

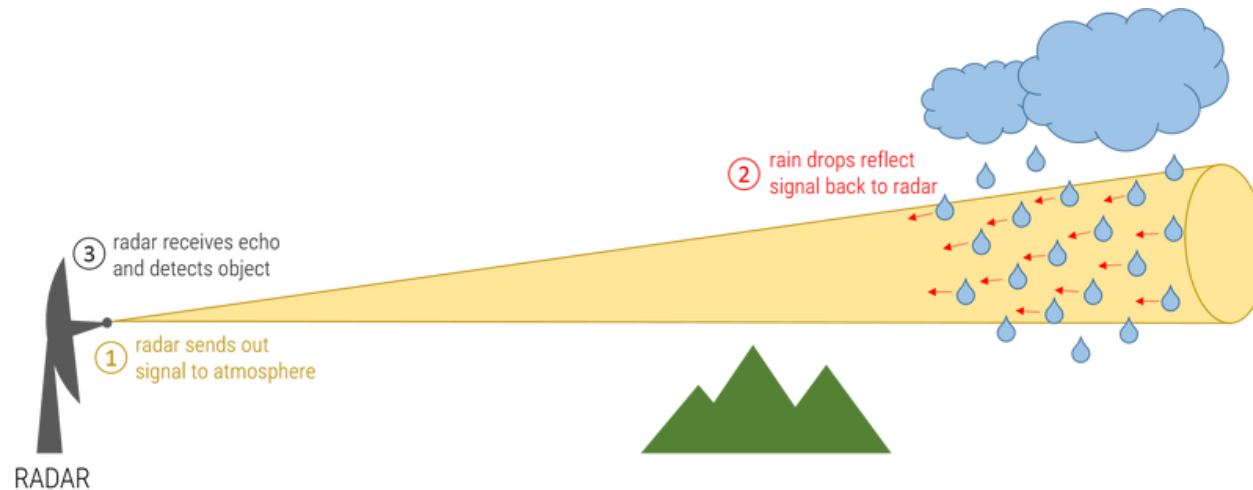
# Időjárási radarok és produktumaik

Cséke Dóra  
HungaroMet  
Méréstechnikai és Energetikai Fejlesztési Osztály



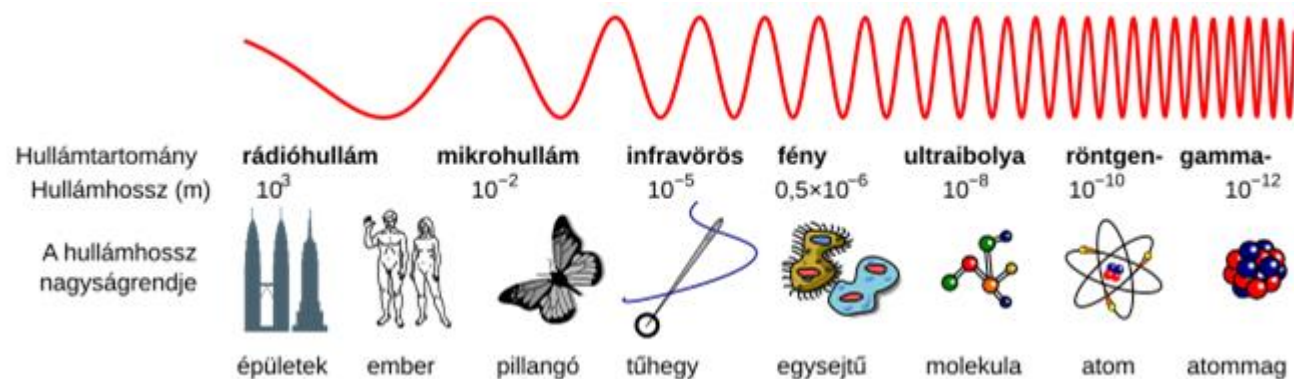
# RADAR - Radio Detection And Ranging

- Rádiótechnikai rendszer, mely adó, vevő, antenna és megjelenítő berendezésből áll
- Nagy energiájú elektromágneses impulzusokat bocsát ki, majd a különböző objektumokról visszavert sugárzás detektálásával információt ad a visszaverődést okozó objektumok helyzetéről és tulajdonságairól.
- A kibocsátott hullám hullámhossza meghatározza, hogy milyen méretű objektumot képes észlelni a radar.



# Története, jelentősége

- II. vh. - repülőgépek helyzet-meghatározása rádióhullám alkalmazásával
- Egyre rövidebb hullámhossz használata -> ismeretlen eredetű objektumokról származó jelek megjelenése (csapadék)
- Műholdas mérések ekkor még nem voltak, csak felszíni és magaslégköri mérések
- A radar lehetővé tette a mezoskálájú folyamatok feltérképezését és megértését



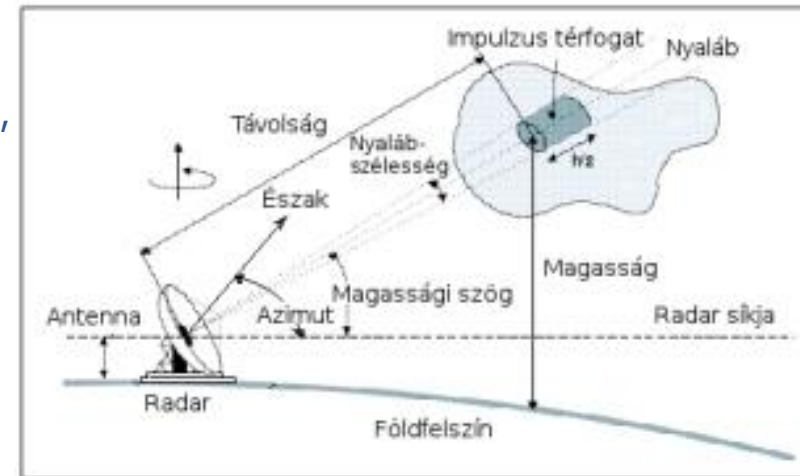
# Radar frekvenciák

Sáv	Frekvencia	Hullámhossz
HF	3-30 MHz	100-10 m
VHF	30-300 MHz	10-1 m
UHF	300-1000 MHz	1-0.3 m
L	1-2 GHz	30-15 cm
S	2-4 GHz	15-8 cm
C	4-8 GHz	8-4 cm
X	8-12 GHz	4-2.5 cm
Ku	12-18 GHz	2.5-1.7 cm
K	18-27 GHz	1.7-1.2 cm
Ka	27-40 GHz	1.2-0.75 cm
V	40-75 GHz	0.75-0.40 cm
W	75-110 GHz	0.40-0.27 cm
mm	110-300 GHz	0.27-0.1 cm

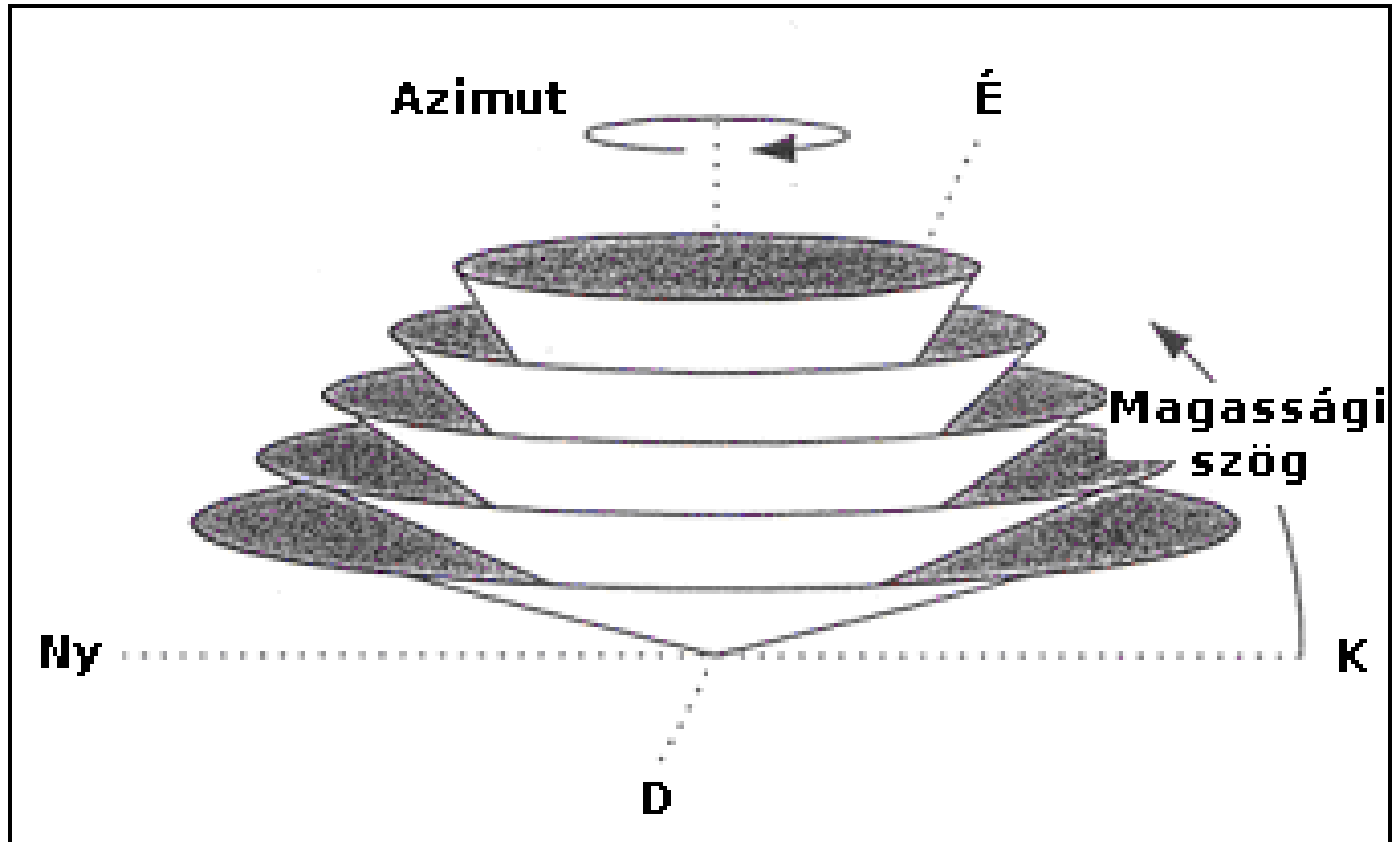


# Időjárási radarok

- Másodpercenként néhány száz alkalommal néhány száz méter hosszú, keskeny impulzust bocsát ki (adó, antenna)
- A nyaláb útjába kerülő tárgyak a sugárzás egy részét visszaverik
- Az antenna irányába visszavert sugárzást a radar detektálja (antenna, vevő)
- Két impulzus kibocsátása közötti idő határozza meg a radar hatótávolságát.
- A mikrohullámú sugárzás legtöbb elektromos jellemzőjét detektálja (intenzitás, frekvencia, polaritás), amelyekből meteorológiai információ nyerhető.



