

43. METEOROLÓGIAI TUDOMÁNYOS NAPOK

Új turbulencia parametrizációs eljárások az AROME modellben

*Lancz Dávid és Szintai Balázs – Országos Meteorológiai Szolgálat
Módszerfejlesztési Osztály*

2017. november 23.



Alapítva: 1870

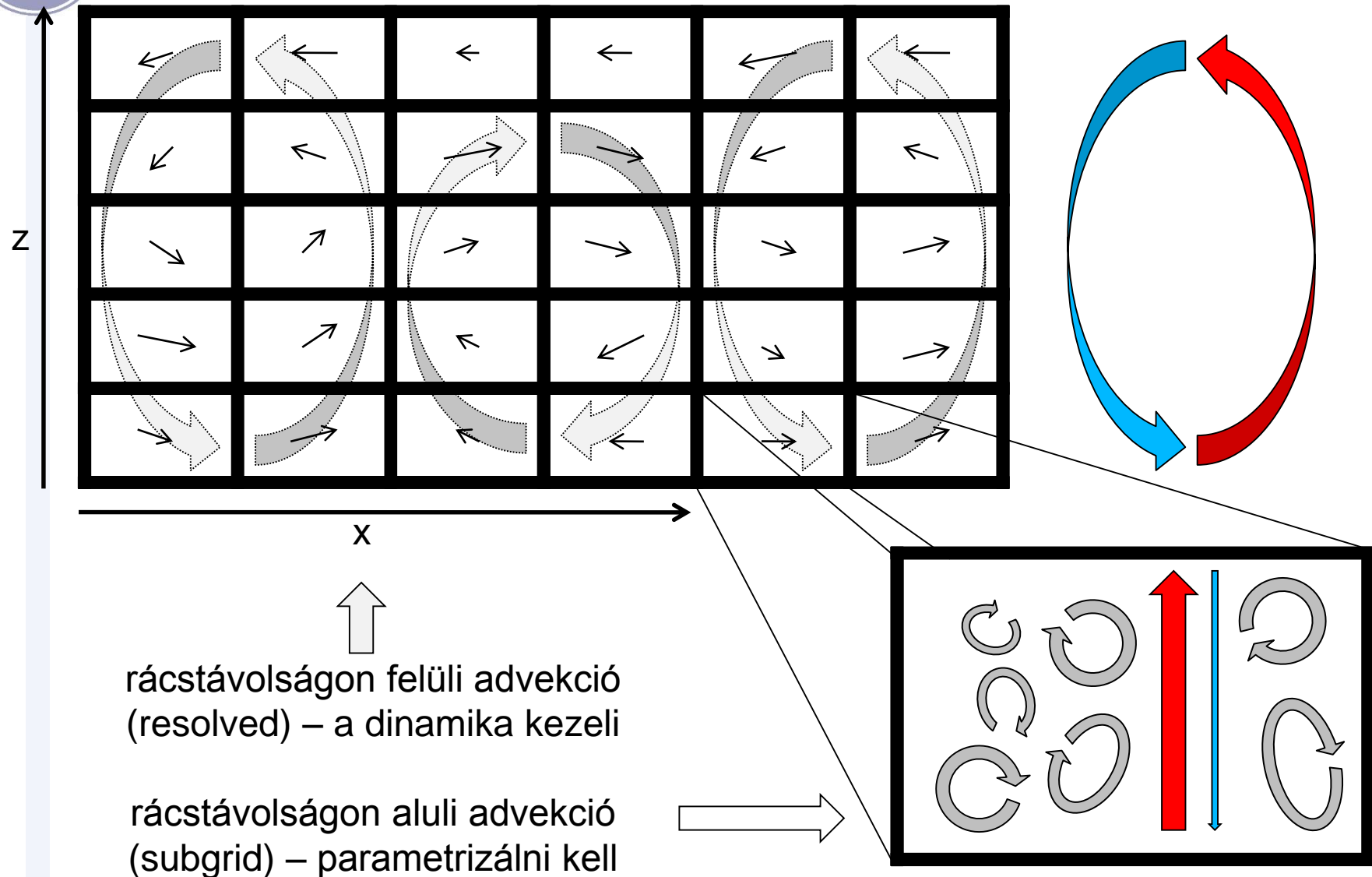


Vázlat

- Konvekció – turbulens áramlás
- Sekély konvekció szürke zónája
- Az EDMF algoritmus az AROME-ban
- Az EDMF módosítása
- Tesztek és verifikáció
- Összefoglalás



Konvekció



↑
rácstávolságon felüli advekción (resolved) – a dinamika kezeli

→
rácstávolságon aluli advekción (subgrid) – parametrizálni kell



Szürke zóna probléma

A sekély konvekciót:

- Alacsony felbontáson (kb. $dx > \sim 2\text{km}$) – parametrizáljuk
- Magas felbontáson (kb. $\sim 125\text{m} > dx$) – nem parametrizáljuk, mert a dinamika kezeli

De mi történik a köztes horizontális felbontáson?

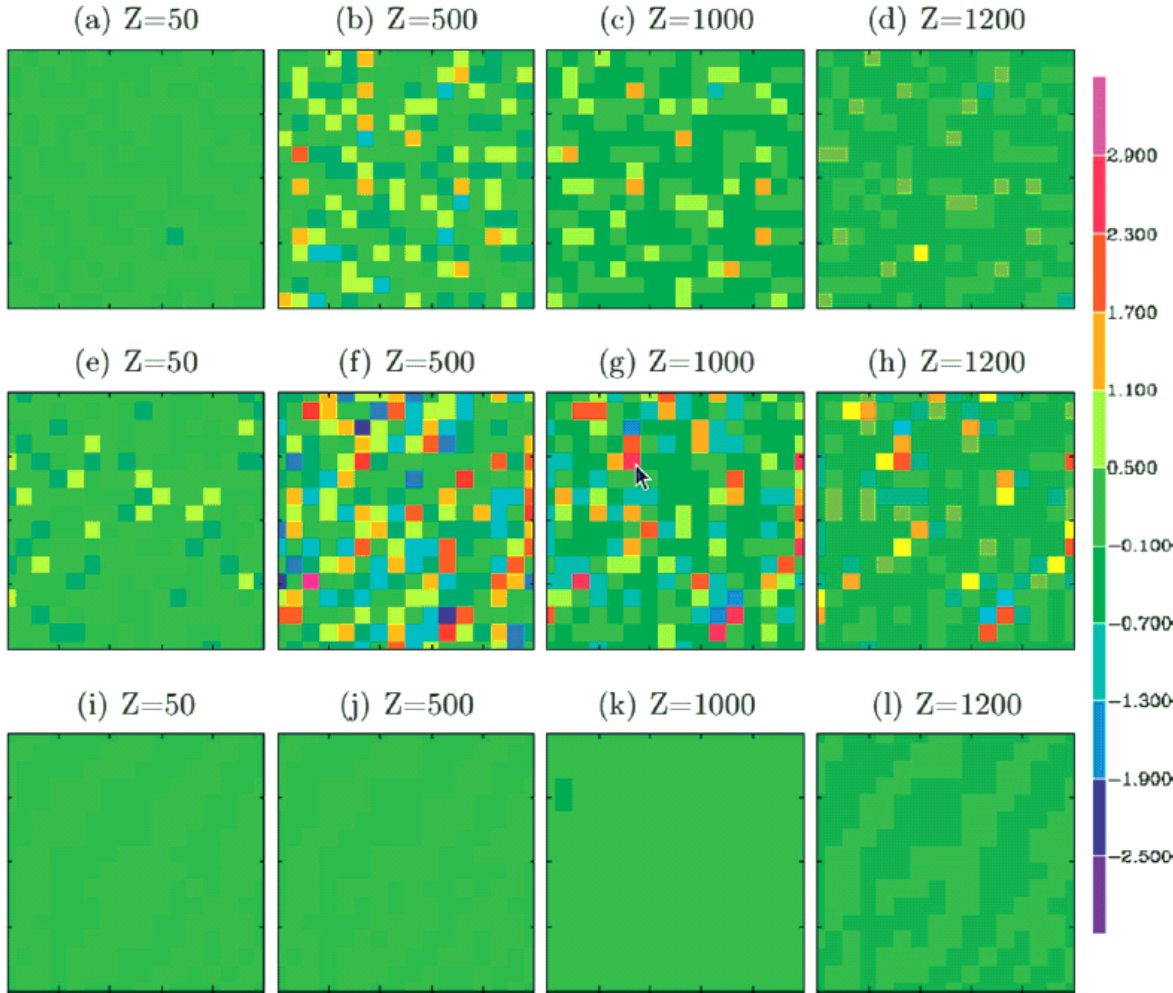
→ A modell dinamikája elkezd részlegesen kitermelni a sekély konvekció örvényeit → vagyis a **dinamika és a parametrizáció egyszerre kezeli ugyan azokat az örvényeket** → SZÜRKE ZÓNA



