

Az AROME modell optimalizálása veszélyes időjárási helyzetek előrejelzéséhez

Szintai Balázs, Homonnai Viktória, Szűcs Mihály
Országos Meteorológiai Szolgálat

43. Meteorológiai Tudományos Napok
2017. november 24.



Alapítva: 1870

Veszélyes időjárási helyzetek



Globálisan évi 20.000 haláleset
Forrás: EM-DAT, UCL

Globálisan évi 7.000.000 haláleset
Forrás: WHO



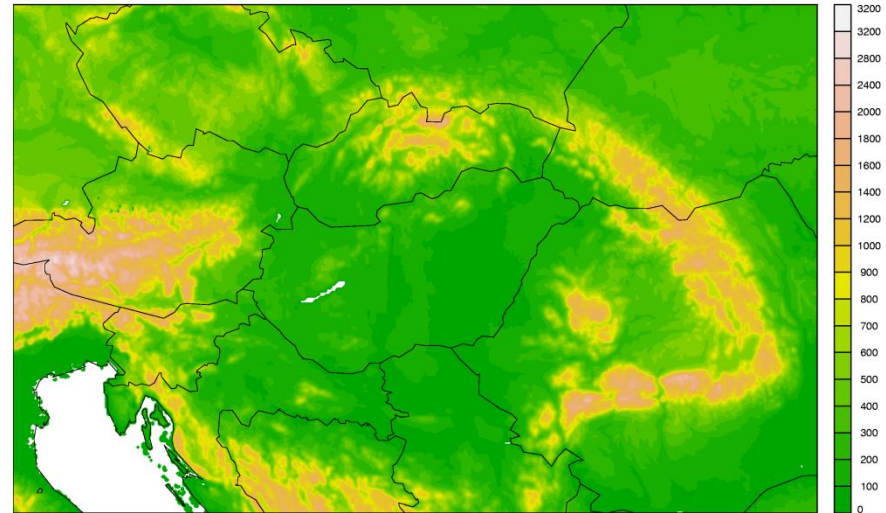
Vázlat

- AROME modell
- Mikrofizikai fejlesztések
- Alkalmazások: diszperziós modellek
- Határréteg-magasság



Operatív AROME - OMSZ

- AROME operatív az OMSZ-nál 2010 decembere óta
- Nem-hidrosztatikus dinamika
- $\Delta x = 2,5$ km
- $\Delta t = 60$ s
- 60 vertikális szint
- Futtatás naponta nyolcszor
- 3DVAR légköri adatasszimiláció, RUC (3h)
- OI felszíni asszimiláció
- Csatolás az ECMWF/IFS modellhez (órás csatolási frekvencia)





Mikrofizikai fejlesztések

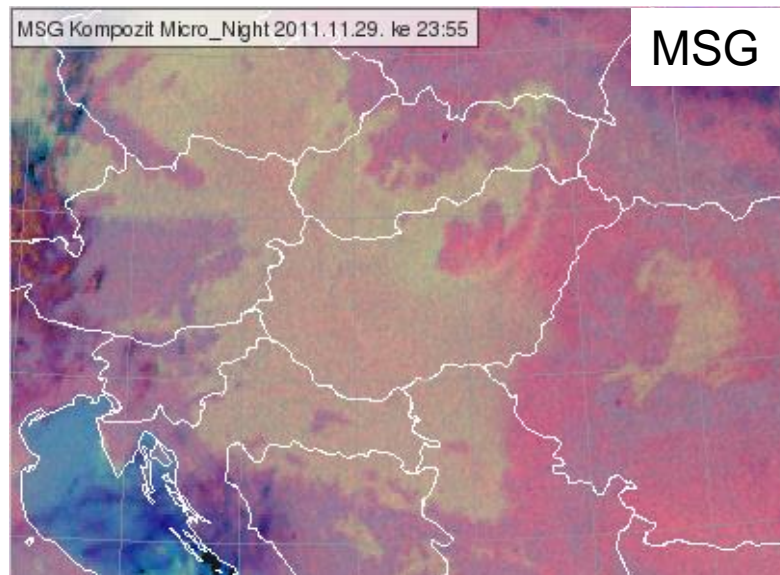
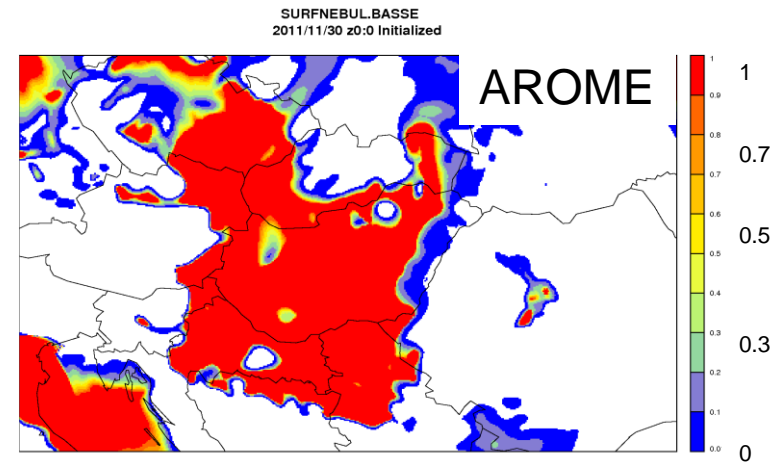
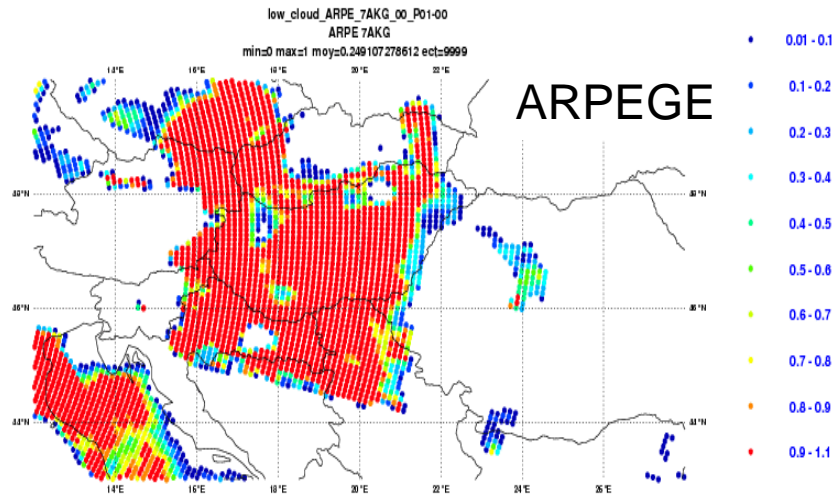


Hidegpárnás helyzetek vizsgálata

- Hidegpárna: téli inverziós helyzet; anticiklon hatására csekély az átkeveredés, így az éjszaka kialakult köd nem oszlik fel, hanem megemelkedve az egész nap során fennmaradó Stratus-t képez
- Napfelkelte után a ködréteg teteje erősen kisugároz → tovább hűlhet → a réteg tetején kicsapódás -> emelkedés
- Összetett légköri folyamat: sugárzás, turbulencia, mikrofizika
- Az OMSZ-nál használt modellek sokszor rossz előrejelzést szolgáltatnak
- Magyar—Francia Tét Projekt:
 - „Az atmoszférikus határréteg szimulációja az AROME numerikus időjárás előrejelző modellel,”
 - Cél: AROME előrejelzések javítása hidegpárnás helyzetekben
 - 2012 őszétől 2014 őszéig
 - 8 szakmai út

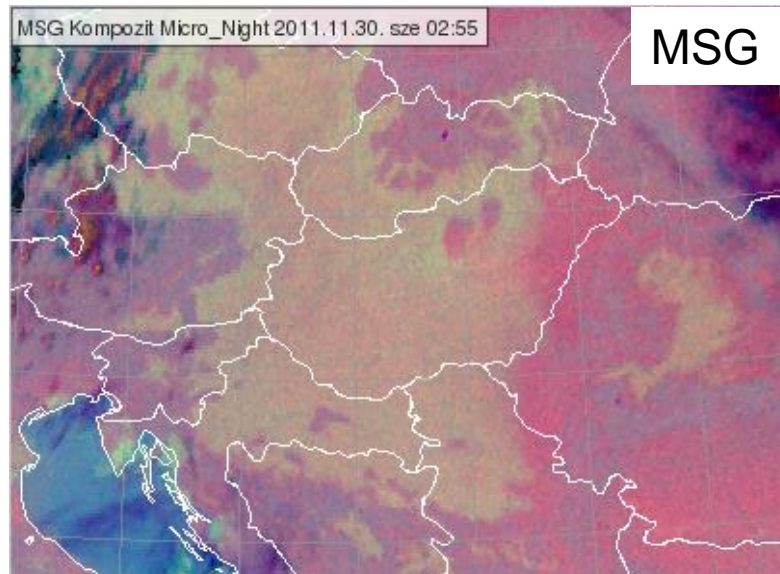
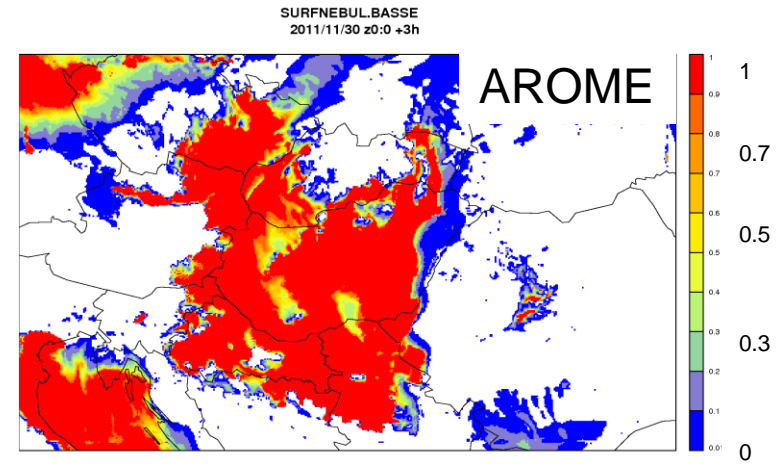
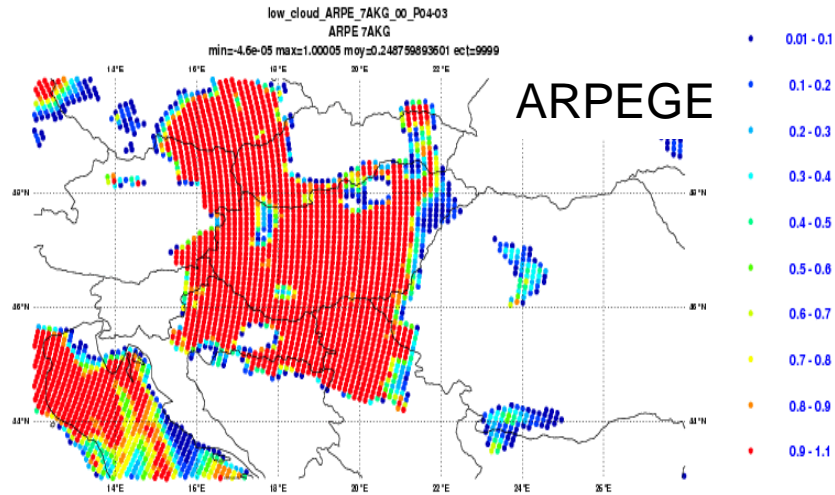


2011-11-30 00 UTC (+0 h)



