



**ЕВРОПЕЙСКИ СЪЮЗ**  
ЕВРОПЕЙСКИ ФОНД ЗА  
РЕГИОНАЛНО РАЗВИТИЕ



ОПЕРАТИВНА ПРОГРАМА  
**НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ ЗА  
ИНТЕЛИГЕНТЕН РАСТЕЖ**

**BG05M2OP001-1.001-0003**  
**„ЦЕНТЪР ЗА ВЪРХОВИ ПОСТИЖЕНИЯ ПО ИНФОРМАТИКА И**  
**ИНФОРМАЦИОННИ И КОМУНИКАЦИОННИ ТЕХНОЛОГИИ“**  
**2018 - 2023**

**ПАРТНЬОР: НАЦИОНАЛЕН ИНСТИТУТ ПО ГЕОФИЗИКА, ГЕОДЕЗИЯ И ГЕОГРАФИЯ – БАН**  
**чл.-кор. Костадин Ганев**



**ЦЕНТЪР ЗА ВЪРХОВИ ПОСТИЖЕНИЯ ПО**  
**ИНФОРМАТИКА И ИНФОРМАЦИОННИ И**  
**КОМУНИКАЦИОННИ ТЕХНОЛОГИИ**



# Поведение и скалируемост на хидростатичните и нехидростатичните ядра на RegCM върху високопроизводителни изчислителни платформи

В. Иванов, Г. Гаджев, Хр. Червенков, К. Ганев, И. Георгиева, Д. Сираков, М. Проданова

<sup>1</sup> Национален институт по геофизика, геодезия и география (НИГГГ)-БАН

<sup>2</sup> Национален институт по метеорология и хидрология





- Регионалните климатични модели симулират атмосферните процеси в по-малки мащаби с различна сложност, отчитайки условията на земната повърхности, в атмосферата и други компоненти. Те са ограничени и използват начални и гранични условия от глобални модели.
- Намаляването на пространствената стъпка и/или намаляването на стъпката по времето, запазвайки размерите на областта на симулиране, води до по-голямо изчислително време.
- Регионалният климатичен модел RegCM се използва от много научни институти и университети по света, за климатични симулации за настоящи, минали и бъдещи периоди във всички континенти.
- Средното изчислително време на симулация за период от един месец за Балканският полуостров на суперкомпютъра „Авитохол“ е 6 часа на 16 процесора.
- Резултатите от симулациите за района на Югоизточна Европа върху 128 процесора на Авитохол показват, че средното изчислително време за период от 1 месец е 0.22 hours.
- Целта на настоящето изследване, е да се анализира поведението и скалируемостта на модела RegCM4 върху високопроизводителната платформа Авитохол по отношение на различни фактори – вида на динамичното ядро и различните схеми за параметризация на физическите процеси в модела.



- Моделна динамика
  - Хидростатично ядро
  - Нехидростатично ядро
- Параметризационни схеми за симулиране на физически процеси от модела – Някои процеси имат твърде малък мащаб за да могат да се симулират директно от модела, и по тази причина се представят числено чрез опростени зависимости наречени параметризации за
  - процесите в атмосферният граничен слой
  - микрофизически процеси
  - конвективни процеси
  - процесите на излъчване и поглъщане на слънчева радиация
  - потоците между подложната повърхност и атмосферата
- Началните и гранични условия – от глобалният модел HadGEM2-ES (Hadley Centre Global Environment Model)





- Моделни конфигурации с хидростатично ядро
  - 96 x 128 точки
  - Стъпка по пространството – 20 km x 20 km
  - Стъпка по времето - 20 sec
  - 18 вертикални нива
  - Период на симулация - 29.11.1999 - 29.12.1999
- Моделни конфигурации с хидростатично и нехидростатично ядро
  - Стъпка по пространството – 20 km, 10 km
  - Стъпка по времето - 20 sec
  - 23 вертикални нива
  - Период на симулация - 29.11.1999 - 14.12.1999





## Методология:

- Вариране на трите вида параметризационни схеми описващи съответно атмосферен граничен слой, микрофизически процеси, конвективни процеси за единия тип динамично ядро.
- Вариране на типа динамично ядро.

