

Компетентности и добри практики в областта на високопроизводителните пресмятания, анализа на големи данни и изкуствения интелект

Регионални/локални компютърни симулации на климата и състава на атмосферата върху високопроизводителни компютърни системи

доц. д-р Георги Гаджев,
чл.-кор.проф. дфн. Костадин Ганев,
чл.-кор.проф. дфн. Николай Милошев,
гл. ас. д-р. Ивелина Георгиева,
гл. ас. д-р. Владимир Иванов,
Пламен Мухтаров



Национален Институт по Геофизика,
Геодезия и География – Българската
академия на науките
ggadjev@geophys.bas.bg



● Цели:

- Компютърни симулации за изследване на климата и замърсяването на въздуха в различни мащаби.
- Построяване на изчерпателни и представителни ансамбли за климата, динамиката и състава на атмосферата, които да осигурят статистически достоверни оценки за пространствено/времевата изменчивост на типичните и екстремните ситуации при състава на атмосферата и климата.
- Изследване на генерираните ансамбли за изучаване на индексите за качеството на атмосферния въздух ИКАВ, качеството на живот ИКЖ и др.

● ИКАВ:

Modeling tools – US EPA Models-3 System:

- **WRF** - използван като метеорологичен препроцесор;
- **SMOKE** - the Sparse Matrix Operator Kernel Emissions Modelling System (CEP, 2003) – емисионен препроцесор;
- **CMAQ** - the Community Multiscale Air Quality System – Химичен транспортен модел.

Входни данни

Период - 7 години (2008 - 2014)

Метеорологични данни- NCEP Global Analysis Data с резолюция $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ на всеки 6 часа;

Емисиони данни- Национална инвентаризация на емисиите - България, извън страната - TNO с резолюция $0.25^{\circ} \times 0.125^{\circ}$ в 10 SNAP категории.

Опцията за вместване на WRF и CMAQ е използване за телескопизация на облстите от $81 \times 81 \text{ km}$ на $1 \times 1 \text{ km}$.

5 вмествени обласи

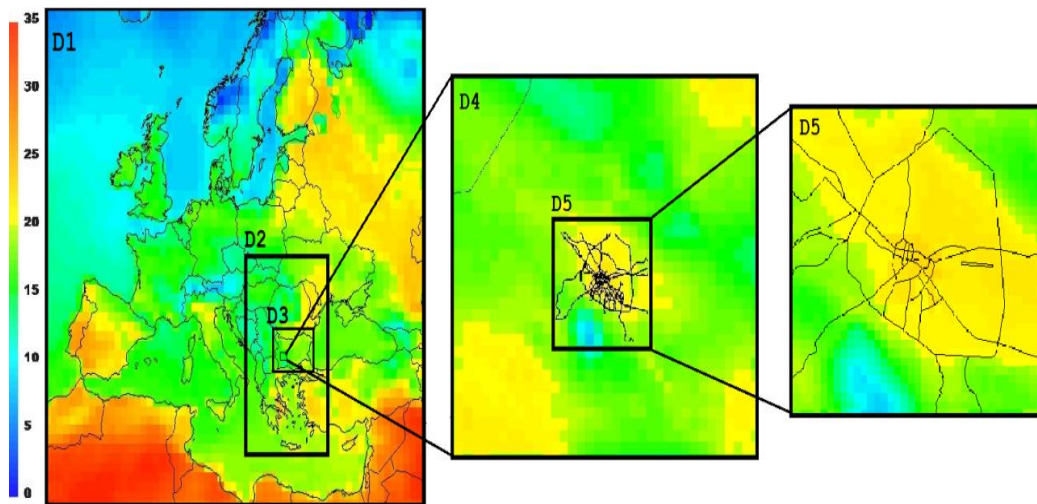
D1 (Европа) – $81 \times 81 \text{ km}$

D2 (Балкански полуостров) – $27 \times 27 \text{ km}$

D3 (България) – $9 \times 9 \text{ km}$

D4 (София област) – $3 \times 3 \text{ km}$

D5 (София град) – $1 \times 1 \text{ km}$



НЕОБХОДИМИ КОМПЮТЪРНИ РЕСУРСИ

СМАQ		D2 / 27km	D3 / 09km	D4 / 03km	D5 / 01km	TOTAL
	2 cpu (min)	2h 40 min	1h 10 min	1h 36 min	32 min	5h 58 min
	4 cpu (min)	1h 20 min	35 min	30 min	10 min	2h 35 min
	8 cpu (min)	20 min	20 min	17 min	6 min	63 min
	16 cpu (min)	30 min	20 min	12 min	5 min	67 min
1 ден	HDD (MB)	255 MB	420 MB	70 MB	145 MB	890 MB
7 Години	HDD (MB)	636 MB	1048 MB	175 MB	362 MB	2221 MB

