



Veszélyes időjárási jelenségek előrejelzésének repülésmeteorológiai vonatkozásai



Horváth Ákos

OMSZ
Balatoni Viharjelző Obszervatórium



Alapítva: 1870



Időjárási veszélyekre történő figyelmeztetés vs. riasztás



Veszélyes időjárási jelenségek (felhasználó függően):

Heves zivatar, szellőkés, ónos eső, hófúvás

Repülés: Jegesedés, turbulencia, szélnyírás, zivatar, rossz látási viszonyok



<p>Időjárási figyelmeztető előrejelzés</p>	<p>12-24 órára előre</p>	<p>régiók</p>
<p>Időjárási riasztás</p>	<p>0.5-3 órára előre</p>	<p>kistérségek</p>

Momentum (x-component)

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{m}{\rho} \left(\frac{\partial p'}{\partial x} - \frac{\sigma}{\rho^0} \frac{\partial p'}{\partial x} \right) = -\mathbf{v} \cdot \nabla u + v \left(f + u \frac{\partial m}{\partial y} - v \frac{\partial m}{\partial x} \right) - e w \cos \alpha - \frac{u w}{r_{earth}} + D_u \quad (8.2)$$

Momentum (y-component)

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \frac{m}{\rho} \left(\frac{\partial p'}{\partial y} - \frac{\sigma}{\rho^0} \frac{\partial p'}{\partial y} \right) = -\mathbf{v} \cdot \nabla v + u \left(f + v \frac{\partial m}{\partial x} - u \frac{\partial m}{\partial y} \right) - e w \sin \alpha - \frac{v w}{r_{earth}} + D_v \quad (8.3)$$

Momentum (z-component)

$$\frac{\partial w}{\partial t} + \frac{p_0}{\rho} \frac{\partial \sigma}{\partial z} \frac{\partial p'}{\partial \sigma} = -\mathbf{v} \cdot \nabla w + \frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial p'}{\partial t} + \mathbf{v} \cdot \nabla p' - \rho_0 g w \right) + \frac{\dot{Q}}{c_p} + \frac{L_0}{\theta_0} D_0 + D_w \quad (8.4)$$

Thermodynamics

$$\frac{\partial T}{\partial t} = -\mathbf{v} \cdot \nabla T + \frac{1}{\rho c_p} \left(\frac{\partial p'}{\partial t} + \mathbf{v} \cdot \nabla p' - \rho_0 g w \right) + \frac{\dot{Q}}{c_p} + \frac{L_0}{\theta_0} D_0 \quad (8.5)$$

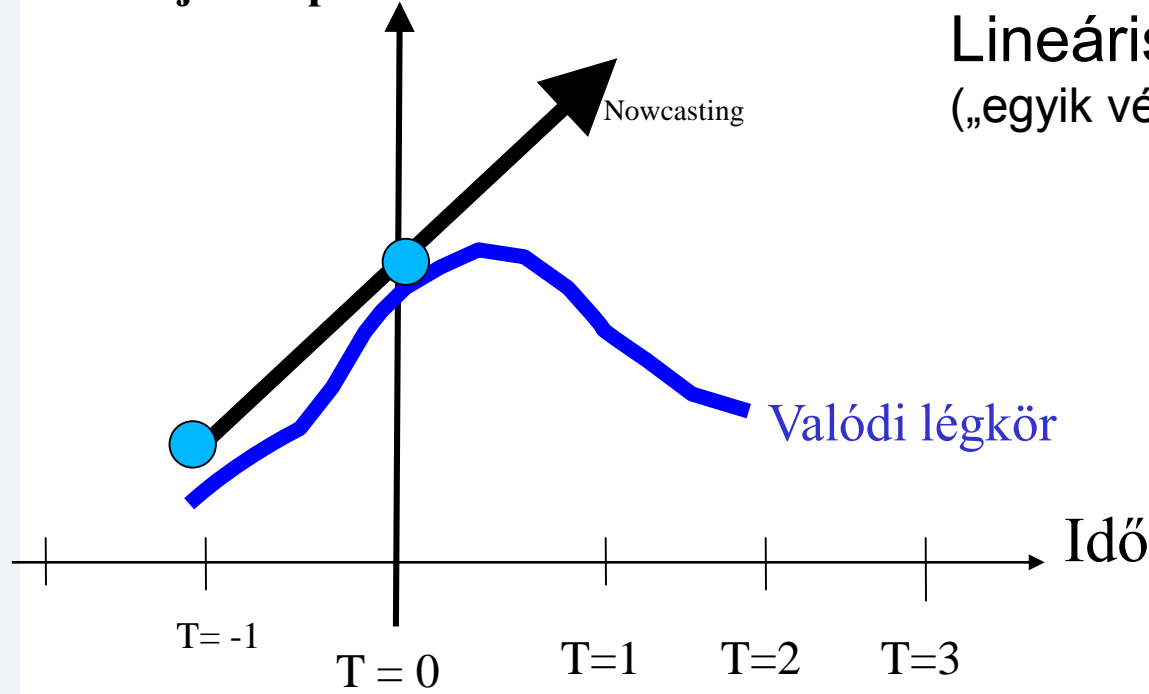
Dinamikus modellek

NOWCASTING

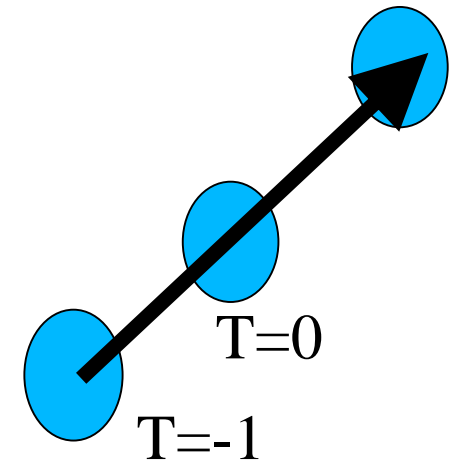


Lineáris rendszerek (MEANDER0):

Időjárési paraméterek tere



Lineáris extrapoláció
(„egyik végét fogjuk a botnak”)

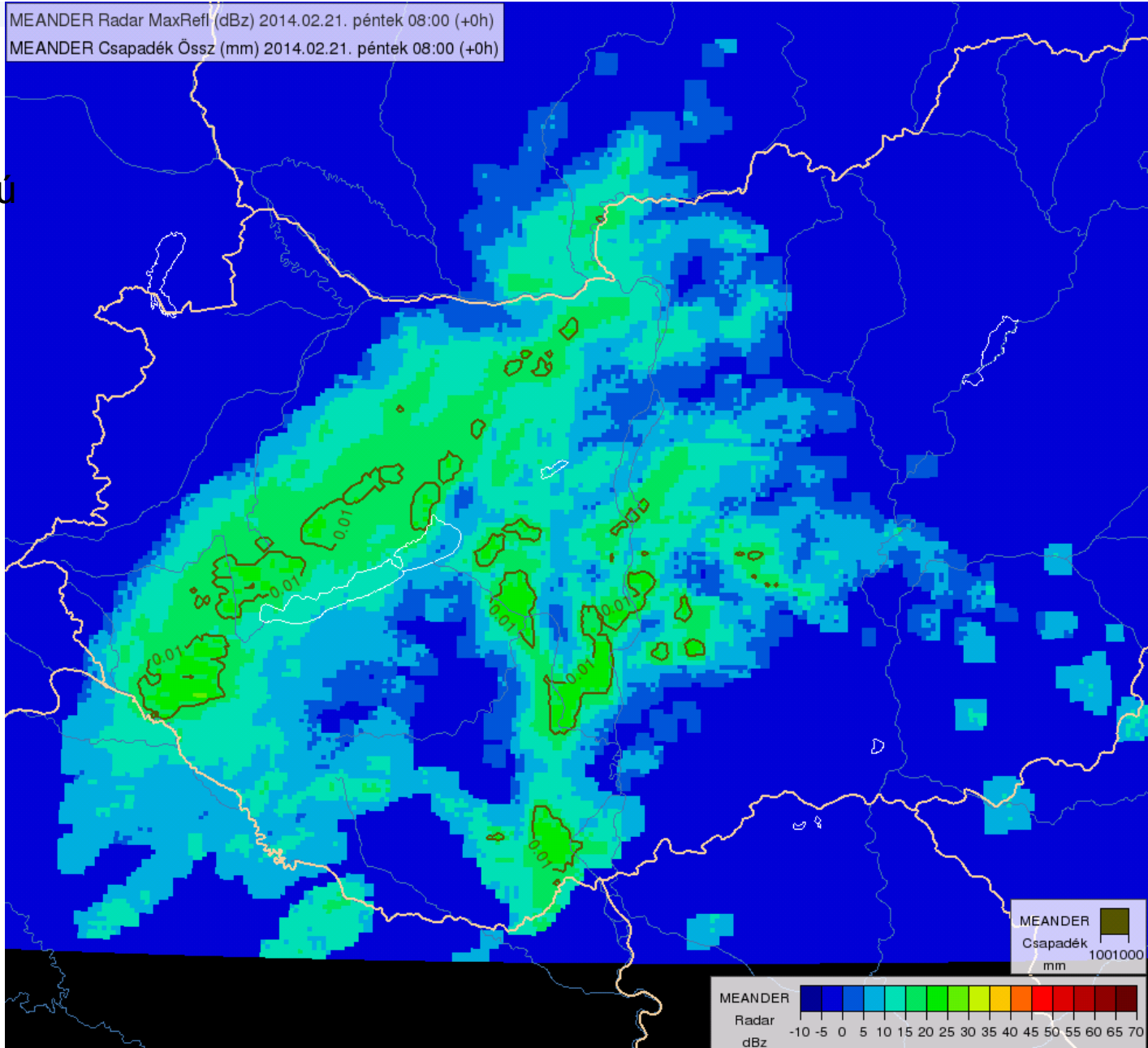




MEANDER csapadék rendszer-előrejelzés

Csapadék ultrarövidtávú
előrejelzése

MEANDER Radar MaxRefI (dBz) 2014.02.21. péntek 08:00 (+0h)
MEANDER Csapadék Össz (mm) 2014.02.21. péntek 08:00 (+0h)