### Динамични ядра:

- Хидростатично (Description of the Penn State/NCAR Mesoscale Model: Version 4 (MM4), 1987)
- Нехидростатично (A description of the fifth-generation Penn State/NCAR Mesoscale Model (MM5), 1994)
- Атмосферен граничен слой
  - Holstlag (Holtslag, 1990)
  - UW (Bretherton and McCaa, 2004)

### Микрофизически процеси

- SUBEX (Pal et al 2000)
- NT (Nogherotto and Tompkins, 2014)
- WSM5 (Hong et al, 2004)

### Конвективни процеси

- Grell AS (Grell, 1993)
- Grell FS (Grell, 1993)
- Tiedtke (Tiedtke, 1993)
- Emanuel (Emanuel, 1991)
- Kain-Fritsch (Kain, 2004)
- MM5 Shallow cumulus (Bretherton et al, 2004)





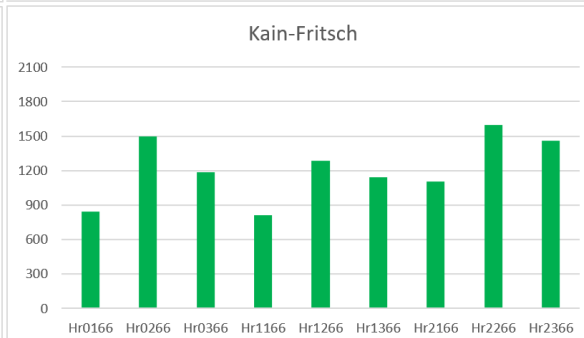
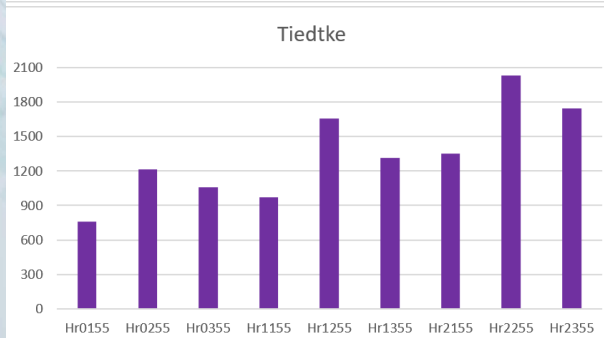
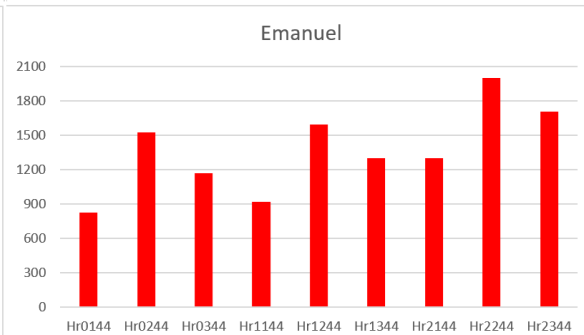
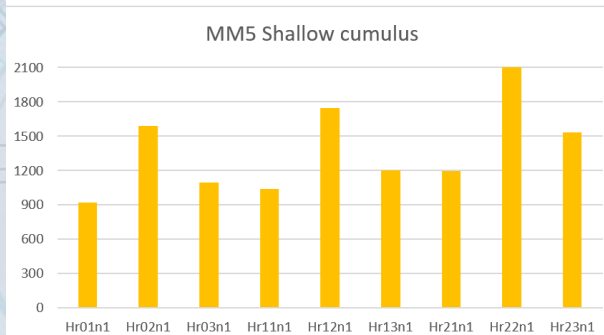
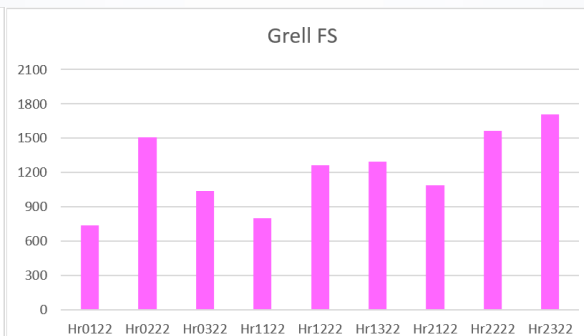
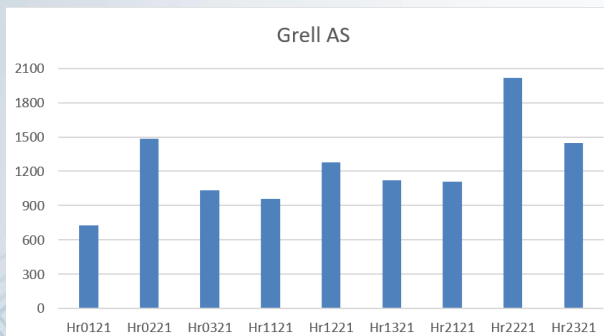
Planetary Boundary Layer scheme	Moisture scheme	Cumulus Convection scheme	Configuration	Planetary Boundary Layer scheme	Moisture scheme	Cumulus Convection scheme	Configuration
Frictionless	SUBEX	Grell AS	Hr0121	Holtslag	Nogherotto/Tompkins	Tiedtke	Hr1255
Frictionless	SUBEX	Grell FC	Hr0122	Holtslag	Nogherotto/Tompkins	Kain-Fritsch	Hr1266
Frictionless	SUBEX	Emanuel	Hr0144	Holtslag	Nogherotto/Tompkins	MM5 Shallow	Hr12n1
Frictionless	SUBEX	Tiedtke	Hr0155	Holtslag	WSM5	Grell AS	Hr1321
Frictionless	SUBEX	Kain-Fritsch	Hr0166	Holtslag	WSM5	Grell FC	Hr1322
Frictionless	SUBEX	MM5 Shallow	Hr01n1	Holtslag	WSM5	Emanuel	Hr1344