	1 дневна симуляция на 16CPU		
	WRF	CMAQ and SMOKE	Total
Време	3h	2h	5h
HDD	530MB	970MB	1,5GB

Изчислително време на Авитохол и необходими компютърни ресурси при
 едnodневна симуляция с **US EPA Models-3 System**

Index	O ₃ Running 8 hourly mean (µg/m ³)	NO ₂ Hourly mean (µg/m ³)	SO ₂ 15 minute mean (µg/m ³)	PM10 Particles, 24 hour mean (µg/m ³)	PM2.5 Particles, 24 hour mean (µg/m ³)
1 (Low)	0-33	0-66	0-88	0-11	0-16
2 (Low)	34-65	67-133	89-176	12-23	17-33
3 (Low)	66-99	134-199	177-265	24-34	34-49
4 (Moderate)	100-120	200-267	266-354	35-41	50-58
5 (Moderate)	121-140	268-334	355-442	42-46	69-66
6 (Moderate)	141-159	335-399	443-531	47-52	67-74
7 (High)	160-187	400-467	530-708	53-58	75-83
8 (High)	188-213	468-534	709-886	59-64	84-91
9 (High)	214-239	535-599	887-1063	65-69	92-99
10 (Very High)	≥ 240	≥ 600	≥ 1064	≥ 70	≥ 100

Индексът на замърсяване се дефинира като мярка за замърсяването на въздуха разглеждано в контекста на влиянието му върху човешкото здраве. Той дава интегрална оценка на влиянието на цялата съвкупност от замърсители върху човешкото здраве и се изчислява на базата на концентрацията на различните замърсители получена от измерване или числено моделиране. Индексът на замърсяване се определя в няколко интервала, за всеки от които е линейна функция на концентрацията на съответни примеси. Често използван индекс за замърсяване е Британският индекс. Този индекс е съставен от 10 бала, които са разпределени в 4 категории: ниско, средно, високо и много високо. Индексът на замърсяване се базира на концентрациите на 5 замърсителя: Озон, Азотен диоксид, Серен диоксид и Фини прахови частици (O₃, NO₂, SO₂, PM_{2.5}, PM₁₀).

Годишно осреднени приземни концентрация на O_3 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] и принос на различните процеси водещи до образуването на O_3 [$\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$] над град София.

❑ Всички процеси имат различни по големина и знак принос и са с различно значение за отделните замърсители (78 на брой замърсителя в модела CMAQ);

❑ “+” принос означава, че тези процеси водят до нарастване на концентрациите;

❑ “-” принос означава намаляване на концентрациите.

➤ HADV и VADV са повлияни от локалните системи на циркулация и техния принос пряко отразява топографията на областта;

➤ Двете адвекции винаги са в противофаза;

➤ Приноса на VDIFF положителен за O_3 и много по-голям от този на HDIFF.

