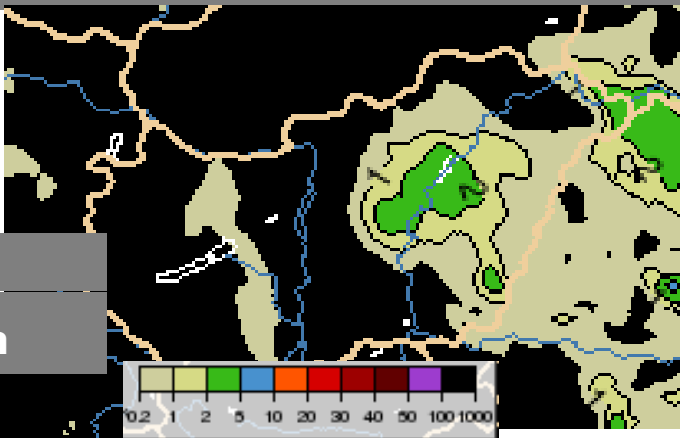
2013.05.14. ke 12:00



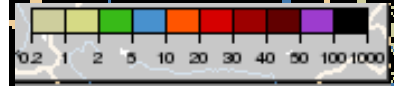
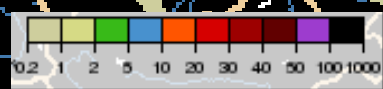
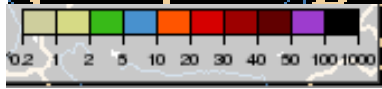
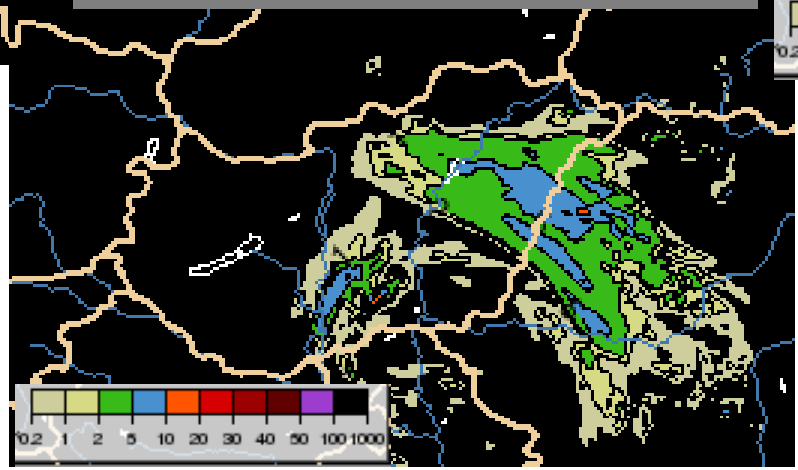
**ALADIN**  
**2013.05.13 00 UTC +36 óra**



**ALADIN Lokális 3DVAR**  
**2013.05.13 00 UTC +36 óra**



**AROME Lokális 3DVAR**  
**2013.05.13 00 UTC +36 óra**

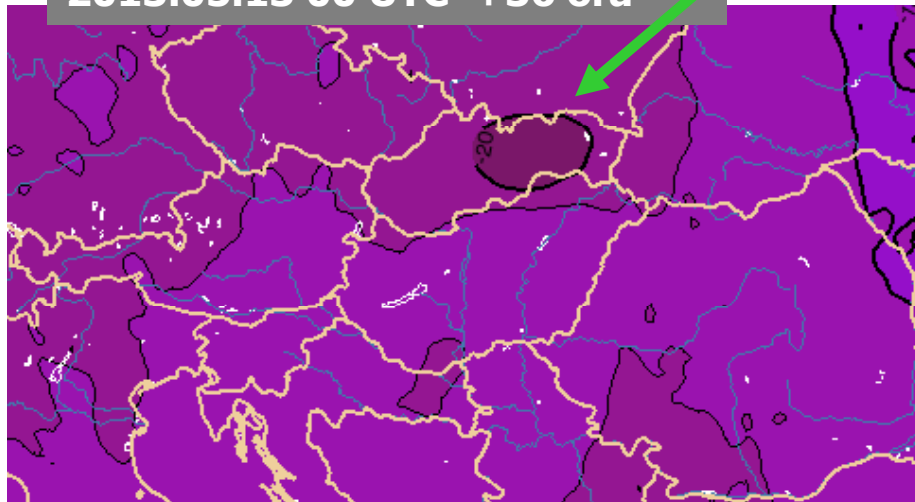


**A csapadék előrejelzés sikere a magassági „Hidegcsepp”  
helyének előrejelzésén múlt.**

**500 hPa-os  
hőmérséklet**

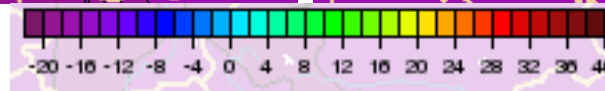
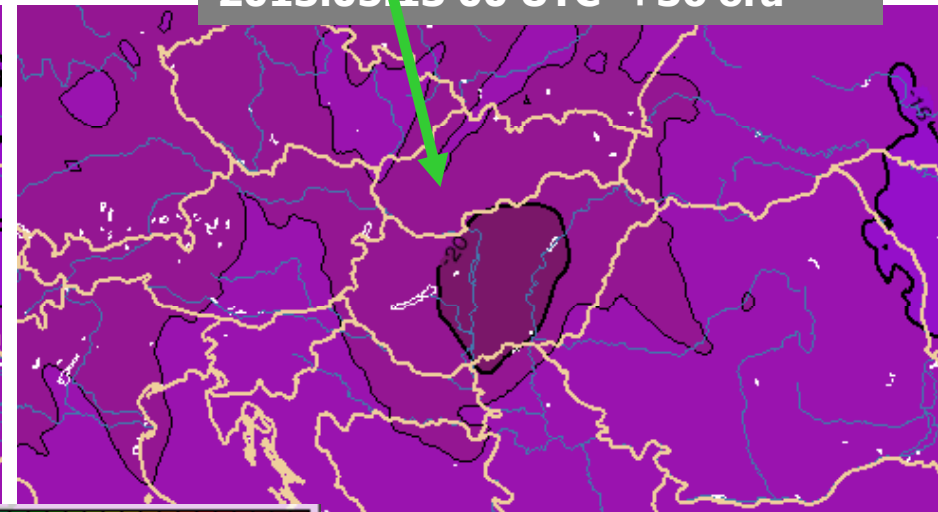
**ALADIN**