# Mérés több magassági szögön



# Időjárási radarok

**A meteorológiai célok közül a radar csak a csapadékelemeket “látja”:**

- Esőcseppek
- Hókristályok
- Hópelyhek
- Hódara
- Jégszemek

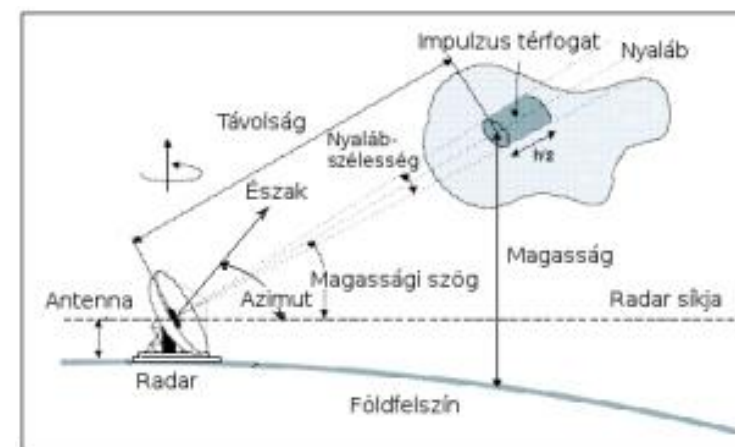
**Az apró felhőelemeket NEM “látja”:**

- Felhőcseppek
- Apró jégkristályok

**A visszaverődés mértéke (reflektivitás, Z) függ az impulzus térfogatban lévő csapadékelemek:**

- Méretétől
- Számától
- Halmazállapotától
- Egyéb fizikai tulajdonságaitól

**A reflektivitásnak a 10-es alapú logaritmusának 10-zel való szorzásával kapott dBZ értékeit használjuk.**



# Ekvivalens csapadékintenzitás

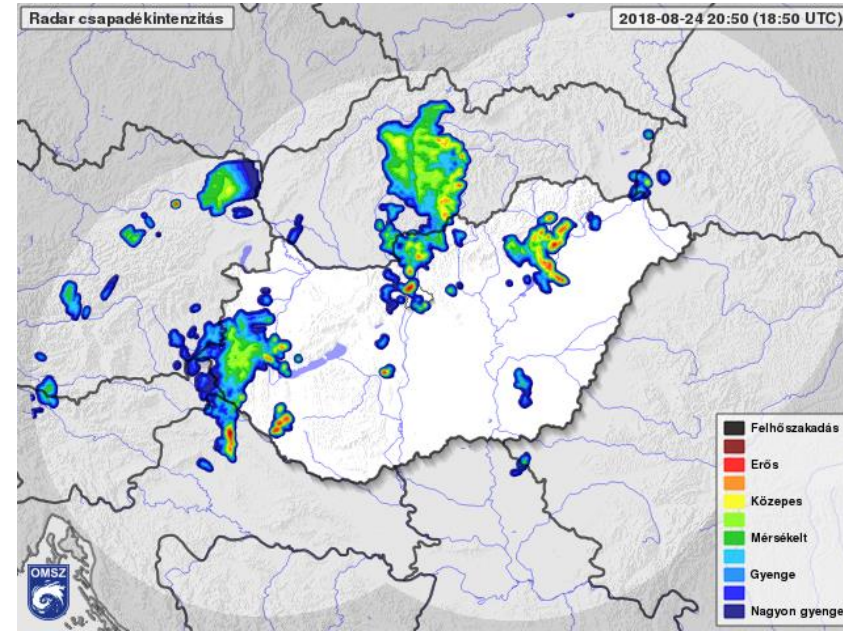
Radar (dBz)	Eső (mm/h)
- 10.0	0.01
- 5.0	0.02
0.0	0.04
5.0	0.07
10.0	0.15
15.0	0.30
20.0	0.70
25.0	1.30
30.0	2.70
35.0	5.60
40.0	11.50
45.0	24.00
50.0	48.00
55.0	100.00
60.0	205.00

**Marshall-Palmer formula:**

$$Z = 200R^{1,6}$$

Z: reflektivitás

R: csapadékintenzitás



	Csapadékintenzitás (mm/h)
■ Felhőszakadás	100<
■	48,6-100
■ Erős	23,7-48,6
■	11,5-23,7
■ Közepes	5,6-11,5
■	2,7-5,6
■ Mérsékelt	1,3-2,7
■	0,6-1,3
■ Gyenge	0,3-0,6
■	0,15-0,3
■ Nagyon gyenge	0,02-0,15





# A HungaroMet radarhálózata

Duálpolarizációs Doppler-radarok

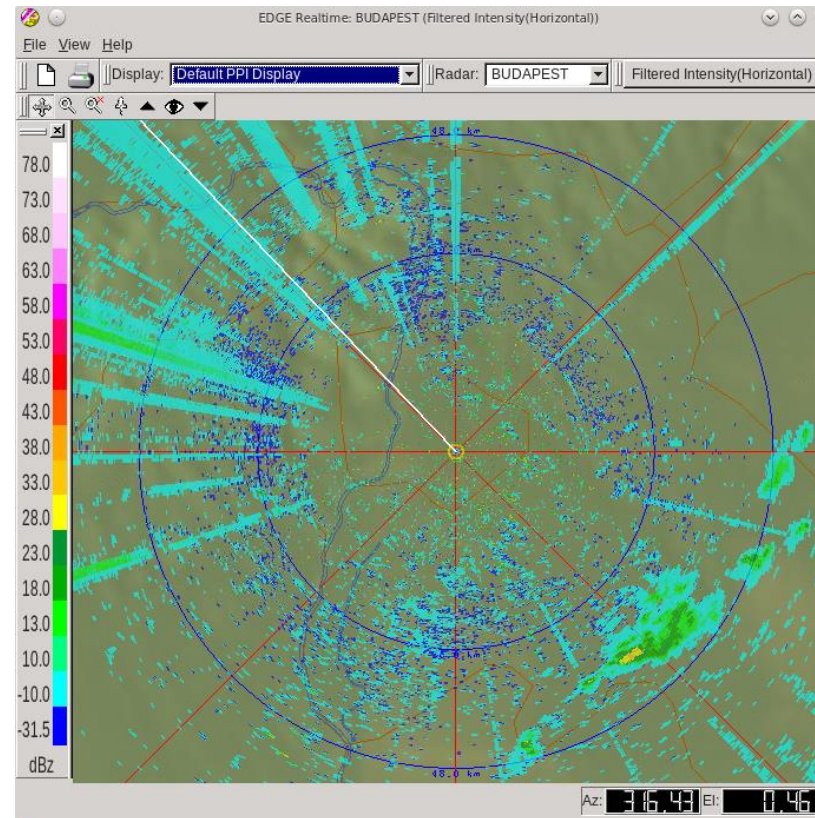
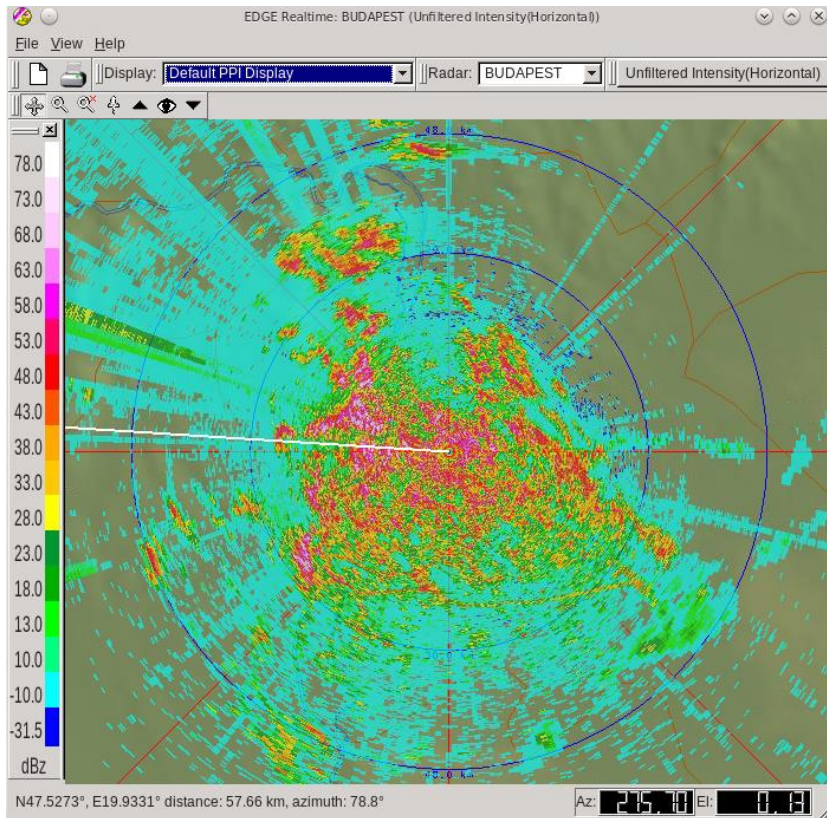


# Az HungaroMet radarhálózatának mérési programja

Mérési feladat	Csapadékmérés	Szélmérés
Mérési ciklus	5 percenként	15 percenként
Hullámhossz	5,5 cm	5,5 cm
Impulzusismétlési frekvencia	600 Hz	1180 Hz
Impulzushossz	0,8 $\mu$ s	0,8 $\mu$ s
Max. mérési távolság	240 km	120 km
Minta szám	36	70
Doppler mérés	Igen	Igen