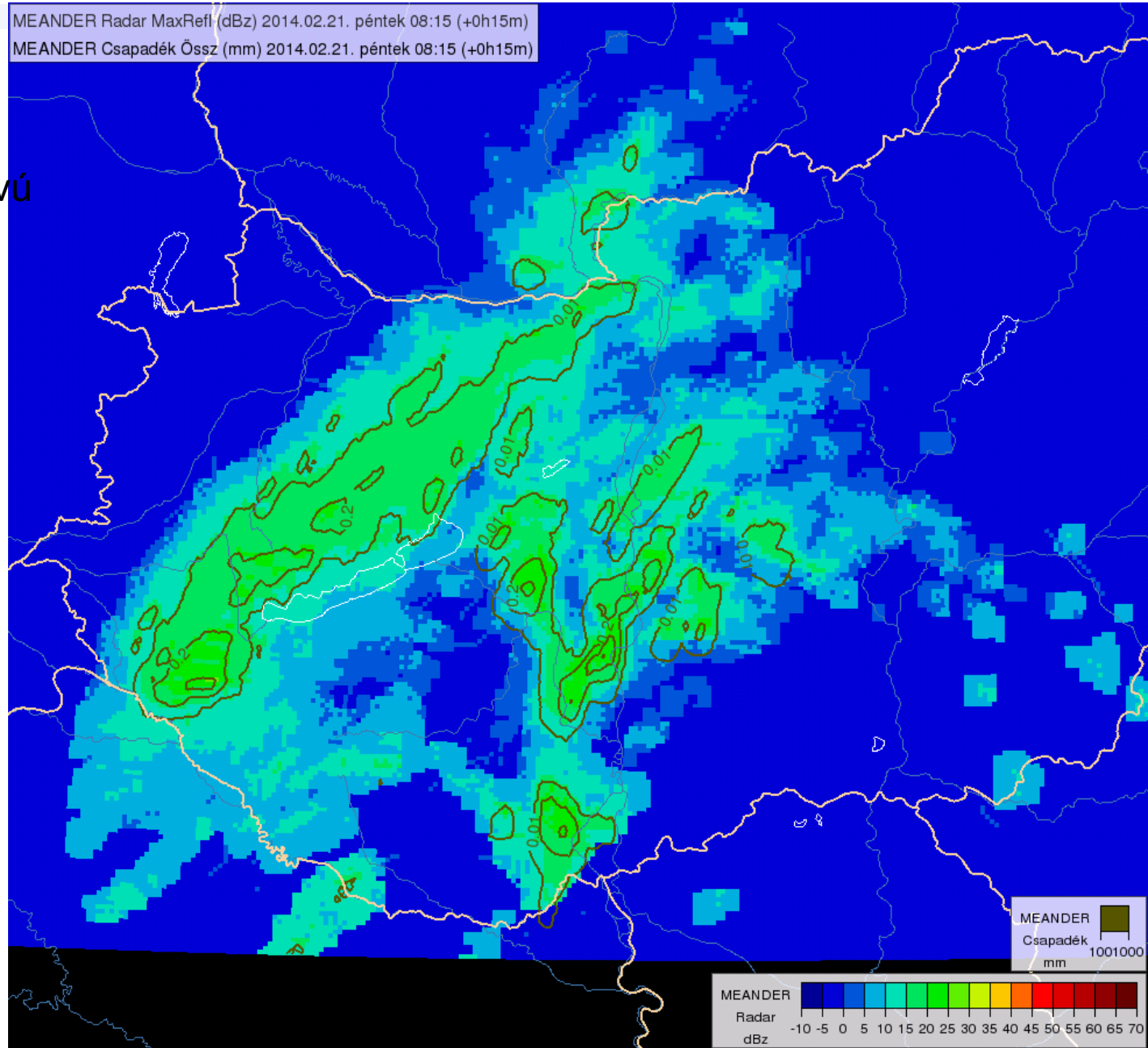




MEANDER

MEANDER Radar MaxReflex (dBz) 2014.02.21. péntek 08:15 (+0h15m)
MEANDER Csapadék Össz (mm) 2014.02.21. péntek 08:15 (+0h15m)

Csapadék ultrarövidtávú
előrejelzése



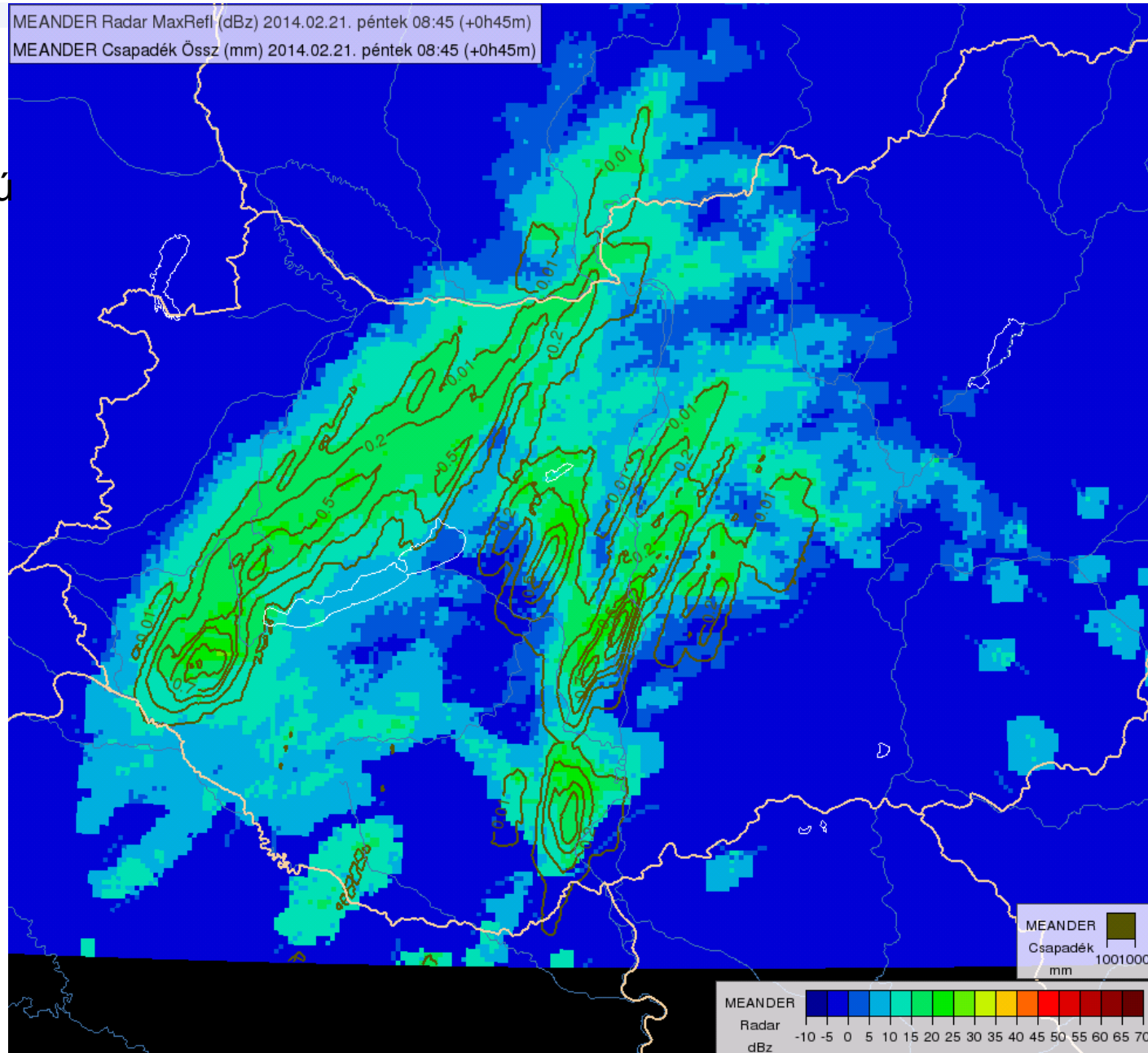


MEANDER

MEANDER Radar MaxRefl (dBz) 2014.02.21. péntek 08:45 (+0h45m)

MEANDER Csapadék Össz (mm) 2014.02.21. péntek 08:45 (+0h45m)

Csapadék ultrarövidtávú
előrejelzése



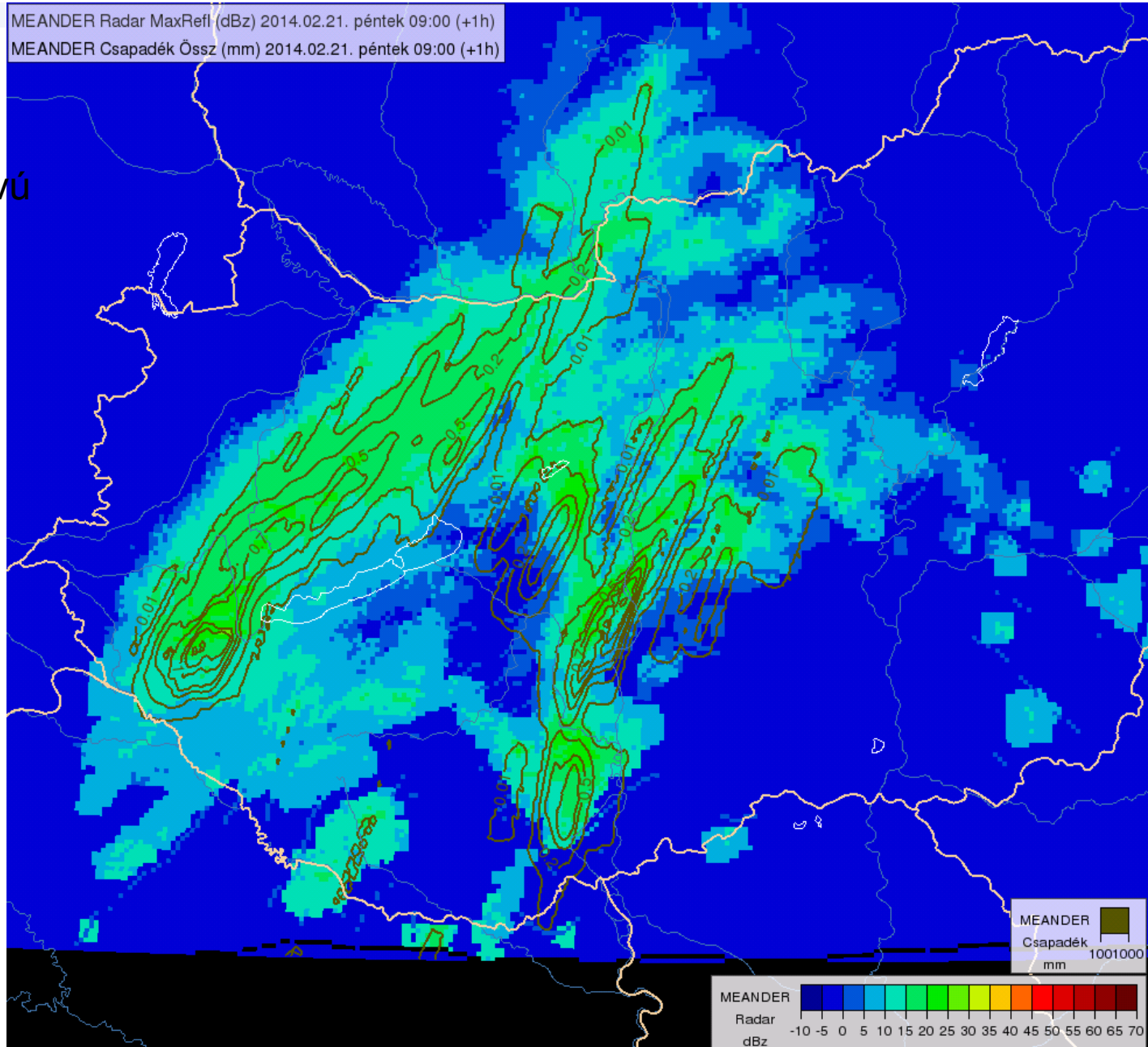


MEANDER

MEANDER Radar MaxReflex (dBz) 2014.02.21. péntek 09:00 (+1h)

MEANDER Csapadék Össz (mm) 2014.02.21. péntek 09:00 (+1h)

Csapadék ultrarövidtávú
előrejelzése



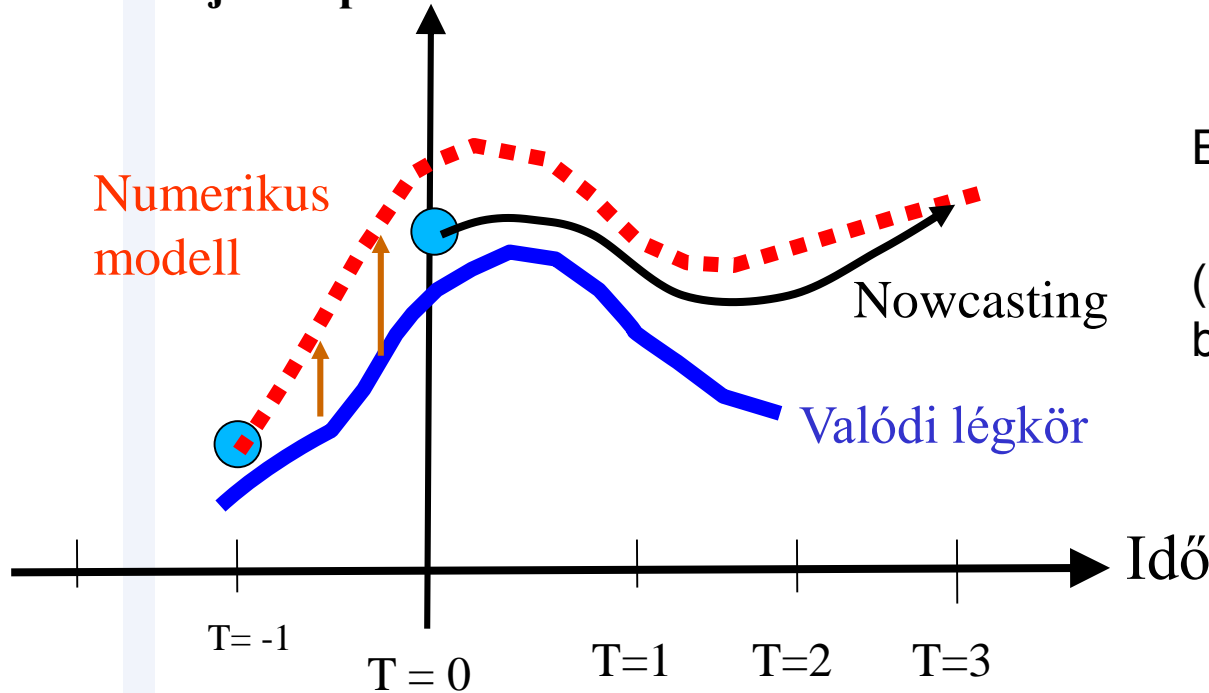


Kétirányú csatolt rendszerek (MEANDER2):