**2013.05.13 00 UTC +36 óra**



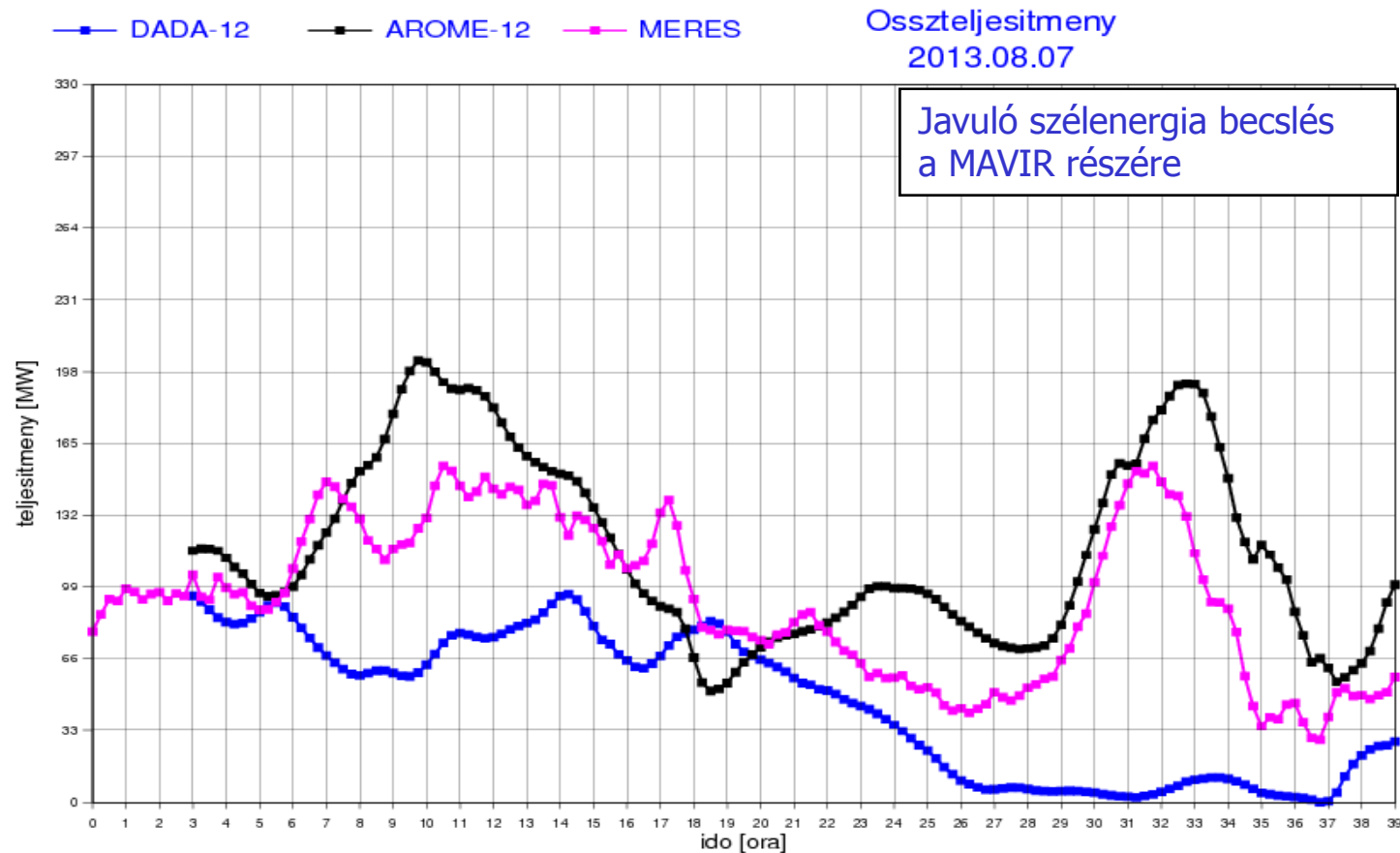
**ALADIN Lokális 3DVAR**

**2013.05.13 00 UTC +36 óra**



# Adatasszimiláció

## A lokális AROME 3DVAR hatása

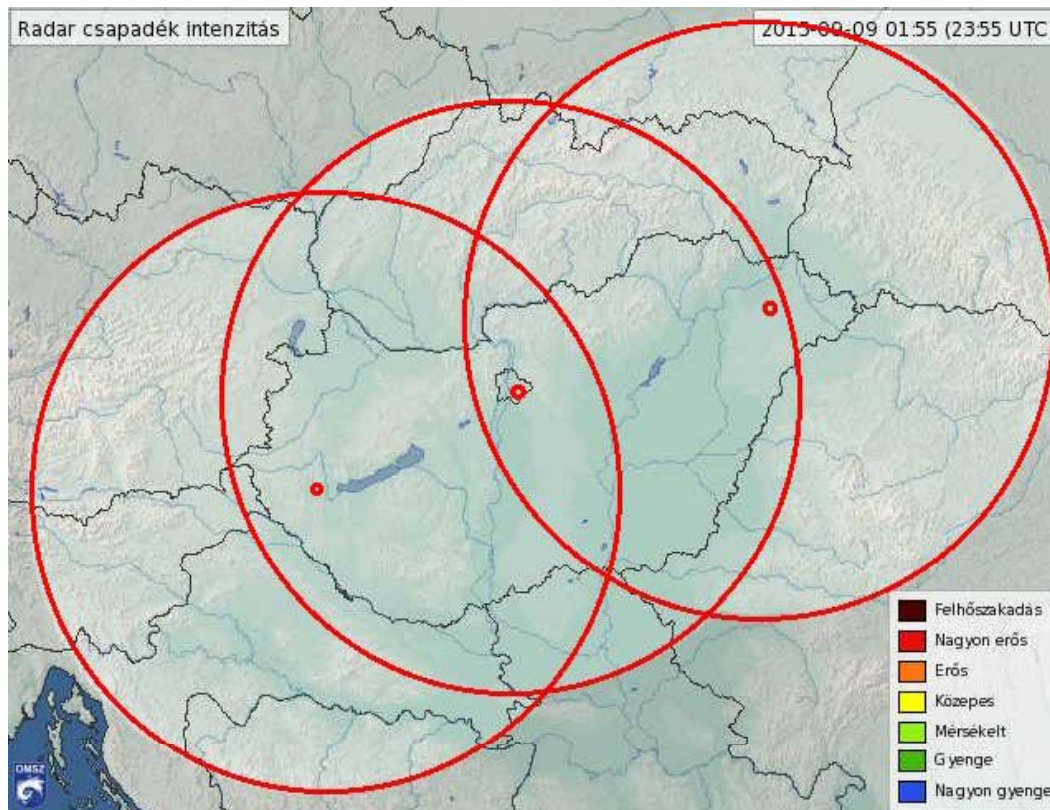


MAVIR= Magyar Villamosenergia-Ipari átviteli Rendszerirányító



# Adatasszimiláció

## Radar adatok asszimilációja az AROME 3DVAR-ban

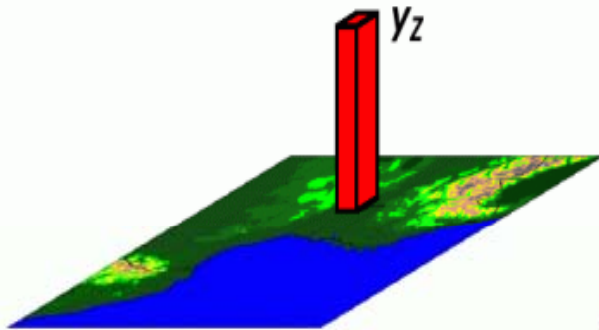


- 3 hazai radar adatai:  
Pogányvár, Budapest, Napkor
- Radiális szél asszimiláció
- Reflektivitás asszimiláció

