



A MAGYAR
TUDOMÁNY
ÜNNEPE

RRF-2.3.1-21-2022-00014
Éghajlatváltozás Multidiszciplináris Nemzeti Laboratórium



A nem-hidrosztatikus modellek a hazai klímaváltozás vizsgálatában: HARMONIE-Climate modell tesztelése, első eredmények

SCHUCHNÉ BÁN BEATRIX

OMSZ, Modellezési Osztály

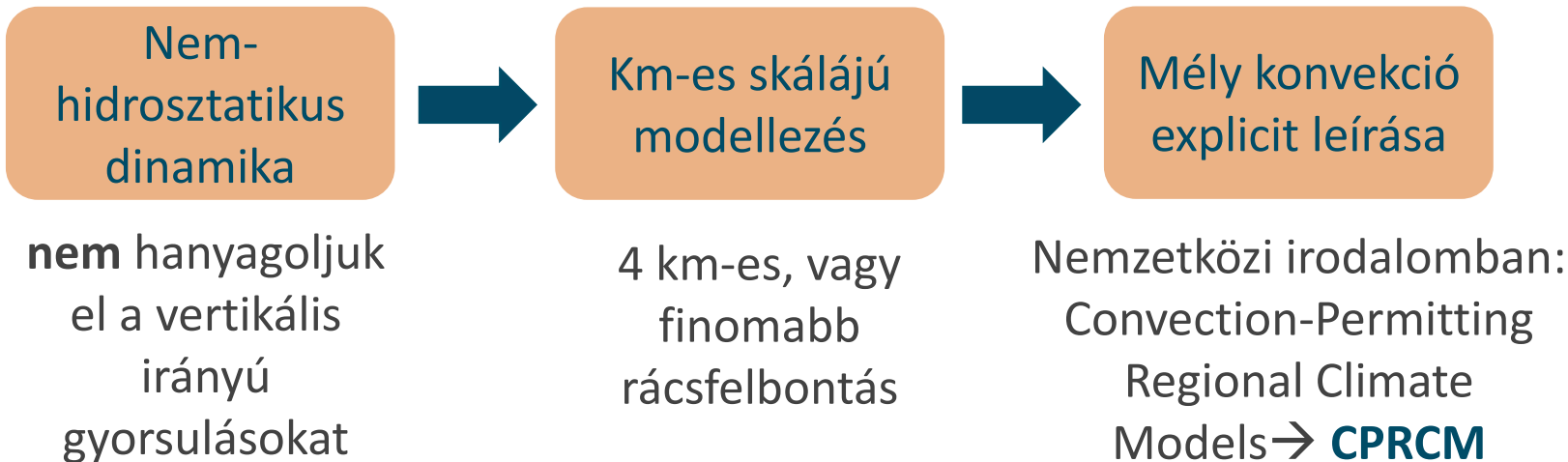


NEMZETI
LABORATÓRIUM

MTA

MAGYAR
TUDOMÁNYOS
AKADÉMIA

Nem-hidrosztatikus és km-skálájú modellezés



- Ami még szükséges:
- mikrofizikai folyamatok és a felszín komplexebb leírása
 - nagy számítási kapacitás

Miért érdemes alkalmazni?