# Doppler elv alkalmazása, talajcélészűrés

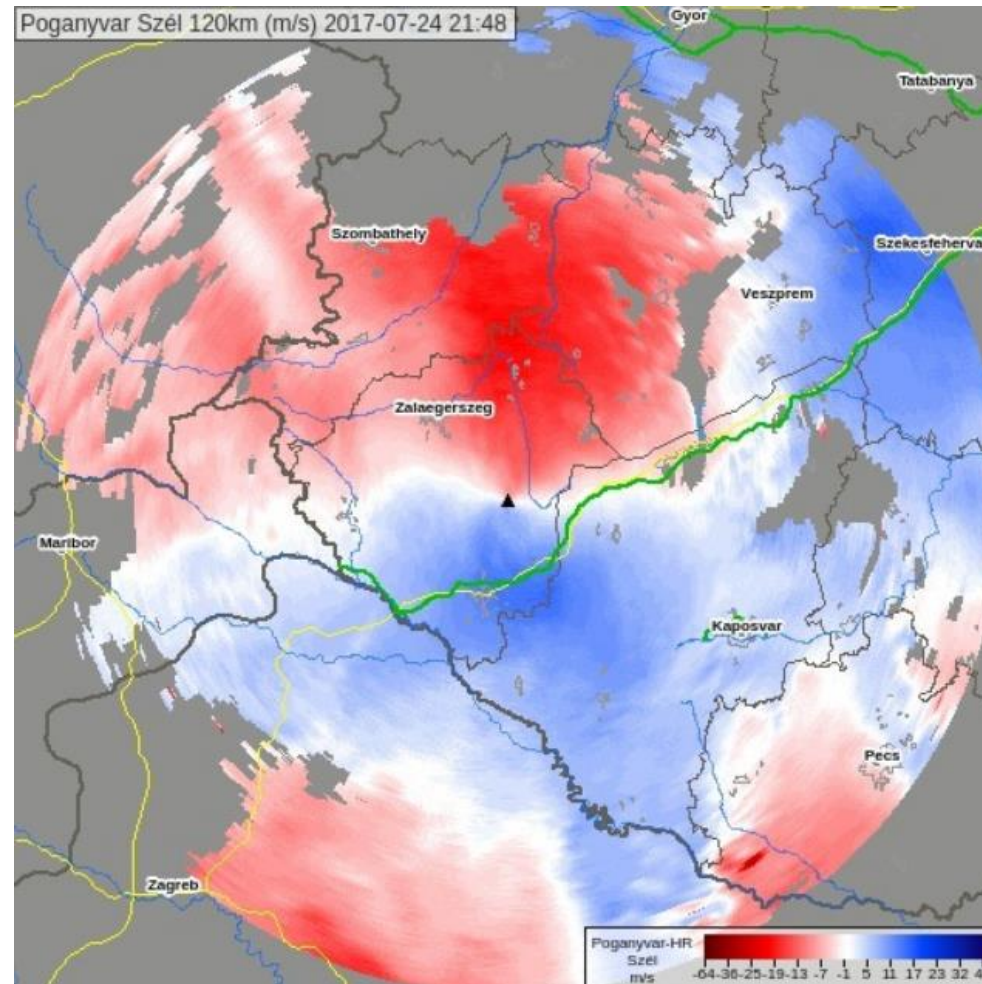


- A mozgó célokról visszaverődő elektromágneses hullám frekvenciája megváltozik
- A nem mozgó célok reflexióit meg tudjuk különböztetni a csapadékról visszavert jelektől



# Doppler elv alkalmazása, sebességmérés

A mozgó célról visszavert EM hullámok közti fáziskülönbség arányos a visszaverő objektum radarhoz képesti sebességével



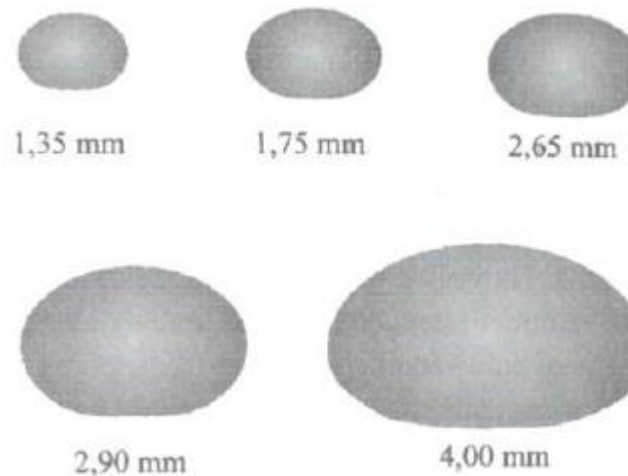
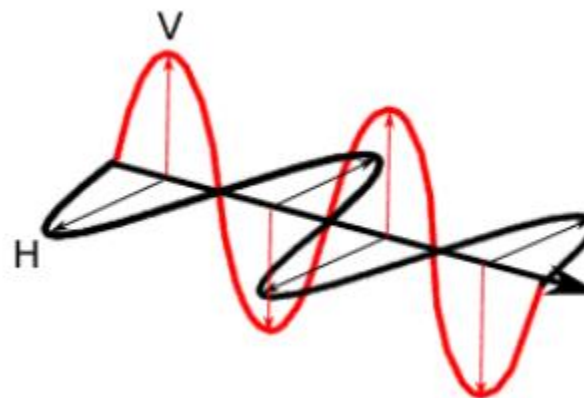
# Duálpolarizáció

Horizontalisan (földfelszínrel párhuzamos) és vertikálisan (földfelszínre merőleges) polarizált elektromágneses hullám

A különböző részecskék a különböző irányokban polarizált sugázást eltérő módon verik vissza.

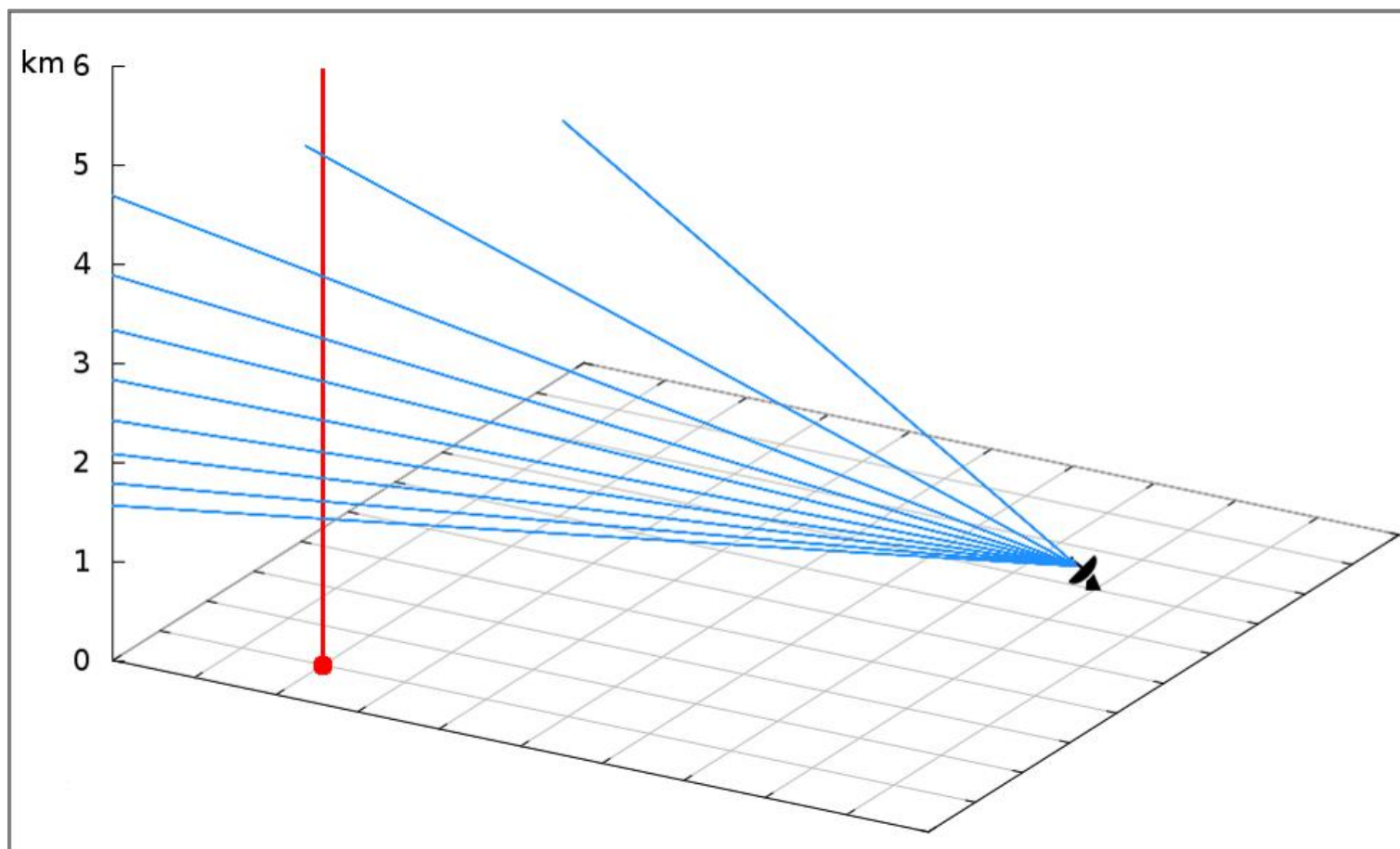
## Alkalmazása

- Hidrometeorok osztályozása
- Csapadékintenzitás becslése, pontosítása
- Korrekciók