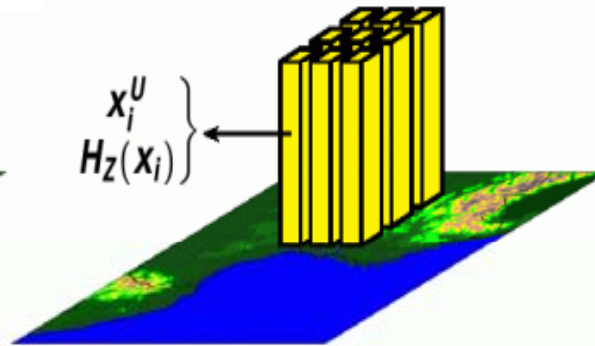
# Adatasszimiláció

## Radar adatok asszimilációja az AROME 3DVAR-ban

Radar mérés:  
reflektivitás profil



Guess:  
„modell reflektivitás” profilok



$$y_{po}^u = \sum_{i \in \text{neighbours}} x_i^u \frac{\exp\left(-\frac{1}{2} \|y_z - H_z(x_i)\|^2\right)}{\sum_{j \in \text{neighbours}} \exp\left(-\frac{1}{2} \|y_z - H_z(x_j)\|^2\right)}$$

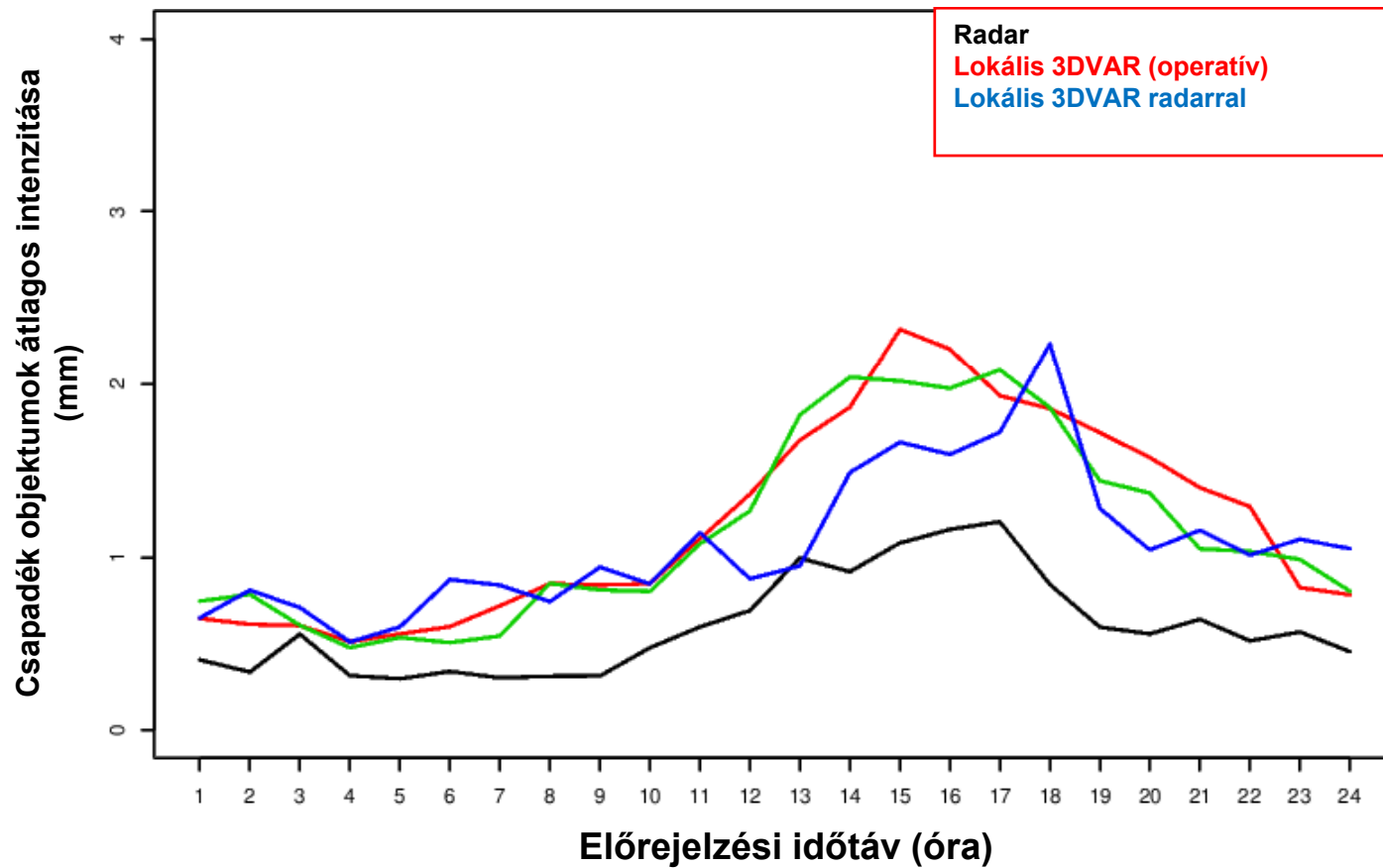
(Caumont et al., 2008)

1D vertikális  $q$  és  $T$   
profilok

3DVAR

# Adatasszimiláció

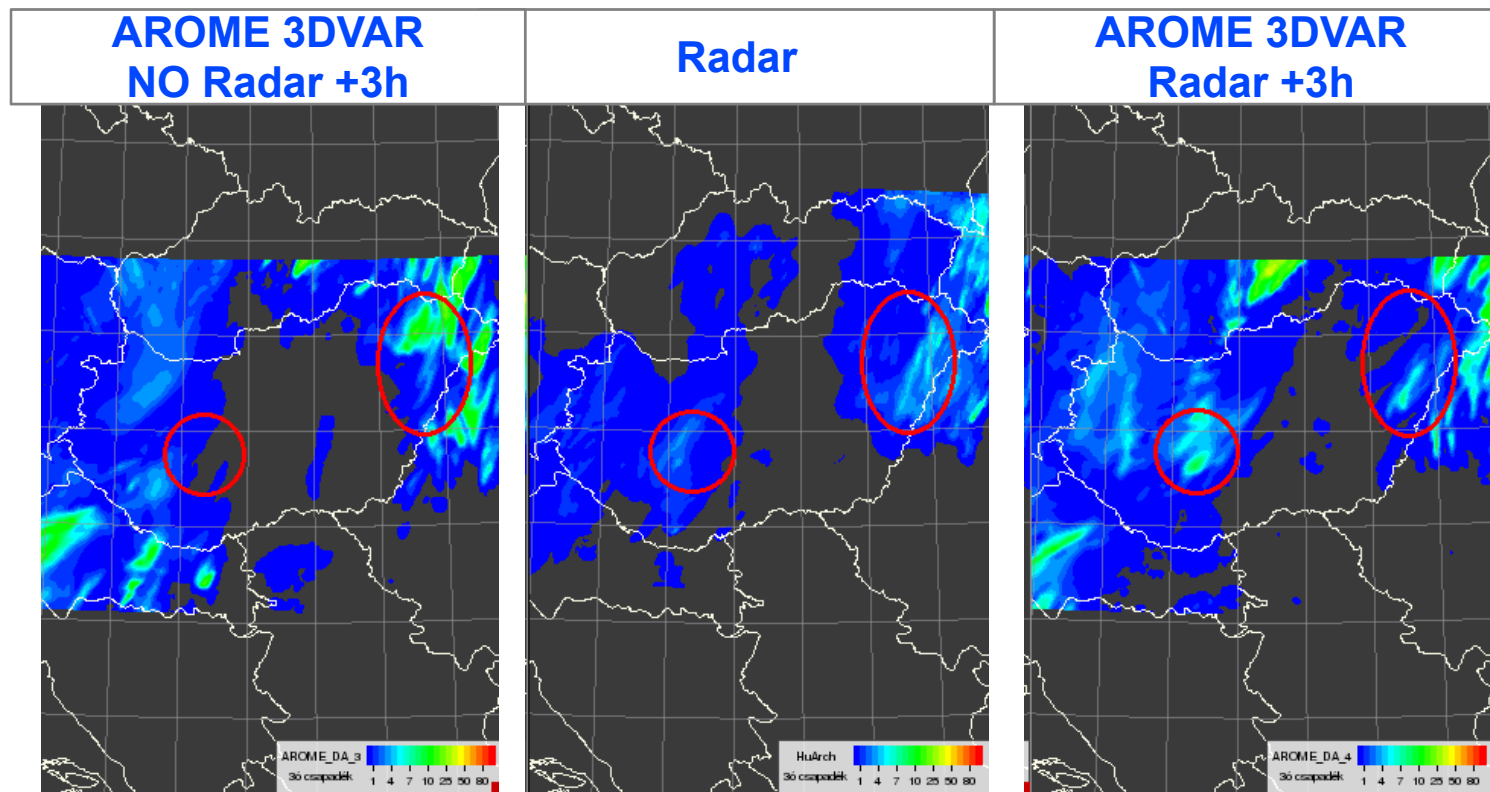
## Radar adatok asszimilációja az AROME 3DVAR-ban