Frictionless	Nogherotto/Tompkins	Grell AS	Hr0221	Holtslag	WSM5	Tiedtke	Hr1355
Frictionless	Nogherotto/Tompkins	Grell FC	Hr0222	Holtslag	WSM5	Kain-Fritsch	Hr1366
Frictionless	Nogherotto/Tompkins	Emanuel	Hr0244	Holtslag	WSM5	MM5 Shallow	Hr13n1
Frictionless	Nogherotto/Tompkins	Tiedtke	Hr0255	UW	SUBEX	Grell AS	Hr2121
Frictionless	Nogherotto/Tompkins	Kain-Fritsch	Hr0266	UW	SUBEX	Grell FC	Hr2122
Frictionless	Nogherotto/Tompkins	MM5 Shallow	Hr02n1	UW	SUBEX	Emanuel	Hr2144
Frictionless	WSM5	Grell AS	Hr0321	UW	SUBEX	Tiedtke	Hr2155
Frictionless	WSM5	Grell FC	Hr0322	UW	SUBEX	Kain-Fritsch	Hr2166
Frictionless	WSM5	Emanuel	Hr0344	UW	SUBEX	MM5 Shallow	Hr21n1
Frictionless	WSM5	Tiedtke	Hr0355	UW	Nogherotto/Tompkins	Grell AS	Hr2221
Frictionless	WSM5	Kain-Fritsch	Hr0366	UW	Nogherotto/Tompkins	Grell FC	Hr2222
Frictionless	WSM5	MM5 Shallow	Hr03n1	UW	Nogherotto/Tompkins	Emanuel	Hr2244
Holtslag	SUBEX	Grell AS	Hr1121	UW	Nogherotto/Tompkins	Tiedtke	Hr2255
Holtslag	SUBEX	Grell FC	Hr1122	UW	Nogherotto/Tompkins	Kain-Fritsch	Hr2266
Holtslag	SUBEX	Emanuel	Hr1144	UW	Nogherotto/Tompkins	MM5 Shallow	Hr22n1
Holtslag	SUBEX	Tiedtke	Hr1155	UW	WSM5	Grell AS	Hr2321
Holtslag	SUBEX	Kain-Fritsch	Hr1166	UW	WSM5	Grell FC	Hr2322
Holtslag	SUBEX	MM5 Shallow	Hr11n1	UW	WSM5	Emanuel	Hr2344
Holtslag	Nogherotto/Tompkins	Grell AS	Hr1221	UW	WSM5	Tiedtke	Hr2355
Holtslag	Nogherotto/Tompkins	Grell FC	Hr1222	UW	WSM5	Kain-Fritsch	Hr2366
Holtslag	Nogherotto/Tompkins	Emanuel	Hr1244	UW	WSM5	MM5 Shallow	Hr23n1