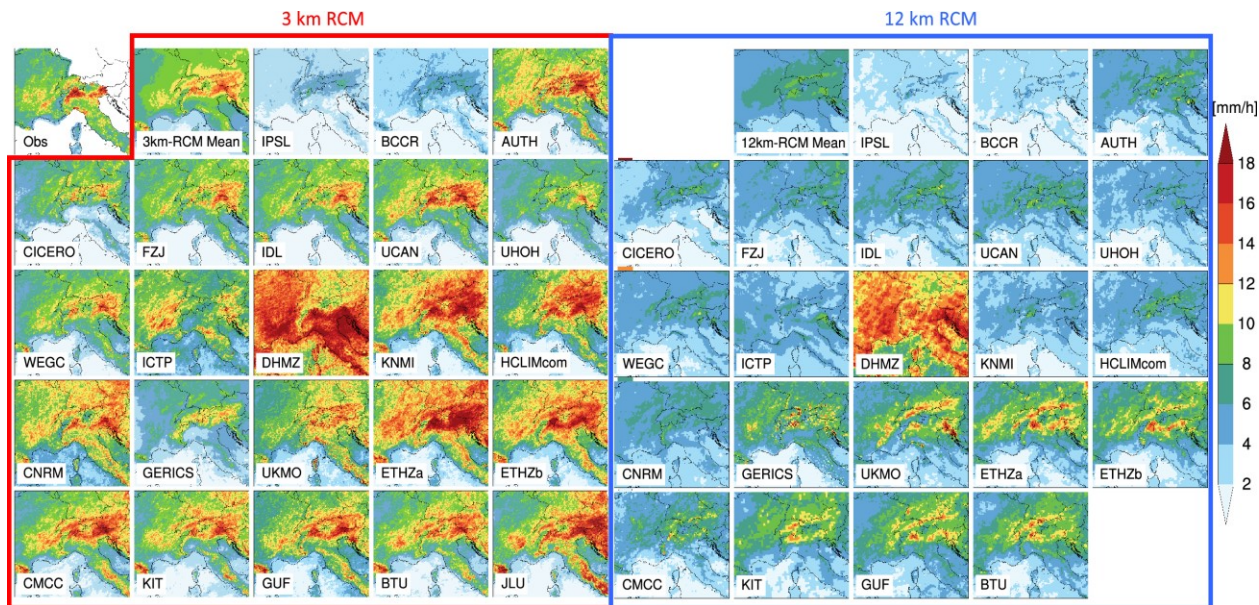
- Lényegesen jobban leírja a **csapadék jellemzőket**:
 - mennyiségének, intenzitásának és gyakoriságának napi ciklusát
 - területi eloszlását és változékonyságát
 - az óránkénti nagy csapadékok intenzitását
- Órás skálán **kisebb bizonytalanság** a legtöbb indikátorra és évszakra
- Realisztikusabb **szélsőséges események** (pl. hóhullámok)

Kendon et al. 2012, Ban et al. 2014, Fosser et al. 2015, Berthou et al. 2018, Ban et al. 2021, Pichelli et al. 2021, Sangelantoni et al. 2023

Miért érdemes alkalmazni?

Példa:

A 99. percentilisben meghatározott nagy mennyiségű óránkénti nyári csapadékmennyiség (2000-2009)



Nagy változékonyság a modellek között, de egyértelmű különbség a 3 km-es és 12 km-es RCM-ek között. (Ban et al. 2021)

Motivációnk

- A hidrosztatikus, 10 km-es horizontális felbontású regionális éghajlati modell eredményeink nem nyújtanak megfelelő információt a napközbeni és lokális skálájú csapadékjellemzőkről, ami fontos bizonyos hatásvizsgálatok, pl. várostervezés és infrastruktúra-fejlesztés szempontjából.
- Megoldás: **nem-hidrosztatikus, km-es skálájú éghajlati modell** alkalmazása
- Eszközünk: **HARMONIE-Climate (HCLIM) modell**

A HCLIM modellről



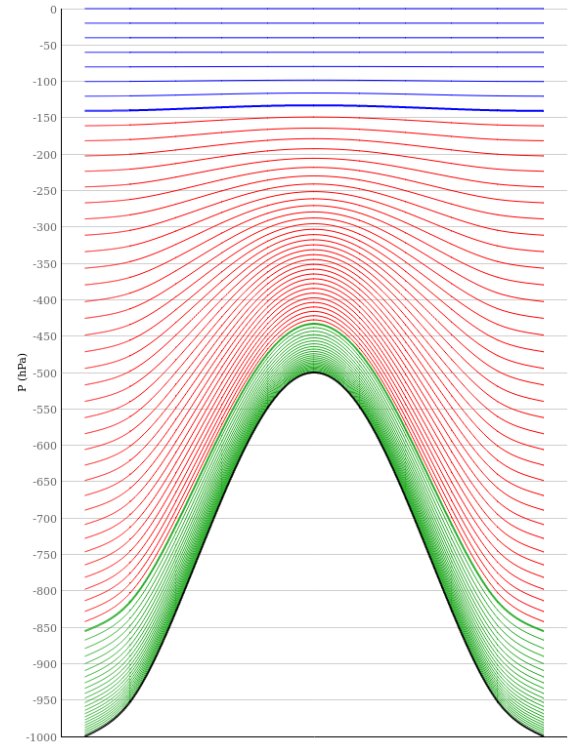
- **HARMONIE:** nem-hidrosztatikus, km-es skálájú, korlátos tartományú időjárás-előrejelző modell, a HIRLAM és az ACCORD NWP konzorcium fejleszti
- **HCLIM:** klímamodellezésre alkalmas verzió → hasonló a HARMONIE-hoz, de:
 - Hosszabb, folyamatos futás
 - Nincs adatasszimiláció
 - Tengerfelszín hőmérséklet (SST), illetve tengeri jég koncentráció (SIC) mezők frissítése peremfeltételekből a szimuláció során
 - Új, illetve módosított fizikai parametrizációk
 - FA output → konvertálás: GRIB, netCDF
- A HCLIM konzorcium fejleszti, OMSZ csatlakozás 2022-ben
- Szoros együttműködés az NWP csapattal