Szürke zóna probléma

Mi történik a szürke zónában?

Vertikális sebesség
különböző magasságokban
(MesoNH modell):



➤ LES felskálázva
 $dx = 62,5 \text{ m}$
(referencia)

➤ $dx = 1000 \text{ m}$
sekély konvekció
paramertizáció nélkül

➤ $dx = 1000 \text{ m}$
sekély konvekció
parametrizációval

FIG. 13. Horizontal cross sections of the vertical velocity at 50-, 500-, 1000-, and 1200-m altitude at 1000-m grid size for the IHOP case. (a)–(d) Successive means from the LES reference; (e)–(h) 1000-m grid size simulation with a 1D turbulence scheme and BL89 as mixing length without PMMC09; and (i)–(l) 1000-m grid size simulation with a 1D turbulence scheme and BL89 as mixing length with PMMC09.



Turbulens áramlás parametrizációja

Az AROME-ban:

•K-elmélet + Mass Flux

$$\overline{w' \phi'} = -K \frac{\partial \bar{\phi}}{\partial z} + M (\phi_u - \bar{\phi})$$

$$M = a_u (w_u - \bar{w})$$

(név: Eddy Diffusion Mass Flux EDMF → EDKF mert a felhős részben Kain és Fritsch paramerizációját használják)

Megjegyzés: másik definíció szerint: $\overline{w' \phi'} = -K \frac{\partial \bar{\phi}}{\partial z} + \frac{M}{\rho} (\phi_u - \bar{\phi})$

$$M = a_u \rho (w_u - \bar{w})$$

- w - vertikális sebesség
- ϕ - tetszőleges konzervatív változó
- $\overline{w' \phi'}$ - vertikális turbulens fluxus
- $\frac{\partial \bar{\phi}}{\partial z}$ - Φ átlagának vertikális gradiense
- K - turbulens diffúziós együttható
- $\bar{w}, \bar{\phi}$ - w és Φ átlaga
- w_u, ϕ_u - w és Φ értéke a feláramlási zónában
- a_u - a feláramlási zóna területi aránya a rácsterülethez képest
- ρ - sűrűség



A Mass Flux algoritmus

- g - grav. gyorsulás
- $\frac{\theta_v}{\theta_v}$ - virt. pot. hőmérséklet
- $\frac{w' \theta'_v}{\theta_v}$ - virt. pot. hőm felszíni fluxusa
- L_{BL89} - Bougeault-Lacarrère féle felfelé irányuló keveredési úthossz

INICIALIZÁCIÓ

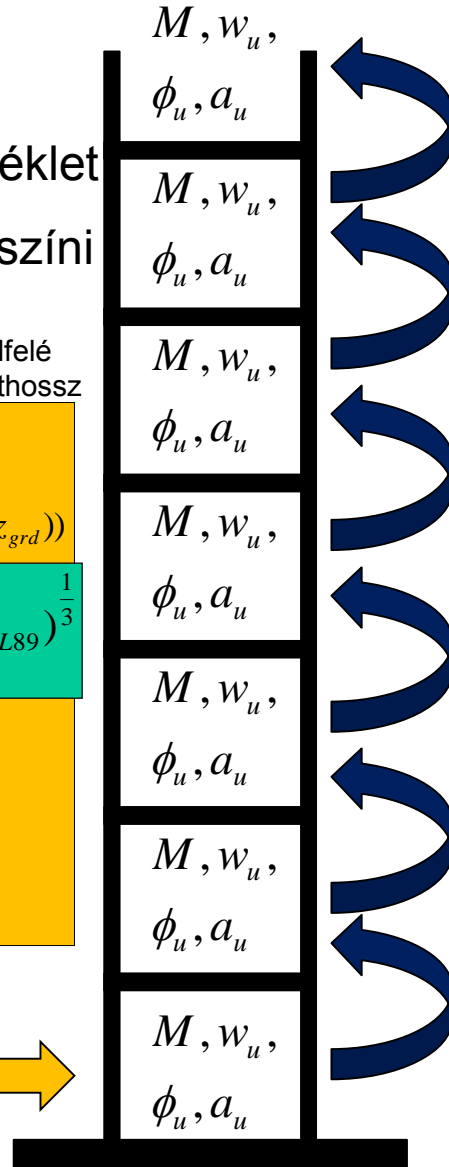
$$w_u^2(z_{grd}) = \max\left(0,0001 \frac{m^2}{s^2}; \frac{2}{3} TKE(z_{grd})\right)$$

$$M = XCMF * \left(\frac{g}{\theta_v} \overline{w' \theta'_v} L_{BL89}\right)^{\frac{1}{3}}$$

$$a_u(z_{grd}) = \min\left(\frac{M}{\sqrt{w_u^2}}; 0,33\right)$$

$$w_u^2(z_{grd}) = \left(\frac{M}{a_u}\right)^2$$

megj.: az eredeti egyenletekben a sűrűség is szerepel



$$\frac{1}{M} \frac{\partial M}{\partial z} = (\varepsilon - \delta)$$

$$\frac{\partial \phi_u}{\partial z} = -\varepsilon(\phi_u - \bar{\phi})$$

ε - bekeveredés

δ - kikeveredés

Felfelé integrálásnál:

- Ellenőrzi, hogy elérte-e az LCL-t (lifting condensation level)
 - Nem - ε, δ Pergaud szerint számolja
 - Igen - ε, δ Kain és Fritsch szerint számolja
- Kiszámolja: M, w_u, ϕ_u, a_u
- Lezárja, ha $M \leq 0$ vagy $w_u^2 \leq 0$ (ill. ha a felhőmagasság 3000 m fölé ér, 4000 m-re mesterségesen lecsökkenti az M -et 0-ra)