Van numerikus modell, szoros kapcsolatban a nowcastinggal: nem hidrosztatikus WRF

Időjárási paraméterek tere

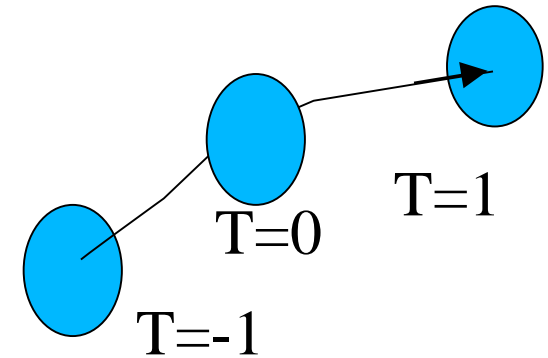
Numerikus modell



Nudging időszak
WRF specifikus
(FDDA)

Extrapoláció helyett
interpláció

(„mindkét végét fogjuk a botnak”)

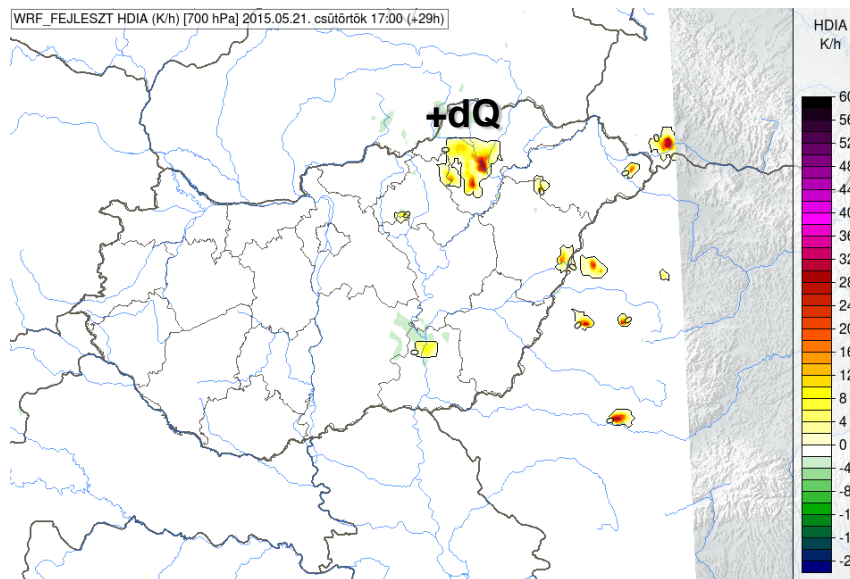
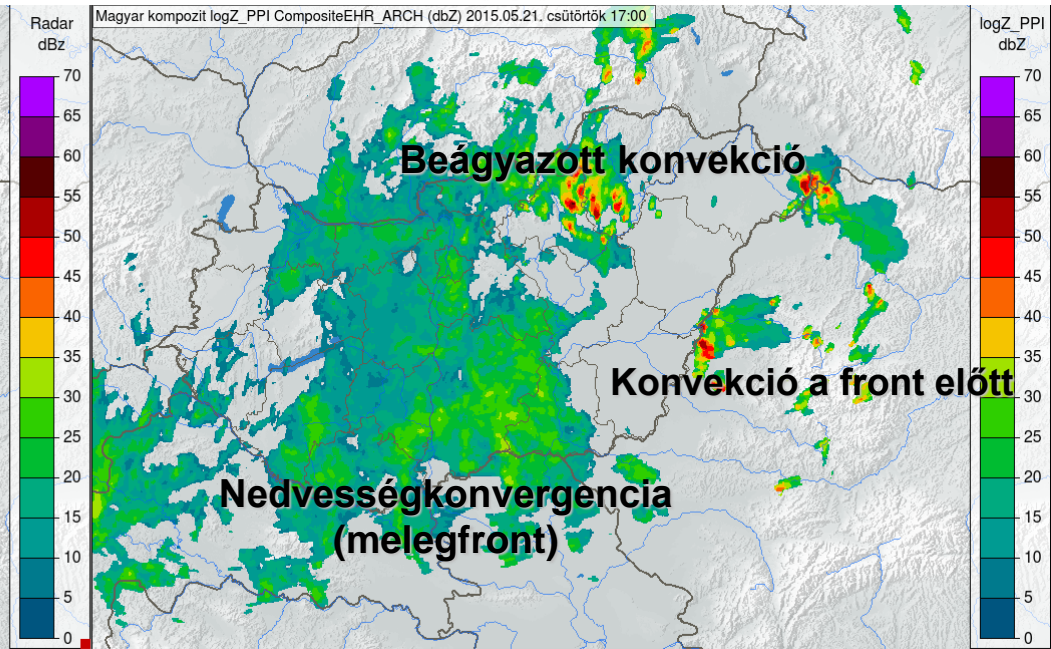
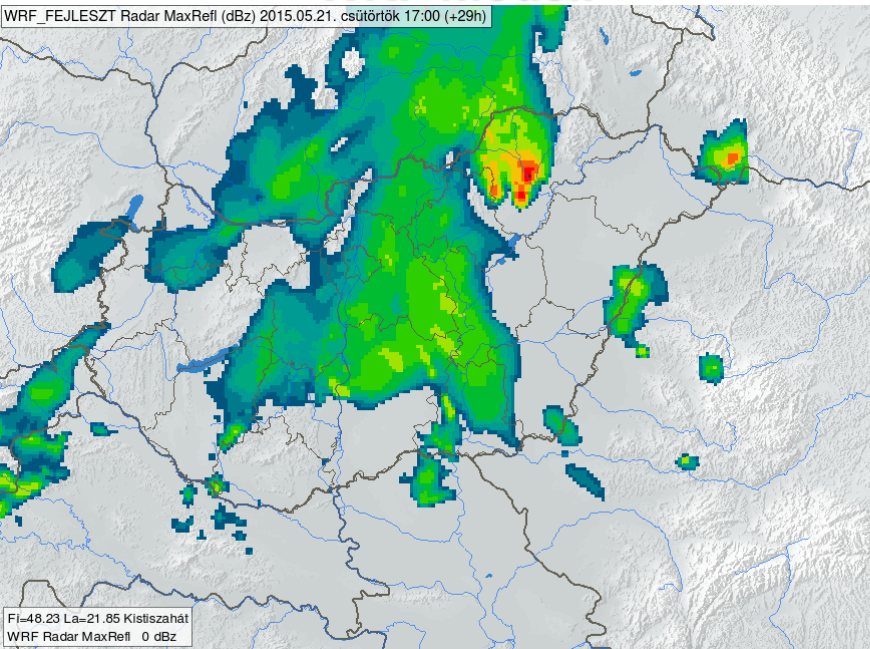


Maximális előrejelzési idő: 4-6 óra

Nudging eljárás a látens hőfelszabadulásra

WRF modell

Radarmérés



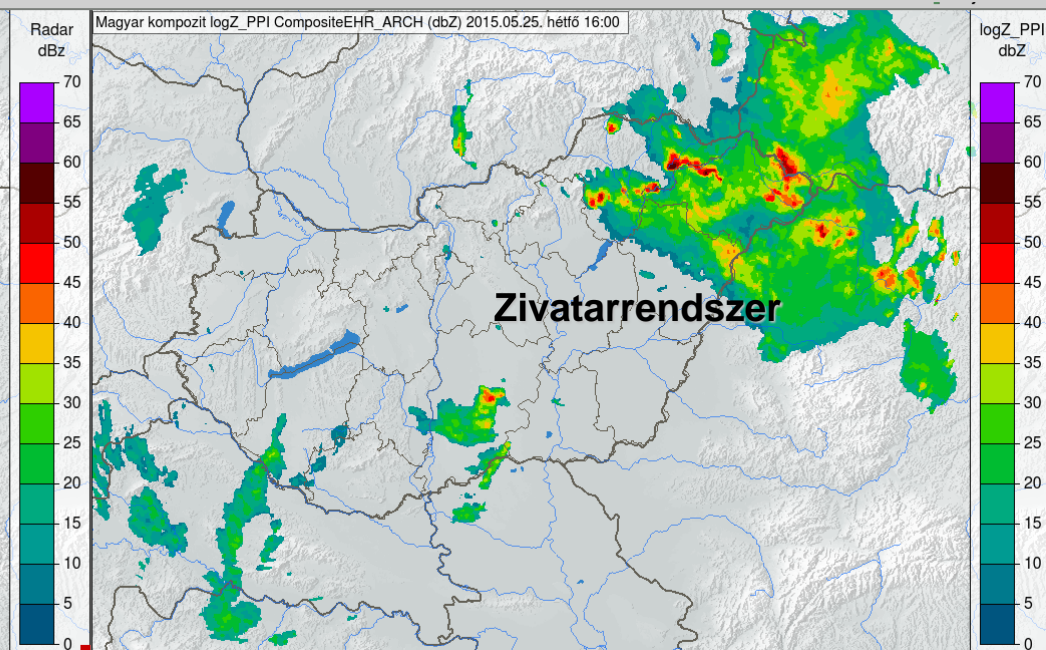
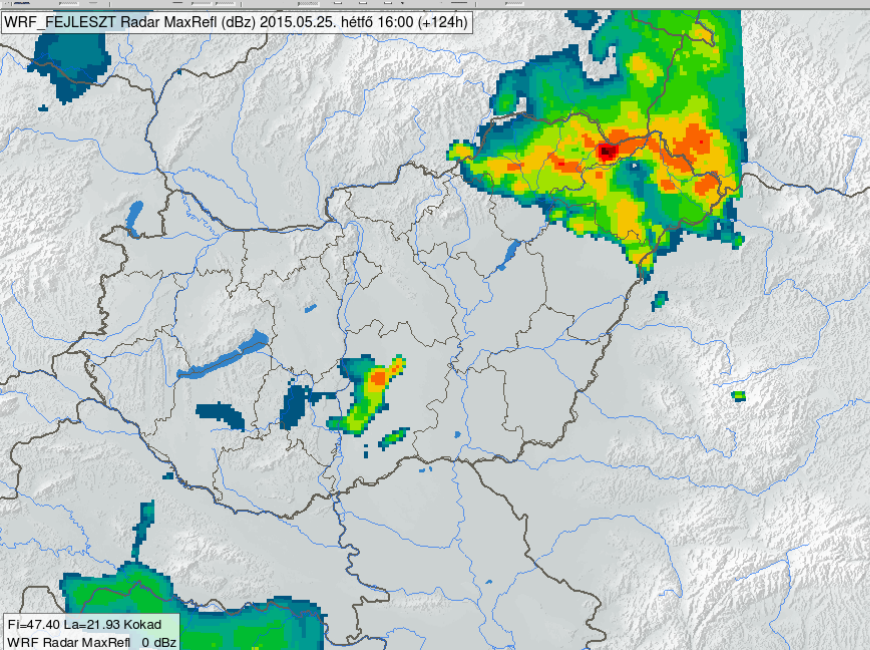
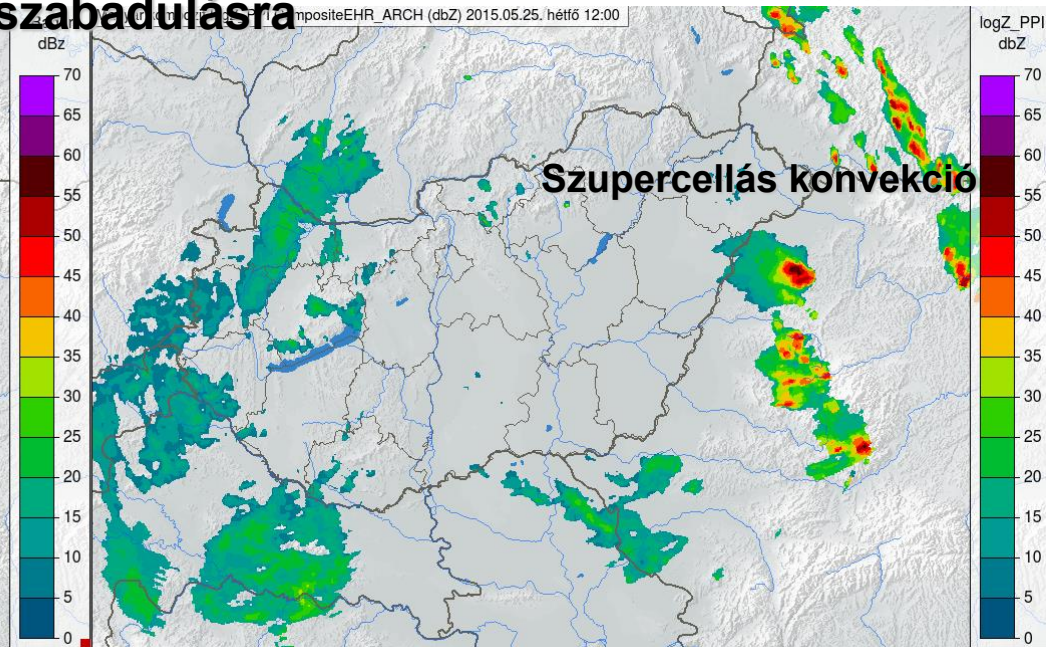
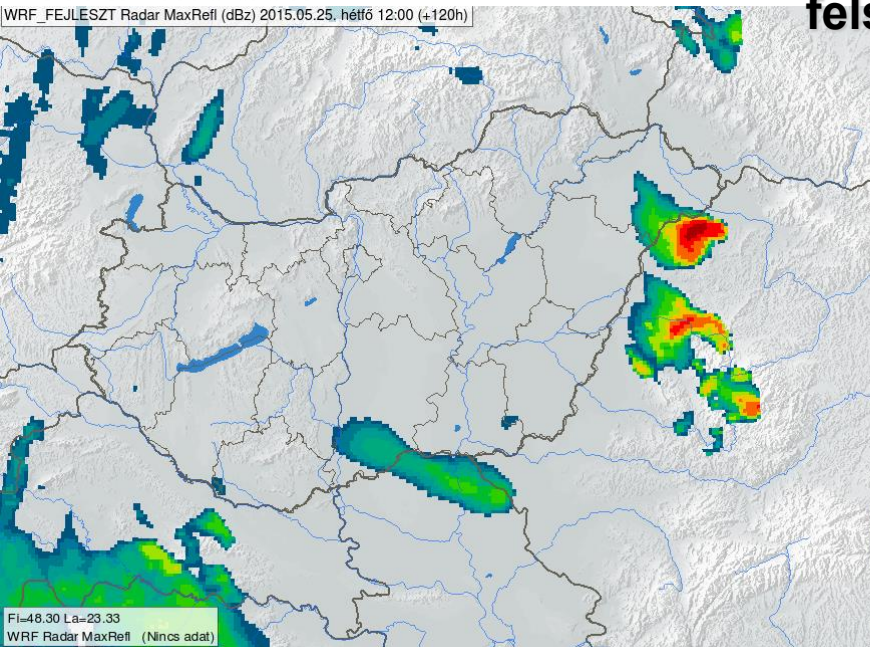
$$DT = dT(\text{száraz léggör}) + dt * dQ$$