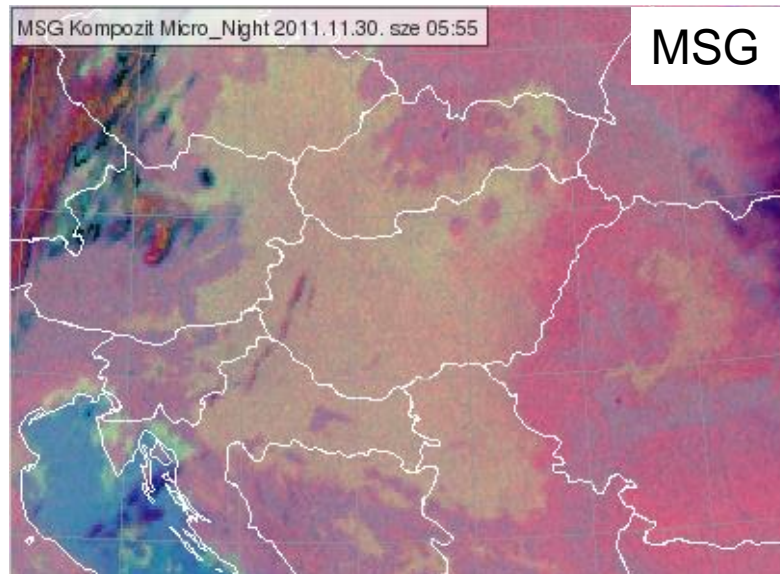
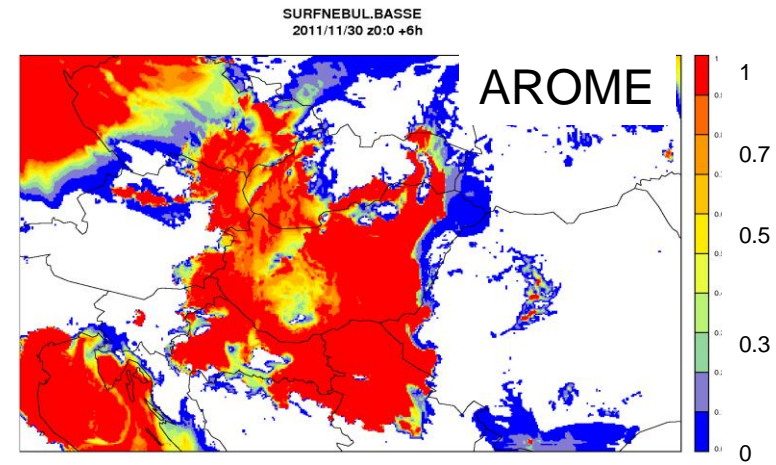
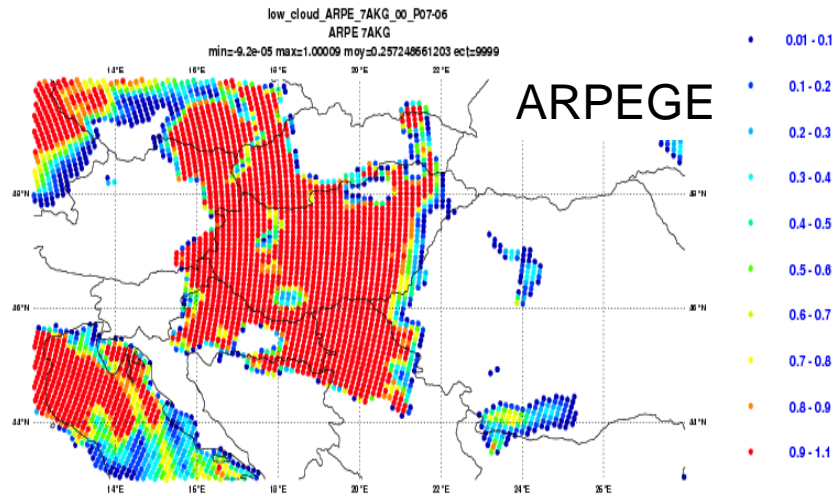


2011-11-30 03 UTC (+3 h)



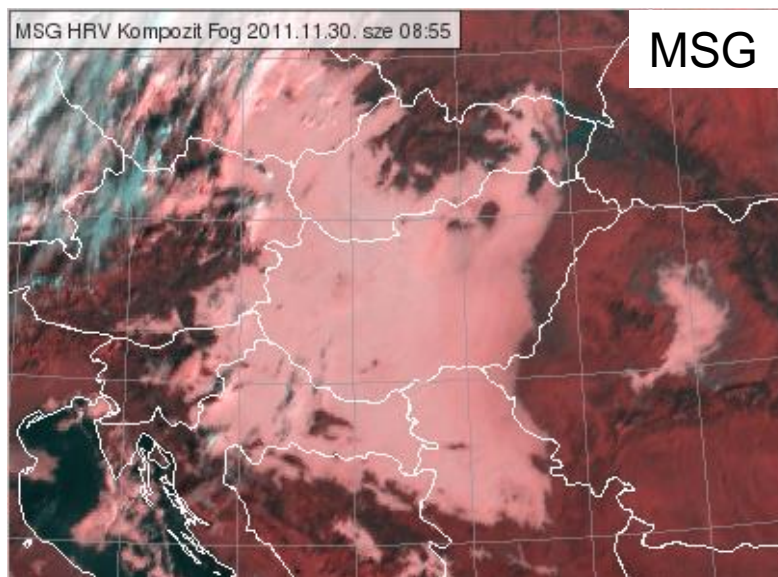
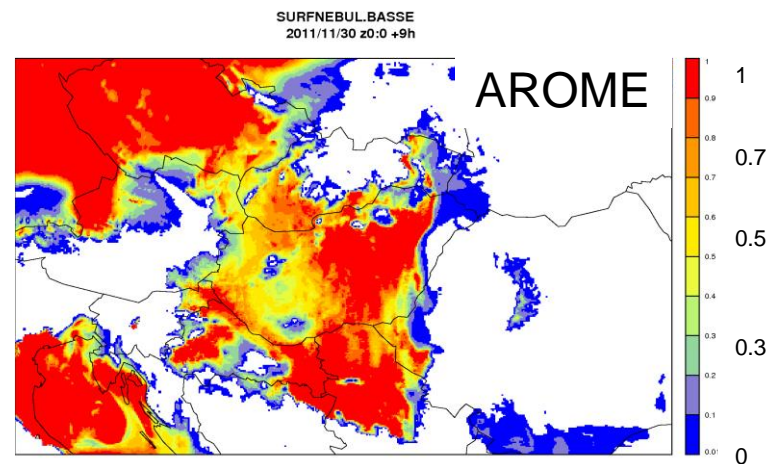
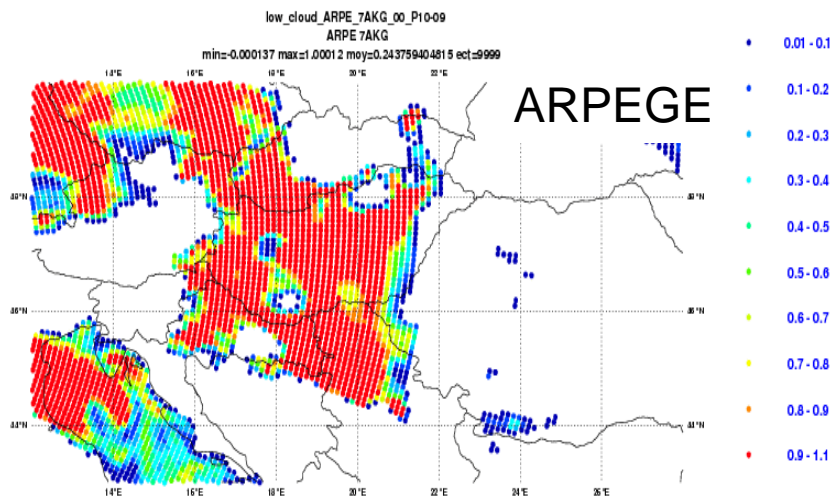


2011-11-30 06 UTC (+6 h)



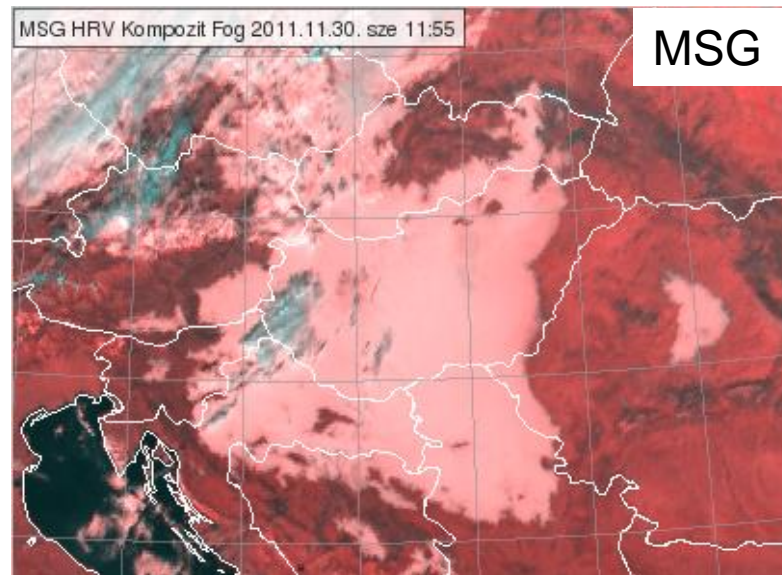
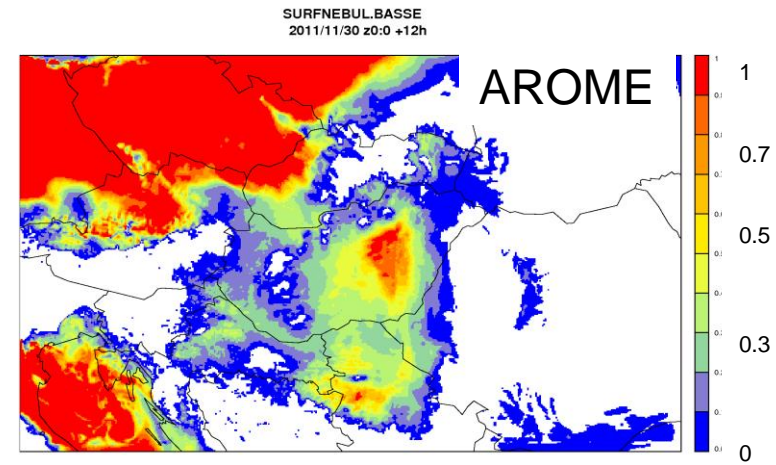
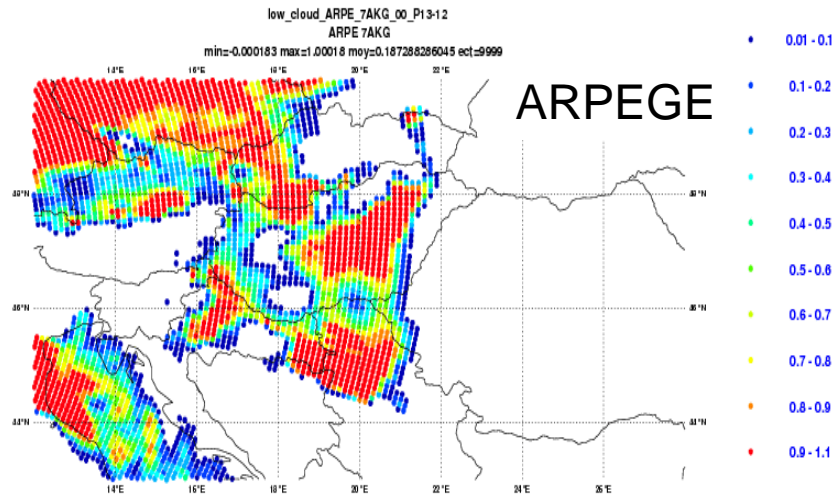


2011-11-30 09 UTC (+9 h)



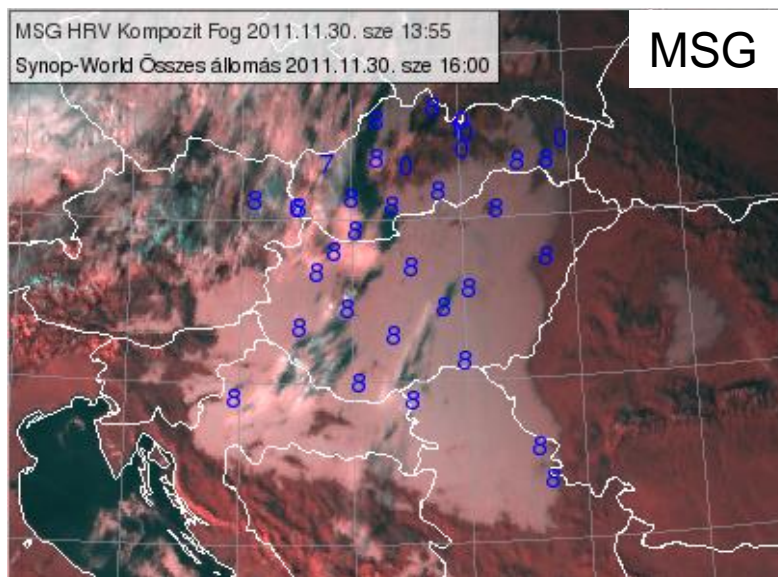
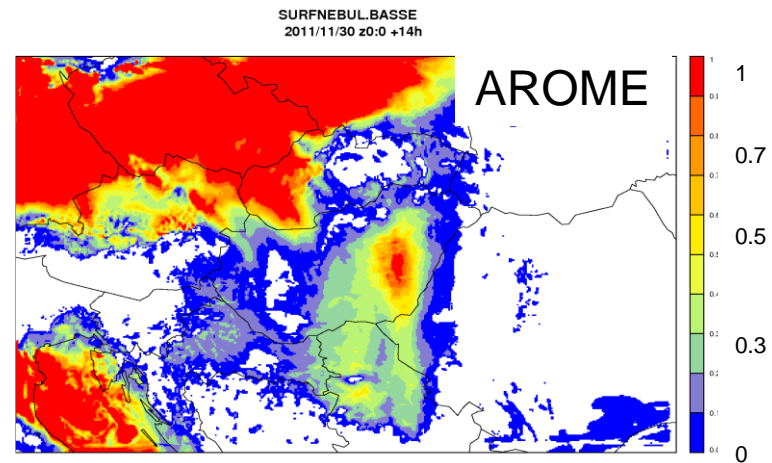
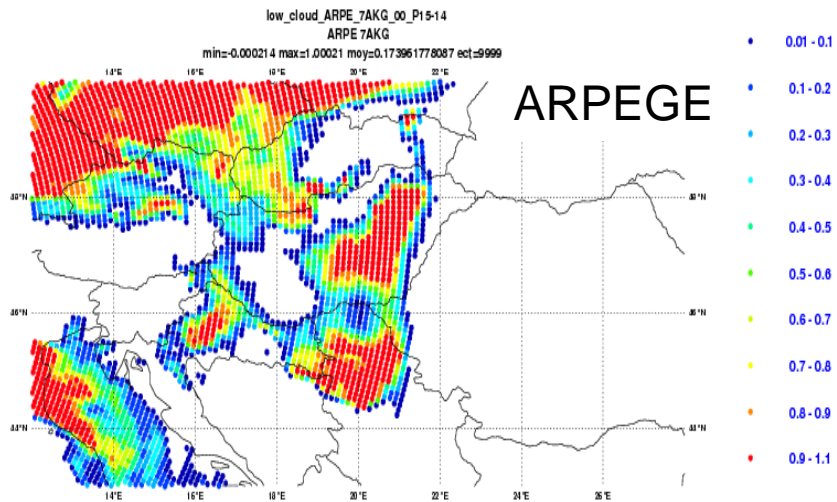