A HCLIM modellről

Dinamika

- hidrosztatikus és nem-hidrosztatikus
- spektrális
- diszkretizáció: szemi-implicit és szemi-Lagrange séma
- Davies–Kallberg relaxációs séma
- hibrid szigma vertikális koordináta-rendszer



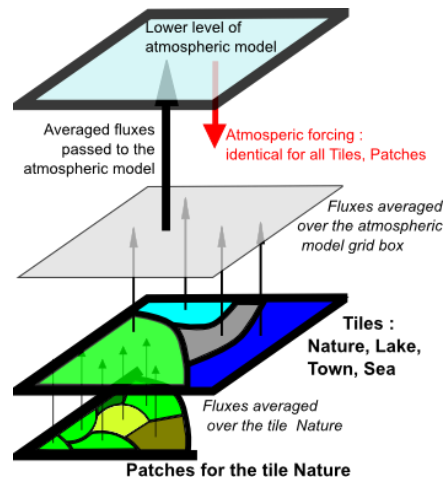
Bengtsson et al. 2017, Termonia et al. 2018

A HCLIM modellről

Fizikai parametrizációs csomagok

Parameterization and dynamics	ALADIN	AROME
Dynamics	Hydrostatic (Temperton et al., 2001)	Nonhydrostatic (Bénard et al., 2010)
Radiation	RRTM_LW, SW6 (Mlawer et al., 1997; Iacono et al., 2008; Fouquart and Bonnel, 1980)	RRTM_LW, SW6 (Mlawer et al., 1997; Iacono et al., 2008; Fouquart and Bonnel, 1980)
Turbulence	CBR (Cuxart et al., 2000); mixing length from Bougeault and Lacarrere (1989)	HARATU (Lenderink and Holtslag, 2004; Bengtsson et al., 2017)
Microphysics	Lopez (2002); Bouteloup et al. (2005)	ICE3-OCND2 (Pinty and Jabouille, 1998; Müller et al., 2017)
Shallow convection	KFB (Bechtold et al., 2001; Bazile et al., 2012)	EDMFm (de Rooy and Siebesma, 2008; Bengtsson et al., 2017)
Deep convection	Bougeault (1985)	–
Clouds	Smith (1990)	Bechtold et al. (1995)
Orographic wave drag	Catry et al. (2008)	–

Felszín leírása: SURFEX felszíni almodellel (online csatolás)



SURFEX tiling and coupling with an atmospheric model

Masson et al. 2013

Implementálás hazai környezetbe

- Modellverzió: cy43hc2 → **HCLIM43**
- Kód letöltése (forrás: Github)
- Kódfordítás, futtatási számítógépes környezet beállítása

Számítógépes rendszer

- HPE Apollo 6000 server
- 10 db computing node
- 2 CPU/node
- 20 core/CPU (2.2 GHz Intel XeonE5-2698 processzorok)
- 128 GB RAM/node