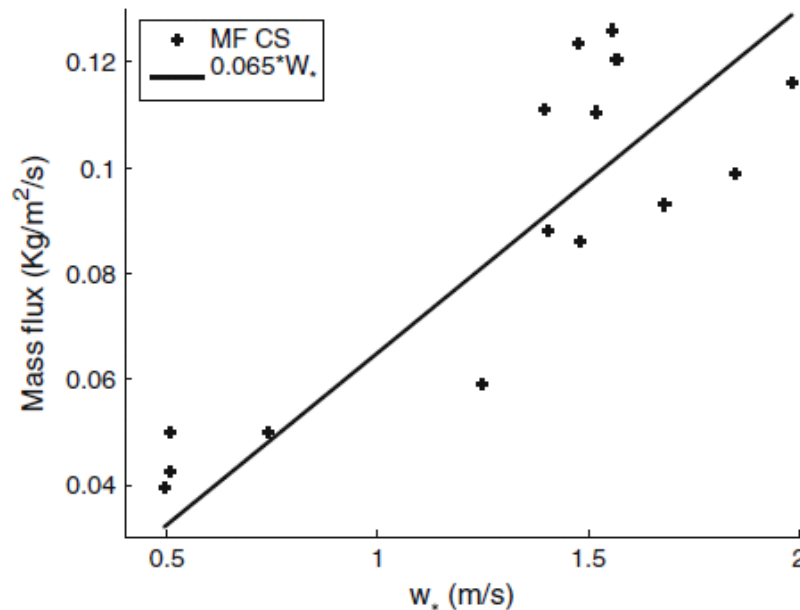
Módosítás

$$M = XCMF * \left(\frac{g}{\theta_v} \overline{w' \theta'_{v \text{ grd}}} L_{BL89} \right)^{\frac{1}{3}}$$

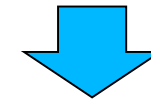
z_i – a keveredési réteg magassága

Vertikális sebesség skálája: $w_* = \left(\frac{g}{\theta_v} \overline{w' \theta'_{v \text{ grd}}} z_i \right)^{\frac{1}{3}}$, ha $\overline{w' \theta'_{v \text{ grd}}} \geq 0$

Mass Flux értékek a w_* függvényében,
LES adatok alapján (PERGAUD,2009)



$$M = XCMF * w_*$$

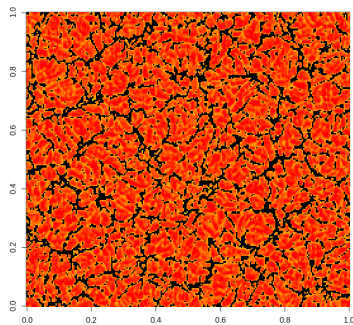


$$XCMF = 0,065$$

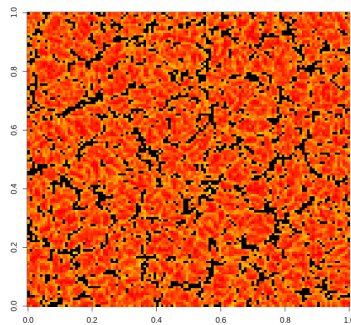
Jelenleg ez van az AROME-ban

Felskálázott mezők alapján következtetni a felszíni rétegben inicializált Mass Flux értékek horizontális felbontásától való függésére (Honnert et al. 2011).

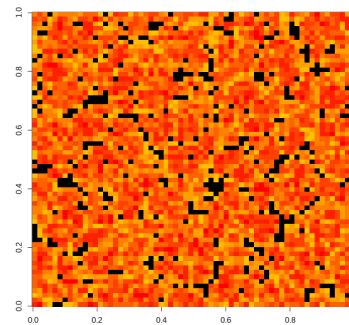
A nyomkövető koncentrációjának struktúrája a felszín feletti rétegben LES ($dx = 62,5$ m) szimuláció és a belőle képzett felskálázott mezők (125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 méter) alapján + feketével jelölve a Mass Flux-szal rendelkező rácspontok (feltétel: $w > 0$; $w > w_{\text{átlag}}$; $c - c_{\text{átlag}} > c_{\text{szórás}}$, ahol c a nyomkövető koncentrációja)



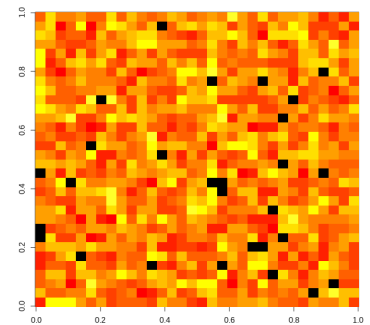
62,5 m



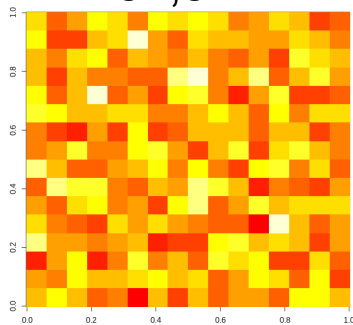
125 m



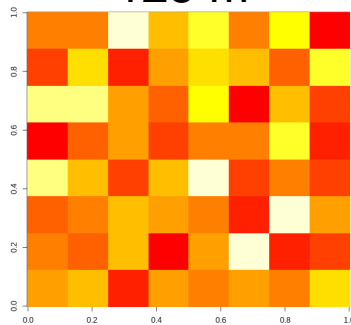
250 m



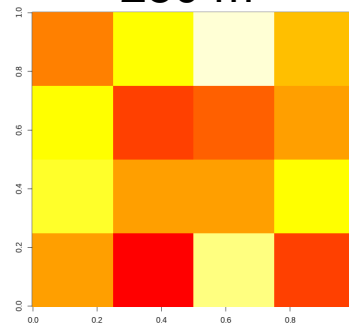
500 m



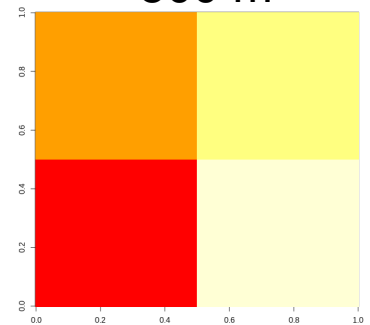
1000 m



2000 m



4000 m



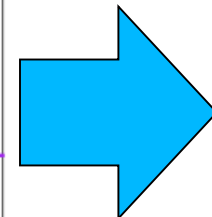
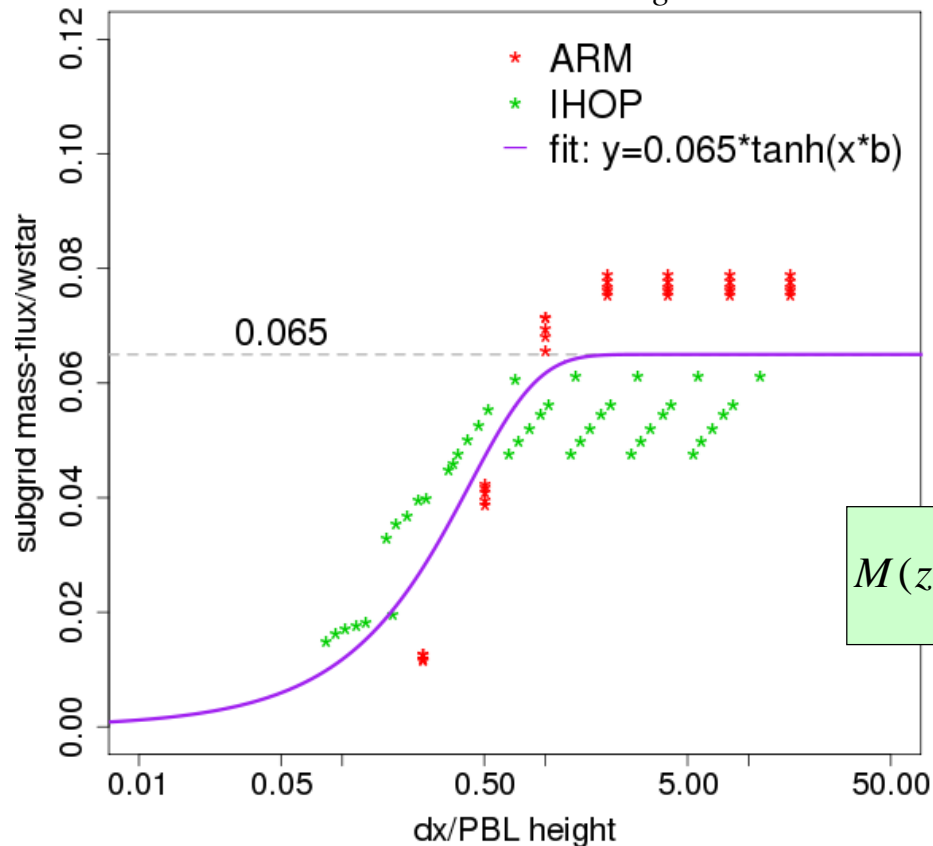
8000 m