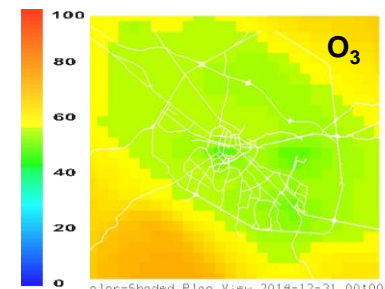
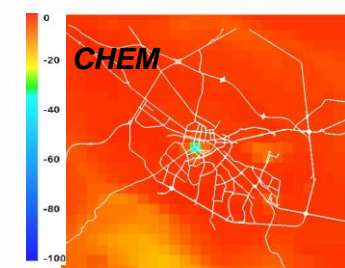
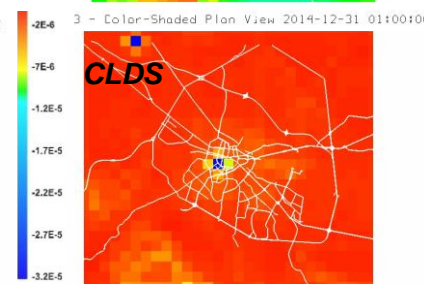
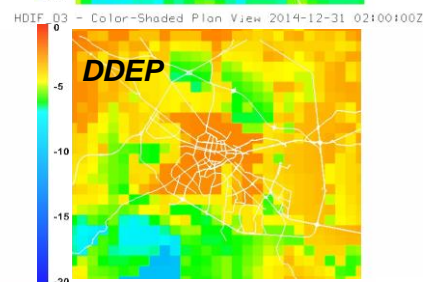
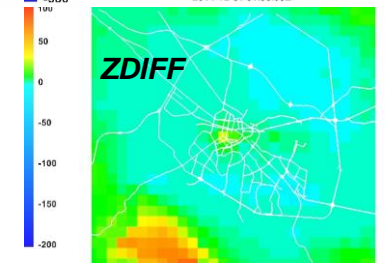
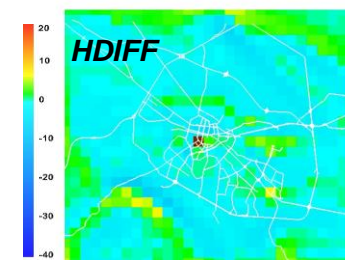
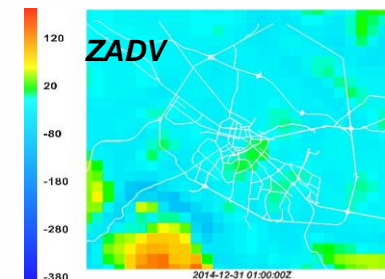
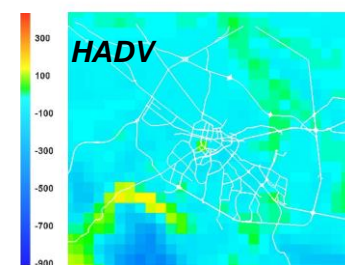
➤ Приносите на DDEP и CLDS са отрицателни и имат максимални стойности над Витоша за DDEP и над центъра на града за CLDS.

➤ CHEM имат отрицателен принос за формирането на O_3 и максимумите са над центъра и ТЕЦ-Изток.

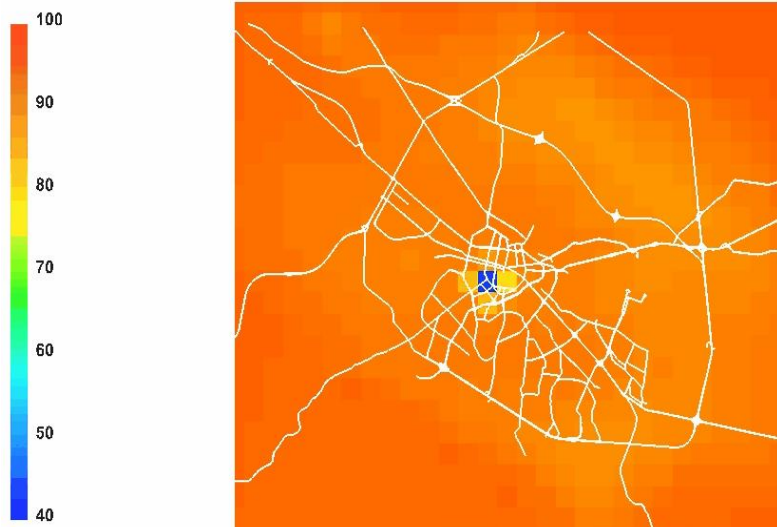
❑ изменението на концентрациите ΔC (сумата от приносите на всички процеси за даден замърсител) е в резултат на процеси, които имат големи стойности и противоположни знаци;

❑ ΔC може да бъде както положително така и отрицателно за различните замърсители;

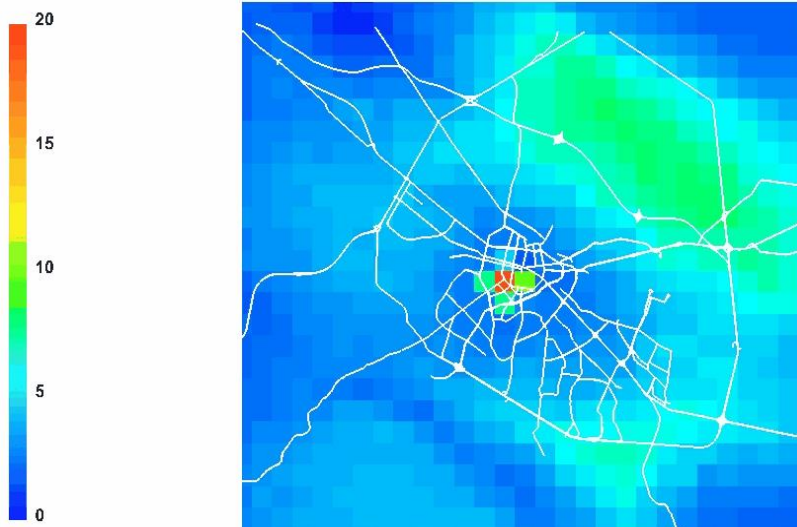
❑ Знакът на ΔC зависи от типа на емисиите, източниците, метеорологичните условия и топографията.