Implementálás hazai környezetbe

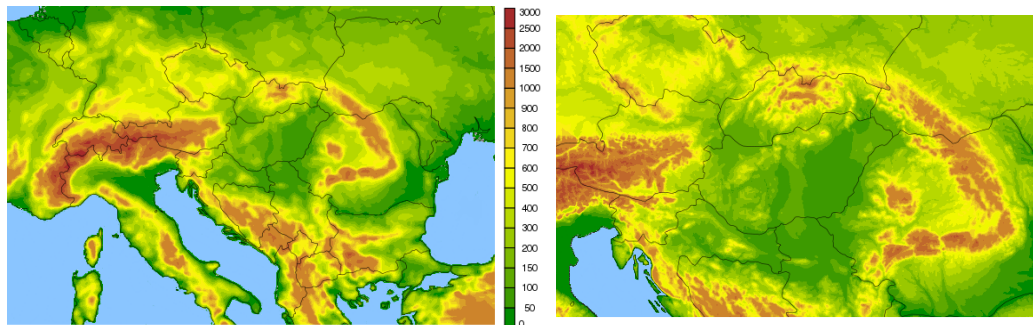
Tesztelési kísérletek

HMS_HCLIM_10

10 km – horizontális felbontás –
 240 x 160 – rácspontok száma –
 hidrosztatikus – dinamika –
 ALADIN – fizikai csomag –
 360 mp – integrálási időlépcső –

HMS_HCLIM_2.5

2,5 km – horizontális felbontás –
 500 x 320 – rácspontok száma –
 nem-hidrosztatikus – dinamika –
 AROME – fizikai csomag –
 60 mp – integrálási időlépcső –



Fő közös beállítások

Peremfeltétel	ERA5
Csatolási intervallum	3 óra
Vertikális szintek	65
Felszín leírása	SURFEX v8.1
Tavak leírása	FLake
Szárazföldi felszíni paraméterek	ECOCLIMAP2.5_plus
Orográfia	GMTED2010
Talajtípus adatbázis	SOILGRID
Aeroszolok	Tegen et al. (1997) havi klimatológia
Üvegházhatású gázok	Klimatológia az IFS 47R1 ciklusa alapján

Implementálás hazai környezetbe

Tesztelés indítása 2019. januárjára



HMS_HCLIM_10 tesztelés:

- 3 node-on (120 processzormag)
1 hónap kb. **1 óra** alatt fut le

HMS_HCLIM_2.5 tesztelés:

- 3 node-on, 1 hónap kb. **17,5 óra** alatt fut le
- 9 node-on (360 processzormag)
1 hónap kb. **6,72 óra** alatt fut le

HMS_HCLIM_10

tesztkísérlet indítása,

2019. január

ecFlow (munkafolyamat
kezelő és monitorozó
eszköz) futtatási környezet

```

ecFlowUI (4.7.0) - (menu: Administrator)@gateway1.localdomain
File Panels Refresh Servers Tools Help
ban_b_ap Δ=60s d=0s
ban_b_ap > HCLIM_test_18 >
HCLIM_test_18
├── nlimConvertFA: 0/5 ○○○○○
│   ├── InitRun ▲
│   ├── Build ✓
│   ├── CollectLogs ▲
│   └── MakeCycleInput ✓
│       ├── YMD=... 20190201
│       │   ├── ((InitRun == complete and Build == complete and ((MakeCycleInput:YMD lt (Postprocessing:YMD + 300)) or ((MakeCycl
│       │   │   └── (MakeCycleInput:YMD ge 20190201)
│       │   ├── Prepare_cycle
│       │   │   ├── Prepare_cycle ▲
│       │   │   └── Prepare_param_bin ▲
│       │   └── Climate
│       │       ├── (Prepare_cycle == complete)
│       │       ├── PGD
│       │       ├── Climate ▲
│       │       └── ExtractBDclim ✓
│       └── Boundaries
│           ├── (Prepare_cycle == complete and Climate == complete and 1)
│           ├── Boundary_strategy ▲
│           ├── LBC0
│           ├── LBCn
│           └── Prep_ini_surfix ▲
│               └── CollectLogs ▲
├── Date
│   ├── YMD=20190101 ...
│   │   ├── ((MakeCycleInput == complete) or (MakeCycleInput:YMD gt Date:YMD) or (MakeCycleInput:YMD == Date:YMD))
│   │   └── (Date:YMD ge 20190201)
│   ├── StartData
│   │   ├── ((../MakeCycleInput == complete) or (../MakeCycleInput:YMD gt ../Date:YMD) or ((../MakeCycleInput:YMD == ../Dat
│   │   ├── FirstGuess
│   │   └── Aerosolupd
│   └── Forecasting
│       ├── ((StartData == complete) and ((../MakeCycleInput == complete) or (../MakeCycleInput:YMD gt ../Date:YMD) or ((
│       ├── Forecast
│       ├── CollectLogs
│       └── LogProgress
├── Postprocessing
│   ├── YMD=20190101 ...
│   │   ├── (Date == complete or Date:YMD gt Postprocessing:YMD)
│   │   └── (Postprocessing:YMD ge 20190201)
│   ├── Pptasks
│   ├── CollectLogs
│   ├── Archive_ecgate ✓
│   └── LogProgress
└── Wrapup
    
```