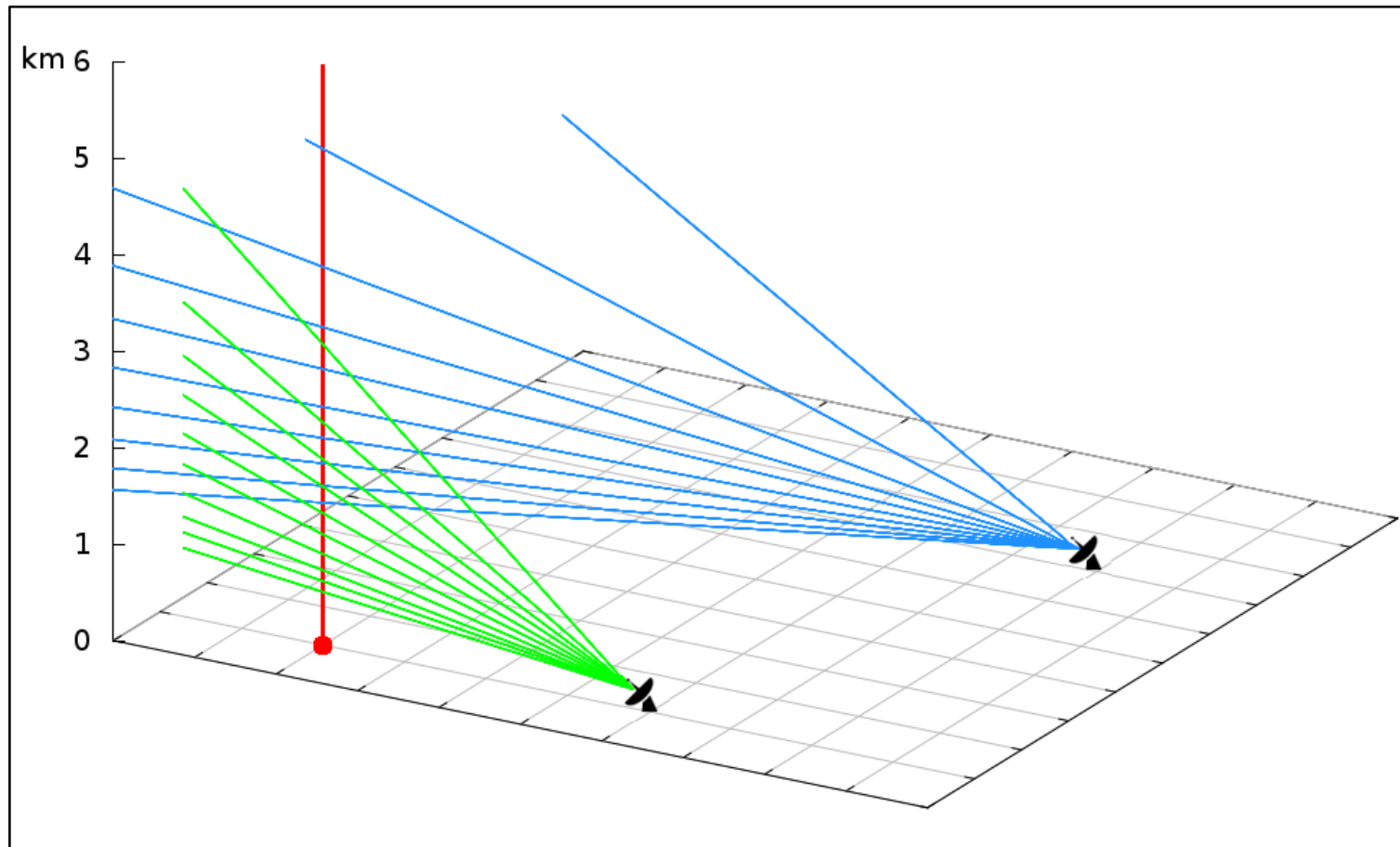
# Produktumok

Oszlopmaximum (C<sub>MAX</sub>)