dQ: látens hőfelszabadulás a felhőképződés során

WRF modell

Nudging eljárás a látens hő-felszabadulásra

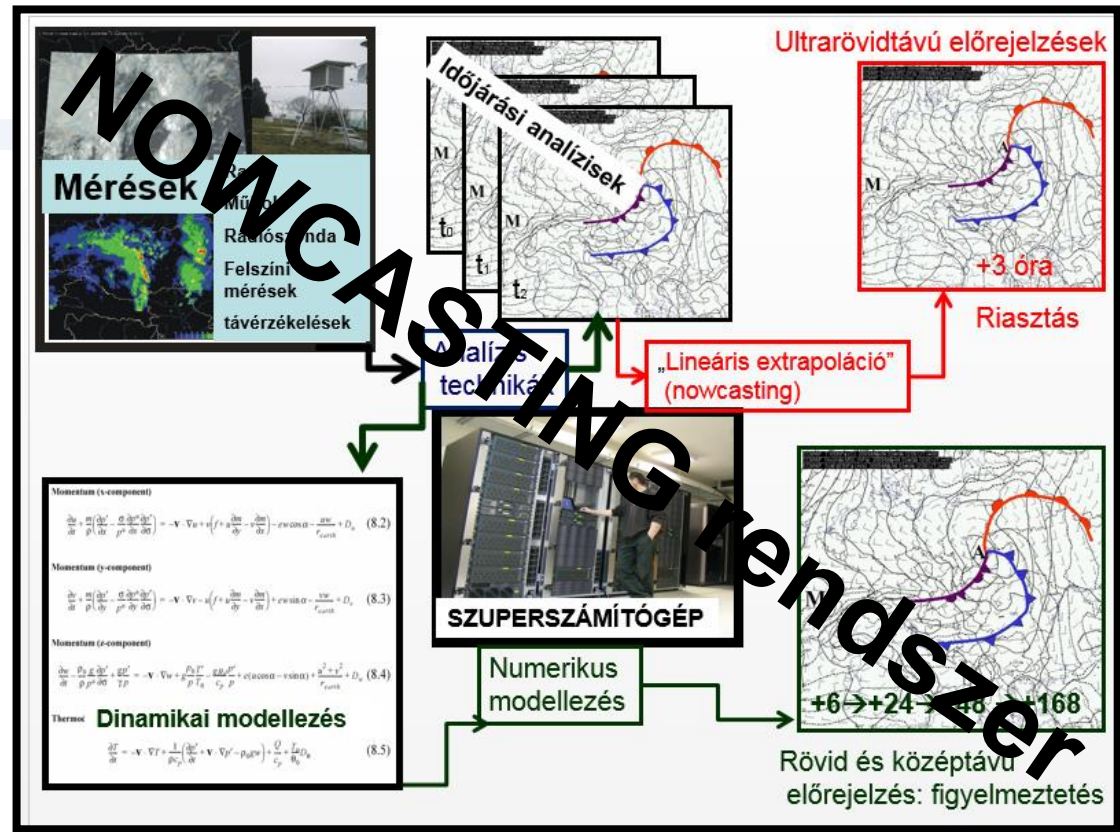
Radarmérés





Lineáris és dinamikus nowcasting rendszer előnyei:

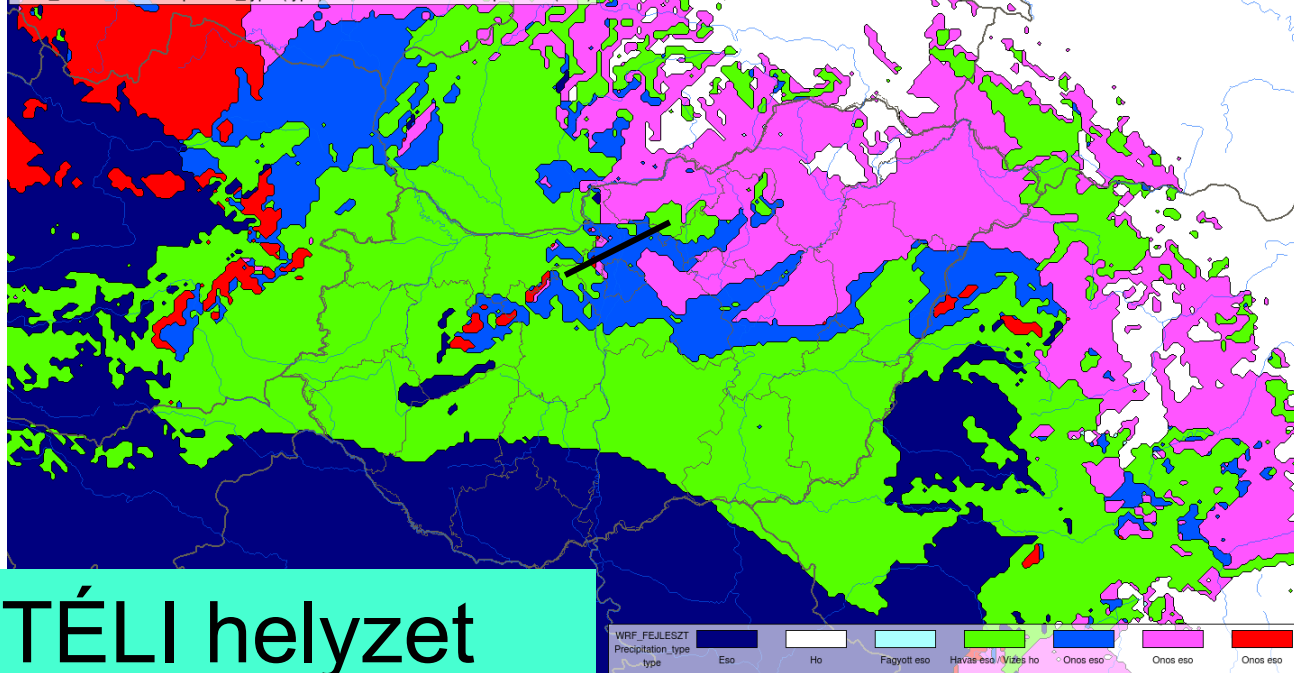
- A légköri folyamatok részletes, nagy felbontású leírása
- A légkör 3 dimenziós analízise.
- Pontosabb és hosszabb távú előrejelzés (3-6 óra).



OMSZ nowcasting:
MEANDER rendszer

Lineáris és dinamikus nowcasting rendszer hátránya:
Rendkívül nagy számítási kapacitás igény

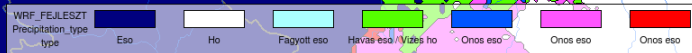
WRF_FEJLESZT Precipitation_type (type) 2014. nov. 30. vasárnap 23:00 (+5h)



Veszélyes ónos esős helyzet modellezése

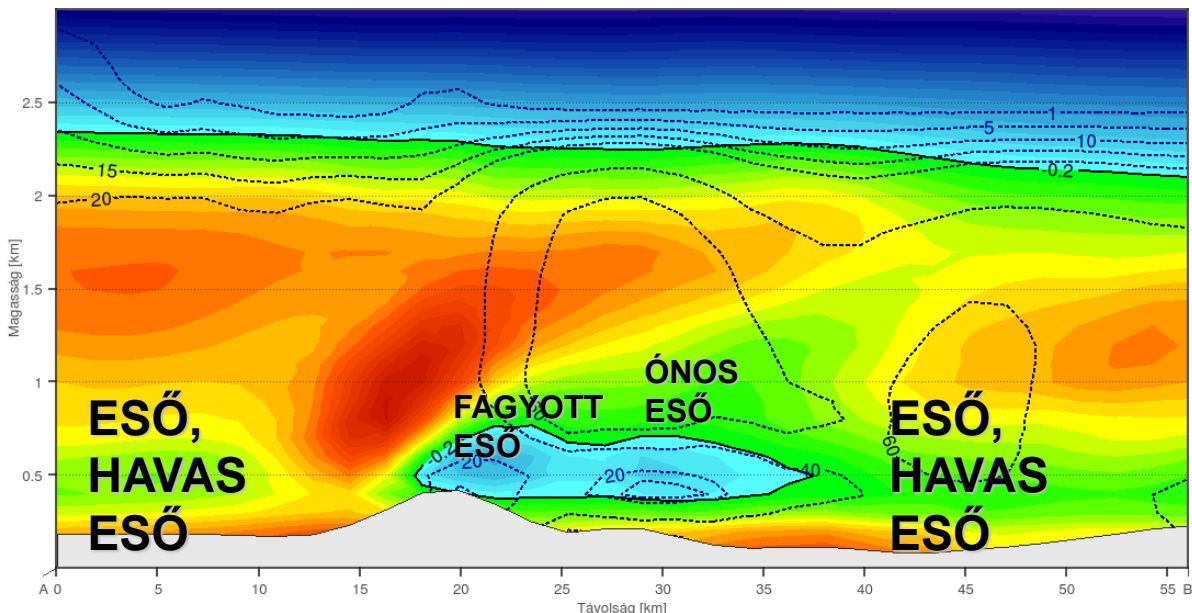
Becslés a csapadék halmazállapotára a talajon