Módosítás

Feltételezzük: $M_{resolved}(62.5m) \approx M_{total}$

$$M_{subgrid}(dx) \approx M_{total} - M_{resolved}(dx)$$



Illesztett függvény:
 $f(x)=0.065*\tanh(x*b)$



Implementáltuk a kódba:

$$M(z_{grd}) = 0.065 * \tanh\left(\frac{\sqrt{dx * dy}}{h} * 1.86\right) * \left(\frac{g}{\theta_v} \overline{w' \theta'_{v, grd}} L_{BL89}\right)^{\frac{1}{3}}$$

A kódban:

Lehetséges beállítás:

normalizálási faktor (h) = planetáris
határreteg (PBL) magasság

vagy L_{BL89}

$M_{subgrid}/w*$ arány a felszínen a dx/PBL
magasság függvényében



Tesztelés

A módosításunk tanulmányozására idealizált AROME futtatásokat használunk (ARM és IHOP eset, de itt csak az IHOP van bemutatva)

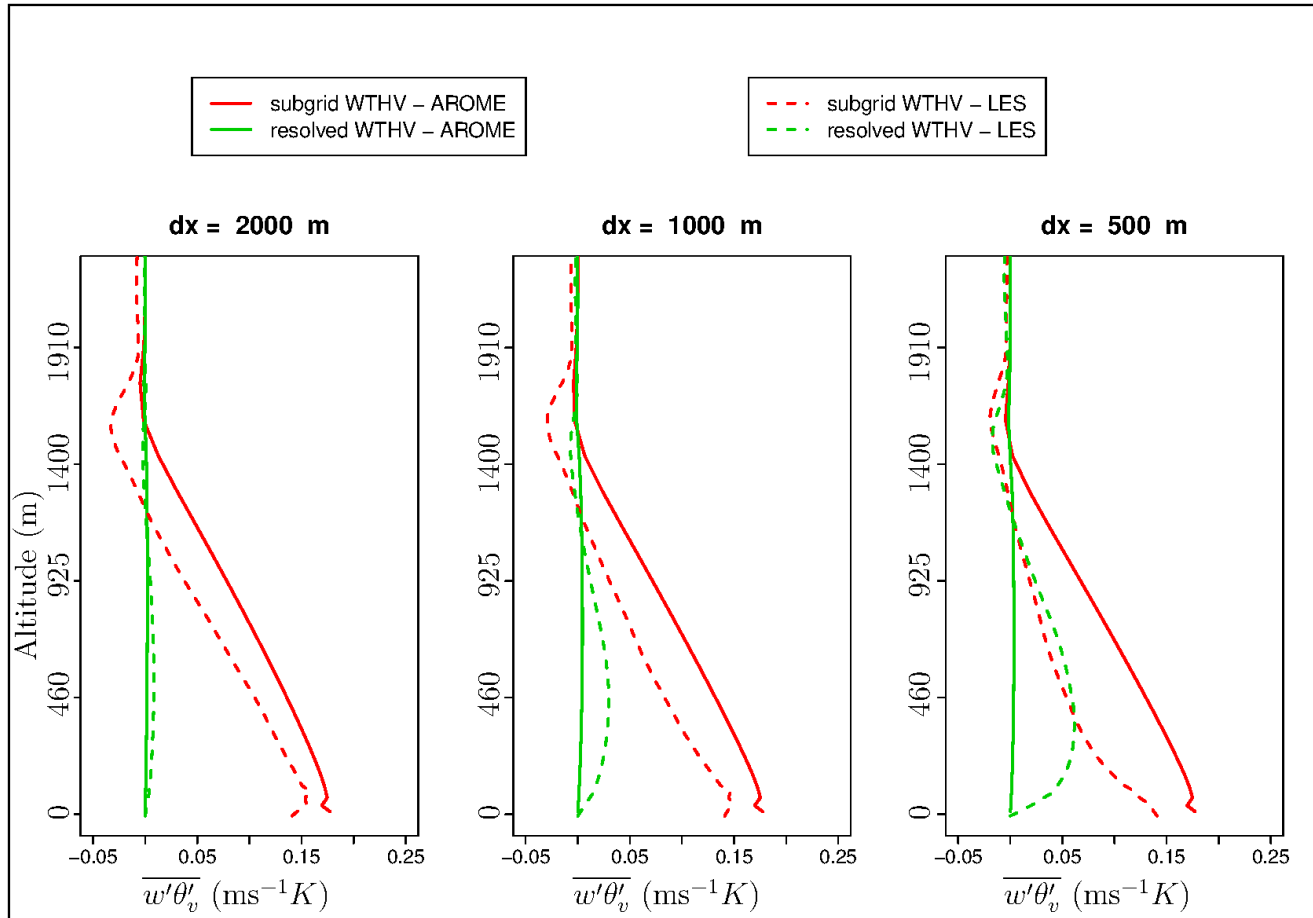
Vizsgált paraméter:

WTHV – virtuális potenciális hőmérséklet (θ_v) vertikális turbulens fluxusa [Km/s] (buoyancy flux)