2011-11-30 12 UTC (+12 h)





2011-11-30 14 UTC (+14 h)

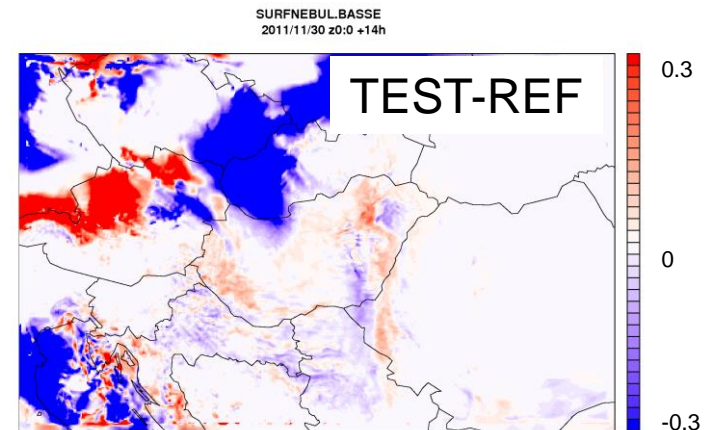
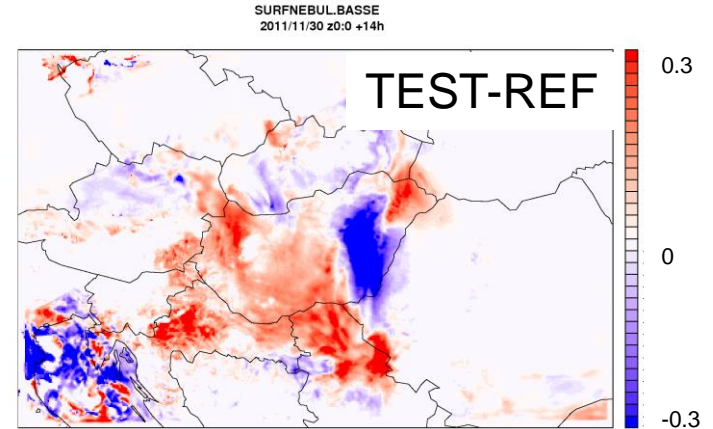


- Adatasszimiláció:

- 3DVAR (légkör)
- OI (felszín)
- 5 napos felpörgési idő
- Neutrális hatás

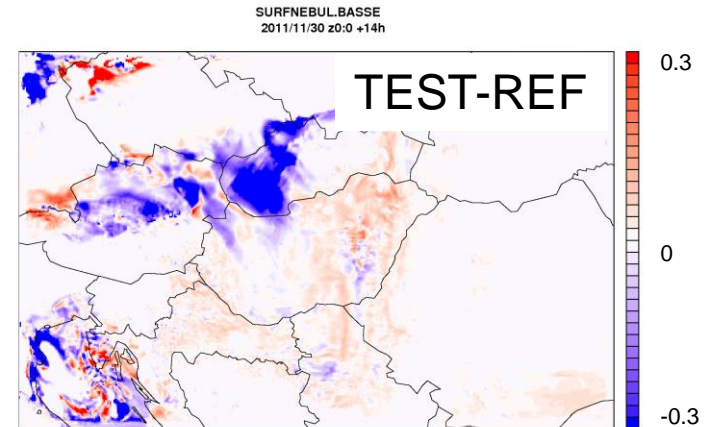
- Határfeltételek:

- ECMWF/IFS határfeltételek az ARPEGE helyett
- Jelentős hatás a frontális felhőzetben (ÉNY-on)
- Hidegpárnát alig befolyásolja



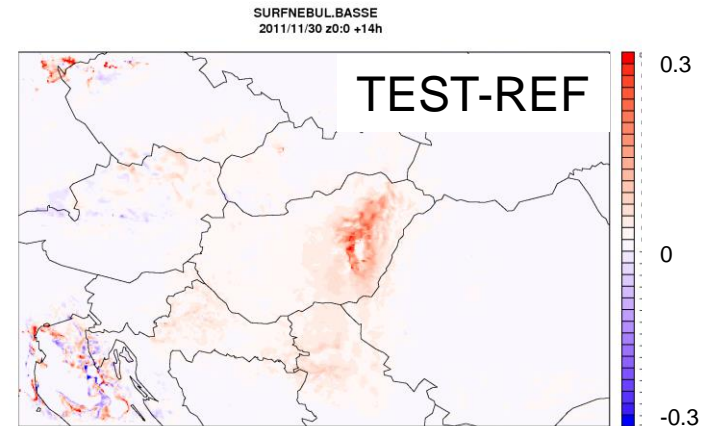
- Turbulencia:

- Feltételezés: a Stratus az erős átkeveredés miatt oszlik fel
- A disszipációs ráta növelésével a turbulencia intenzitása csökken

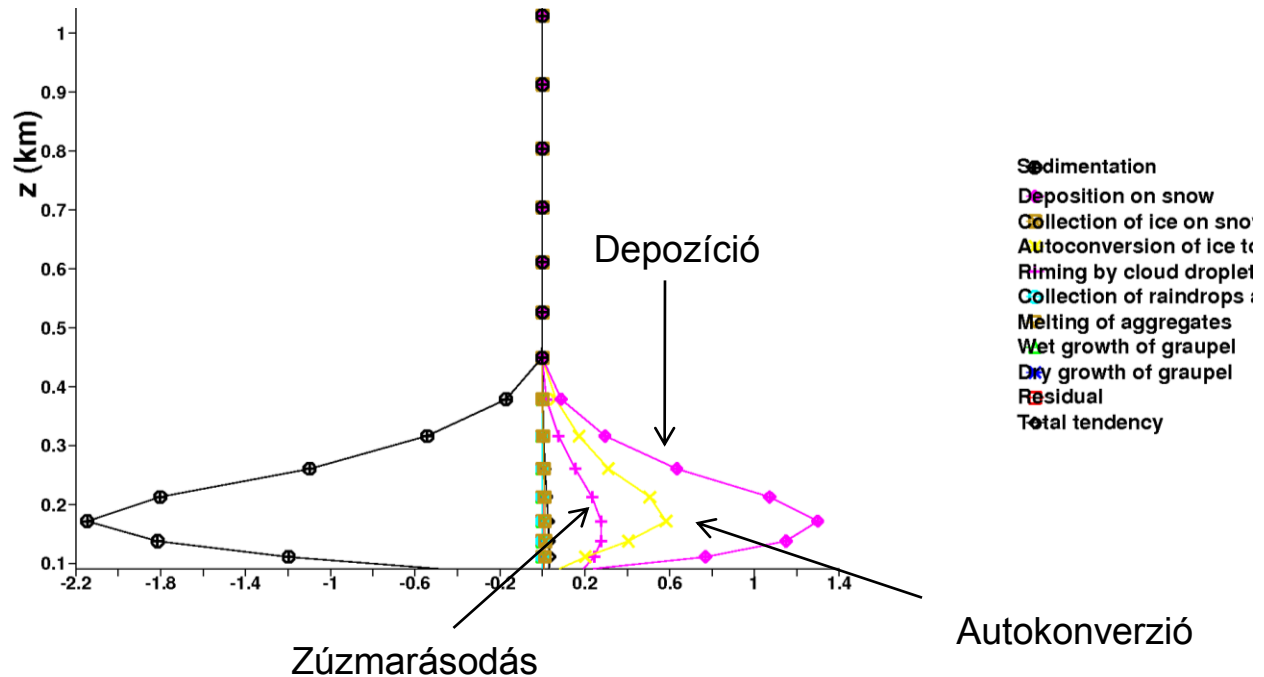


- Sugárzás:

- Inhomogenitás-faktor
- ARPEGE: 0.9
- AROME: 0.7
- AROME kísérlet: 1.0



- Hidegpárnás helyzetekben az AROME modellben szitálás figyelhető meg
- Fagypont felett: a modell által szimulált eső (szitálás) mértéke közel áll a mérésekhez és a többi modellhez
- Fagypont alatt: AROME magasabb havazásintenzitást ad, mint a mérések vagy a többi modell → mikrofizika (hóképződés) vizsgálata

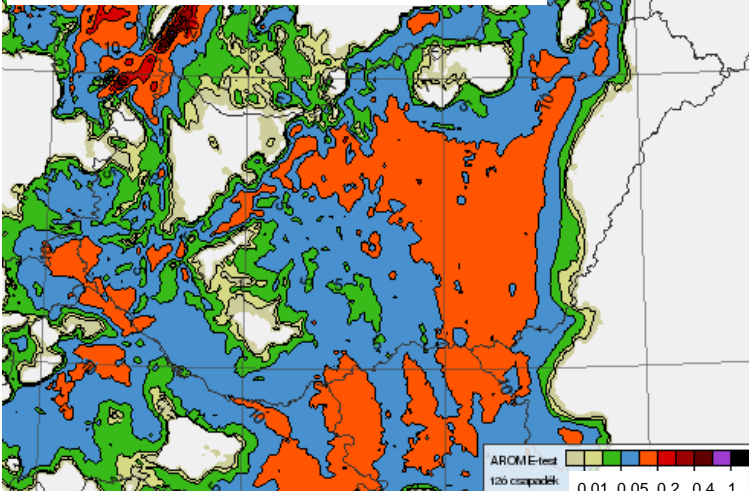




Mikrofizika hangolása

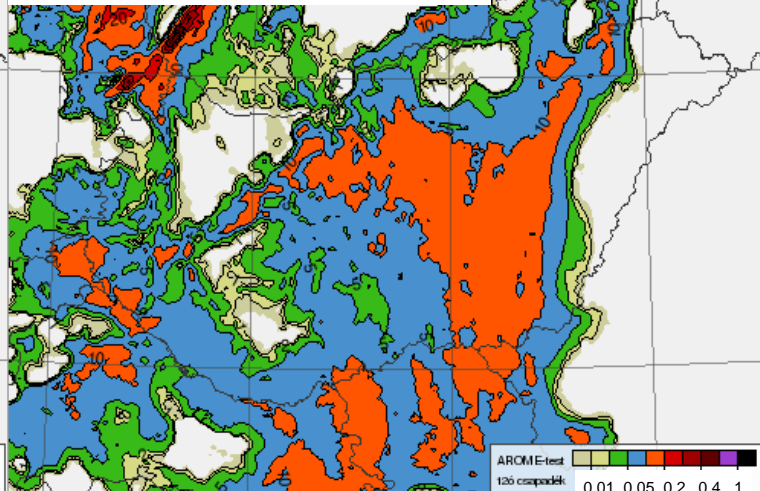
AROME-test 126 csapadék Össz (mm) 2011.11.30. sze 12:00 (+12h)

REF – össz. csap [mm]



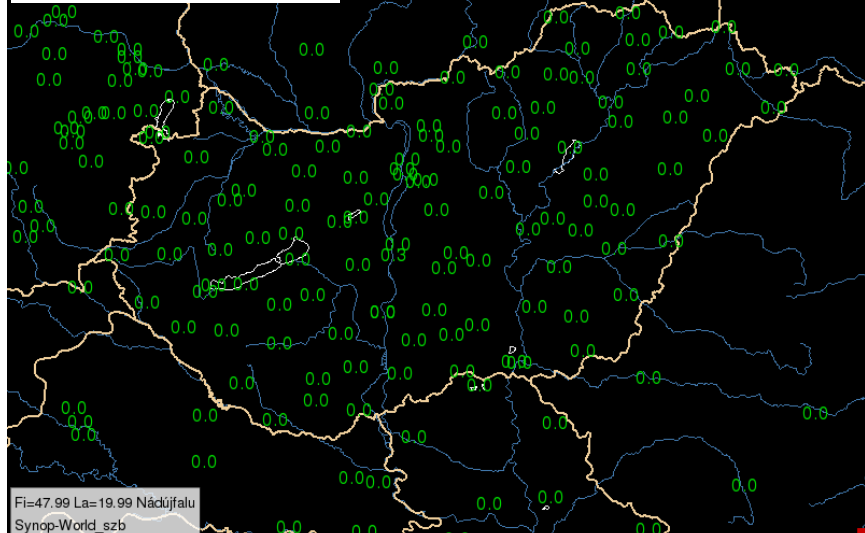
AROME-test 126 csapadék Hó (mm) 2011.11.30. sze 12:00 (+12h)