# Adatasszimiláció

## Radar adatok asszimilációja az AROME 3DVAR-ban

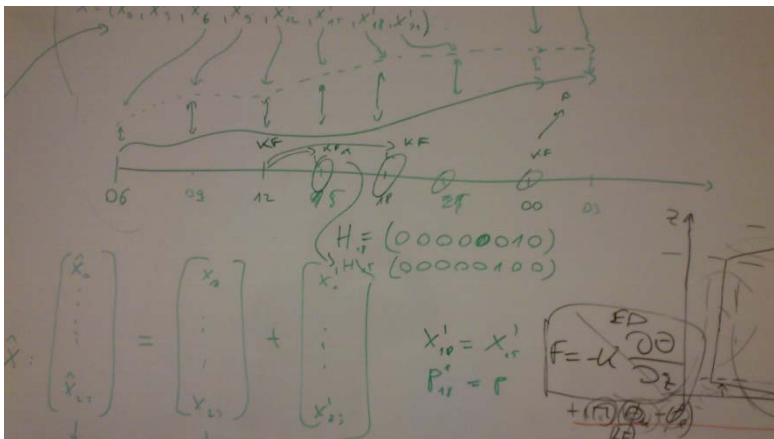
2013.06.05 03 UTC



# Adatasszimiláció

## Tervek (AROME):

- Radar adatok operatív asszimilációja (2014)
- GPS „Zenith Total Delay” adatok asszimilációja (2014-15)
- Műholdas adatok felhasználása: MSG SEVIRI, Metop IASI (2014)
- Felszíni asszimiláció bevezetése (Ensemble Kalman Filter) (2015)



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
				Janár	Február	Március	Április	Május	Június	Július	Augusztus	Szeptember	Október
1													
2				AROME 3DVAR operatív remonciálás (Mészáros, Papp)									
3							AROME 3DVAR operatív remonciálás (Mészáros, Papp)		AROME 3DVAR operatív remonciálás (Mészáros, Papp)				
4				AROME 3DVAR radar adatok asszimilációja (Papp, Rádai, Mészáros)									
5											AROME 3DVAR turbulencia fejlesztése (Szevi, Iasi, AMSU, I)		
6				AROME 3DVAR turbulencia fejlesztése (Szevi, Iasi, AMSU, I)									AROME
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													

# Nowcasting

A nowcasting célú előrejelzésekhez felhasznált analízisekkel szemben támasztott legfontosabb elvárás:

**a veszélyes mezoskálájú légköri folyamatok legyenek ott, ahol a valóságban is vannak!**

**A problémának többféle megközelítése lehetséges (WRF):**

1. A mérések (és megfigyelések) oldaláról:

Objektív analízis, majd az integrálás során igazítási technika alkalmazása.

2. Légköri folyamatok oldaláról:

Adott meteorológiai jelenség konceptuális modelljének beépítése az analízisbe bizonyos állapotváltozók módosításán keresztül.

# 1. Nudging = objektív analízisre futtatott 4-dimenziós adatasszimiláció WRF-ben az alapötlet: Newton-féle relaxációs módszer

Analízis-nudging:

$$\frac{\partial p^* \alpha}{\partial t} = F(\alpha, \mathbf{x}, t) + G_\alpha \cdot W_\alpha \cdot \epsilon_\alpha(\mathbf{x}) \cdot p^* (\hat{\alpha}_0 - \alpha)$$

normál tendencia-tag (advekción, modellfizika, stb.)

adott állapotváltozó mért értéke

adott állapotváltozó lokális megváltozása

relaxációs idő (az igazodás erőssége pontonként)

horizontálisan értelmezett súlyfüggvény (a mérések térbeli sűrűségétől függ)

vertikális mentén értelmezett súlyfüggvény

- Beágyazás esetén külön-külön alkalmazható minden almodellre
- A planetáris határrétegben (vagy a legalsó „n”-darab modellszinten) nem mindig érdemes alkalmazni
- Állapothatározók, amelyekre alkalmazható: hőmérséklet, nedvesség, szél (a súlyokat érdemes különbözőre állítani!)
- Létezik talajmodell, amelyben talajnedvességre és talajhőmérsékletre is lehet nudgingolni.

Megfigyelési-nudging:

$$\frac{\partial p^* \alpha}{\partial t} = F(\alpha, \mathbf{x}, t) + G_\alpha \cdot p^* \frac{\sum_{i=1}^N W_i^2(\mathbf{x}, t) \cdot \gamma_i \cdot (\alpha_o - \hat{\alpha})_i}{\sum_{i=1}^N W_i(\mathbf{x}, t)}$$

Adott távolság- és időintervallumon belüli mérések és a rácsponti érték eltéréseinek súlyozott átlaga