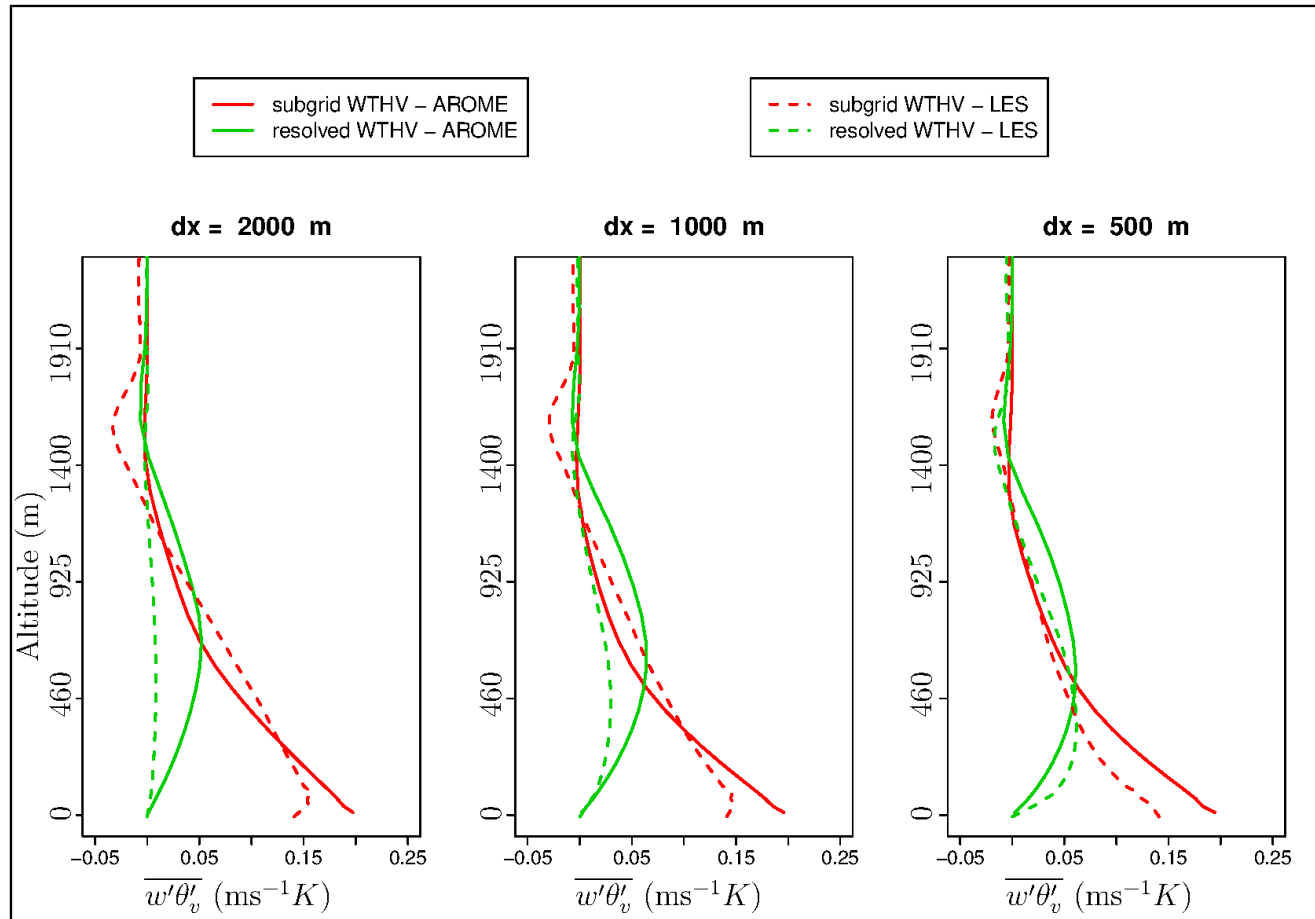
subgrid → a parametrizációból

resolved → kiszámolva: $WTHV_{res} = (\theta_v - \langle \theta_v \rangle)(w - \langle w \rangle)$

A felskálázott LES és referencia idealizált AROME szimulációk sekély konvekció parametizációjával:



A felskálázott LES és referencia idealizált AROME szimulációk sekély konvekció parametrizáció nélkül:



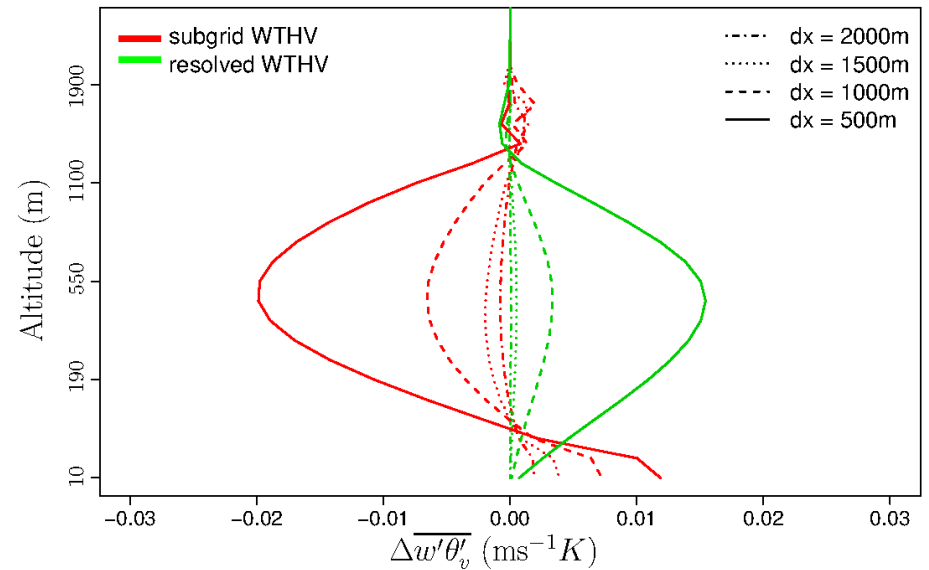
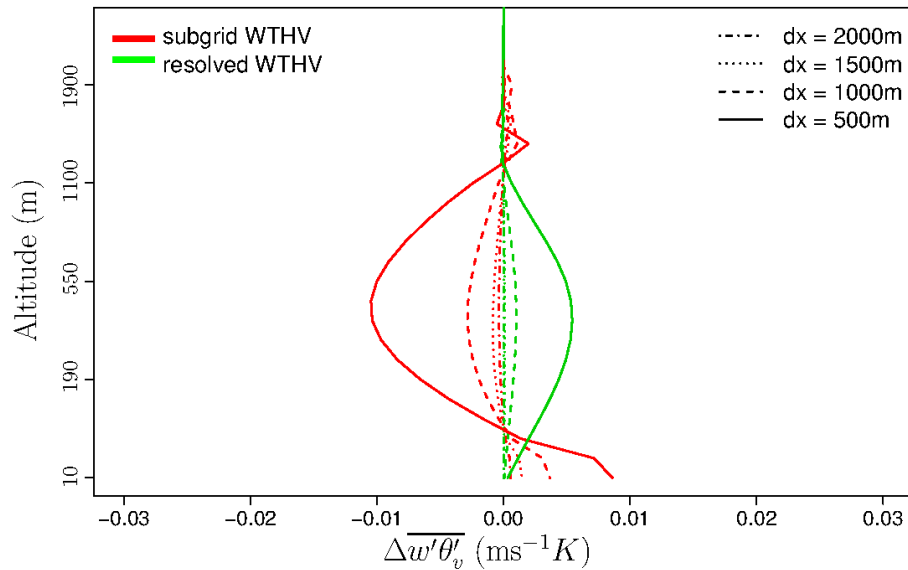


Tesztelés

θ_v turbulens fluxus eltérések a referenciától:

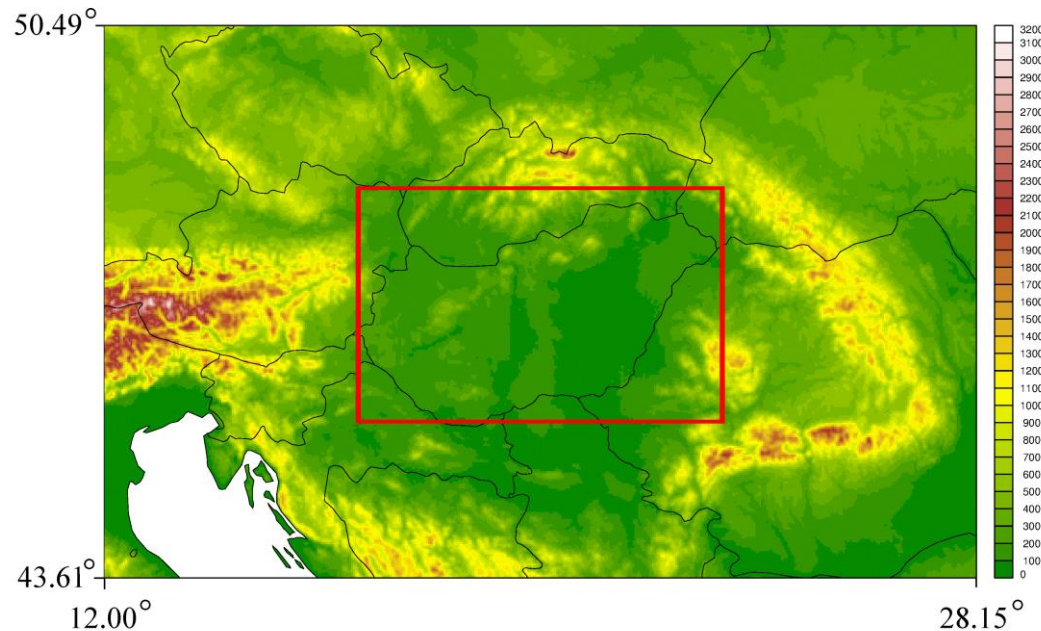
normalizálási faktor =
PBL magasság

normalizálási faktor =
 L_{BL89}



Verifikáció

- A verifikációhoz egy nyári 15 napos időszakot használtunk: 2015. június 1. - 15.
- A sekély konvekció szürke zónájához az operatívnál magasabb felbontást kellett használni
- 2,5 km-es helyett 1 km és 500 m-es felbontáson referencia futtatásokat végeztünk el → ezekkel hasonlítottuk össze a módosított modellt
- Kétféle beállítást teszteltünk: $h = \text{PBL magasság}$ (zöld)
 $h = L_{\text{BL}89}$ (sárga)