REF – hó [mm]

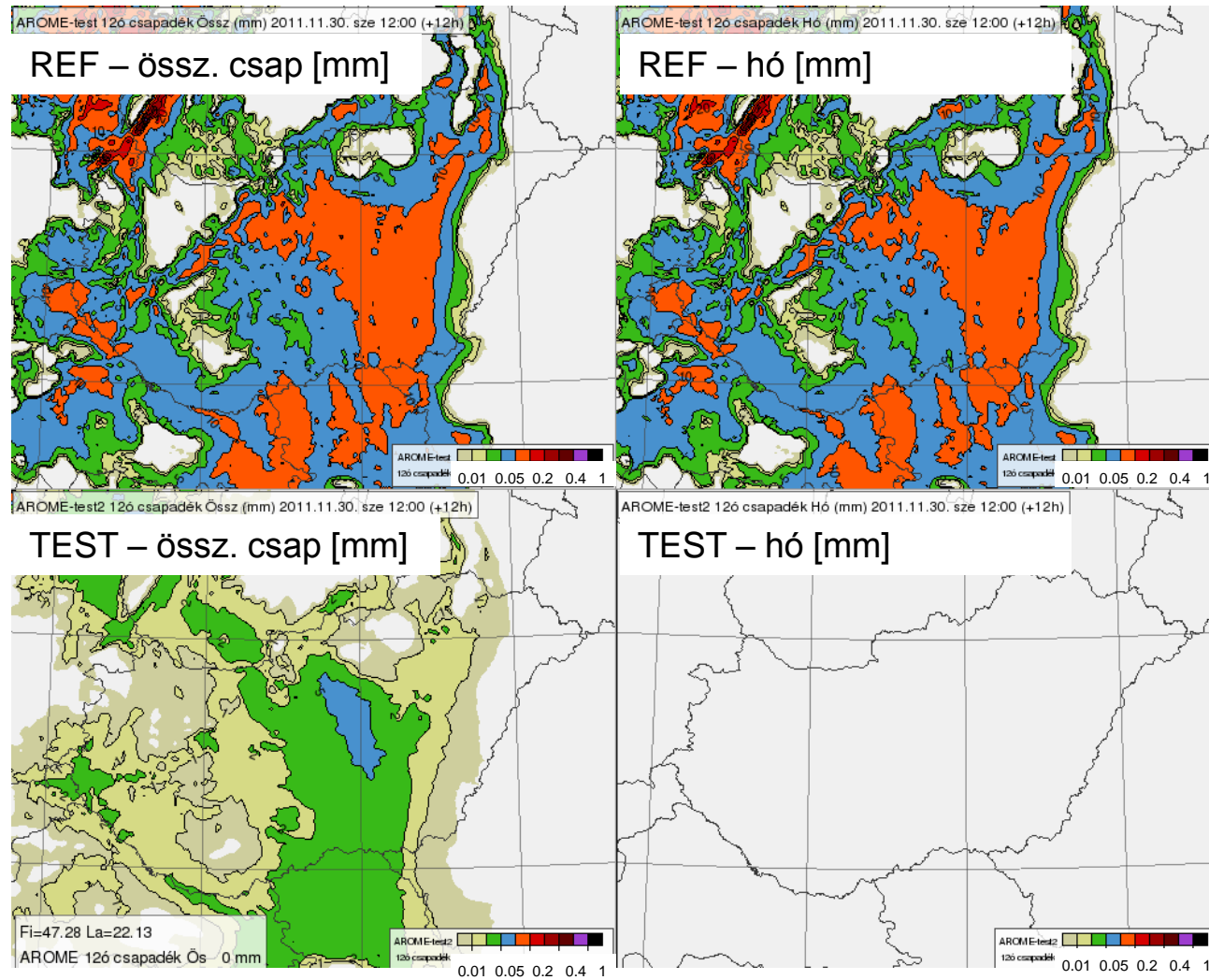


Synop-World_szb Precipitation12h Összes állomás 2011.11.30. szerda 12:00

SYNOP [mm]

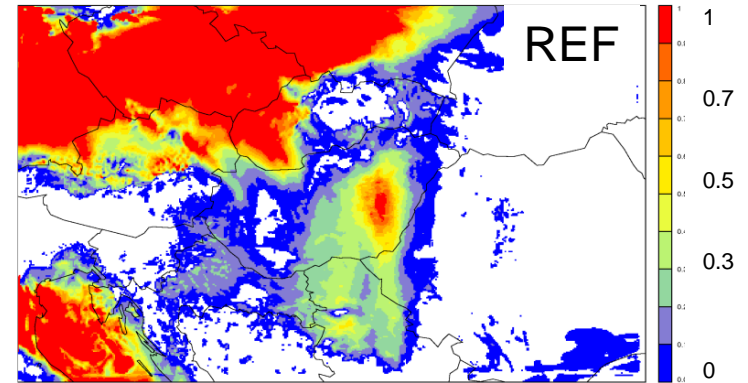


- Autokonverzió kritikus keverési arányának növelésével ($0.5 \text{ g/m}^3 \rightarrow 1 \text{ g/m}^3$) a hóképződés lecsökken

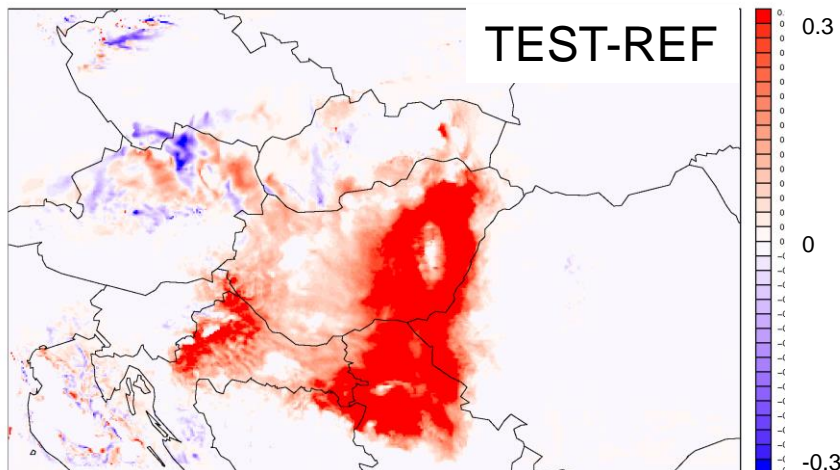


- Autokonverzió kritikus keverési arányának növelésével ($0.5 \text{ g/m}^3 \rightarrow 1 \text{ g/m}^3$) a hóképződés lecsökken
- A hóképződés csökkentésével a hidegpárnás felhőzet nem oszlik fel

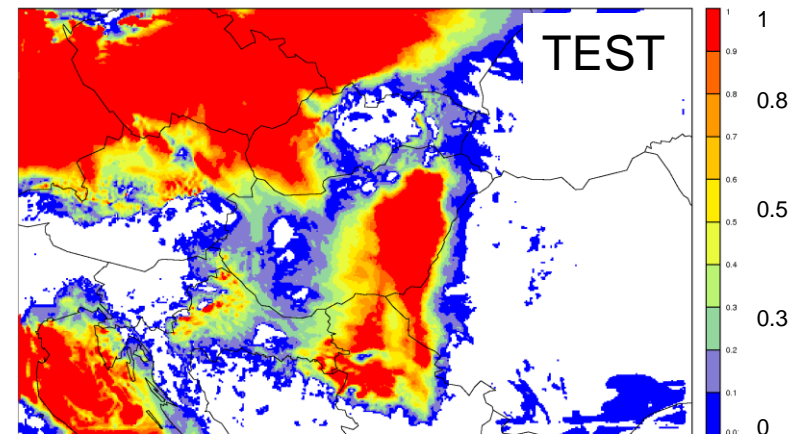
SURFNEBUL.BASSE
2011/11/30 z0:0 +14h



SURFNEBUL.BASSE
2011/11/30 z0:0 +14h



SURFNEBUL.BASSE
2011/11/30 z0:0 +14h

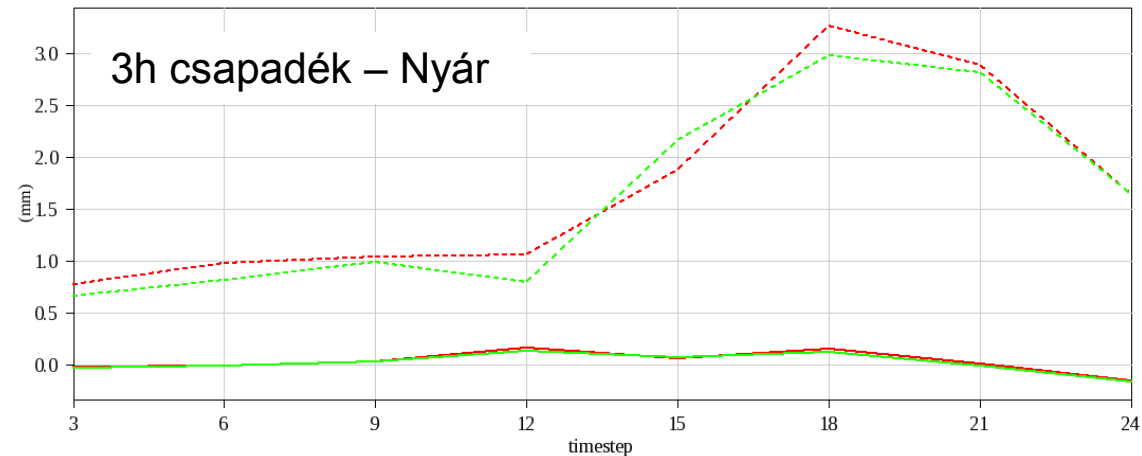
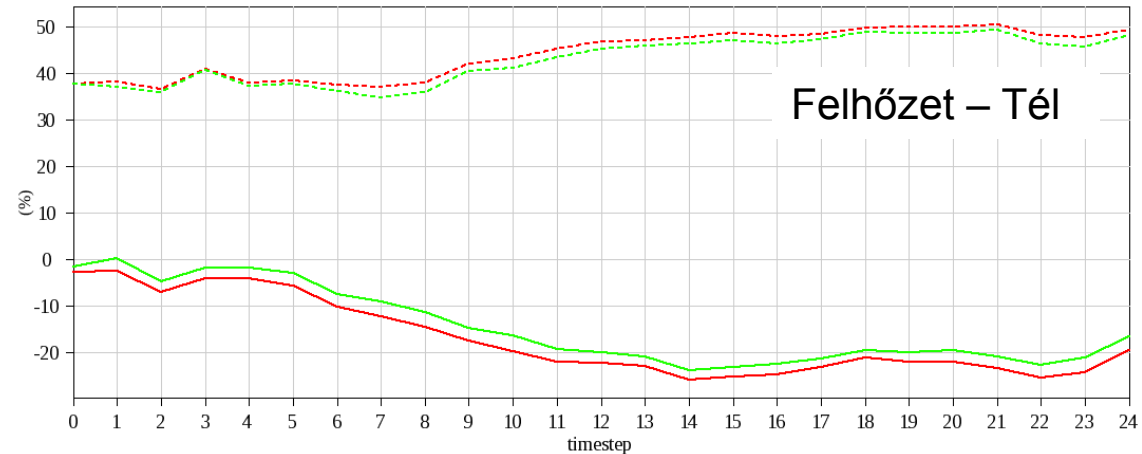




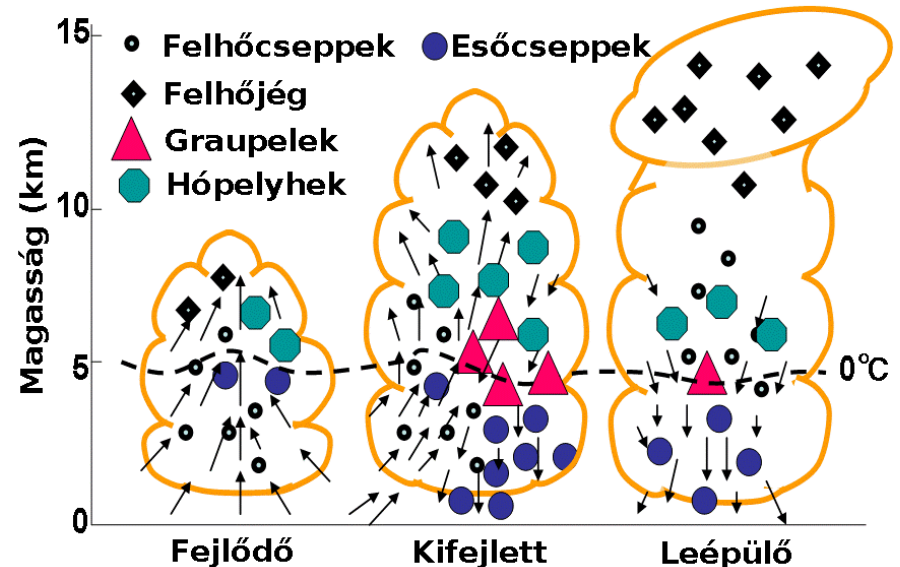
Mikrofizika hangolása – verifikáció

- Két hetes időszakok télen és nyáron
- Adatasszimilációval
- Felhőzet növekedés → télen javulás
- 2 méteres hőmérséklet kissé javul
- Más változókra neutrális a hatás
- Operatív bevezetés 2015-ben