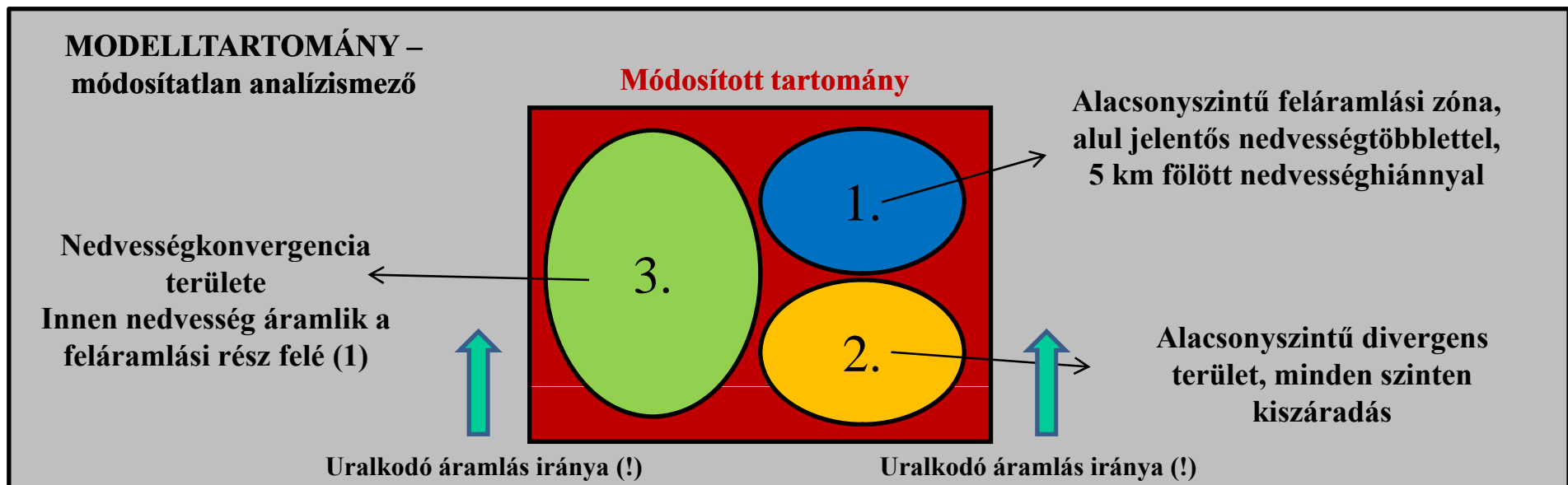
## 2. Objektumorientált megközelítés:

**Jelenleg folyó kísérletek fő témája: konvektív folyamatok analízise**

**Ötlet:** Az asszimiláció szempontjából nem rácspontonkénti értékekben gondolkodunk, hanem egy konvektív cella konceptuális modelljében.

**Cél:** az analízisbe helyezett dinamikai rendszert a modell az integrálás során kezdettől fogva úgy kezelje, mintha azt maga termelte volna ki!

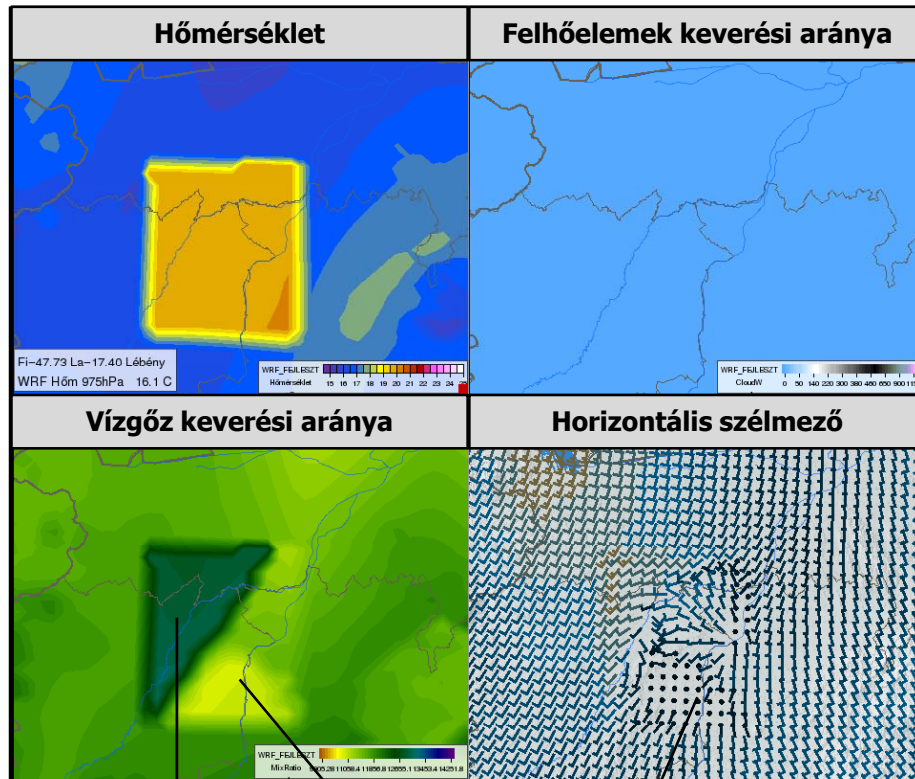
→ *Alapvető kérdés, hogy az adott konvektív cellát annak milyen fejlettségi fázisában szolgáltatassuk az analízis számára.* →