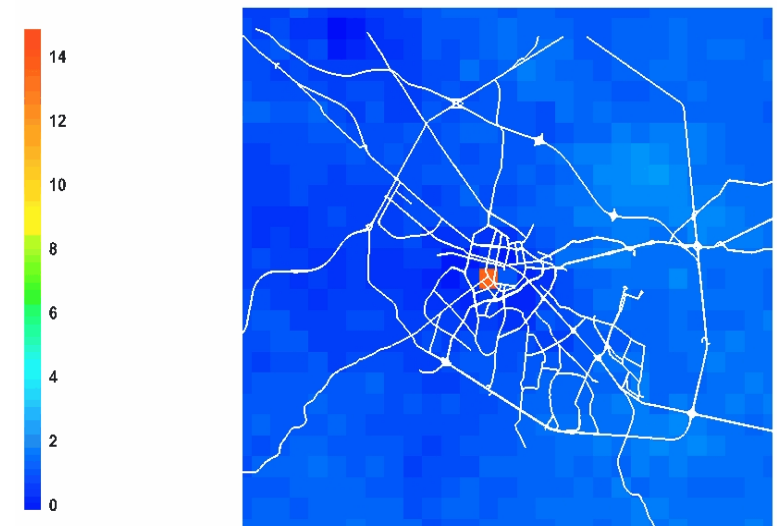
● Процент на годишната повторяемост на ИКАВ за бандовете “Low”, “Moderate”, “High” и “Very High” над София