Динамично ядро Граничен слой Микрофизика Конвекция - HrB<sub>3</sub>C<sub>4</sub>D<sub>5</sub>D<sub>6</sub>





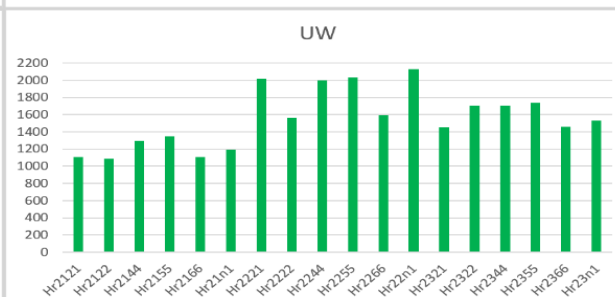
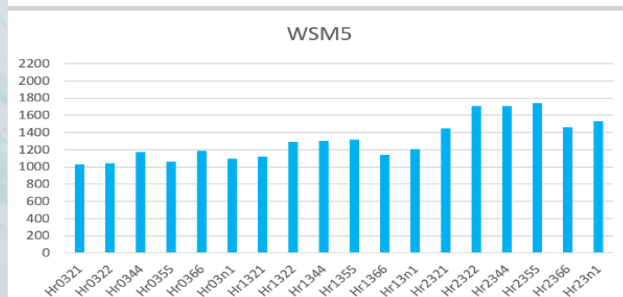
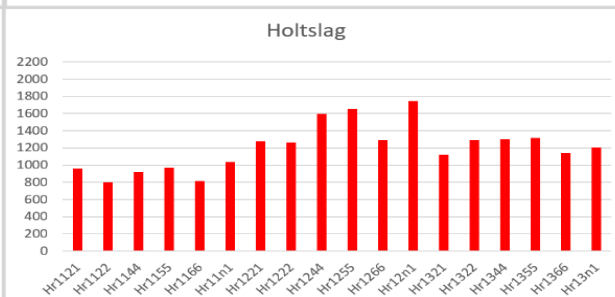
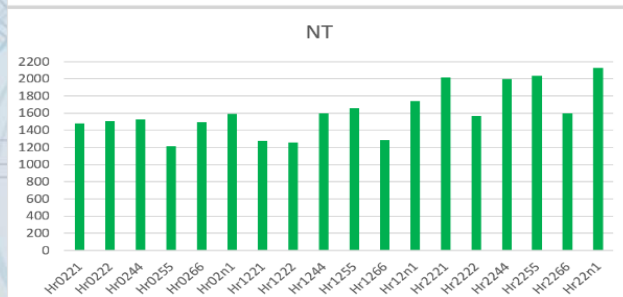
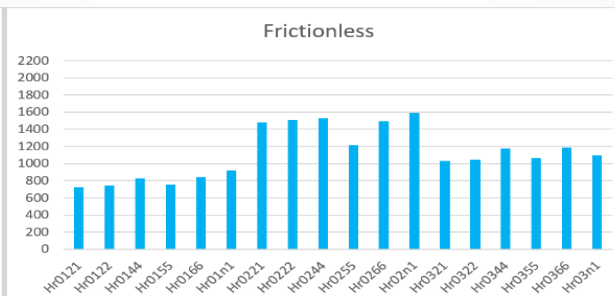
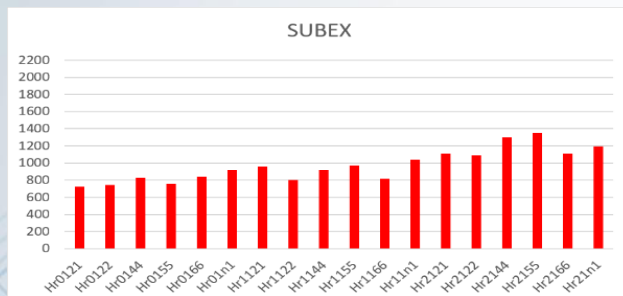
# Симулации при вариране на конвективната параметризационна схема с хидростатично ядро