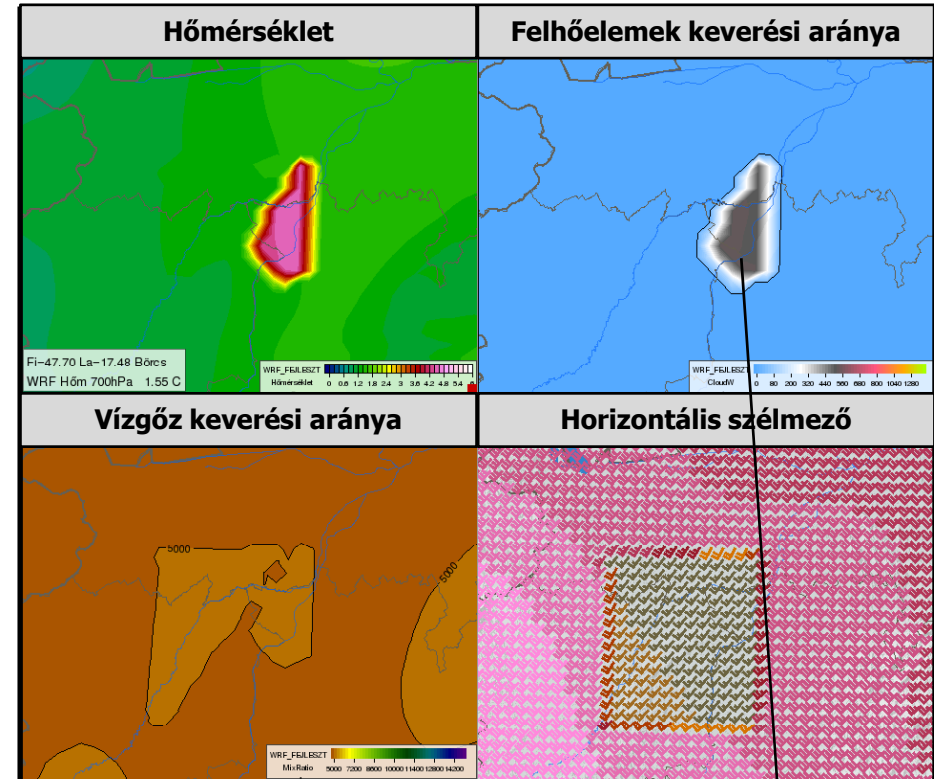


# Ebben az állapotban módosítandó állapothatározók:

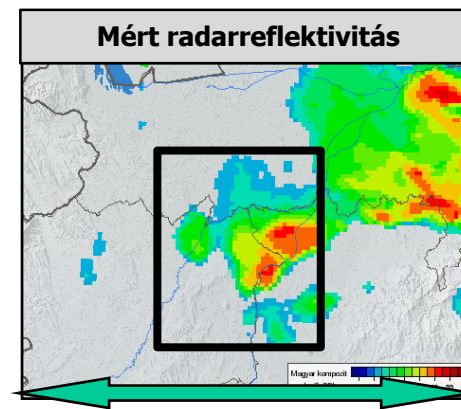
## Alacsonyszintű eloszlások



## Középszintű eloszlások

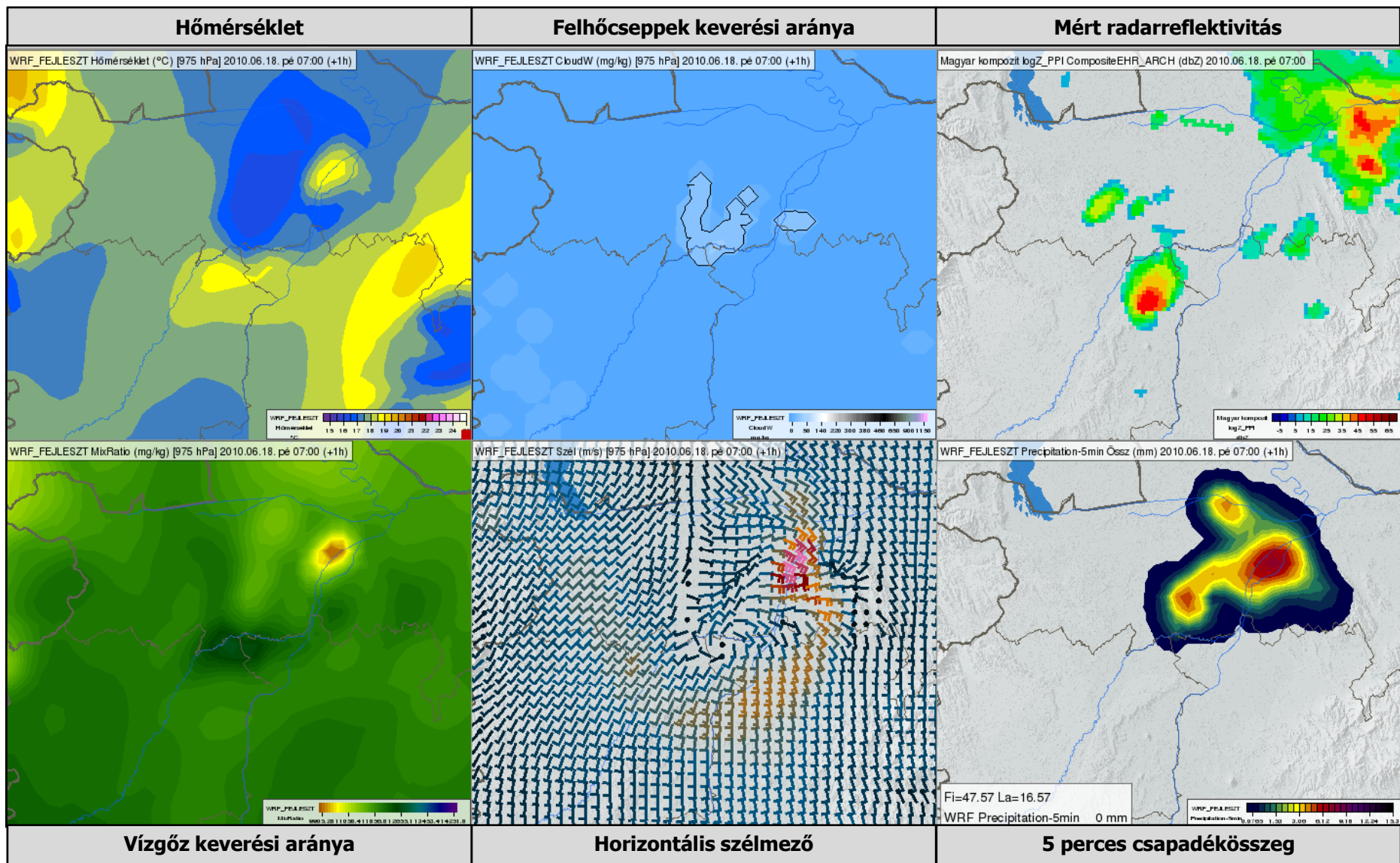


Határozott nedvességkonvergencia  
 Hátoldali kiszáradás és divergencia  
 Az egész cellában melegítés



Felhőzet az alacsonyszintű leáramlás fölött

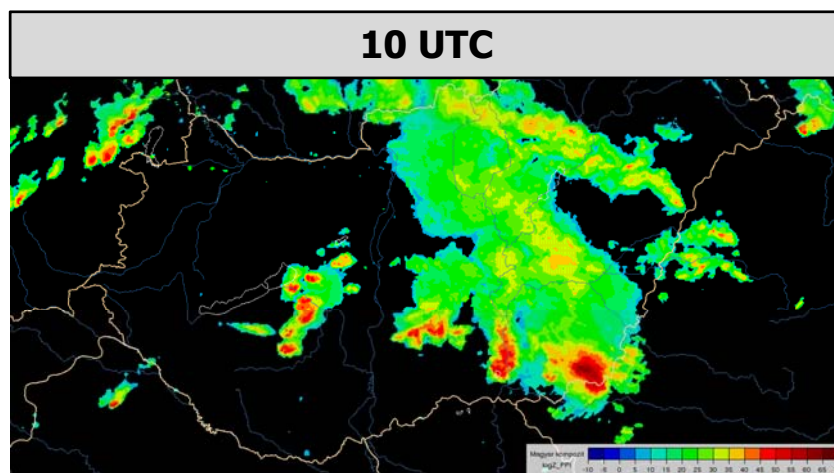
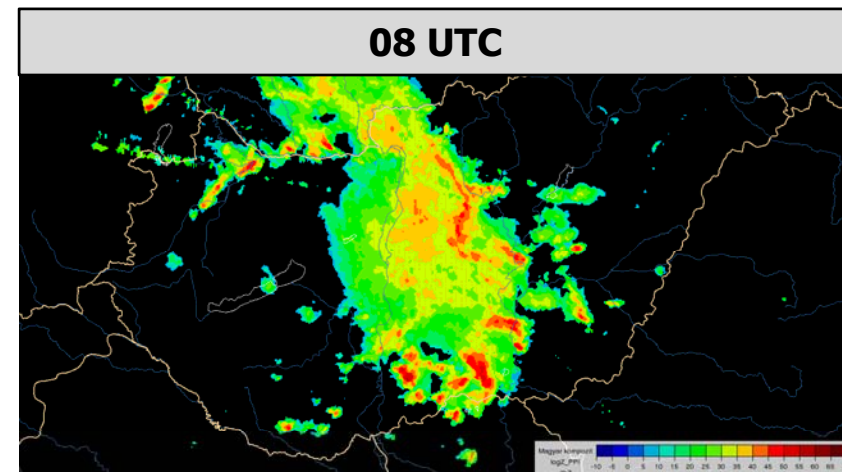
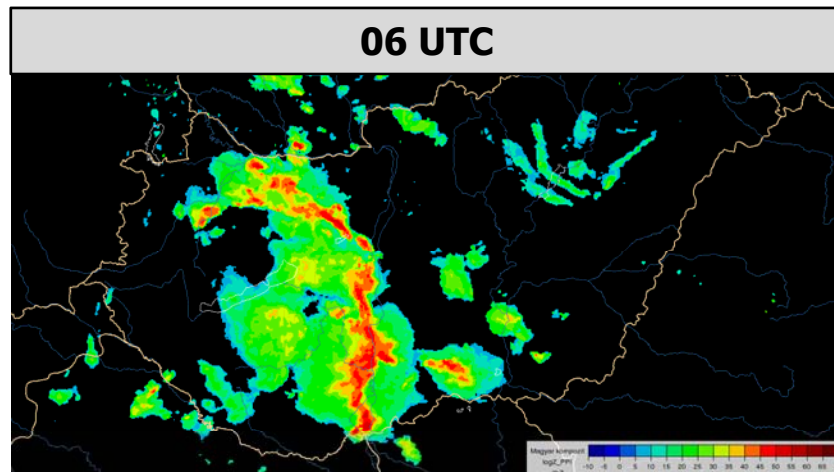
# A konvektív cella időfejlődése a 975 hPa-os szinten a radarméréssel összevetve (15 percenként)



## Az eljárás szabadsági fokainak száma magas:

- Konvektív cella mérete, a különböző tartományok egymáshoz viszonyított nagysága
- Az állapotátározók módosítására nagy érzékenység (különösen a szél és a felhőelemek keverési arányára)
- Kérdés a cellák közelsége, összeolvasztása (pl. zivatarlánc: kevés nagy vagy sok kicsi?)