TÉLI helyzet



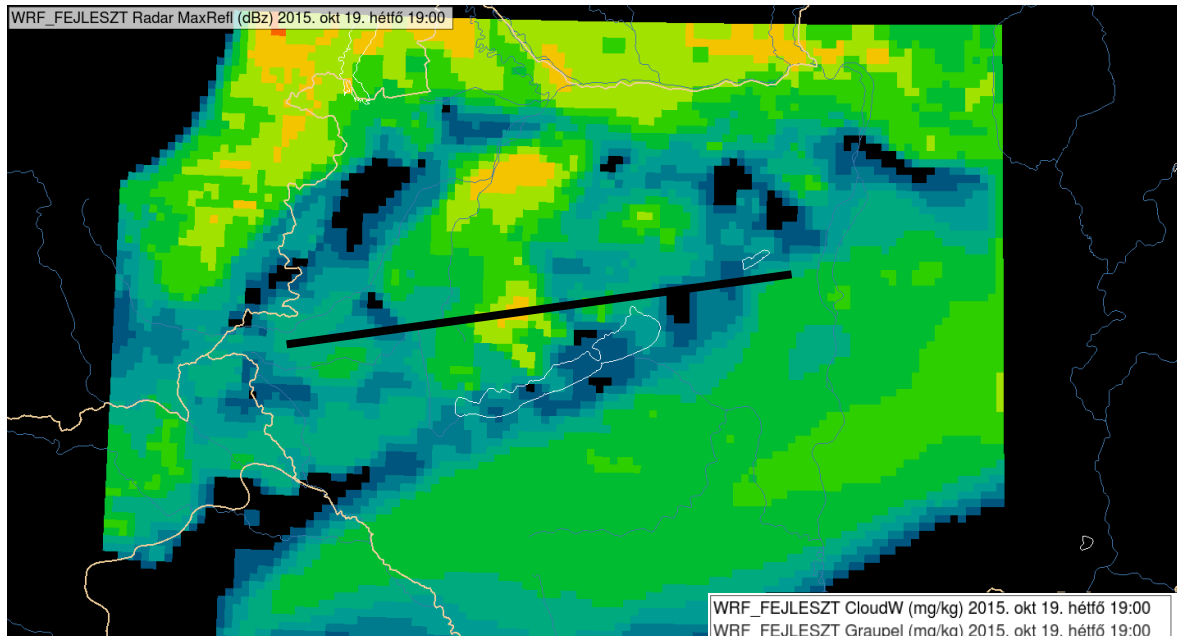
WRF_FEJLESZT Hőmérséklet (°C) 2014. nov. 30. vasárnap 23:00 (+5h)

WRF_FEJLESZT RainW (mg/kg) 2014. nov. 30. vasárnap 23:00 (+5h)



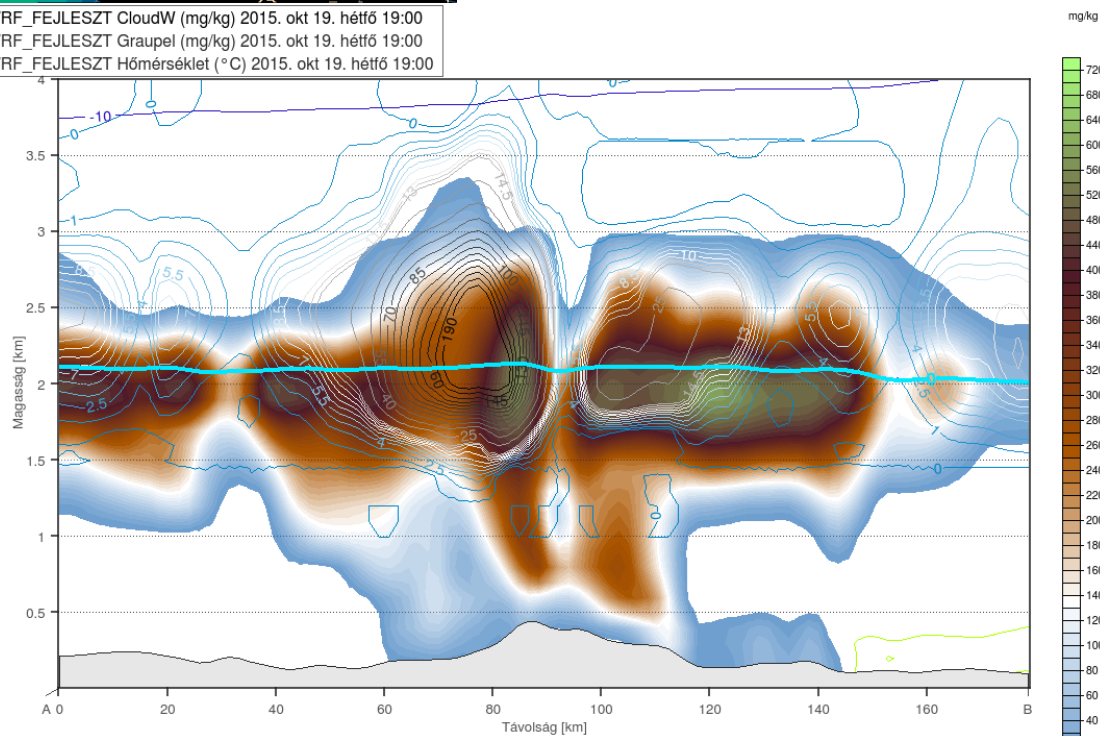
Az ónos esőt kiváltó inverziós rétegződés vertikális metszeten

WRF_FEJLESZT Radar MaxRefI (dBz) 2015. okt 19. hétfő 19:00

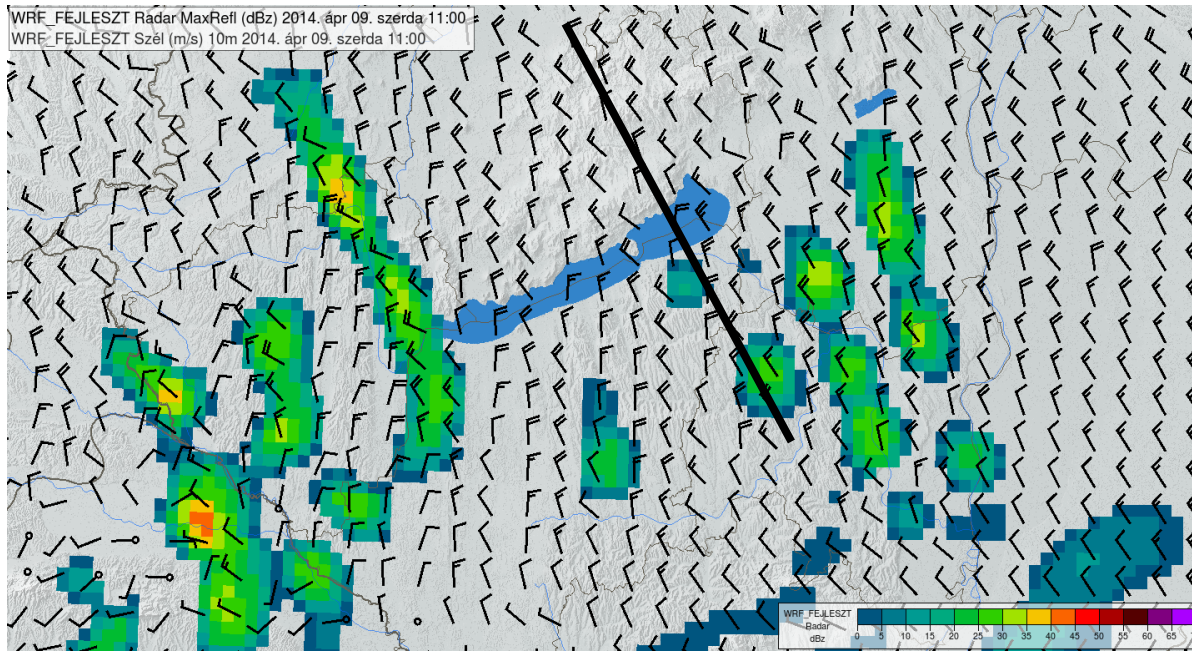


Jegesedés a felhőkben

Felhőelemek (színezés) és graupel (vonalak) keverési aránya.
A 0 C-os izoterma világoskékkel.



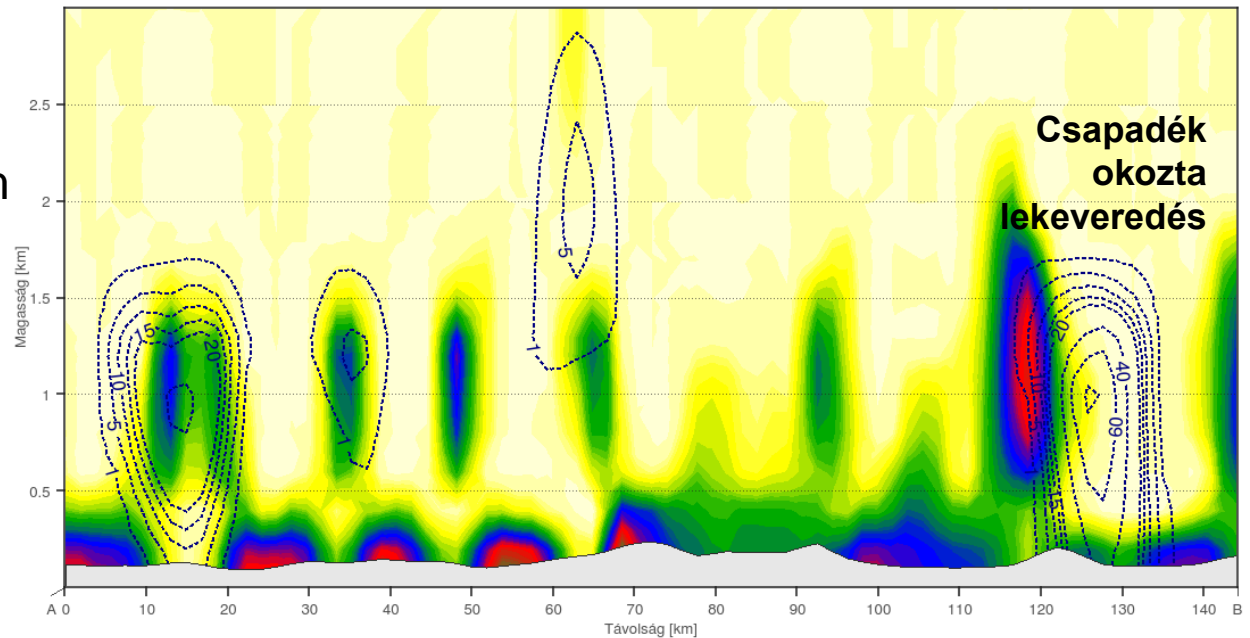
WRF_FEJLESZT Rádar/MaxRefI (dBz) 2014. ápr 09. szerda 11:00
WRF_FEJLESZT Szél (m/s) 10m 2014. ápr 09. szerda 11:00



Alacsony szintű turbulencia

Turbulens kinetikus energia alakulása hátoldali helyzetben

WRF_FEJLESZT Turbulens_kinetikus_energia (m2/s2) 2014. ápr 09. szerda 11:00
WRF_FEJLESZT RainW (mg/kg) 2014. ápr 09. szerda 11:00