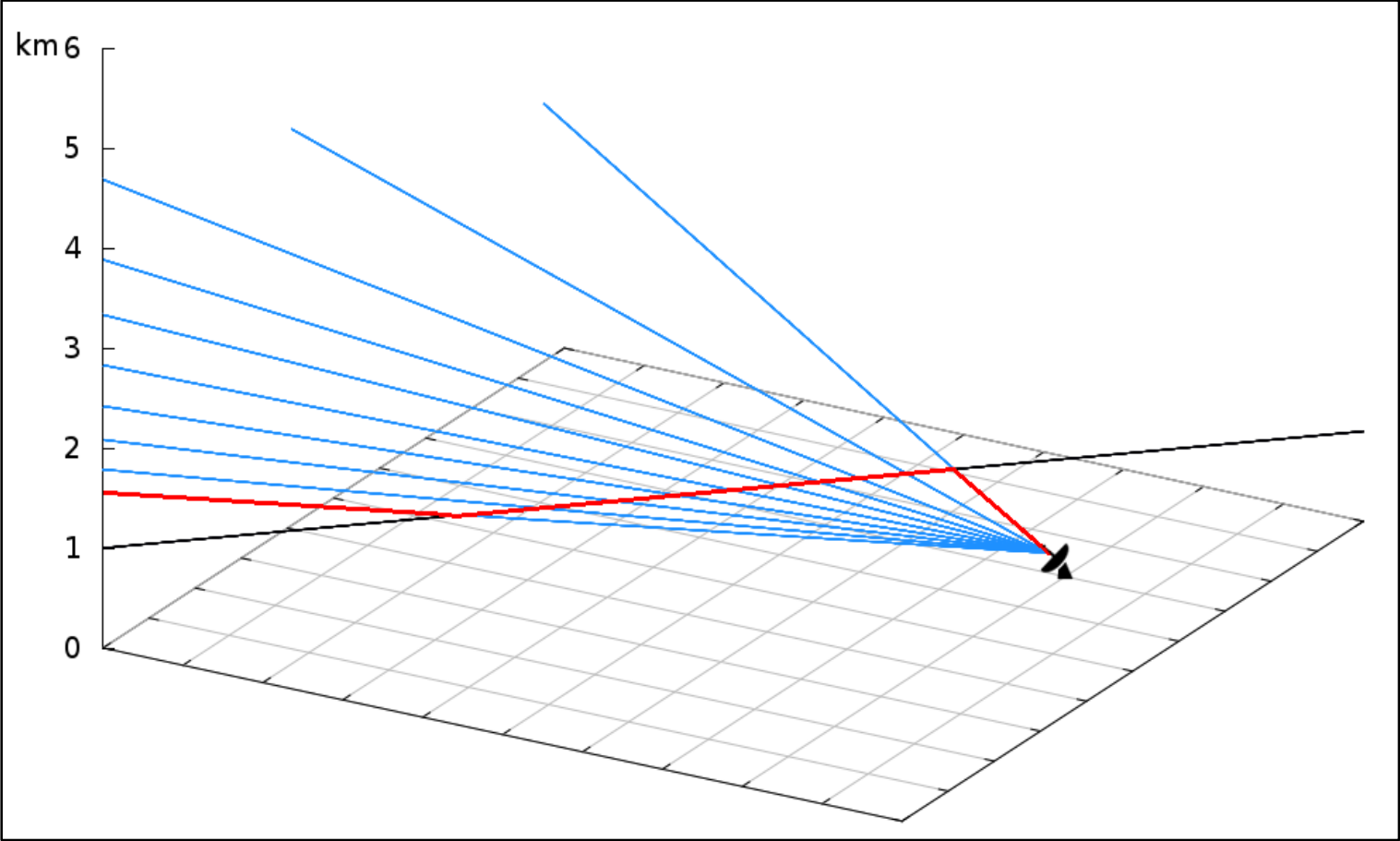
# Produktumok

## Kompozit CMAX



# Produktumok

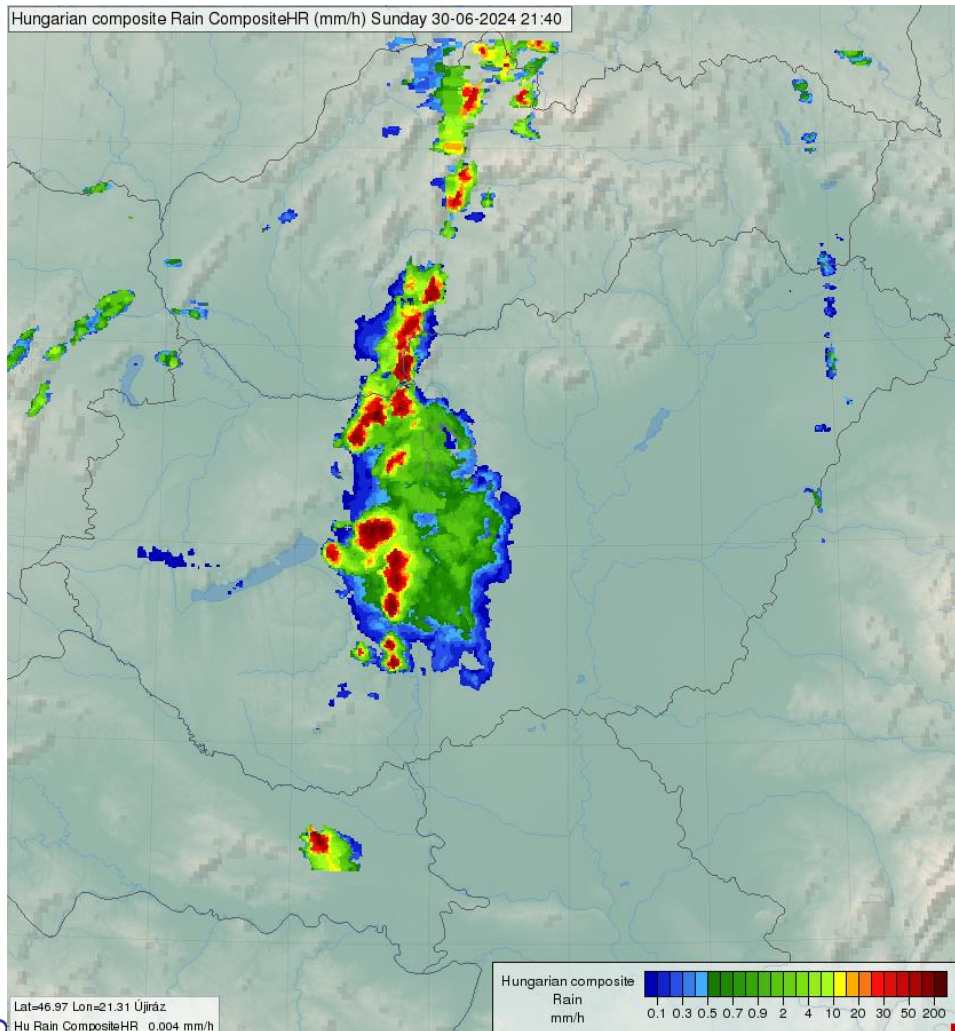
PseudoCAPPI



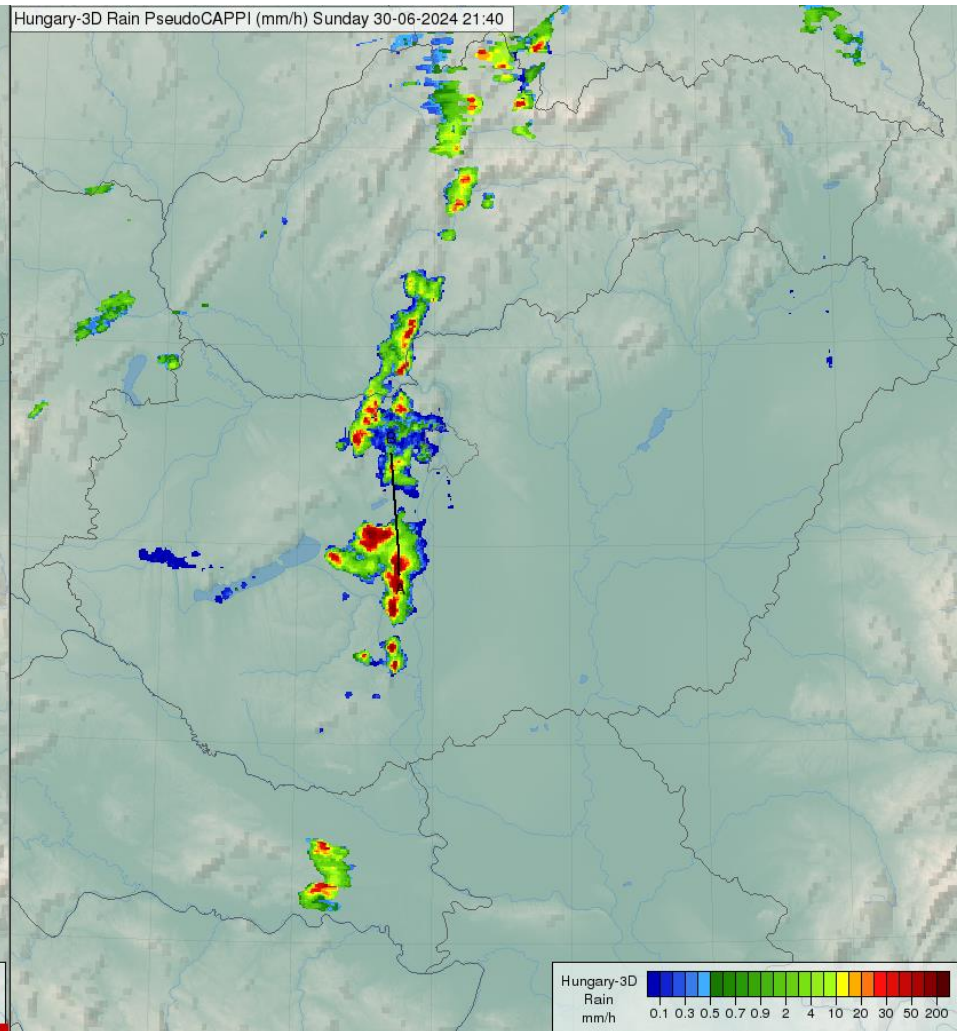


# PseudoCAPPI vs. CMAX

## Kompozit CMAX

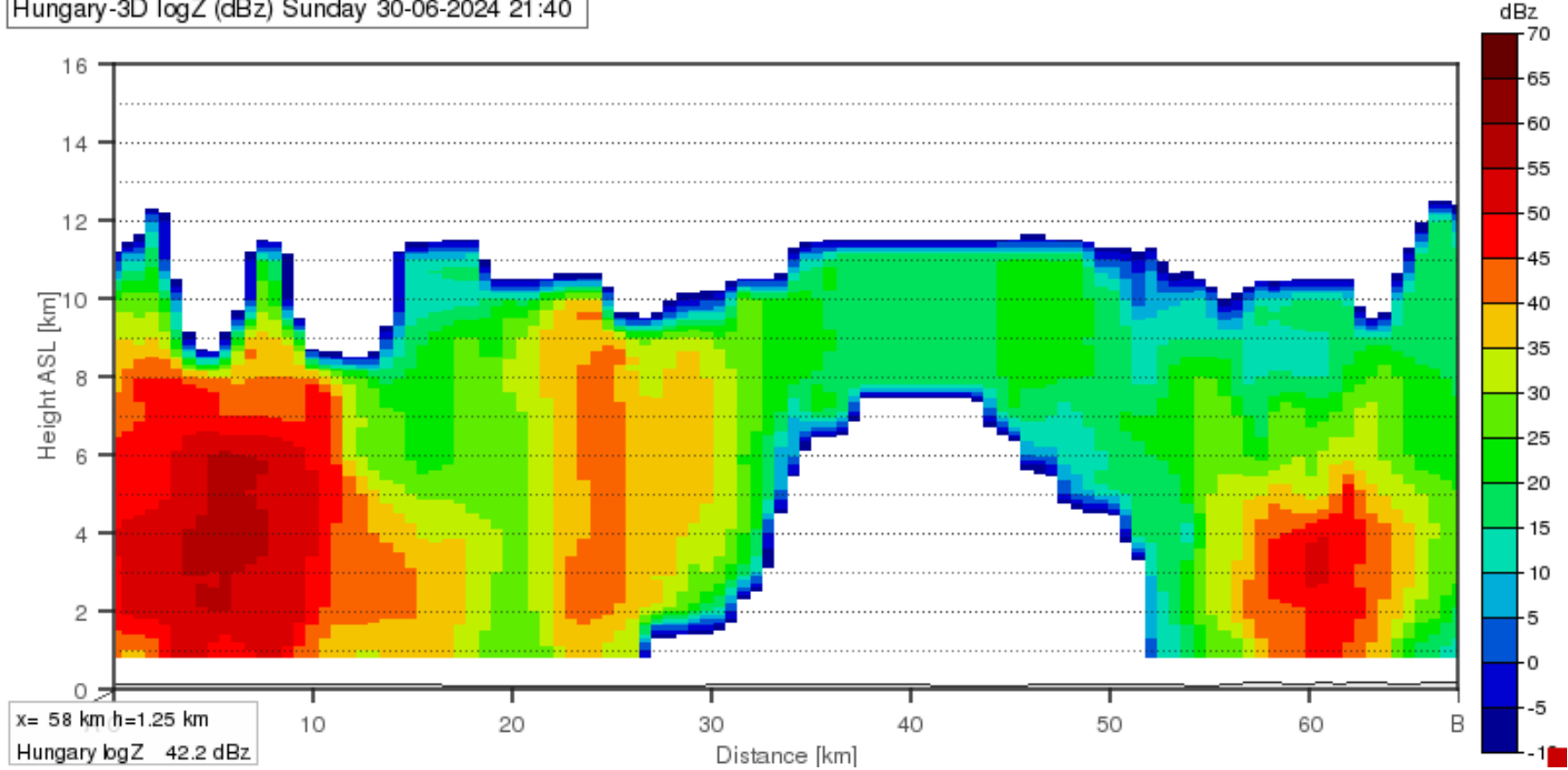


## Kompozit PseudoCAPPI



# PseudoCAPPI vs. CMAX

Hungary-3D logZ (dBz) Sunday 30-06-2024 21:40

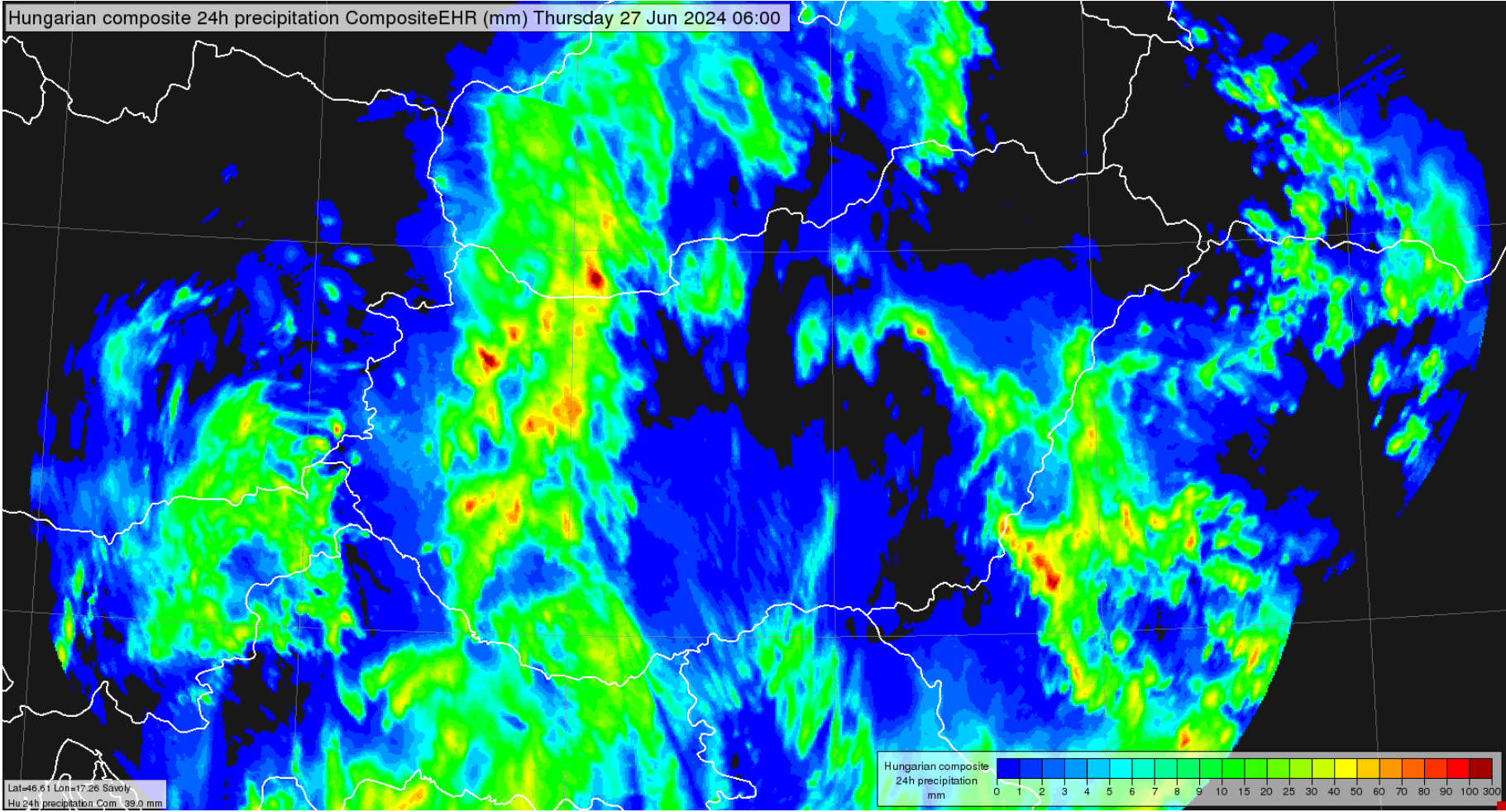


# Csapadékösszegzés

- Nagy területről jó felbontással van intenzitás értékünk
- Az intenzitás időbeli összegzésével a csapadékmennyiség meghatározható
- A diszkrét időpontok miatt hibával terhelt, ami függ a csapadékrendszer:
  - Időbeli fejlődésének ütemétől
  - Térbeli távolságától
  - Mozgásának sebességétől
- A csapadékrendszer áthelyeződési sebességének meghatározásával időben sűrűbb csapadékintenzitás képeket állítunk elő
- Korrigálás a felszíni csapadékmérőkkel
- 1,3,6,12,24 óránként



# Csapadékösszegzés



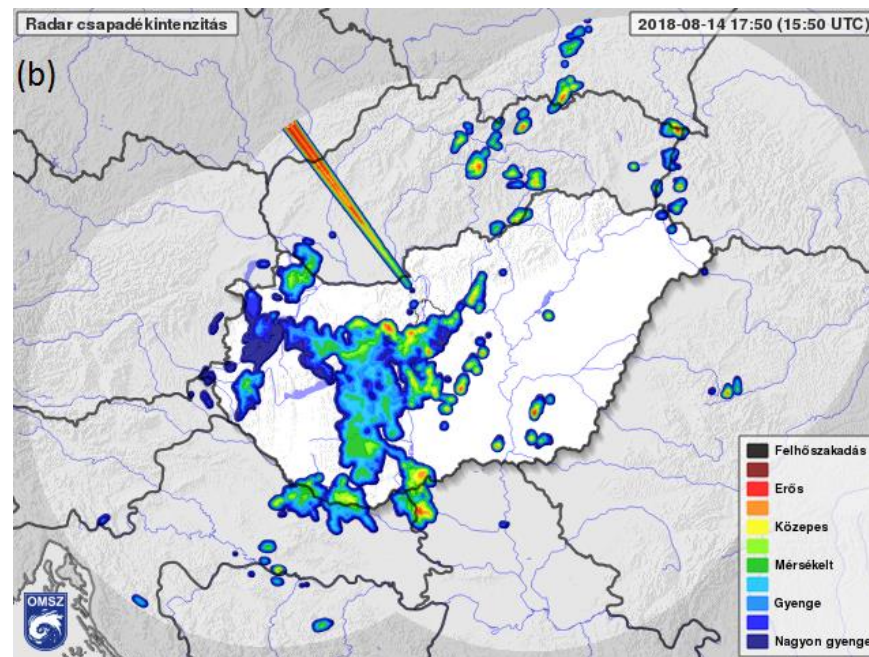
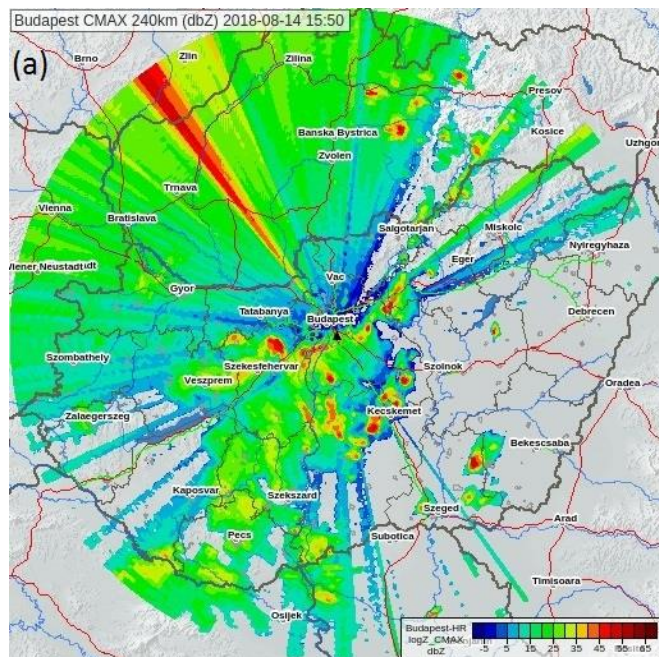
# AUTO METAR

		Lightning				