Verifikáció

Szaggatott vonal – BIAS

Piros – operatív (2,5 km)

Zöld – módosított, $h = \text{PBL}$ magasság (500 m)

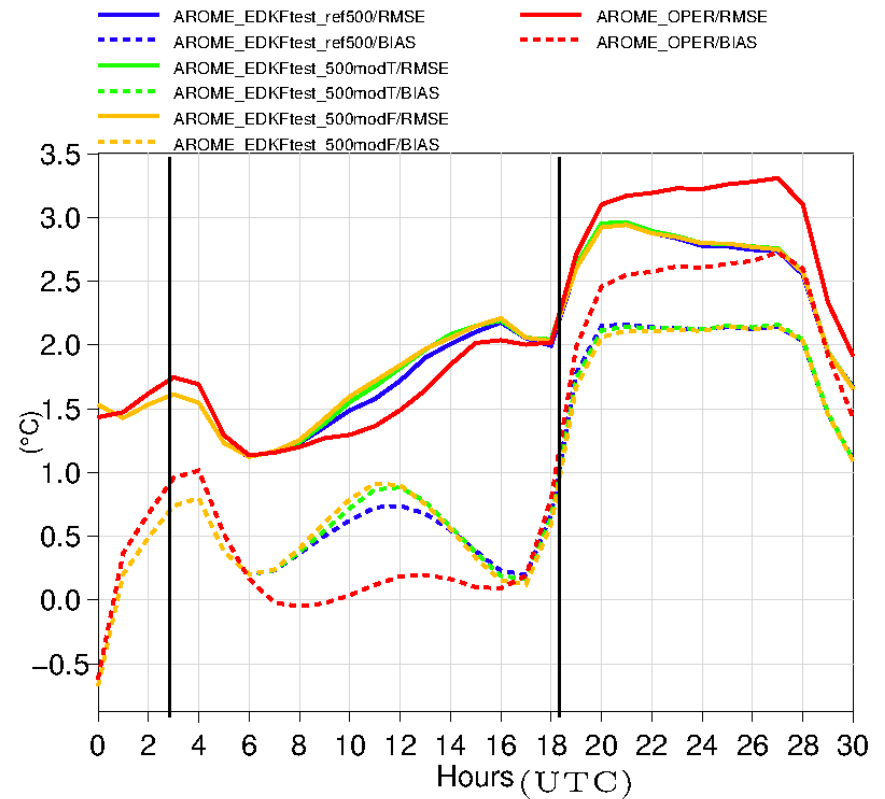
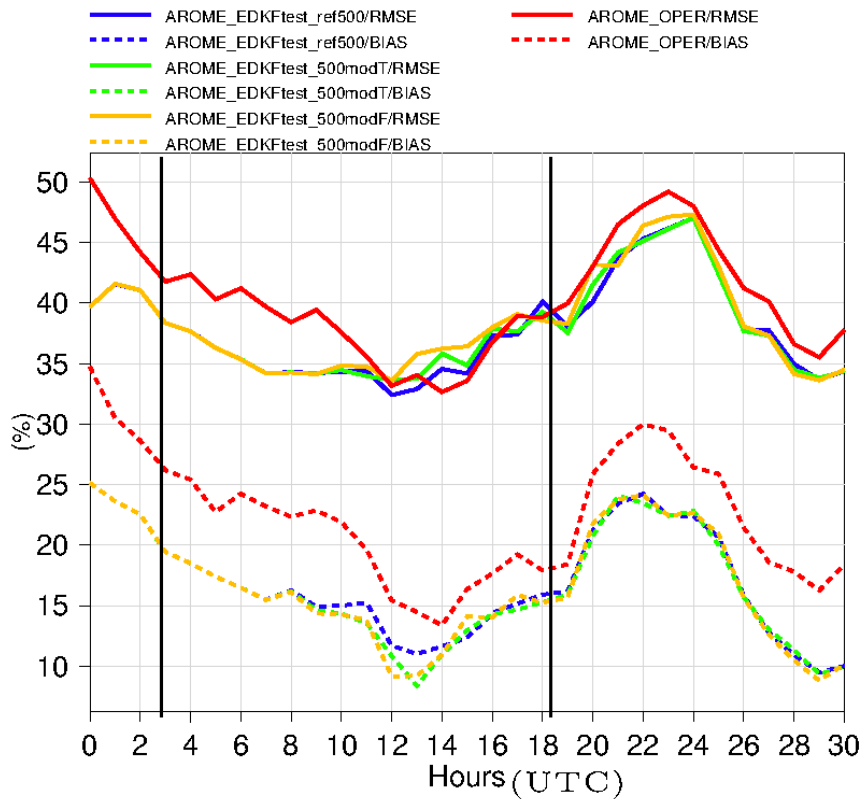
Sárga – módosított, $h = L_{\text{BL}89}$ magasság (500 m)

Teljes vonal – RMSE

Kék – referencia (500 m)

Felhőzet

2 m-es hőmérséklet





SAL csapadék verifikáció

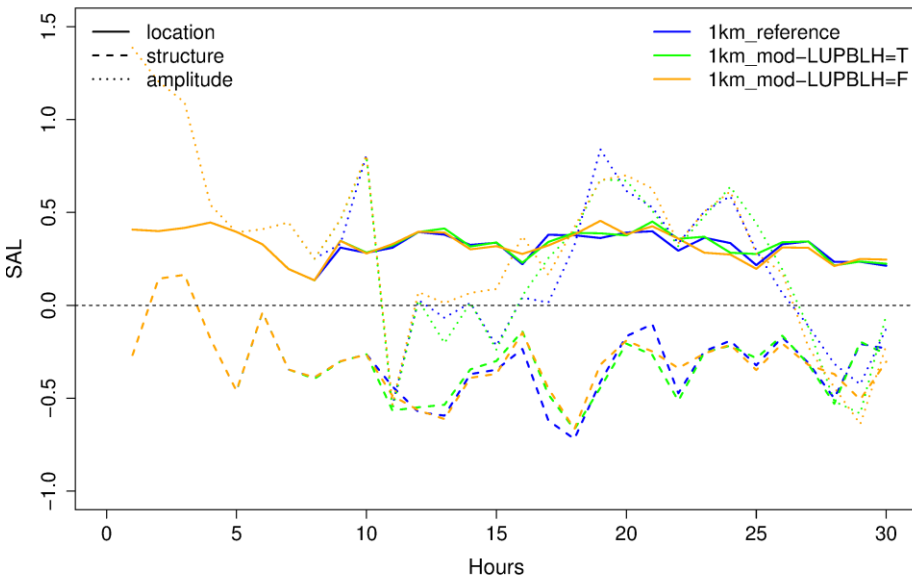
→ SAL (Structure Amplitude Location) csapadék verifikáció – objektum alapú verifikáció radarképek alapján, legjobb értéke a 0