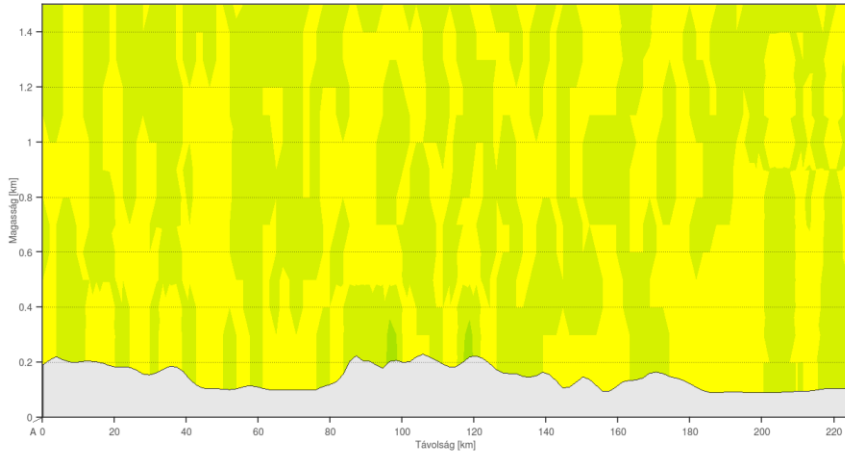
Kisgépek
Drónok
Nagygépek fel és leszállása

2 km

Turbulens kinetikus energia alakulása sekély inverzió jelenlétében

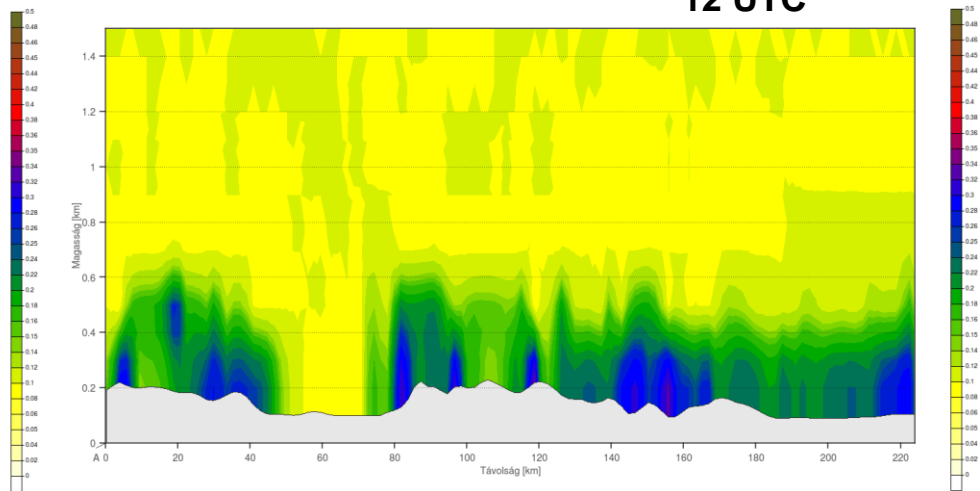
WRF_FEJLESZT Turbulens_kinetikus_energia (m2/s2) 2015. dec 20. vasárnap 06:00

06 UTC



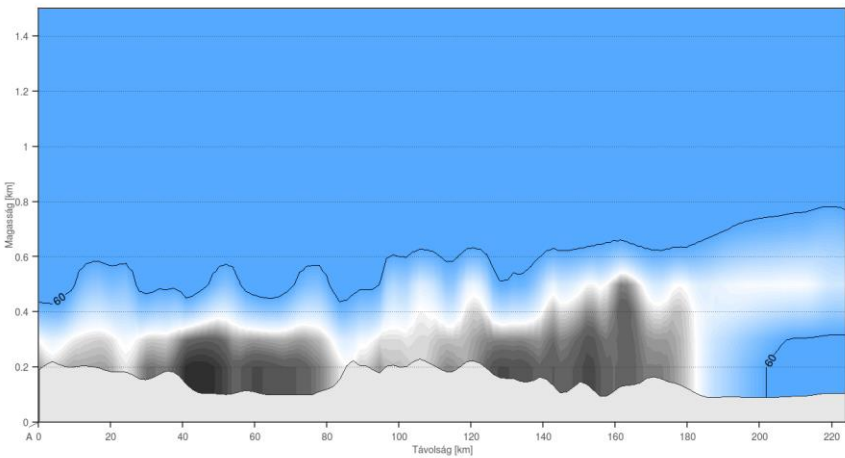
WRF_FEJLESZT Turbulens_kinetikus_energia (m2/s2) 2015. dec 20. vasárnap 12:00

12 UTC



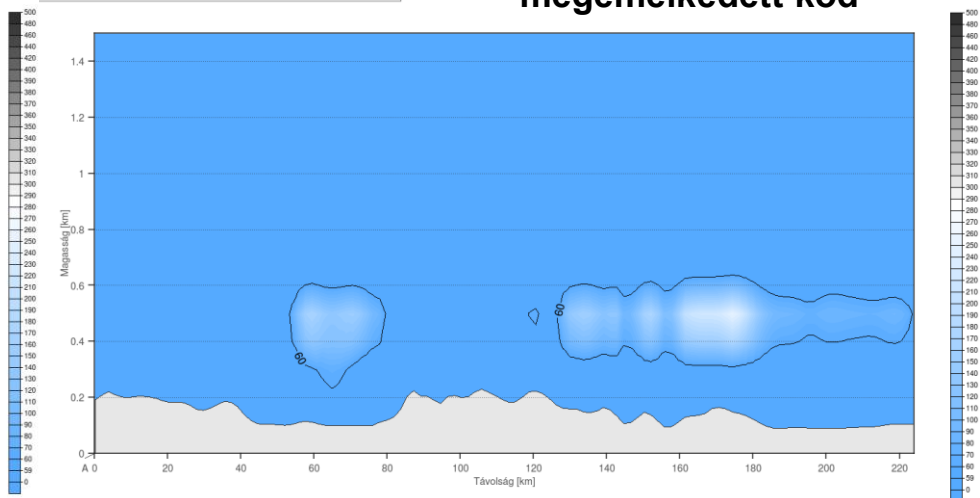
Sekély köd a felszínen

WRF_FEJLESZT CloudW (mg/kg) 2015. dec 20. vasárnap 06:00



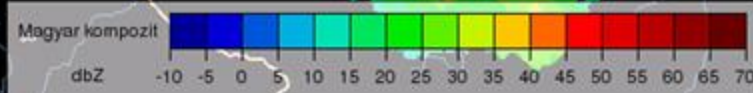
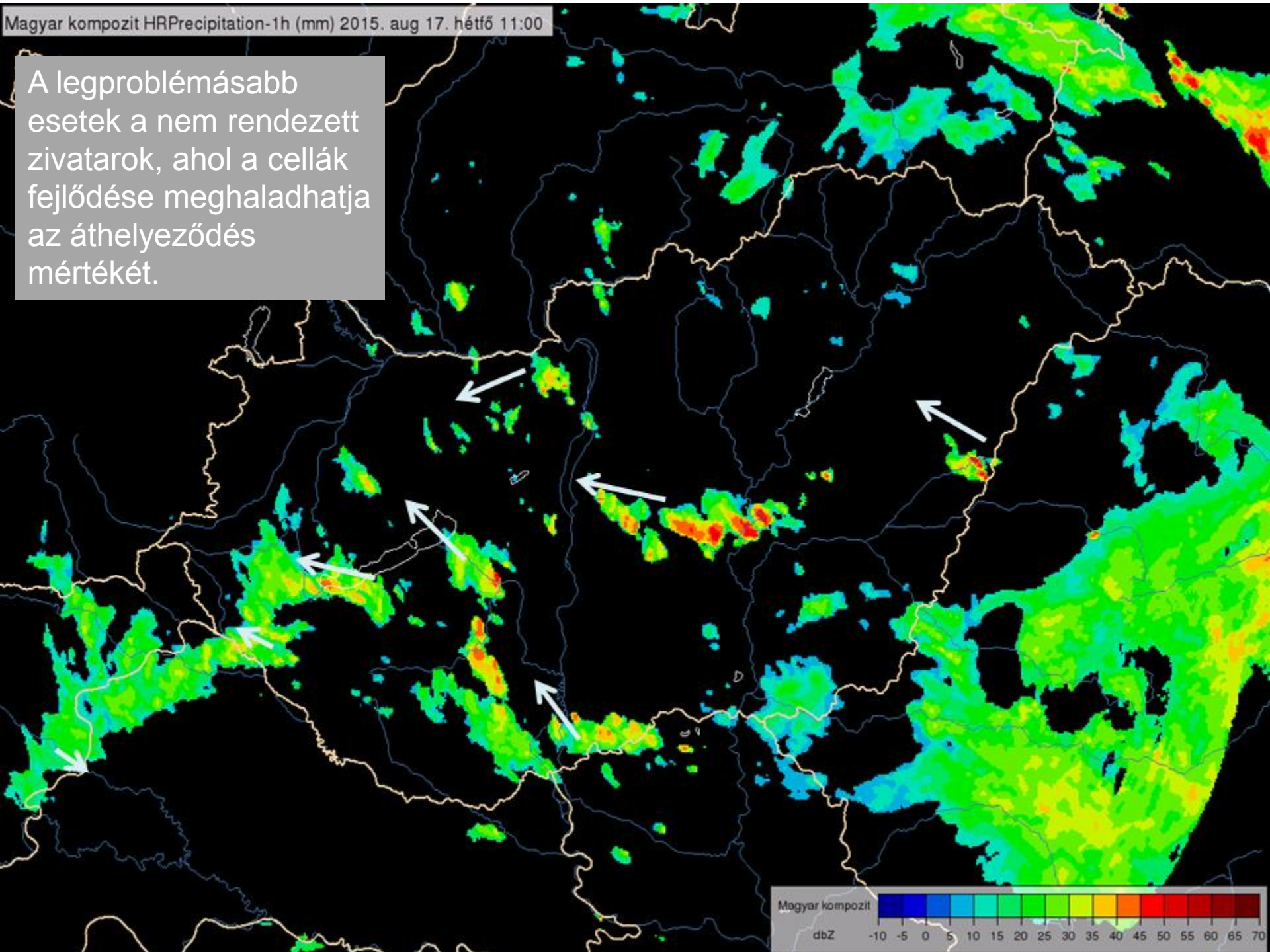
Felszakadozott, ill. megemelkedett köd