### ESETTANULMÁNY: 2010. június 18.

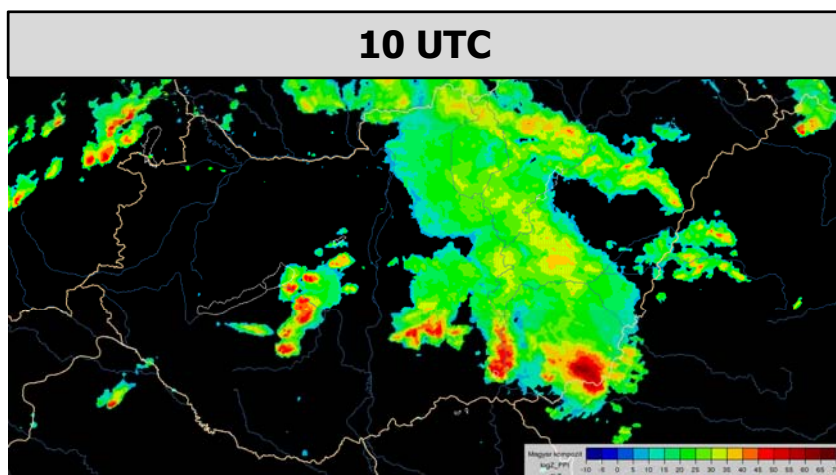
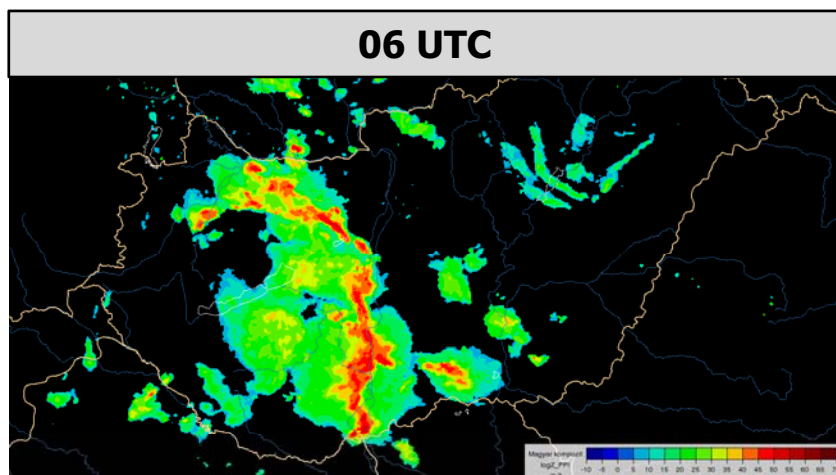


- Az egész országot érintő, heves konvektív tevékenység
- A Dél-Alföldön szupercellás konvekció (Mezőhegyes - jégeső)

## ESETTANULMÁNY: 2010. június 18.

A tapasztalat szerint ilyen időjárási helyzet modellezése összetett feladat.

Nagy a modelleredmény érzékenysége többek között:  
*az analízis időpontjára, a domain elhelyezkedésére, a szupercellás konvekció helyes megjelenéséhez pedig a horizontális és vertikális felbontást is jól kell beállítani.*



*Ebben a helyzetben a 06 UTC-s indítási idő túl késői a 10 UTC körüli konvektív tevékenység modellezésére.*

### Az alkalmazás tesztelése:

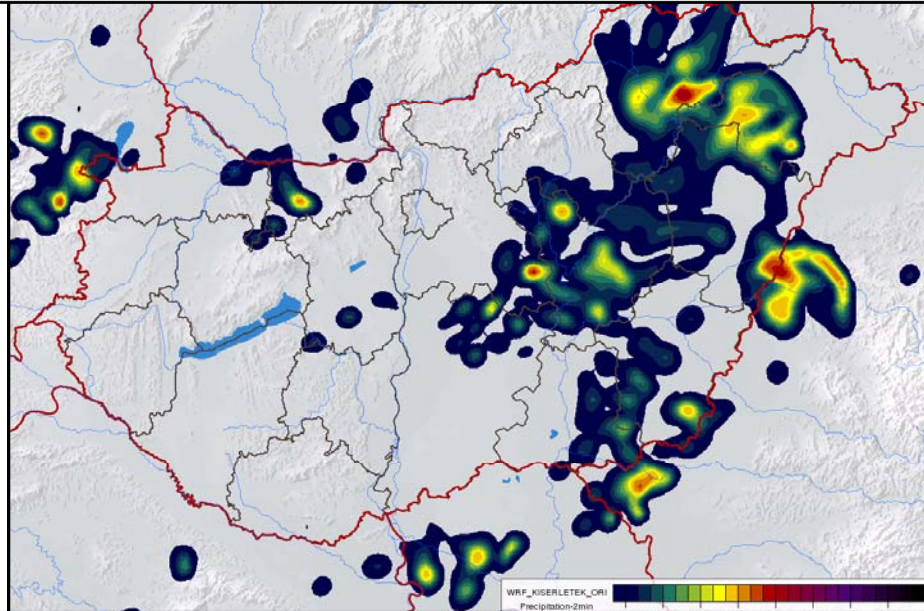
Referenciafuttatás 06 UTC-s, ***módosíthatlan*** analízisből (ECMWF 0,125°-os felbontású adatok interpolációja a WRF 2,5 km felbontású rácsára)