Referencia
Módosítás



- A Svéd Meteorológiai és Hidrológiai Intézetnél (SMHI) kifejlesztett módosítások az **OCND2** nevet viselik
- Elsősorban a 0°C alatti hőmérsékleten jelentkező folyamatokon végeztek módosításokat, amelyek lehetővé teszik a folyékony víz halmazállapottal kapcsolatos **gyors folyamatok** és a jégfázissal kapcsolatos **lassú folyamatok** erőteljesebb **szétválasztását**
- Ezáltal többnyire kevesebb felhőjég keletkezik, és több felhővíz, miközben a hó és hódara mennyisége is növekszik, vagyis a **vegyes halmazállapotú felhők tulajdonságai jelentősen megváltoznak** a módosítás hatására

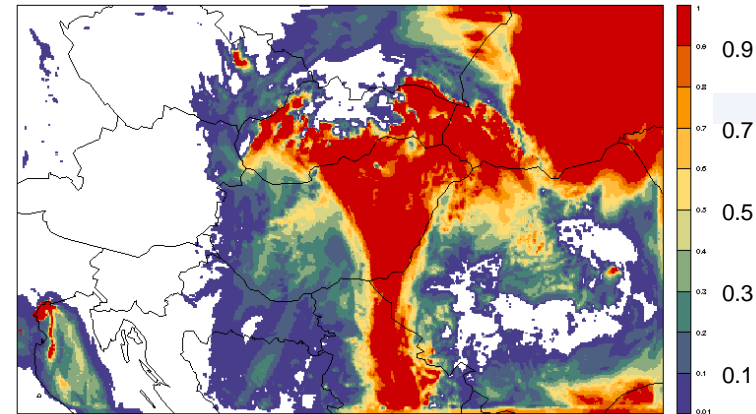




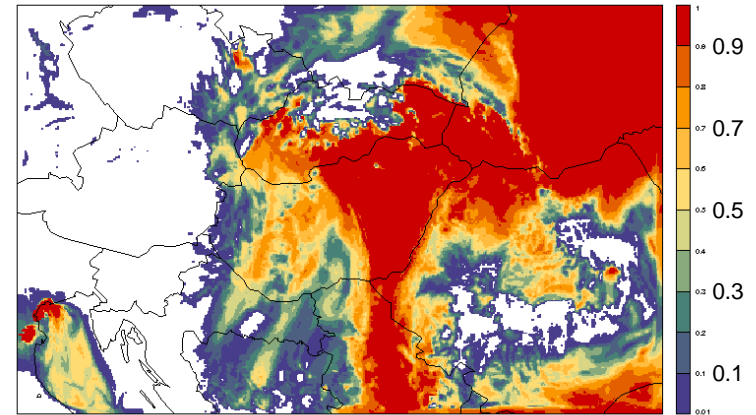
Mikrofizikai módosítások az AROME modellben

- Esettanulmány:
2013. december 16. 00UTC
+ 14h alacsonyszintű felhőzet előrejelzés
- OCND2 módosítással valamivel több felhő a Dunántúlon

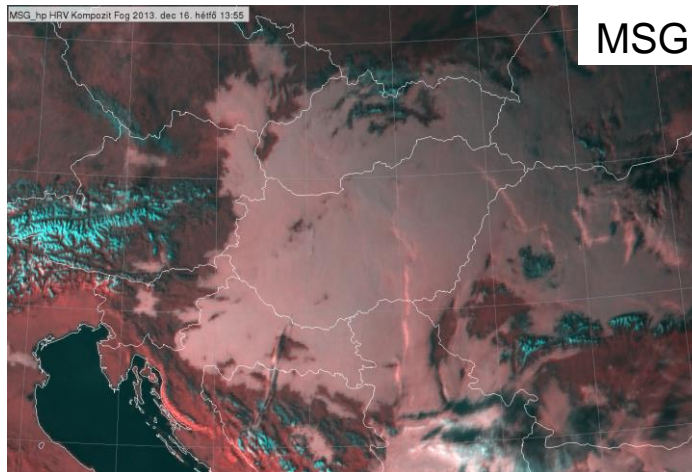
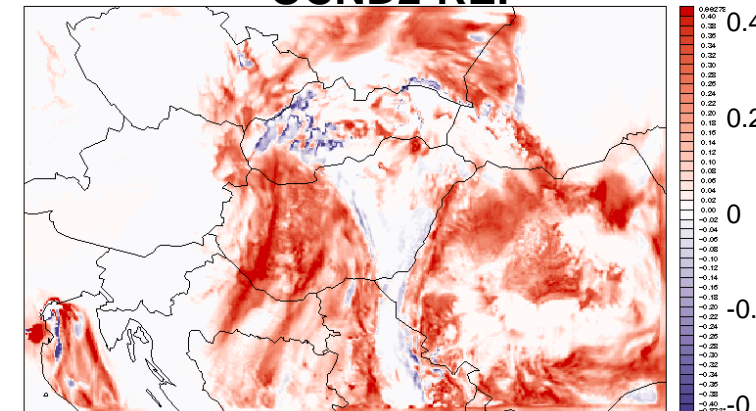
REF



OCND2



OCND2-REF



MSG

- LIMA: **L**iquid **I**ce **M**ultiple **A**erosols
- Komplex **aeroszol-felhő-csapadék** kölcsönhatások (pl. kondenzációs magvak)
- **Kétmomentumos séma**: a hidrometeorok keverési aránya mellett a részecskeszám-koncentráció is prognosztikus változó
- LIMA-ban található több aeroszol típus:
 - Ammónia, szulfát és nitrát részecskék
 - Tengeri só részecskék
 - Hidrofil („vizet szerető”) feketeszen és szerves anyagok
 - Hidrofób (víztaszító) feketeszen és szerves anyagok
 - (Sivatagi) por
- Mindegyik lehet még szabad vagy már kötött állapotban



Kondenzációs magvak (CCN)

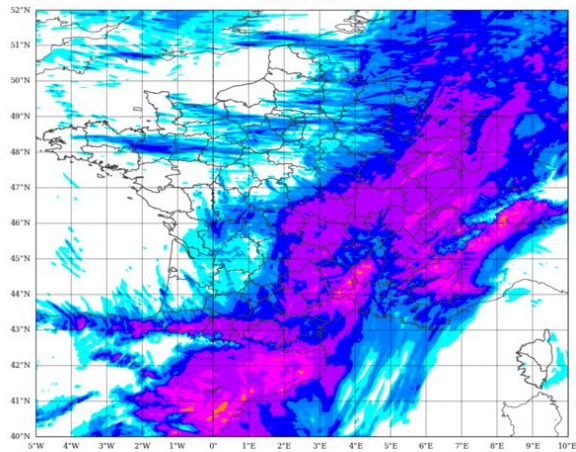
Jégeképző magvak (IFN)



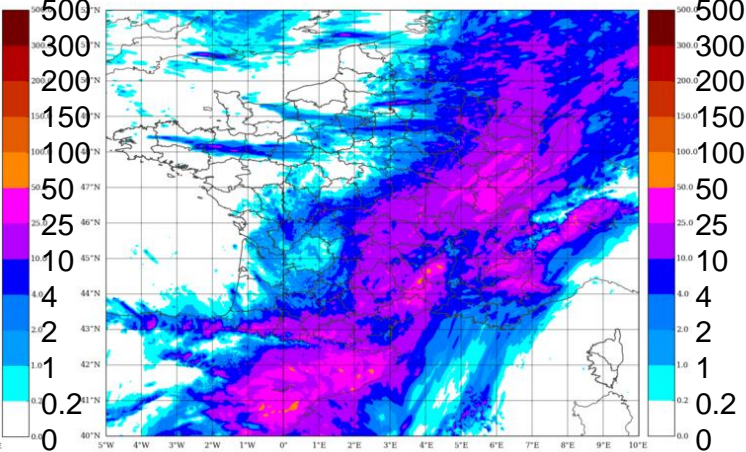
Kétmomentumos mikrofizikai séma fejlesztése

- Első kísérletek során még csak egy kezdeti állandó aeroszolértékből indult a modellfuttatás
- Későbbi kísérletek: kezdeti aeroszol mezők egy másik modelltől (pl. MOCAGE kémiai transzport modelltől)
- Esettanulmány: 2016. április 6. 00 UTC 24 órás csapadékösszeg

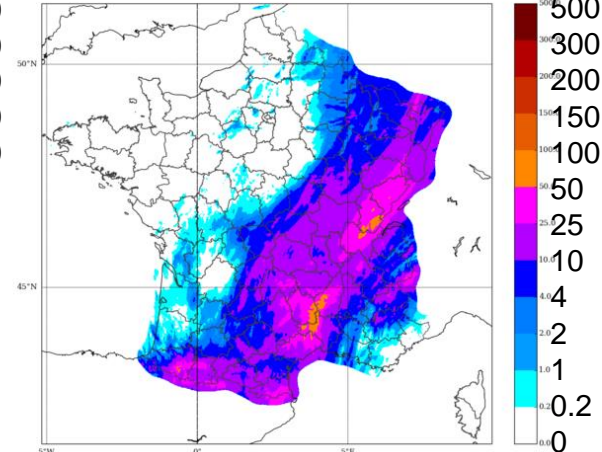
ICE3



LIMA



RADAR

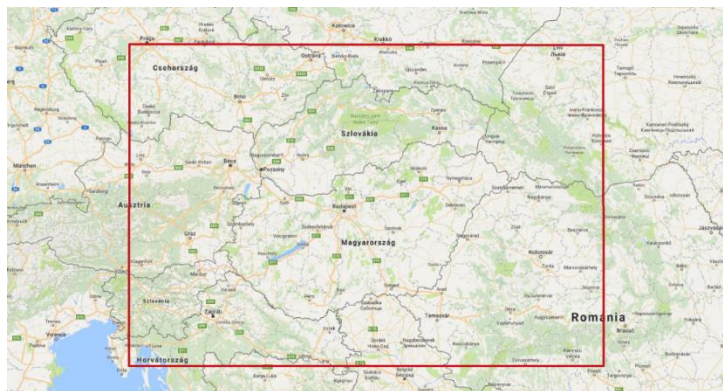




Alkalmazások: diszperziós modellek

CHIMERE modell – Országos Meteorológiai Szolgálat

- Domain: Kárpát medence
- Rácspontok száma: 111x51
- Vertikális szintek száma: 60
- Térbeli felbontás: 0,1°x 0,1°
- Fájl formátum: netcdf



lon	longitude of gridpoints	2D	degrees_east
lat	latitude of gridpoints	2D	degrees_north
tem2	2m Temperature	2D	K
rh2m	2m Relative humidity	2D	0-1
lspc	Large-scale Precipitation	2D	kg/m ² /hour
copc	Convective Precipitation	2D	kg/m ² /hour
temp	Temperature	3D	K
cliq	Cloud liquid water content (excluding rain water)	3D	Kg/Kg
sphu	Specific humidity	3D	kg/kg
pres	Pressure	3D	Pa
alti	Altitude of half layer	3D	m
winz	Zonal component of the wind	3D	m/s
winm	Meridional component of the wind	3D	m/s
swrd	Short Wave Radiation	2D	W/m ²

lwrd	Long Wave Radiation	2D	W/m ²
weas	Water equiv. accum. snow depth	2D	mm
sshf	Surface sensible heat flux	2D	W/m ²
slhf	Surface latent heat flux	2D	W/m ²
usta	Friction velocity	2D	m/s
hght	Boundary layer height	2D	m
snow	Snow depth	2D	cm
psfc	Surface pressure	2D	Pa
rain	rain water profile	3D	Kg/Kg
cice	ice profile	3D	Kg/Kg