Kék – referencia

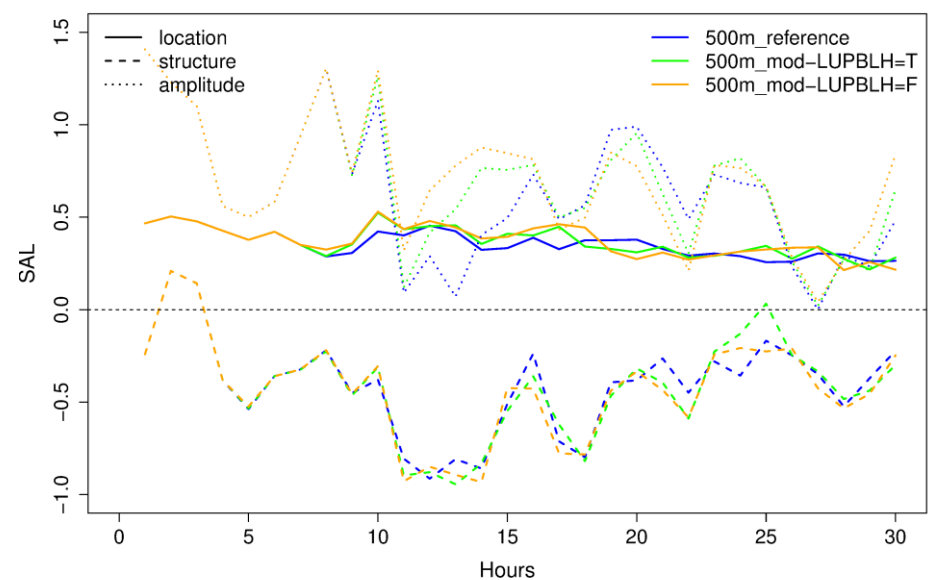
Zöld – módosított, $h = \text{PBL}$ magasság

Sárga – módosított, $h = L_{\text{BL89}}$ magasság

dx = 1000 m

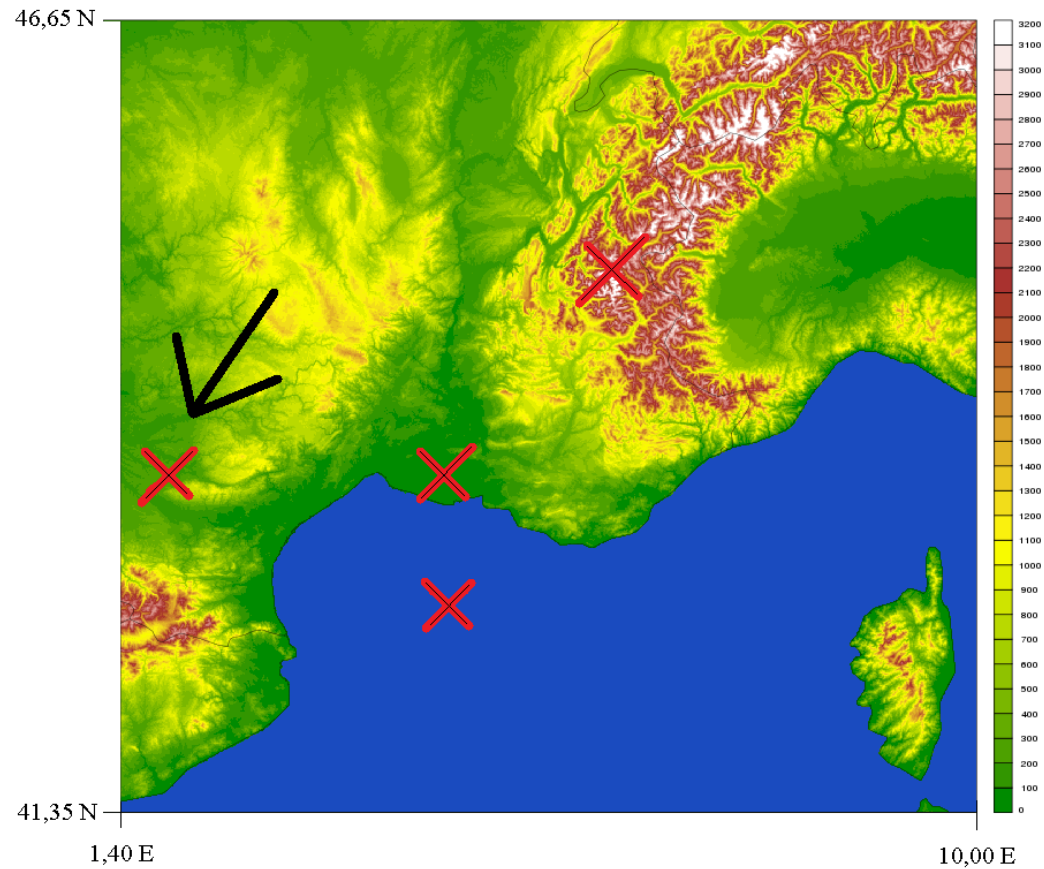


dx = 500 m



Vertikális profilok

Profilok vizsgálata 500 m-es felbontású kísérletekből:



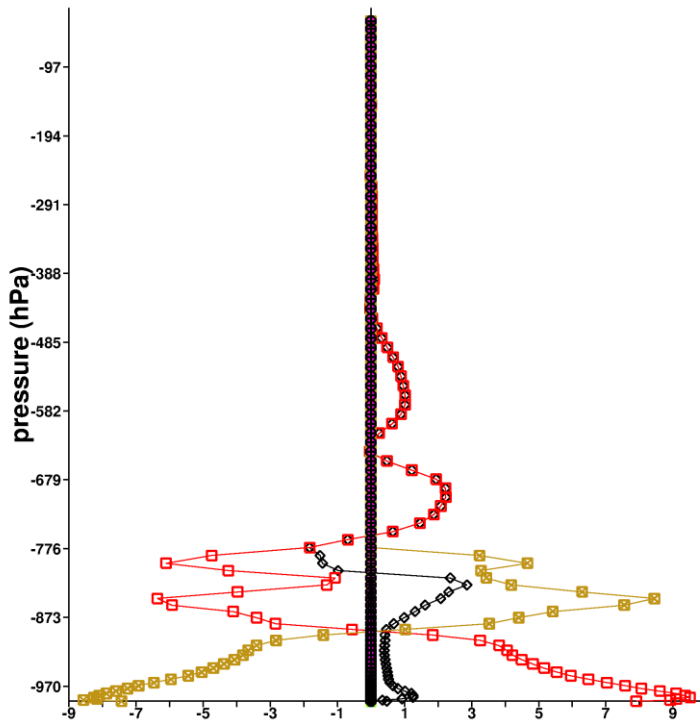


Vertikális profilok

A vízgőz turbulens transzportjának 24 h-s bűdzsége

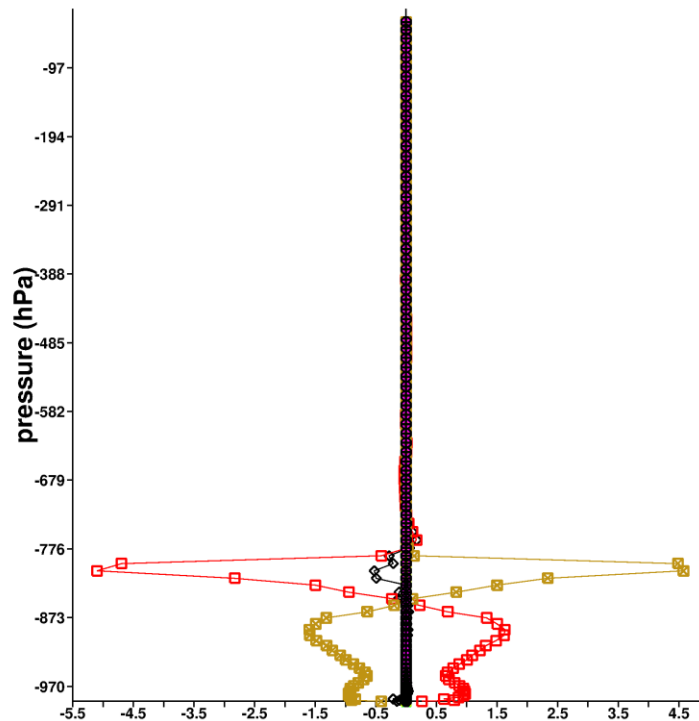
Referencia

WATER VAPOUR BUDGET (g/kg/day)
FCST-DHFDLROM+0024.dom1
BASE 2015-07-15 00:00 ECH 24 H



Eltérés a referenciától

WATER VAPOUR BUDGET (g/kg/day)
FCST-diff20150715+0024.dom1
BASE 2015-07-15 00:00 ECH 24 H