Level of radar reflectivity in an area of 30km around the aerodrome		Lightning impact(s) in an area of 8 km around the aerodrome	Lightning impact(s) in an area from 8 km to 16km around the aerodrome	Lightning impact(s) in area from 16 km to 30 km around the aerodrome	No lightning impact	No data
	Reflectivity of 5 closely pixels >41 dBZ	CB TS	CB VCTS	CB	CB	CB No information
	33 ≤ Reflectivity of 5 closely pixels <41 dBZ	CB TS	CB VCTS	CB	TCU	TCU No information
	Reflectivity of 5 closely pixels ≤ 33 dBZ	CB TS	CB VCTS	CB		No information
	No data	CB TS	CB VCTS	CB	No informati on	No information No information



# A radarmérések pontosságát rontó hatások

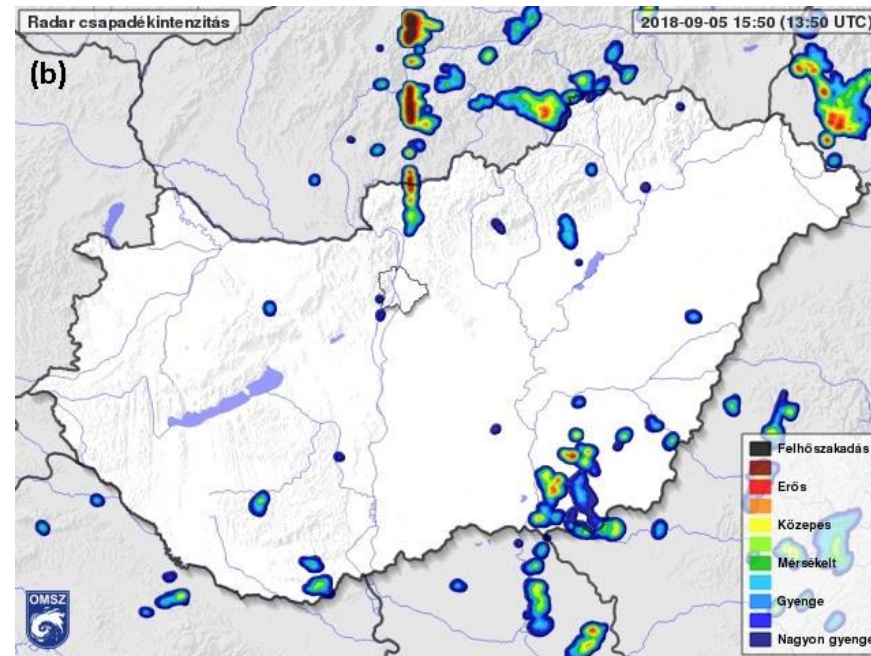
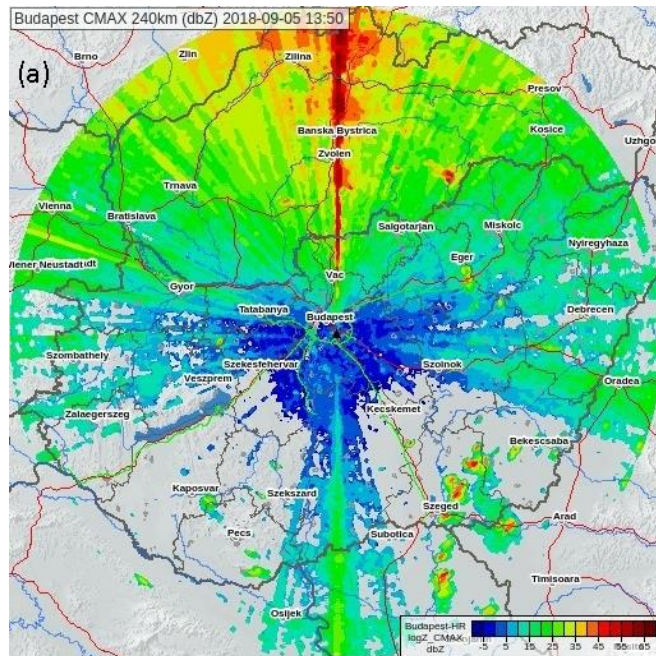
## Wlan zavarok 1



2018. augusztus 14. 15:50 UTC-kor készült budapesti szűretlen reflektivitás kép (a) és a honlapon is megjelenített, szűrt, kompozit csapadékintenzitás térkép (b). Az északnyugati irányból érkező nagyon erős WLAN zavart a szűrők nem tudták eltávolítani a képről.