RODOS rendszer – Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság

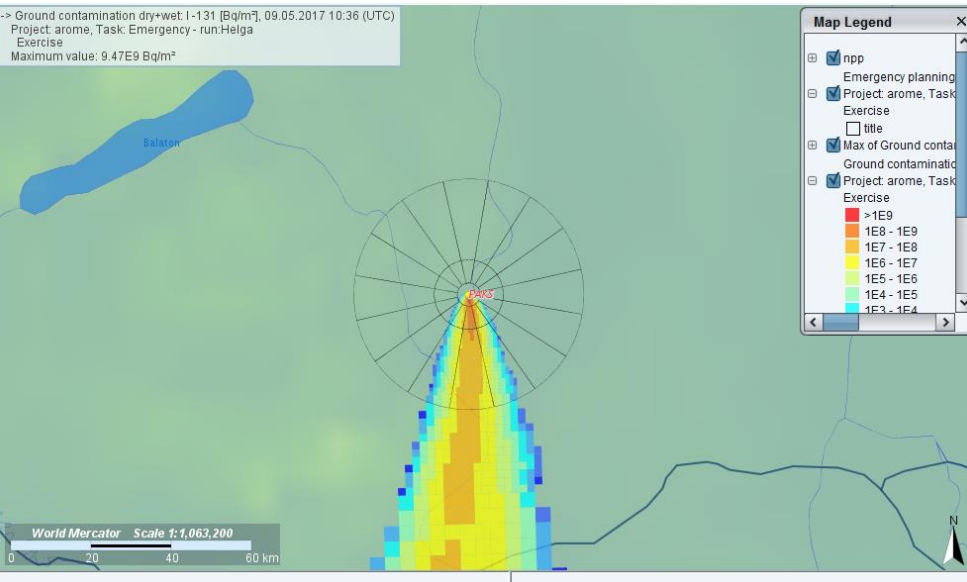
RODOS bementi adatok:

- érdeességi magasság
- szárazföld víz arány
- csapadék intenzitás
- keveredési réteg magassága
- szenzibilis hőfluxus
- momentum fluxus
- szélesség
- szélirány
- hőmérséklet
- légnedvesség

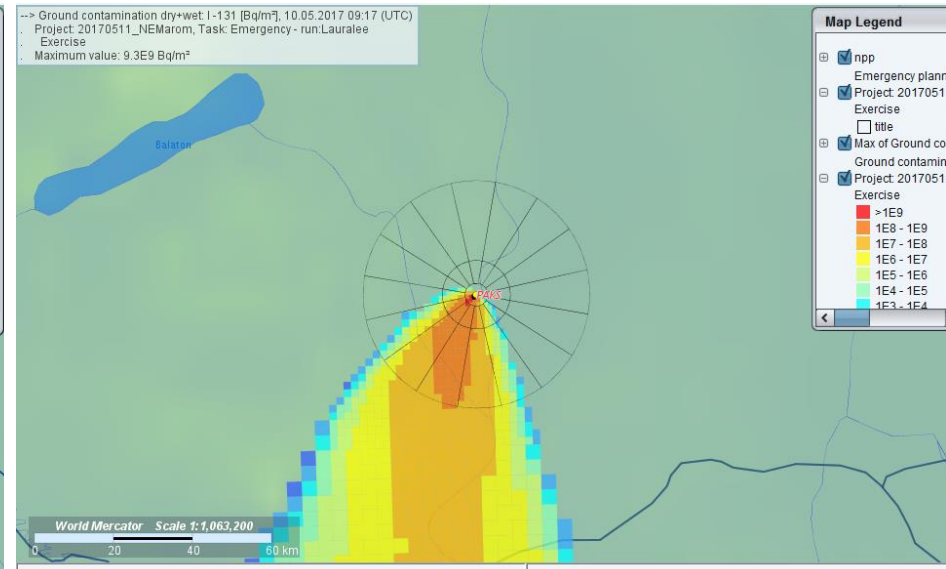
A ConvEx-3-2017 nemzetközi nukleárisbaleset-elhárítási gyakorlat előkészítése

- 36 órás, váltást igénylő, nemzetközi, komplex törzsvezetési gyakorlat
- 83 ország és 11 nemzetközi szervezet részvételével
- korai és késői időszak óvintézkedéseinek gyakorlása

AROME input



ALADIN input



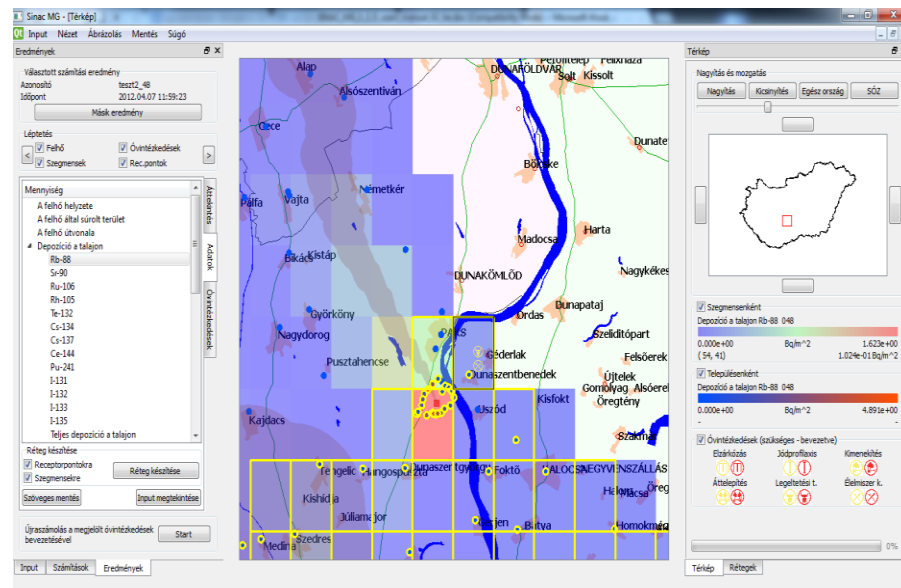
Szeitz Anita, OKF

A SINAC programrendszer

- SINAC: Simulator Software for Interactive Consequences of Nuclear Accidents
 - Fejlesztését az 1990-es években kezdték az MTA KFKI AEKI-ben (jelenleg EK), azóta is folyamatos fejlesztés alatt
 - Egy feltételezett atomerőművi baleset környezeti következmények elemzésére szolgáló programrendszer
 - Az OAH CERTA-ban használják baleset-elhárítási döntéstámogatás céljából
- A SINAC által számolt mennyiségek:
 - Környezeti sugárzási következmények:
 - Levegő aktivitáskoncentrációk
 - Dózisterhelés a radioaktív felhőtől és a talajra való kiülepedéstől
 - Korai és késői egészségügyi következmények
 - Javaslatok óvintézkedések bevezetésére

A SINAC programrendszer

- Légtörri terjedési modell:
 - Gauss-féle pöff modell
 - Lokális skála
- Meteorológiai input adatok:
 - Szélesebesség
 - Szélirány
 - Felületi érdesség
 - Inverzións határréteg
 - Hőmérséklet
 - Szenzibilis hőáram
 - Csapadékintenzitás
 - Csapadék formája

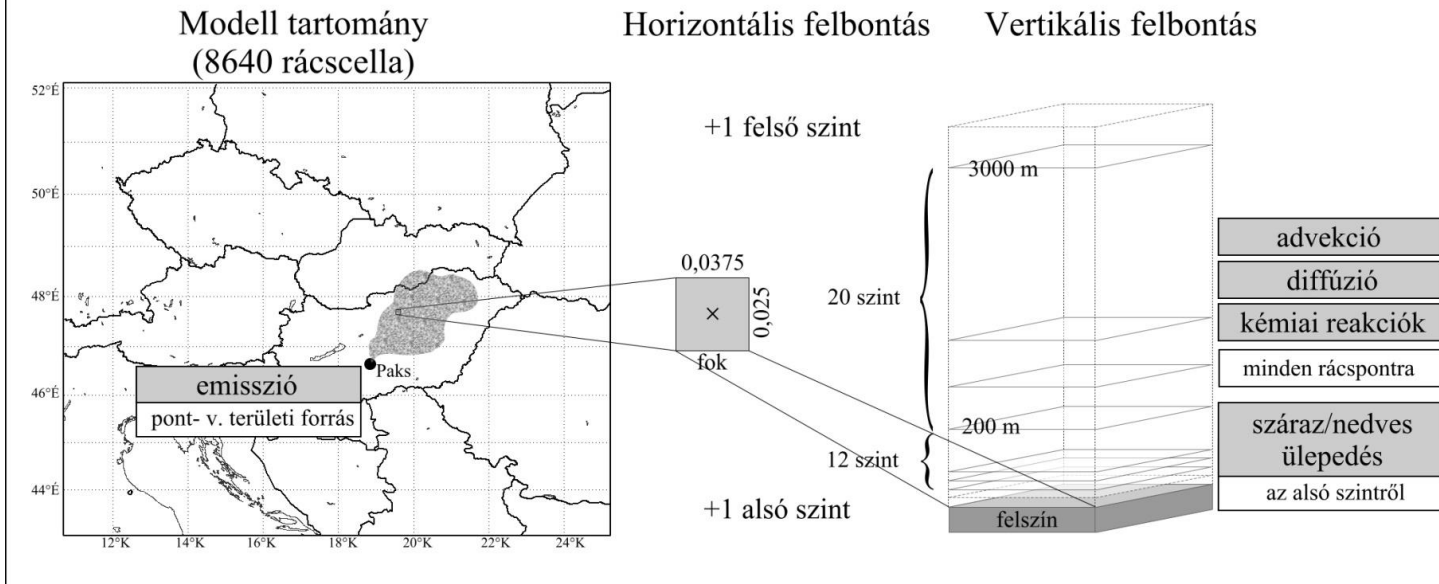


A modell folyamatos fejlesztése miatt a jövőben egyéb meteorológiai mezők is szükségesek lehetnek a számításokhoz.

TREX – EULER MODELL

INPUT Meteorológiai mezők: ALADIN (mezo-skálájú numerikus időjárás-előrejelzési modell)
analízis és előrejelzési mezők a *TREX* modell-szintjeire

TREX (diszperziós modell)



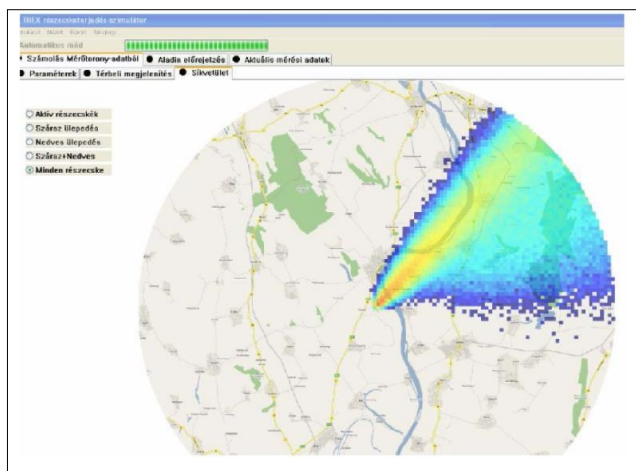
Felhasznált ALADIN
adatok:

- 32 szintre: szélmező
- felszínközeli réteg: szél, hőmérséklet, RH mezők
- planetáris határréteg magassága

TREX – LAGRANGE MODELL

Főbb tulajdonságok

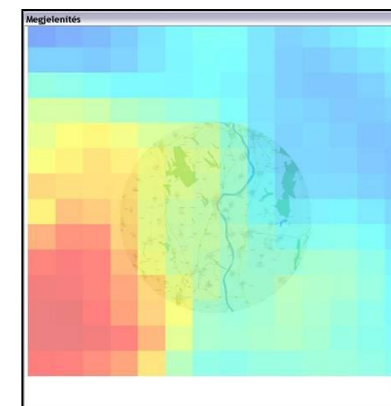
- ◆ Sztochasztikus részecske modell
- ◆ Szimulációk: terjedés, ülepedés, egyéb származtatott mennyiségek
- ◆ Modell terület: 30 km sugarú kör Paks körül



Felhasznált ALADIN
adatok:

- 32 szintre: szélmező
- felszínközeli réteg: szél, hőmérséklet, RH mezők
- planetáris határréteg magassága

- ◆ Input adatok:
 - mérőtorony,
 - vagy ALADIN modell



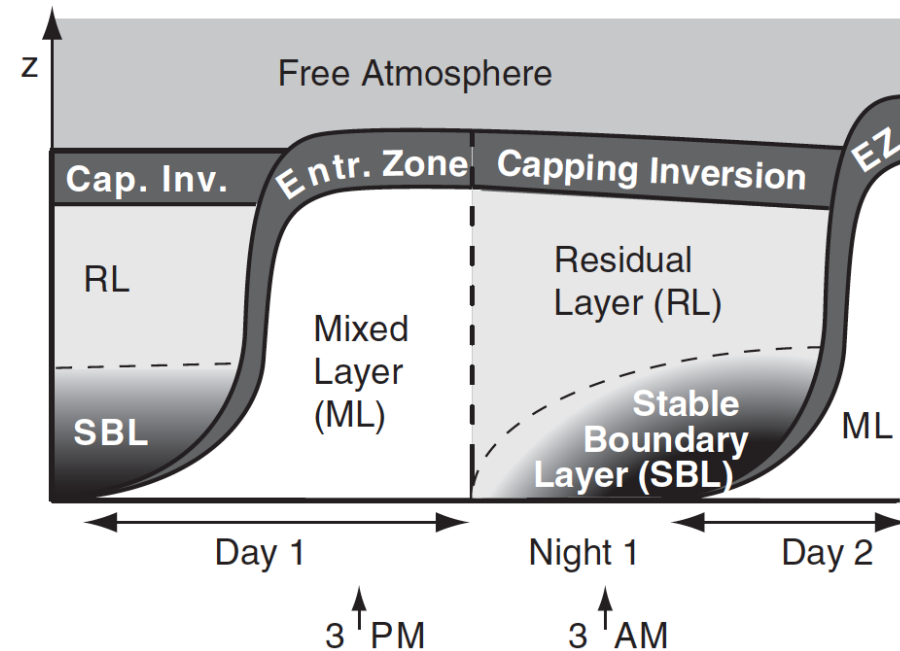


Határréteg-magasság



Planetáris határréteg (PHR) magassága

- A légkör alsó, néhány 100 m-es rétege, amelyet a felszín közvetlenül befolyásol
- Jellemző napi menete van
- A PHR magasság a diszperziós modellek fontos bemeneti változója
- Meghatározása:
 - Rádiószonda
 - Sodar, Windprofiler, Lidar
 - Modell profilok