- TQVADJU
- ◆ Turbulence H
- Turbulence V
- × Heterog. nucleation ice
- + Corr. neg.
- Depos. snow
- ▽ Depos. graupel
- ▲ Rain evaporation
- × TQVNEGA
- Residual
- ◇ Total tendency



Összefoglaló

- Egy új turbulencia lezárást teszteltünk, mely figyelembe veszi a horizontális felbontást
- Mérsékli a sekély konvekció parametrizációját a szürke zónában
→ A turbulens tömeg fluxus kezdőértékét csökkenti a felszínen egy LES adatokon alapuló függvényrel
- Teszteltük idealizált AROME modellel és valós eseteken verifikáltuk
- Az eredmények azt mutatják, hogy a módosítás hatása enyhe
→ Fontos megjegyezni, hogy az új lezárástól nem várjuk el, hogy önmagában megoldja a sekély konvekció szürke zónájának problémáját, ahhoz további módosítások szükségesek (pl. a használt egyenletek változtatása, 3D turbulencia)
- A nagyfelbontású AROME kísérleteknél tapasztaltuk, hogy a nagyobb felbontás nem jelent automatikusan jobb eredményeket is → szükséges a paraméterek finomhangolása, adatasszimiláció



Köszönöm a figyelmet!



Alapítva: 1870

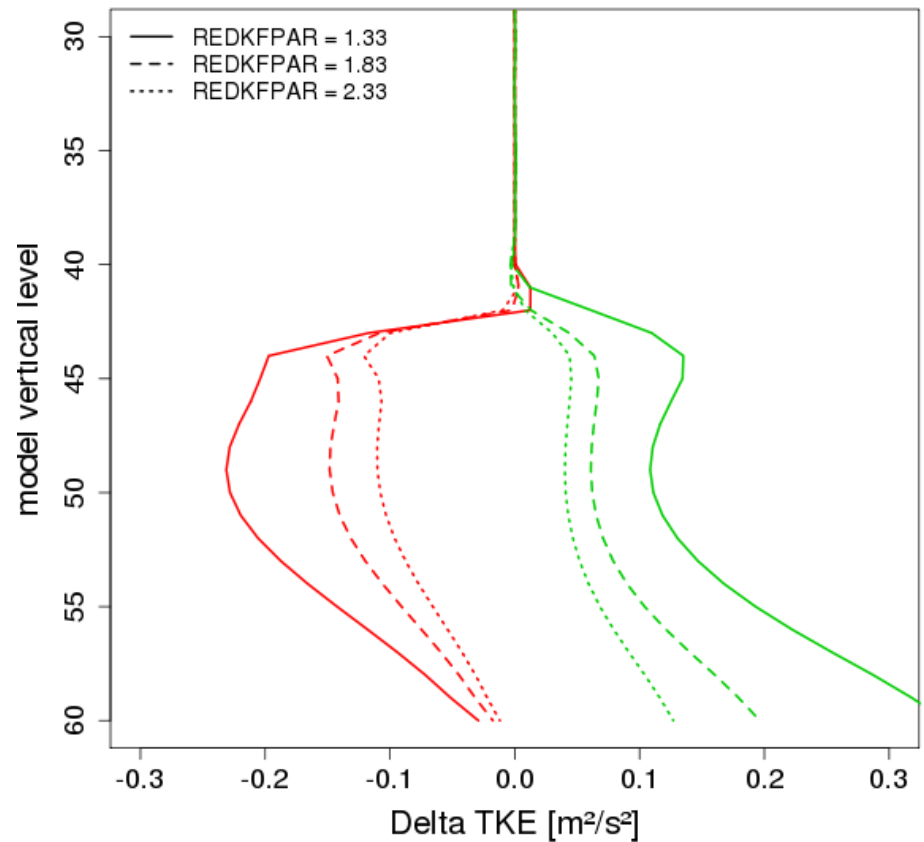
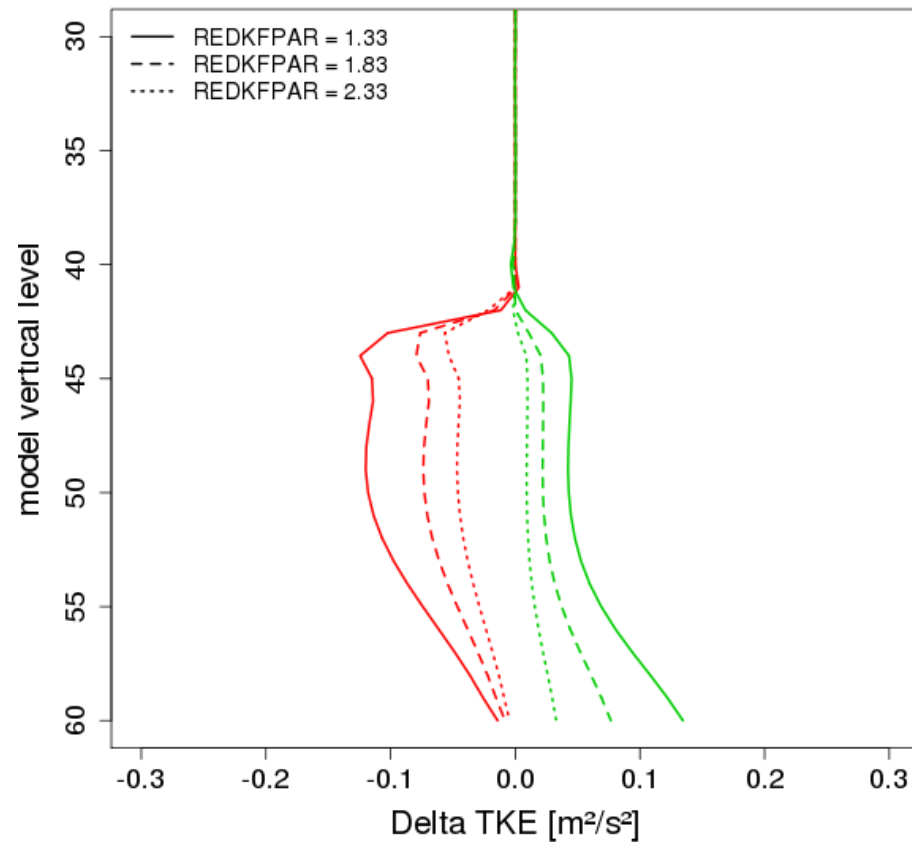


Pótdia

Eltérések a referenciától – a REDKFPAR paraméter hatása
 $dx = 500m$ esetén:

$h = \text{PBL magasság}$

$h = L_{BL89}$



Delta átlagos subgrid (piros) és resolved (zöld) TKE [m^2/s^2]