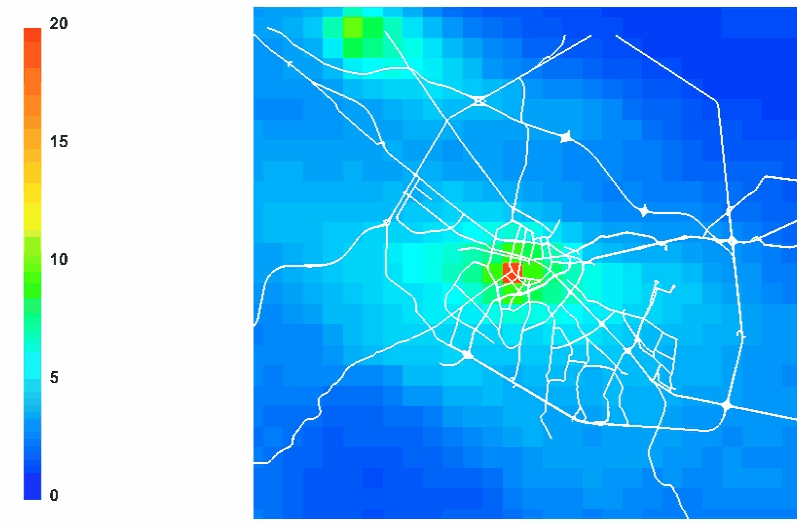
Low 2012-10-22 01:00:00Z



Moderate 2012-10-22 01:00:00Z



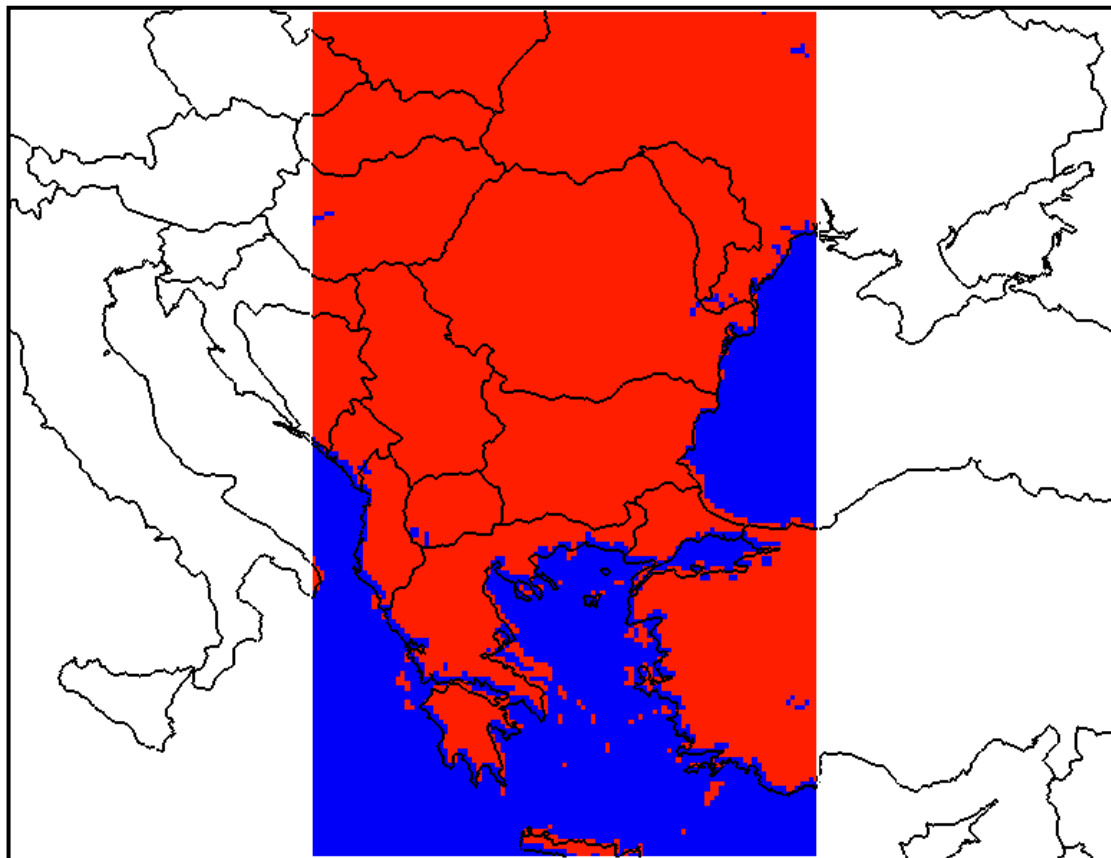
High 2012-10-22 01:00:00Z



Very High 2012-10-22 01:00:00Z

● ИКЖ:

- Модел – RegCM
- Пространствена резолюция – 10 x 10 km (Балкански полуостров)
- Период 2000 – 2009