Planetáris határréteg (PHR) magassága

- **Meghatározása NWP modellekből**

- Gradiens Richardson szám
 - Bulk Richardson szám
- } Rácspointi változók
-
- Turbulens Kinetikus Energia (TKE)
 - Turbulens fluxusok (momentum és hő)
- } Rácstávolság alatti folyamatok
-
- Konceptuális modellek
 - Instabil → Slab model (prognostikus)
 - Stabil → Zilitinkevich egyenlet (diagnosztikus)
- } Felszíni változók

PHR magasság validáció – rádiószondás mérésekkel

Időszak: 2011 január és június, 6 állomás

Módszer	00 UTC		12 UTC	
	Korreláció	<i>MAE</i> [m]	Korreláció	<i>MAE</i> [m]
<i>TKE</i>	0,14	253	0,65	399
<i>TKE_m</i>	0,14	258	0,69	379
<i>MF</i>	0,13	241	0,51	537
<i>MF_m</i>	0,18	232	0,62	479
<i>Rib</i>	0,15	221	0,81	330

Rádiószonda: bulk Richardson szám

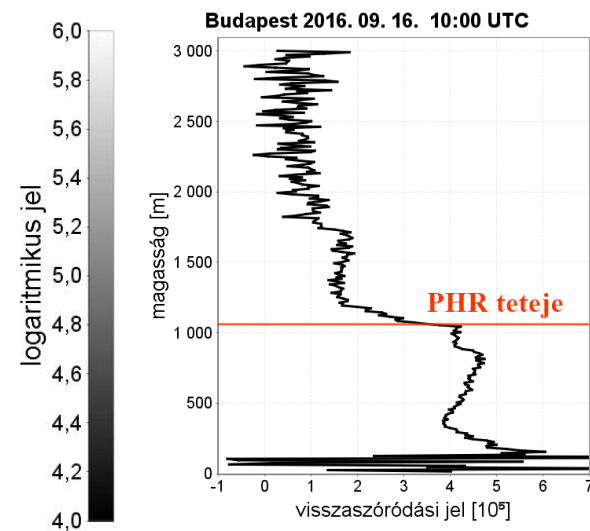
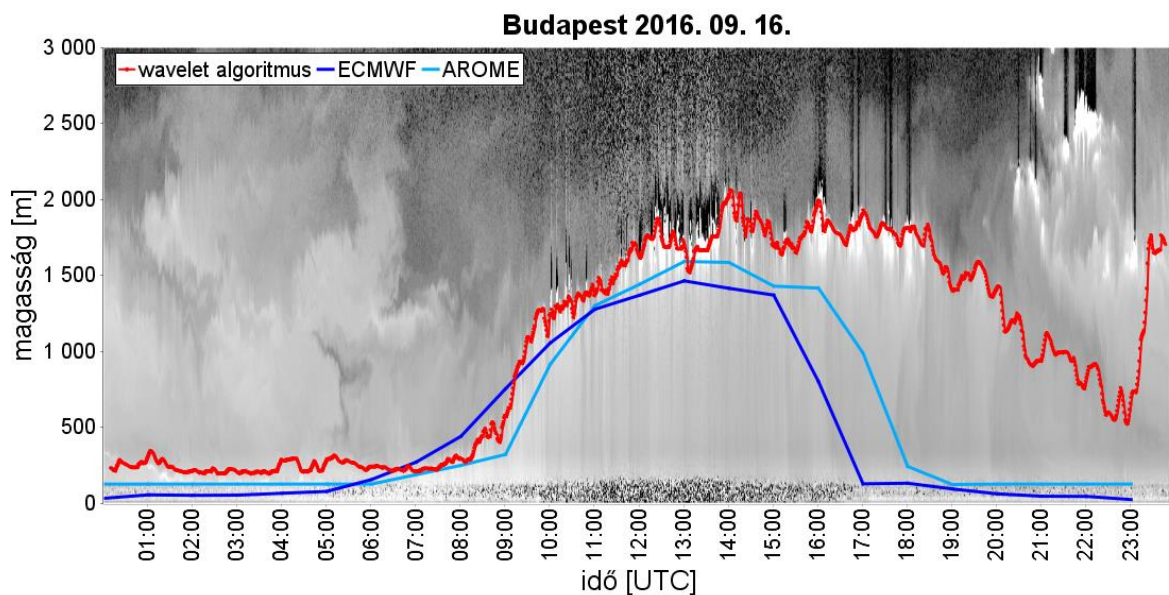
PHR magasság validáció – rádiószondás mérésekkel

Időszak: 2013 január—április

Bécs	Korreláció	MAE [m]	RMAE [%]	RE median [%]
00 UTC				
AROME	0,35	227	97	37
ECMWF	0,18	321	98	71
WRF	0,28	395	89	82
12 UTC				
AROME	0,69	278	154	26
ECMWF	0,45	405	222	34
WRF	0,57	555	124	65

A PHR meghatározása a Lufft CHM 15k felhőalap-mérő alapján

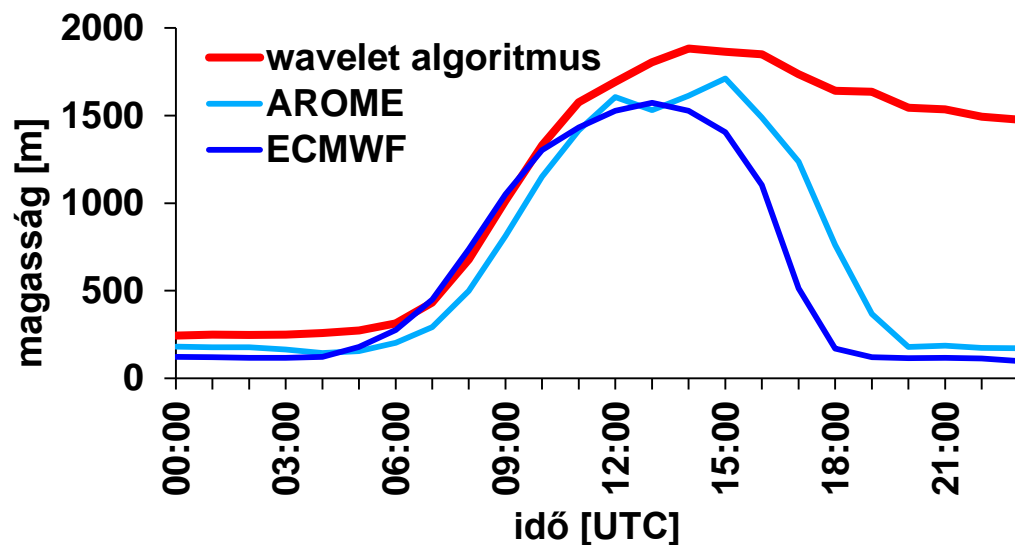
- Az **aeroszolkoncentráció-különbséget** használjuk ki
- **LIDAR** elven működő lézeres profilmérés
- A visszaérkező **jel intenzitásának visszaesése** jelzi a PHR tetejét
- **Wavelet transzformáció**n alapuló detektáló algoritmus



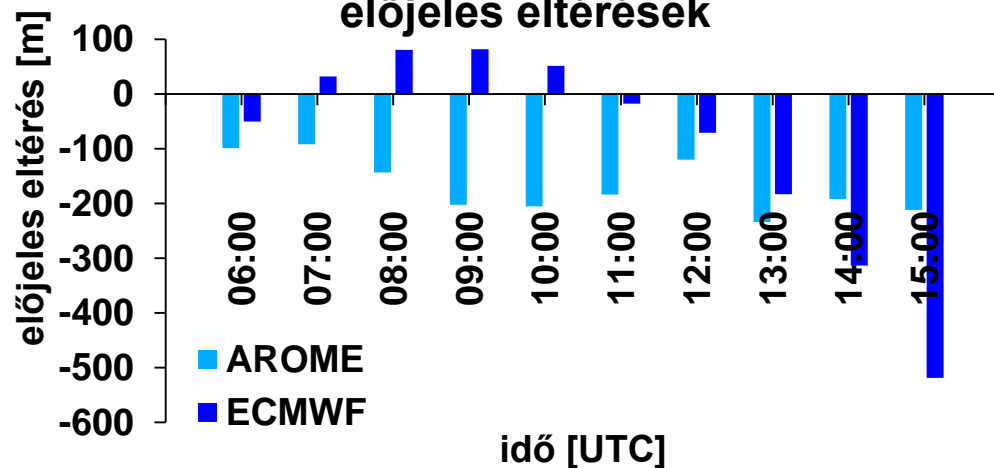
Összevetés NWP modellekkel

- A 2016 március-szeptemberi időszak CHM 15k mérései alapján
- Az **emelkedő szakaszon** az **AROME** hajlamos **alul-**, az **ECMWF** **felülbecsülni**
- A **maximális magasság** tekintetében a **modellek** jellemzően **alulbecsülnek**
- A leépülő szakaszon a felhőalap-mérő nem jól alkalmazható
- Az **ECMWF** általában **pontosabb** eredményt ad, de a **szabálytalanabb napi menetet** az **AROME** követi **jobban**

Átlagos nyári PHR magasság



A detektált értékektől vett átlagos előjeles eltérések

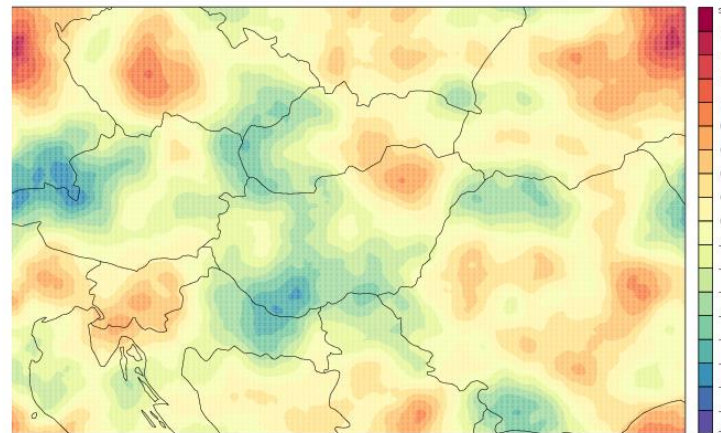
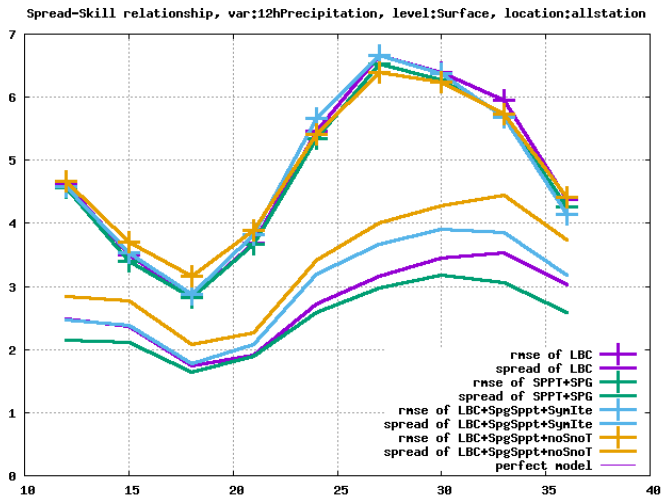
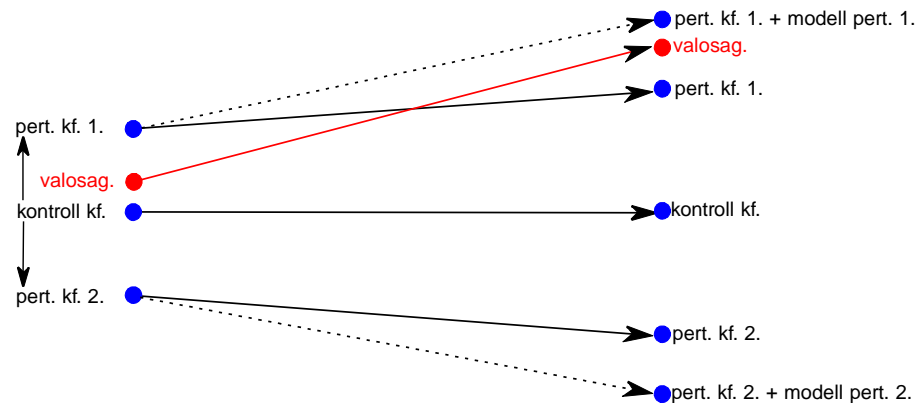


Parametrizált folyamatok tendenciájának sztochasztikus perturbációja ensemble rendszerekben

- Az e_j ensemble tag integrálása során a paramterizált tendenciákat (P) perturbáljuk egy véletlen számmal:

$$e_j(T) = \int_0^T (A + P') dt$$

$$P' = P(1 + r)$$





Összefoglalás

- A téli hidegpárnás helyzetek nehézséget okoznak a legtöbb NWP modellnek
- Az autokonverziót leíró folyamat hangolása segíthet a fagypont alatti hidegpárnás helyzetek előrejelzésében
- Az AROME modellben fejlesztés alatt áll a kétmomentumos mikrofizikai séma
- A határréteg-magasság fontos paraméter a diszperziós modellek számára, meghatározására NWP modellekből számos módszer létezik; első validációs eredmények



Köszönöm a figyelmet!