WRF_FEJLESZT CloudW (mg/kg) 2015. dec 20. vasárnap 12:00

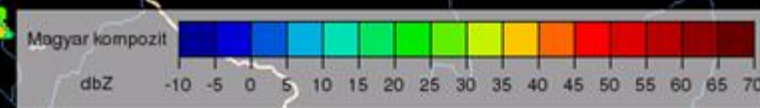
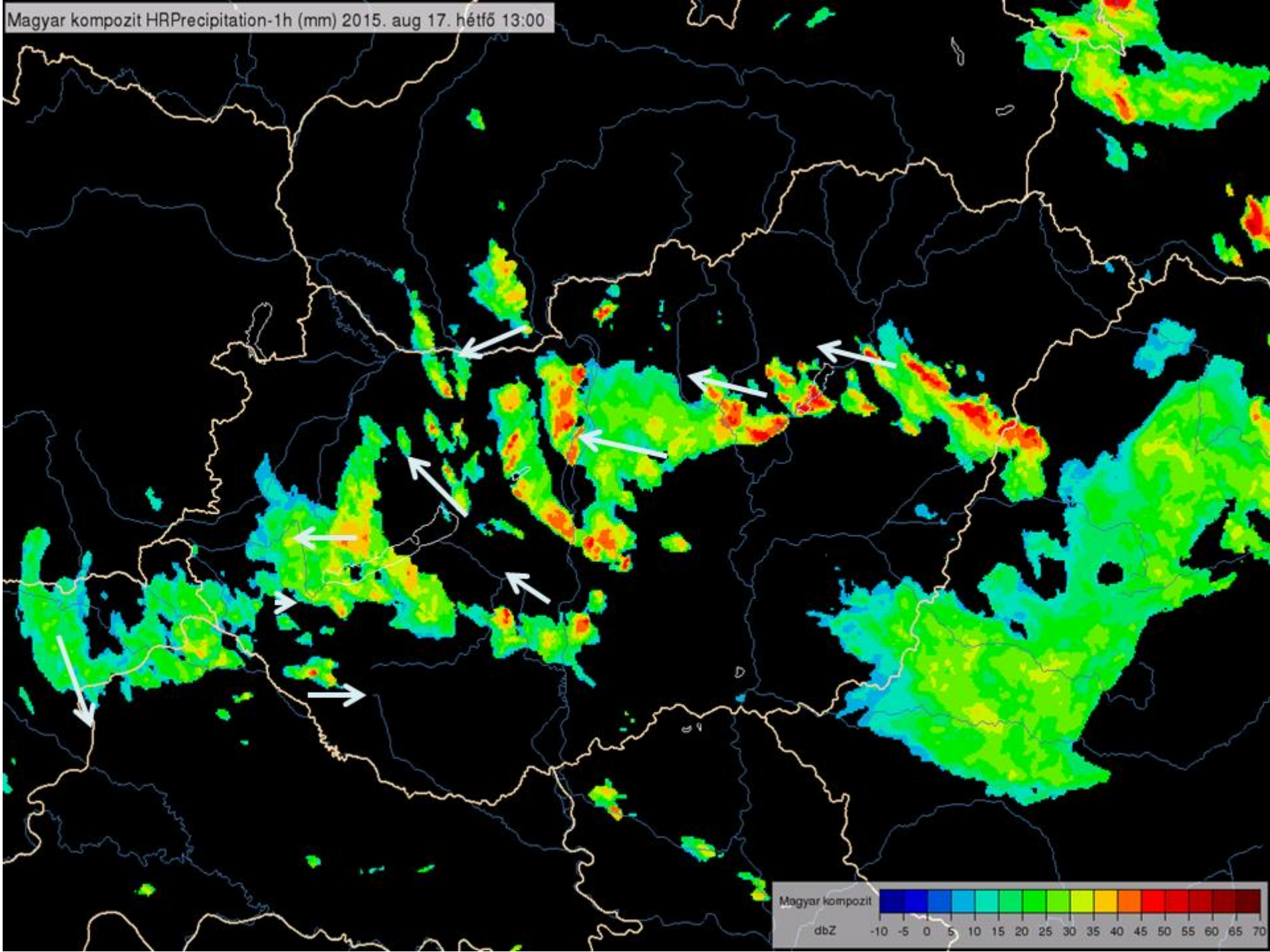


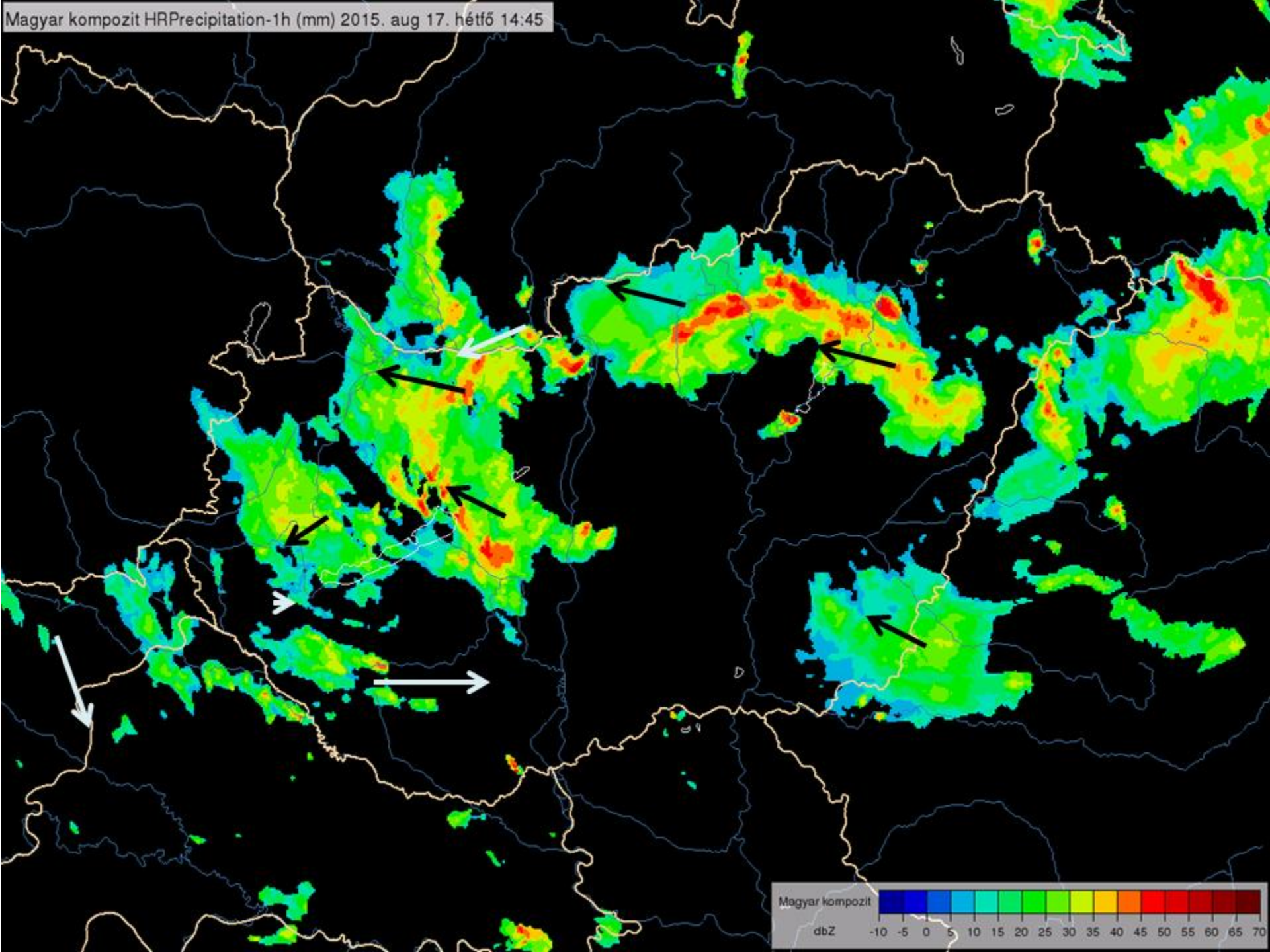
Kisgépek. Drónok Nagygépek fel és leszállása

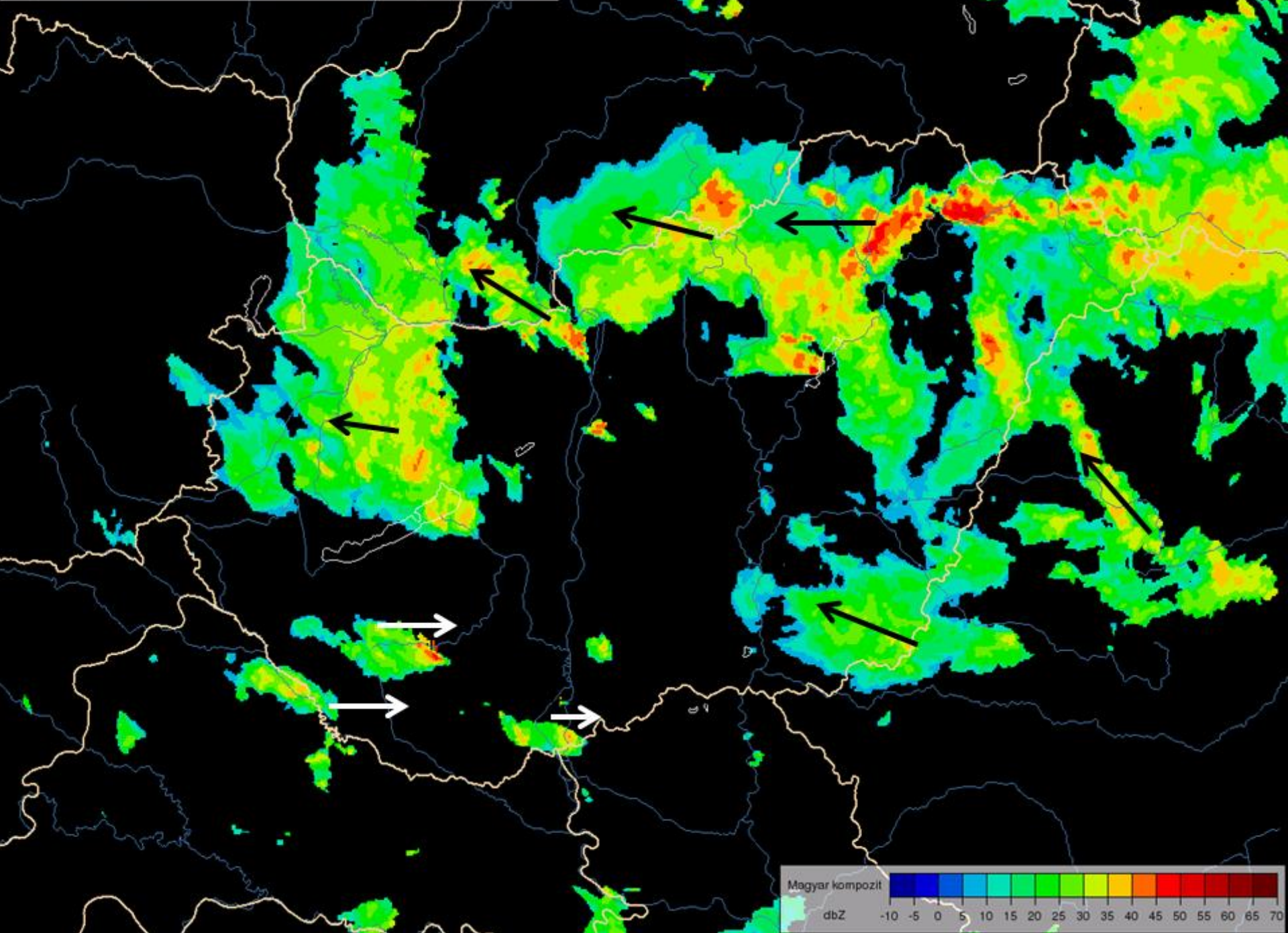
A legproblémásabb esetek a nem rendezett zivatarok, ahol a cellák fejlődése meghaladhatja az áthelyeződés mértékét.