# Симулации при вариране на параметризационните схеми за граничен слой и микрофизика с хидростатично ядро



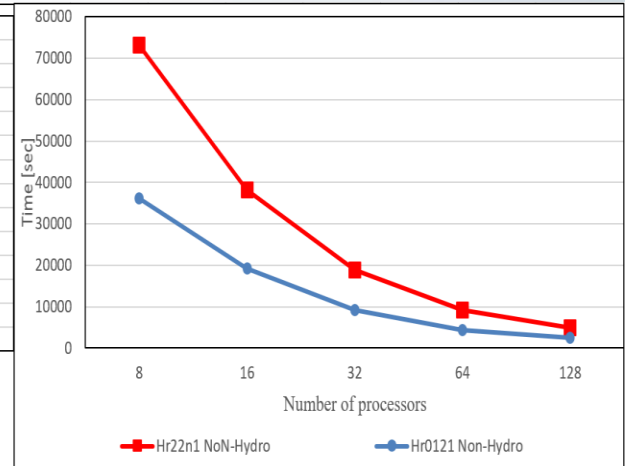
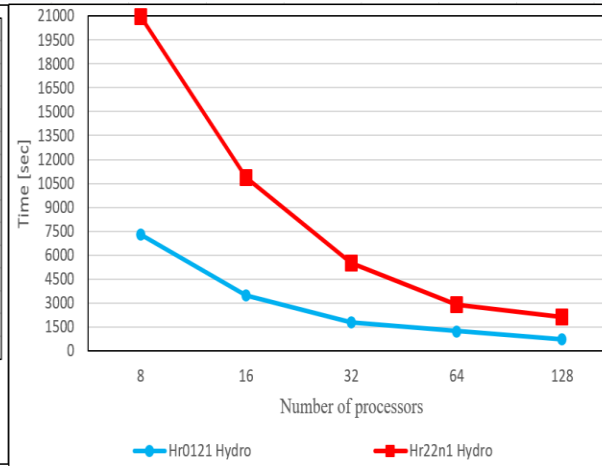
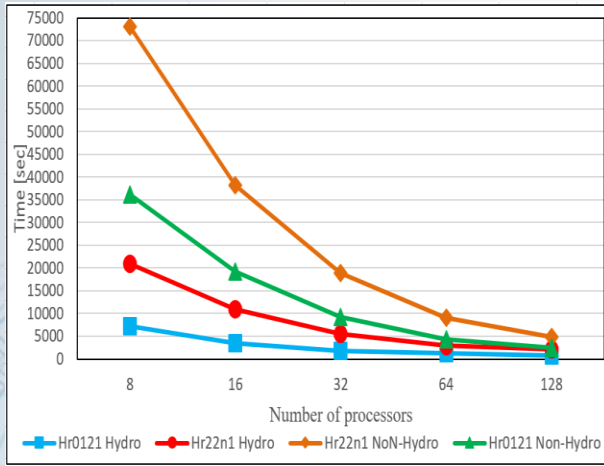
Микрофизика