Tervek

- **HMS_HCLIM_10** és **HMS_HCLIM_2.5** tesztelése 1-1 kiválasztott évre
- Első CPRCM tesztek a HMS_HCLIM_2.5 tartományon, azonban a számítási kapacitástól és az eredményektől függően más tartományok is szóba jöhetnek
→ **érzékenység-vizsgálat**
- Értékelés hosszabb (5-10 éves) **validációs időszakon**, fókuszban Magyarország csapadékviszonyai
- Hosszútávú terv: CPRCM **projekciós szimulációk** készítése
A részletek még kérdésesek: peremfeltétel, csatolás, időszak, scenárió?

Irodalomjegyzék

- Tegen, I., P. Hollrig, M. Chin, I. Fung, D. Jacob, and J. Penner (1997): Contribution of different aerosol species to the global aerosol extinction optical thickness: Estimates from model results. *J. Geophys. Res.*, 102, 23895-23915, <https://doi.org/10.1029/97JD01864>
- Kendon, E. J., Roberts, N. M., Senior, C. A., Roberts, M. J. (2012): Realism of rainfall in a very high-resolution regional climate model. *Journal of Climate*, 25 (17). pp. 5791-5806. ISSN 1520-0442. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-11-00562.1>
- Ban, N., Schmidli, J., and Schär, C. (2014): Evaluation of the convection-resolving regional climate modeling approach in decade-long simulations, *J. Geophys. Res. Atmos.*, 119, 7889–7907, <https://doi.org/10.1002/2014JD021478>
- Fosser, G., Khodayar, S. & Berg, P. (2015): Benefit of convection permitting climate model simulations in the representation of convective precipitation. *Clim Dyn* 44, 45–60, <https://doi.org/10.1007/s00382-014-2242-1>
- Berthou, S., Kendon, E.J., Chan, S.C. et al. (2018): Pan-European climate at convection-permitting scale: a model intercomparison study. *Clim Dyn* 55, 35–59, <https://doi.org/10.1007/s00382-018-4114-6>
- Ban, N., Caillaud, C., Coppola, E., Pichelli, E., Sobolowski, S., Adinolfi, M., ..., Zander, M. J. (2021): The first multi-model ensemble of regional climate simulations at kilometer-scale resolution, part I: evaluation of precipitation. *Climate Dynamics* 57, 275–302, <https://doi.org/10.1007/s00382-021-05708-w>
- Pichelli, E., Coppola, E., Sobolowski, S., Ban, N., Giorgi, F., Stocchi, P., ..., Vergara-Temprado, J. (2021): The first multi-model ensemble of regional climate simulations at kilometer-scale resolution part 2: historical and future simulations of precipitation. *Climate Dynamics*, 56, 3581–3602, <https://doi.org/10.1007/s00382-021-05657-4>
- Sangelantoni, L., Sobolowski, S., Lorenz, T. et al. (2023): Investigating the representation of heatwaves from an ensemble of km-scale regional climate simulations within CORDEX-FPS convection. *Climate Dynamics*, <https://doi.org/10.1007/s00382-023-06769-9>.
- Bengtsson, L., Andrae, U., Aspelién, T., Batrak, Y., Calvo, J., de Rooy, W., ..., Køltzow, M. Ø. (2017): The HARMONIE–AROME Model Configuration in the ALADIN–HIRLAM NWP System, *Mon. Weather Rev.*, 145, 1919–1935, <https://doi.org/10.1175/MWR-D-16-0417.1>
- Termonia, P., Fischer, C., Bazile, E., Bouyssel, F., Brožková, R., Bénard, P., ..., Joly, A. (2018): The ALADIN System and its canonical model configurations AROME CY41T1 and ALARO CY40T1, *Geosci. Model Dev.*, 11, 257–281, <https://doi.org/10.5194/gmd-11-257-2018>

KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!

mta.hu



A MAGYAR
TUDOMÁNY
ÜNNEPE

MTA

MAGYAR
TUDOMÁNYOS
AKADÉMIA



NEMZETI
LABORATÓRIUM