Futtatás ***konvektív cellákkal kiegészített*** 06 UTC-s analízisből

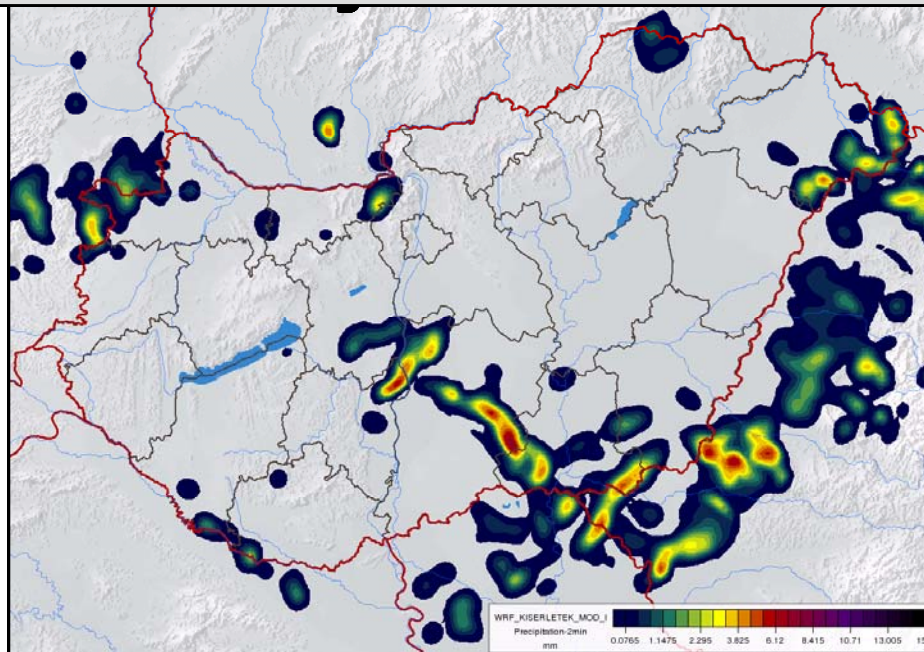
**5 perces csapadékösszeg a 2010. június 18. 06 UTC-15 UTC közötti időszakra**

**Módosítatlan  
analízis:**

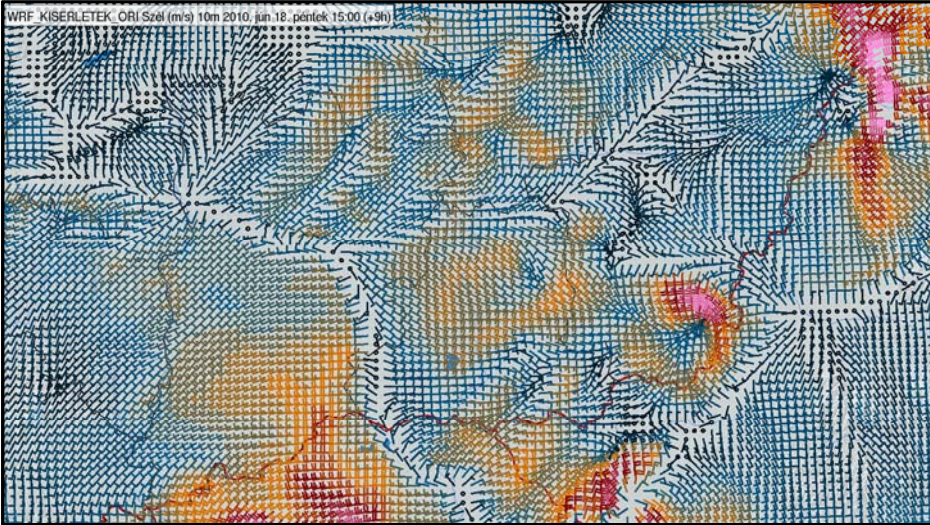


**2010. június 18. 15 UTC**

**Módosított  
analízis:**

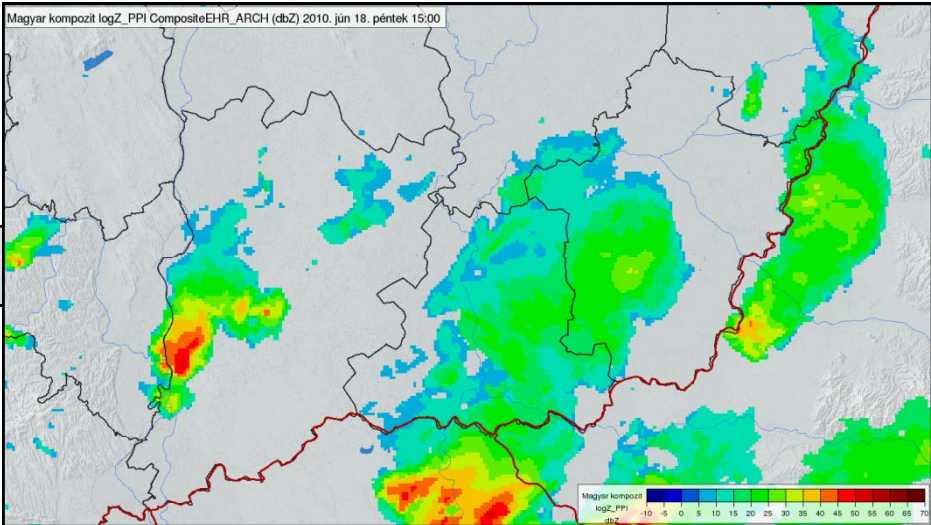
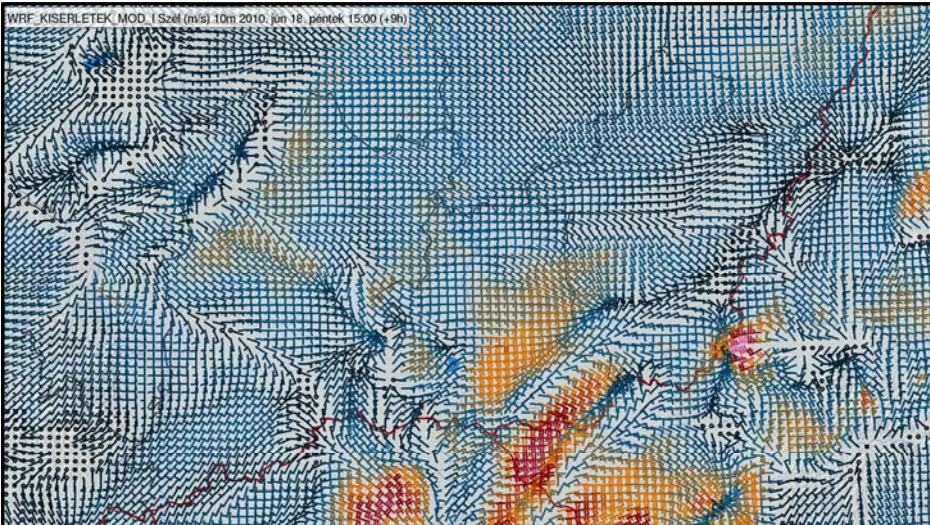


# Horizontális szélmező a 2010. június 18. 06 UTC-15 UTC közötti időszakra



Módosítatlan  
analízis

## 2010. június 18. 15 UTC



Módosított  
analízis

# Irodalom

Caumont O. et al., 2008: 1D+3DVar assimilation of radar reflectivity data: a proof of concept, *Tellus A*, **62**, 91–217.

Kalnay E., 2003: Atmospheric Modeling, Data Assimilation and Predictability. *Cambridge University Press*, 341 pp.

Lorenc A., 1986: Analysis methods for numerical weather prediction. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **112**, 1177-1194.

Wilson J., 2012: Evaluation and comparison of Nowcasting Techniques/Systems for Convective Storms, *WMO Workshop on use of NWP for Nowcasting, 24-26 October 2011*, ([http://wmo-workshop-on-the-use-of-nwp-for-nowcasting.wikispaces.com/file/view/Wilson\\_ScienceNowcasting\\_2011.pdf/272889220/Wilson\\_ScienceNowcasting\\_2011.pdf](http://wmo-workshop-on-the-use-of-nwp-for-nowcasting.wikispaces.com/file/view/Wilson_ScienceNowcasting_2011.pdf/272889220/Wilson_ScienceNowcasting_2011.pdf))

Köszönjük a figyelmet!

?