Alapítva: 1870







Tartalék diák

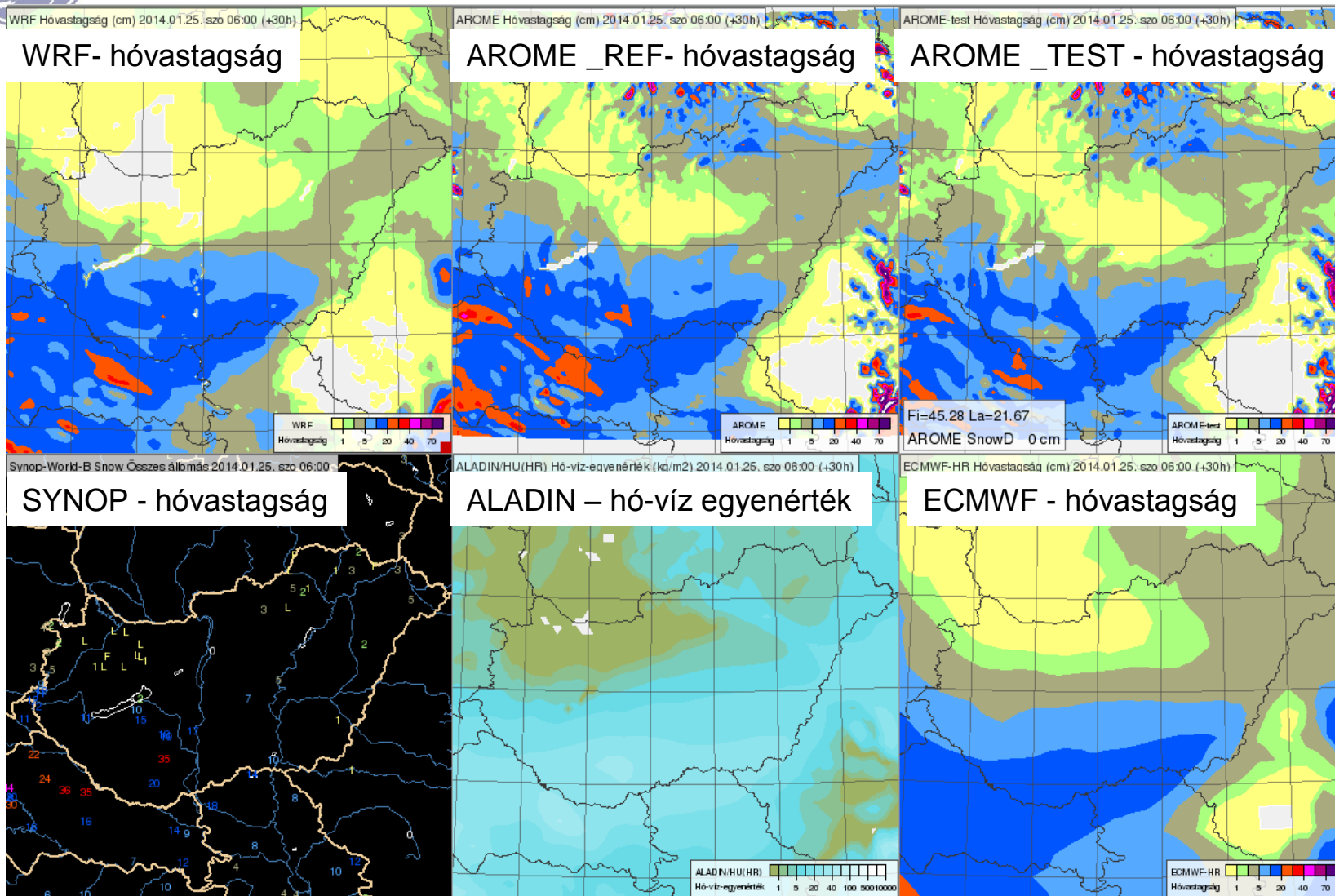


Alapítva: 1870



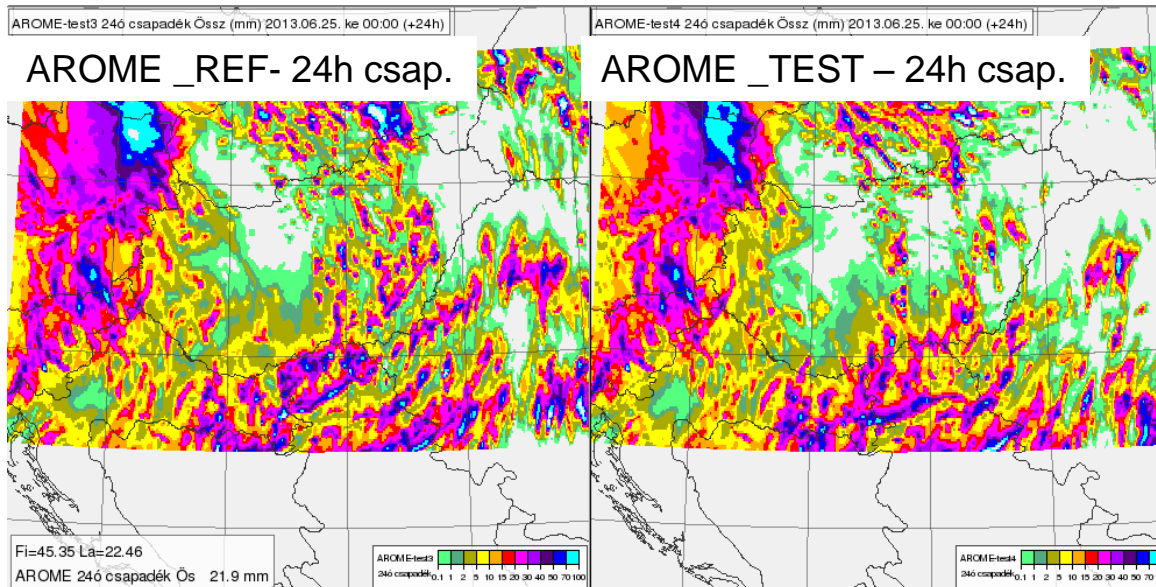
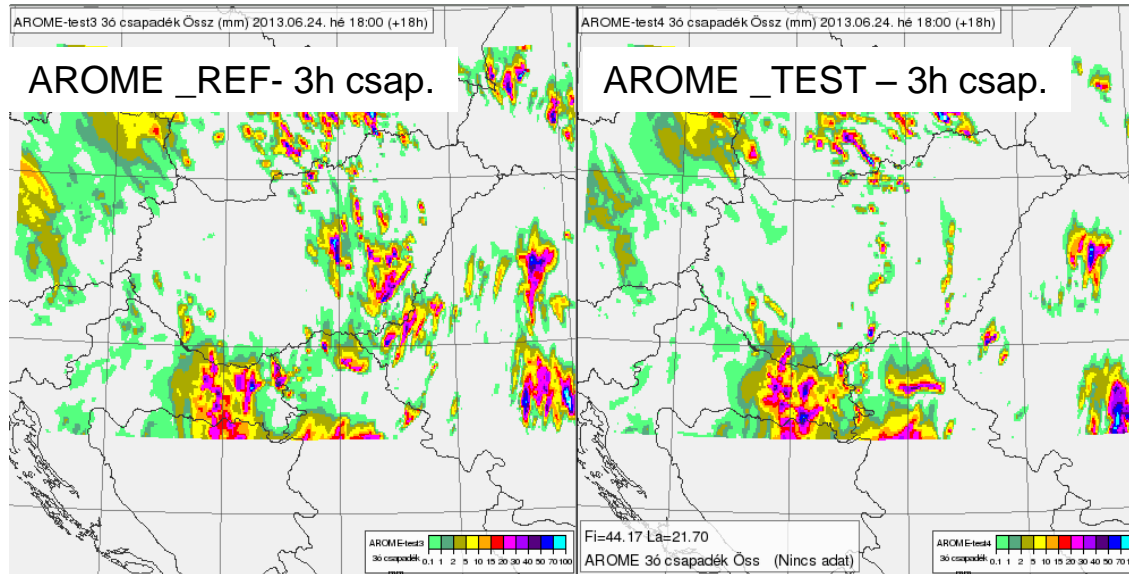


Mikrofizika hangolása – kontroll eset, havazás

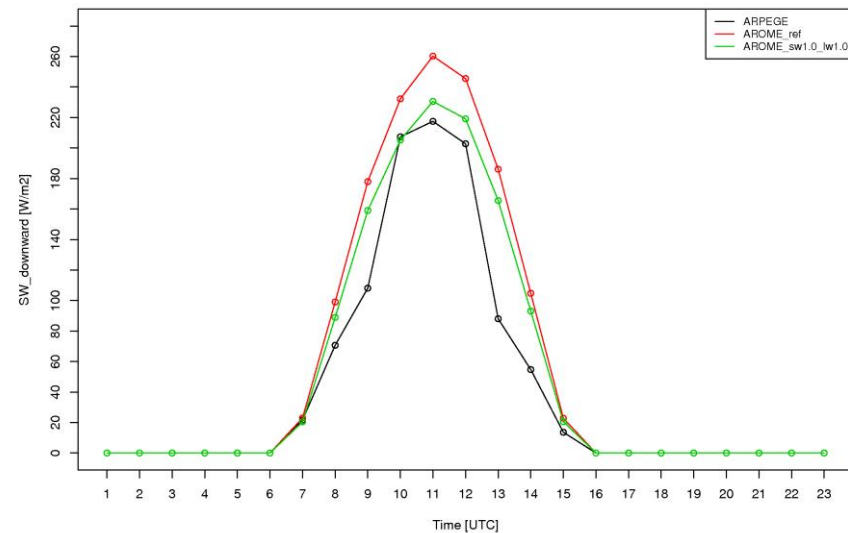
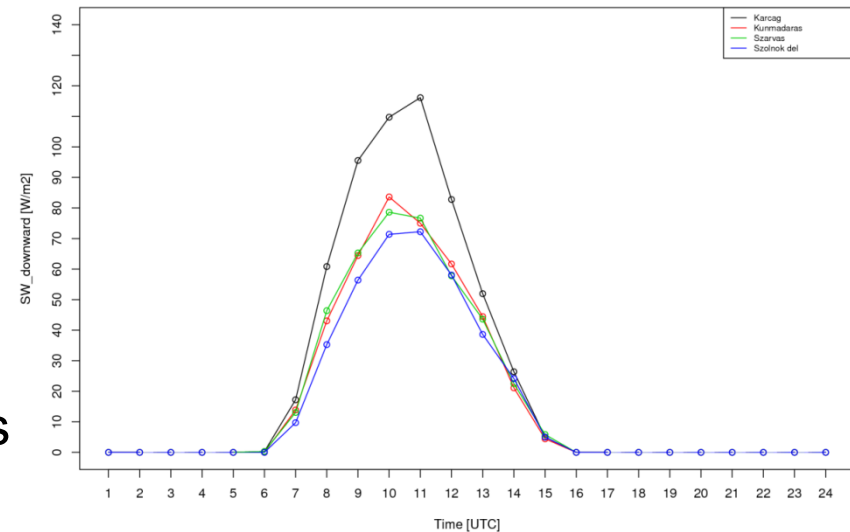




Mikrofizika hangolása – kontroll eset, konvekció



- Az inhomogenitás-faktor növelésével az AROME modell felszínre lejutó rövidhullámú sugárzás értéke közel kerül az ARPEGE-hez
- Még így is jelentős a felülbecslés a globálsugárzás-mérésekhez viszonyítva
- 1D tesztek: ha 12 UTC-kor a megfigyeléseknek megfelelő vastagságú Stratus-t „helyezünk el” az AROME-ban, akkor visszacapjuk a mért értékeket -> nem a sugárzás felelős a modellhibáért





Kétmomentumos mikrofizikai séma fejlesztése