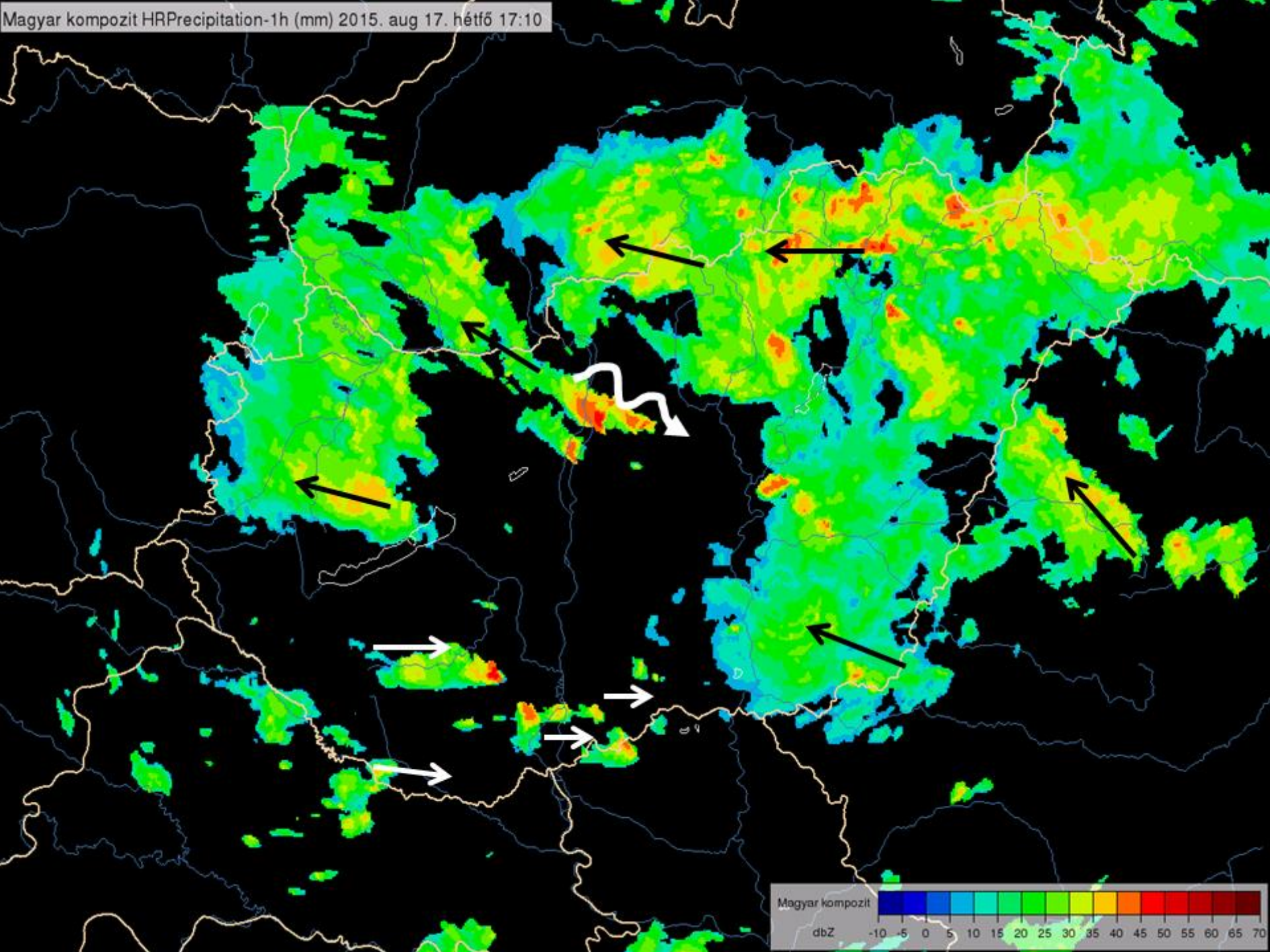


Magyar kompozit HRPrecipitation-1h (mm) 2015. aug 17. hétfő 13:00



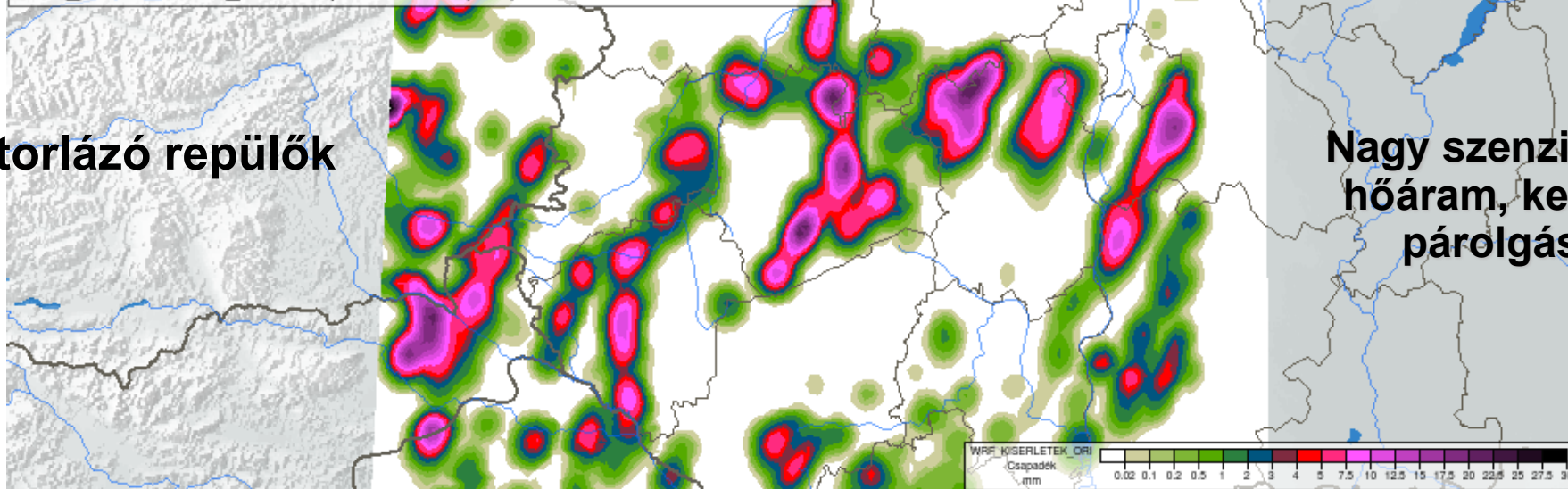




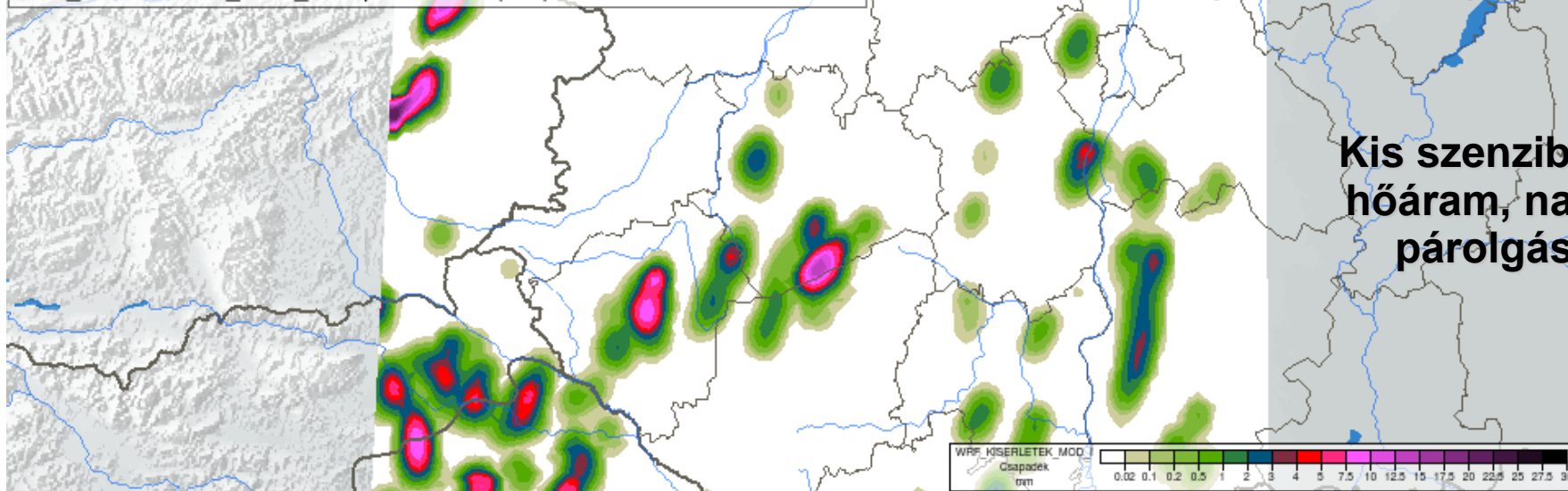


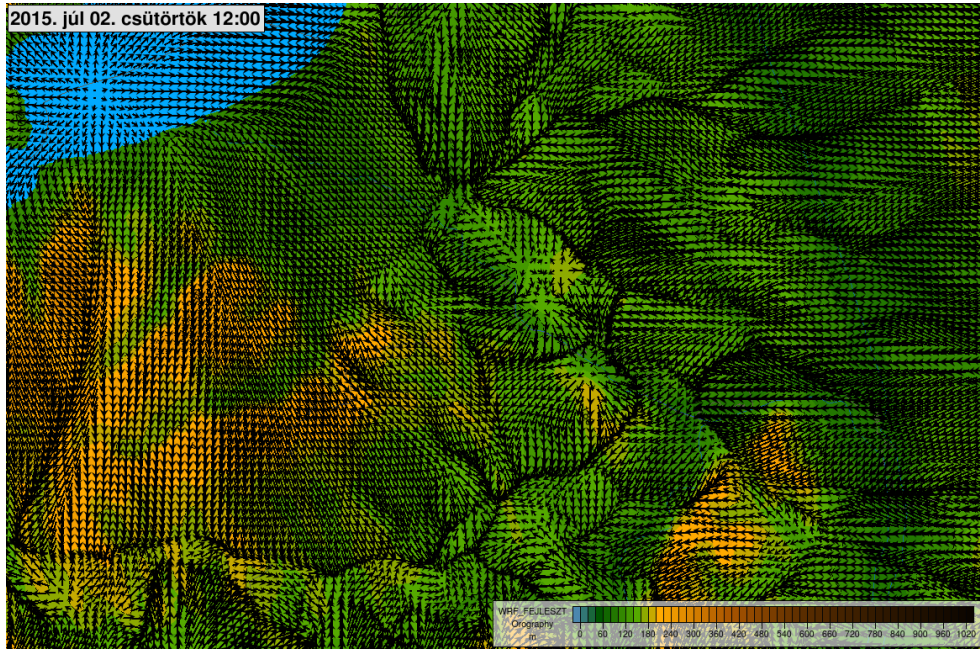
Érzékenység a szenzibilis- és látens hőáram arányának megváltozására

WRF_KISERLETEK_ORI Csapadék Össz (mm) 2014.07.17. csütörtök 18:00



WRF_KISERLETEK_MOD_I Csapadék Össz (mm) 2014.07.17. csütörtök 18:00

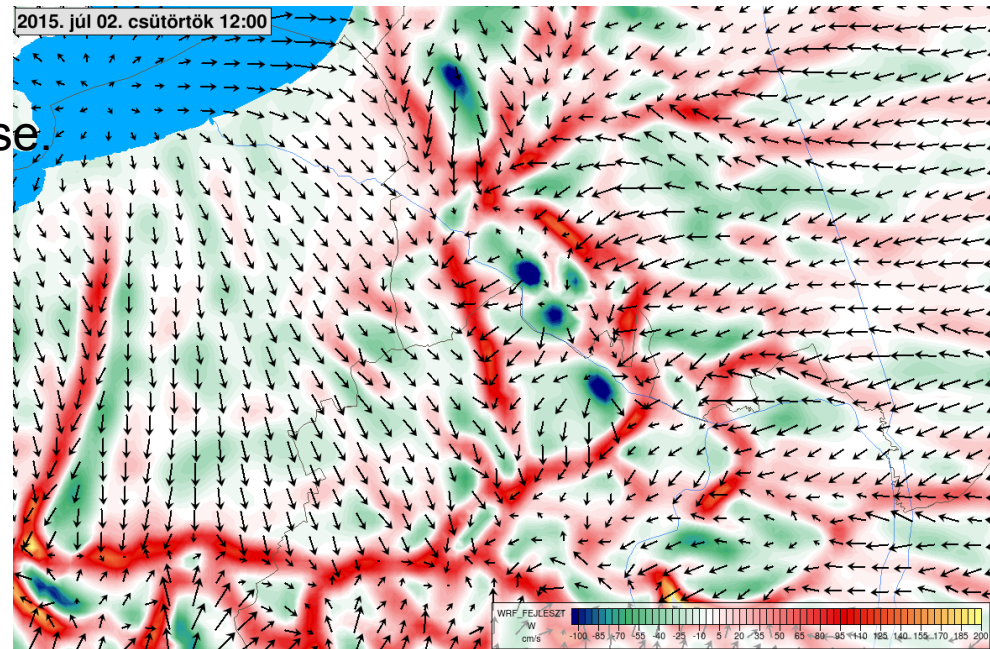




Termikék megjelenése 500 m-es felbontáson

925 hPa szélmező és vertikális sebesség

Becsülhető:
a termikék erőssége és térbeli elterjedése.



Összefoglalás

A nowcasting rendszerek repülésmeteorológiai alkalmazása újabb perspektívákat jelent:

- a szignifikáns időjárási helyzetek felismerésében
- erősségük (veszélyességük) becslésében
- az automatikus ultrarövidtávú előrejelzésben

Az automatikus rendszer az érzékeny pontokon (pl. Liszt Ferenc repülőtér, repülős sportesemények) nem helyettesíti a szakembert!

A számítások kimenő paramétereit nem csak a szakembereknek szólnak, hanem közvetlenül a felhasználóknak: együttműködés, visszacsatolások szükségesek.