# A radarmérések pontosságát rontó hatások

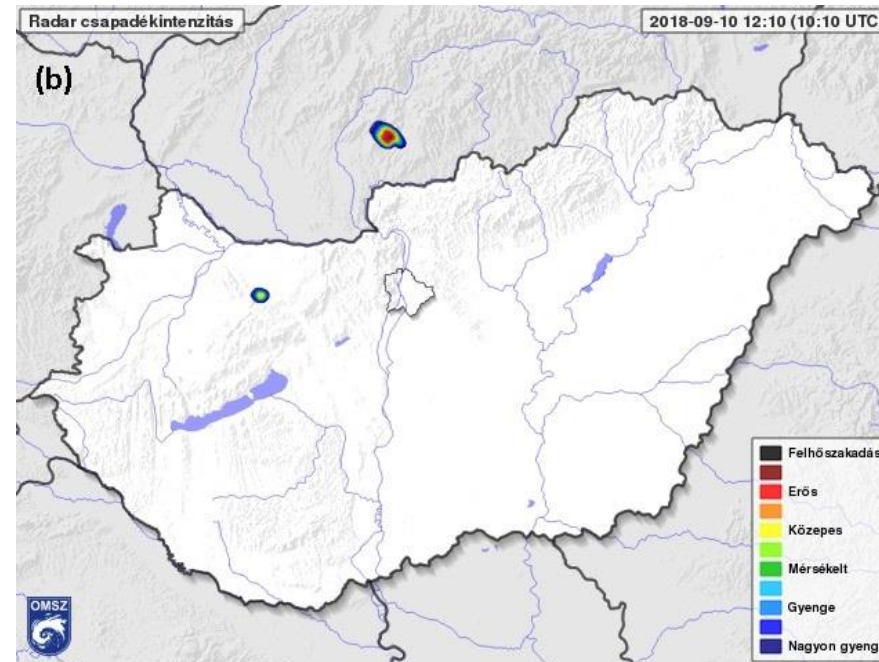
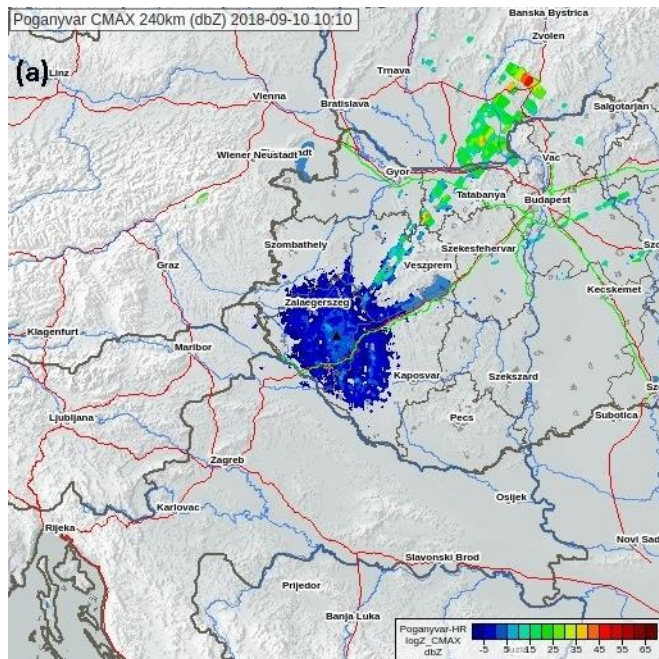
## Wlan zavarok 2



2018. szeptember 05. 13:50 UTC-kor készült budapesti szűretlen reflektivitás kép (a) és a honlapon is megjelenített, szűrt, kompozit csapadékintenzitás térkép (b). Az északi irányból érkező nagyon erős WLAN zavart a szűrők nem tudták eltávolítani a képről.

# A radarmérések pontosságát rontó hatások

## Wlan zavarok 3

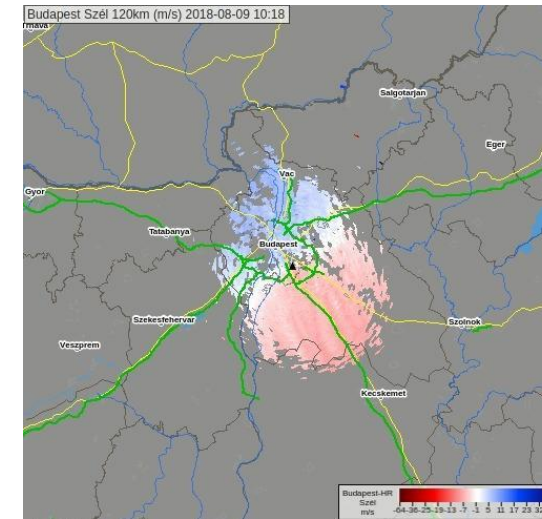
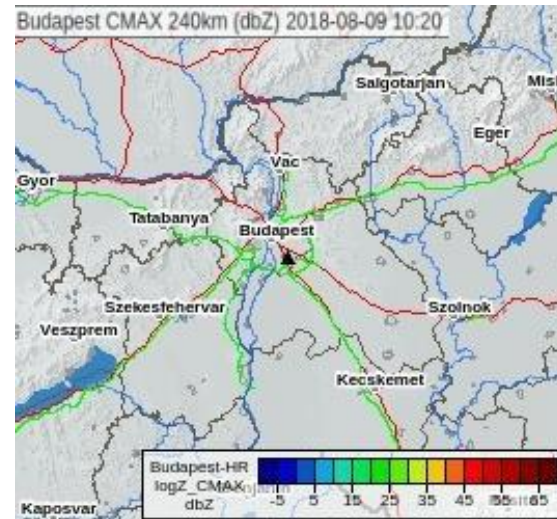
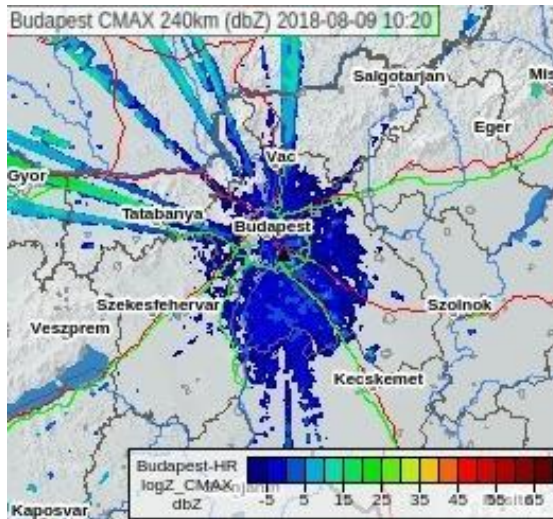


2018. Szeptember 10. 10:10 UTC-kor készült pogányvári szűretlen reflektivitás kép (a) és a honlapon is megjelenített, szűrt, kompozit csapadékintenzitás térkép (b). Az északkeleti irányból érkező nagyon erős WLAN zavart a szűrők nem tudták eltávolítani a képről.



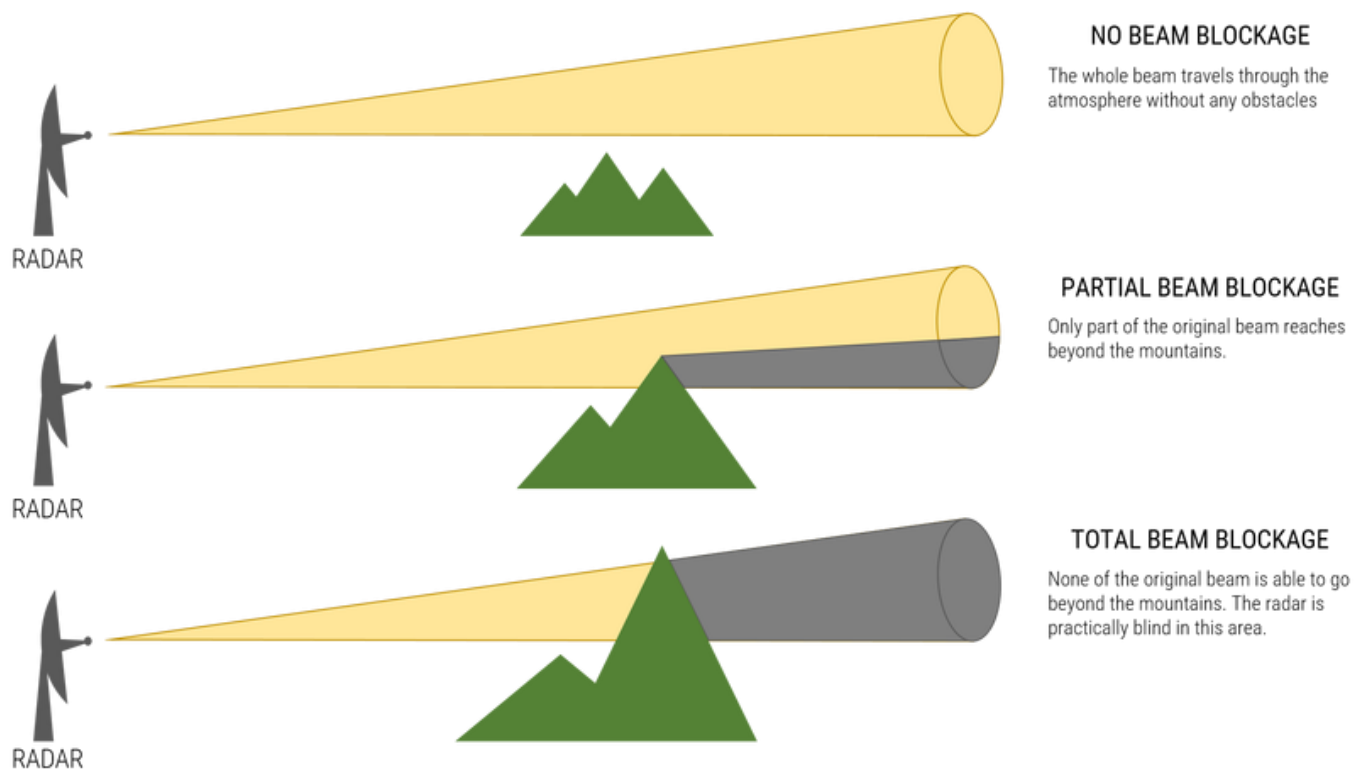
# A radarmérések pontosságát rontó hatások