Граничен слой





# Скалируемост на най-бързата и най-бавната конфигурация с хидростатично и нехидростатично ядро

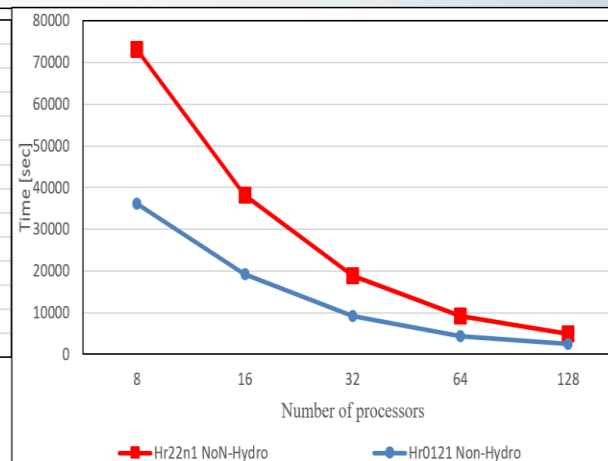
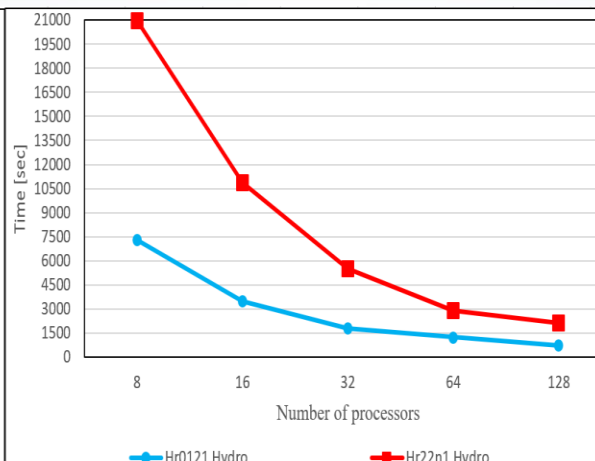
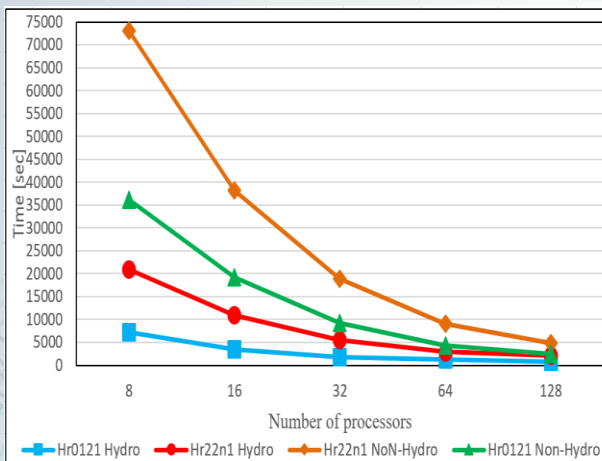


Конфигурация с най-голямо време на симулация – Hr22n1 (схема за граничен слой - UW схема за микрофизически процеси - NT, конвективна схема - MM5 Shallow)  
 Конфигурация с най-малко време на симулация – Hr0121 (схема за граничен слой – без триене, схема за микрофизически процеси – SUBEX, конвективна схема - Grell AS convection parameterization scheme)





# Скалируемост на най-бързата и най-бавната конфигурация с хидростатично и нехидростатично ядро



Максималното намаляване на времето за симулация за Hr0121 е 68% при промяна на броя на изчислителните ядра от 32 до 64

Максималното намаляване на времето за симулация за Hr22n1 е 74% при промяна на броя на изчислителните ядра от 64 до 128

Максималното намаляване на времето за симулация за NHr0121 е 56% при промяна на броя на изчислителните ядра от 64 до 128

Максималното намаляване на времето за симулация за NHr22n1 е 53% при промяна на броя на изчислителните ядра от 64 до 128





- Промяната във времето на симулацията при вариране най-видима при сравнение между моделните конфигурации за всяка от схемите за микрофизически процеси и граничен слой.
- Използването на схемата за симулиране на микрофизически процеси SUBEX и схемата за симулиране на граничен слой frictionless, намалява времето на симулацията за всяка една от конвективните схеми.
- Времето на симулацията се увеличава с увеличаване сложността на параметризационната схема.
- Според проучването, се препоръчва използването на нехидростатично ядро за моделни конфигурации с пространствена стъпка 10 км или по-малка.
- Това са само предварителни резултати за скалируемостта и поведението на RegCM при симулации в среда с високопроизводителни изчислителни ресурси.
- Бъдещи планове – планира се да се увеличи периода на симулацията, за да се обхванат различни метеорологични условия, което би натоварило изчислителните ресурси в различна степен.



**Благодарности:** Изказваме благодарност за предоставения достъп до електронната инфраструктурата на Центъра за иновативни пресмятания и обработка на данни, с финансовата подкрепа на Договор BG05M2OP001-1.001-0003 по Оперативна програма „Наука и образование за интелигентен растеж“ (2014-2020), съфинансирана от Европейския съюз чрез Европейските структурни и инвестиционни фондове.





ЕВРОПЕЙСКИ СЪЮЗ  
ЕВРОПЕЙСКИ ФОНД ЗА  
РЕГИОНАЛНО РАЗВИТИЕ

Национален институт по геофизика,  
геодезия и география (НИГГГ)-БАН



ОПЕРАТИВНА ПРОГРАМА  
НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ ЗА  
ИНТЕЛИГЕНТЕН РАСТЕЖ

Благодаря за вниманието!