## Clear Air Echo



# A radarmérések pontosságát rontó hatások

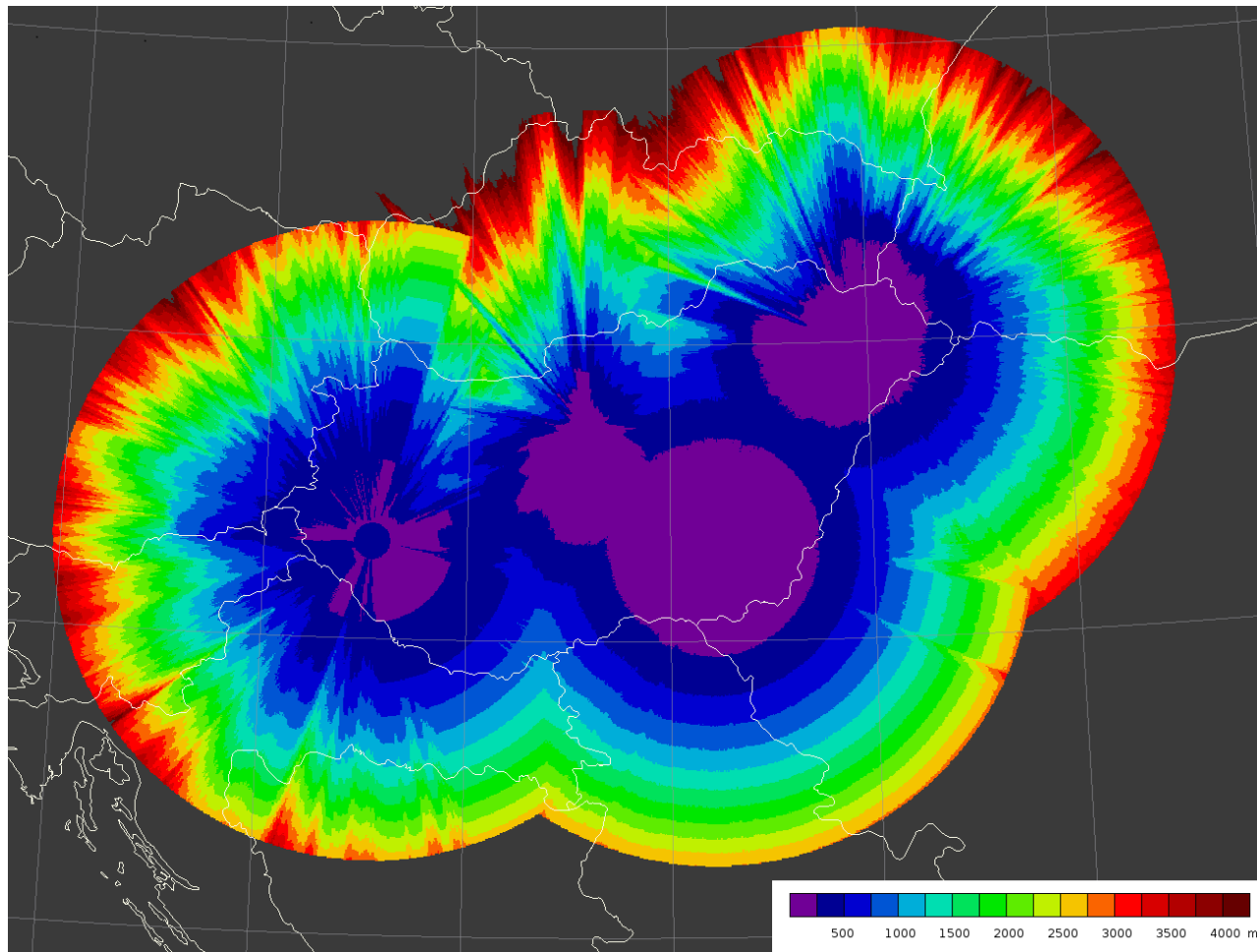
## Domborzat árnyékoló hatása



# A radarmérések pontosságát rontó hatások

Föld görbülete okozta hatás  
Háromshegyi radar negatív elevációval

<250 – 1750 m



Szentes

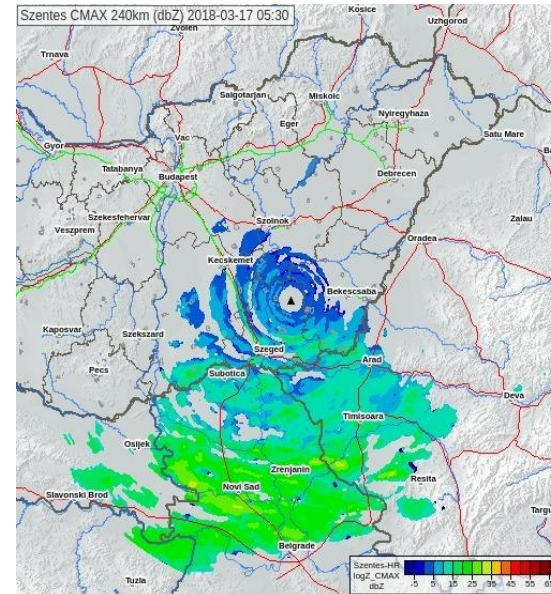
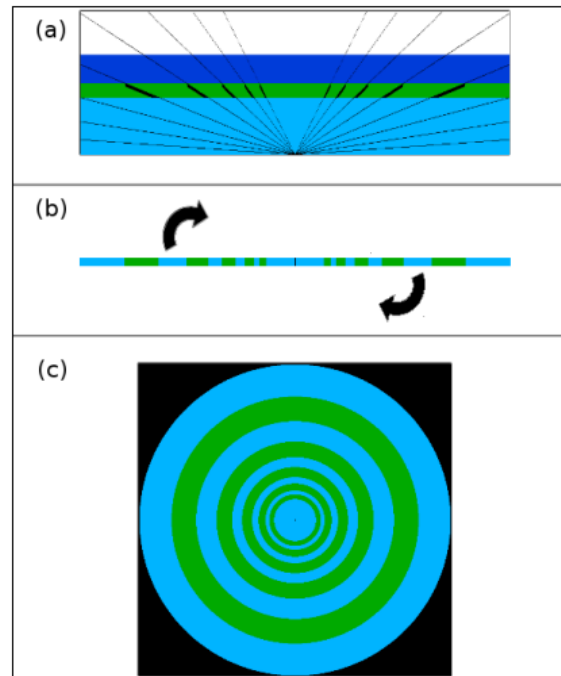
0.000

10	0.130
20	0.148
30	0.177
40	0.218
50	0.271
60	0.336
70	0.412
80	0.501
90	0.601
100	0.713
110	0.836
120	0.972
130	1.118
140	1.278
150	1.448
160	1.631
170	1.825
180	2.031
190	2.248
200	2.478
210	2.719
220	2.972
230	3.237
240	3.514



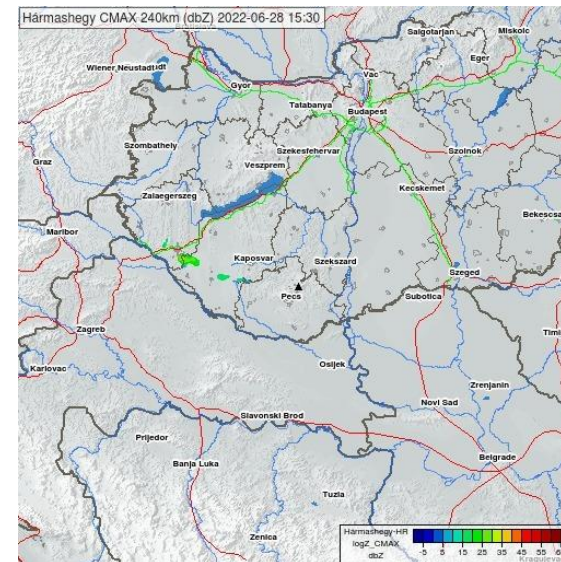
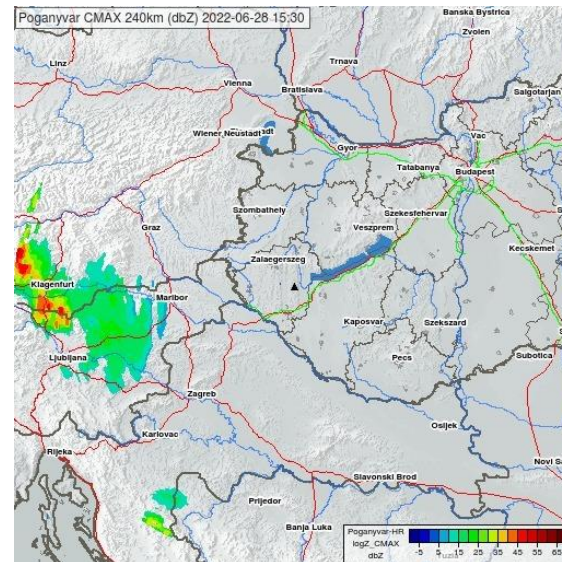
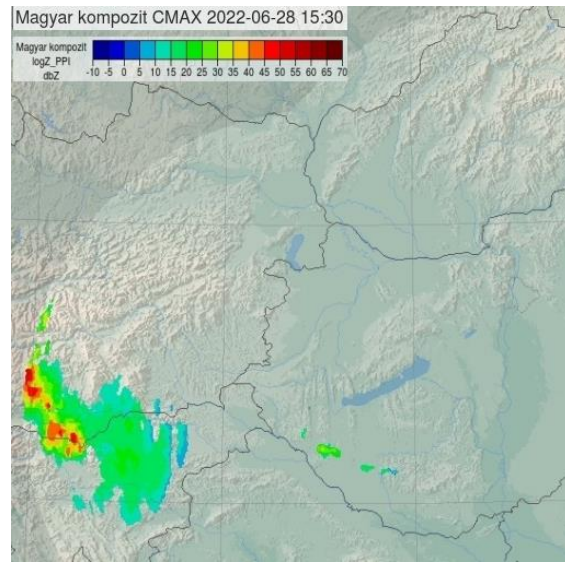
# A radarmérések pontosságát rontó hatások

Olvadási réteg megjelenése a radarképeken – bright band



# A radarmérések pontosságát rontó hatások

## Secondary Trip Echo



# Köszönöm a figyelmet!

[https://www.met.hu/idojaras/aktualis\\_idojaras/radar/](https://www.met.hu/idojaras/aktualis_idojaras/radar/)  
[https://www.met.hu/ismertetok/radar\\_ismerteto.pdf](https://www.met.hu/ismertetok/radar_ismerteto.pdf)