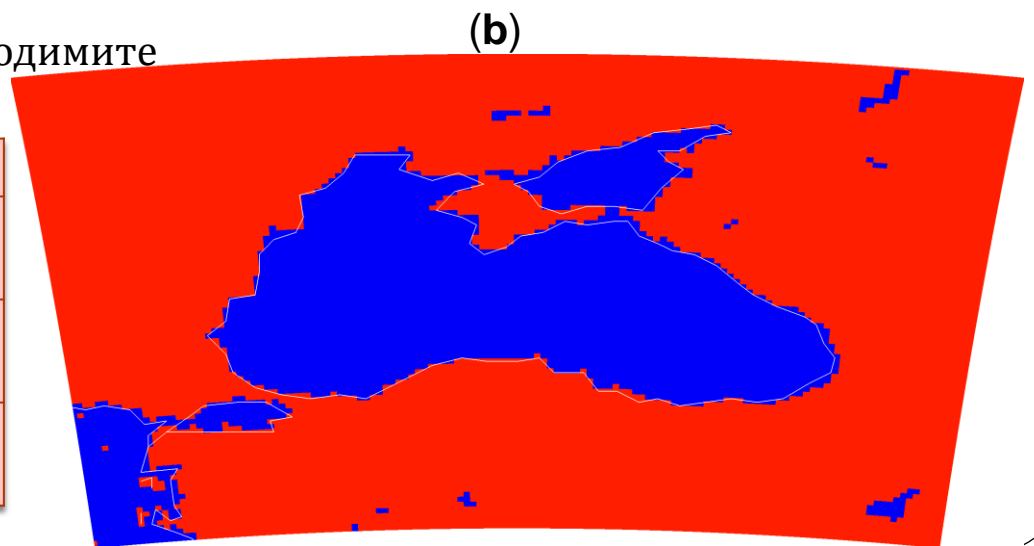
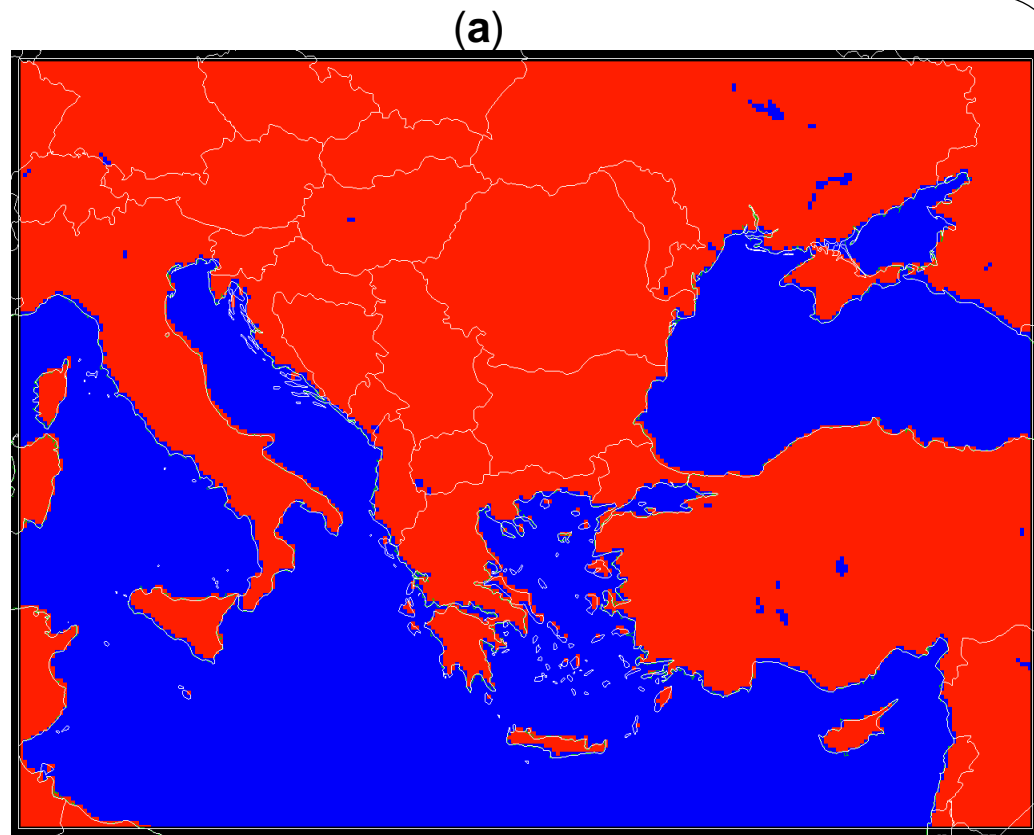


Изчислително време на Авитохол и необходими компютърни ресурси [16 CPU] при пространствена резолюция 10 x 10 km (Балкански полуостров)

	1- Месец	x120 Месеца	x20 Сценария
Time (часове)	6	720	14400
HDD (GB)	6	720	14400

● ИКЖ:

- Модел – RegCM с хидростатична версия на ядрото;
- Пространствена резолюция – 20 x 20 km Югоизточна Европа **(a)** и 12 x 12 km Черно море **(b)**;
- Периоди:
 - ❖ 1975 – 2004 – исторически;
 - ❖ 2020-2050 – близко бъдеще:
 - RCP2.6;
 - RCP4.5;
 - RCP8.5.
 - ❖ 2070-2100 – далечно бъдеще:
 - RCP2.6;
 - RCP4.5;
 - RCP8.5.



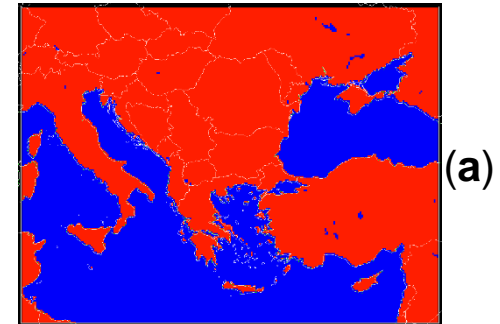
Изчислително време на Авитохол и необходимите компютърни ресурси на 128 CPU при **(a)**

	1 Месец	1 Година	1 Период
Време (часове)	0.22	2.64	79.2
Изходни данни	1.9 GB	22.8 GB	684 GB
Входни данни	1.1 GB	12.8 GB	397 GB

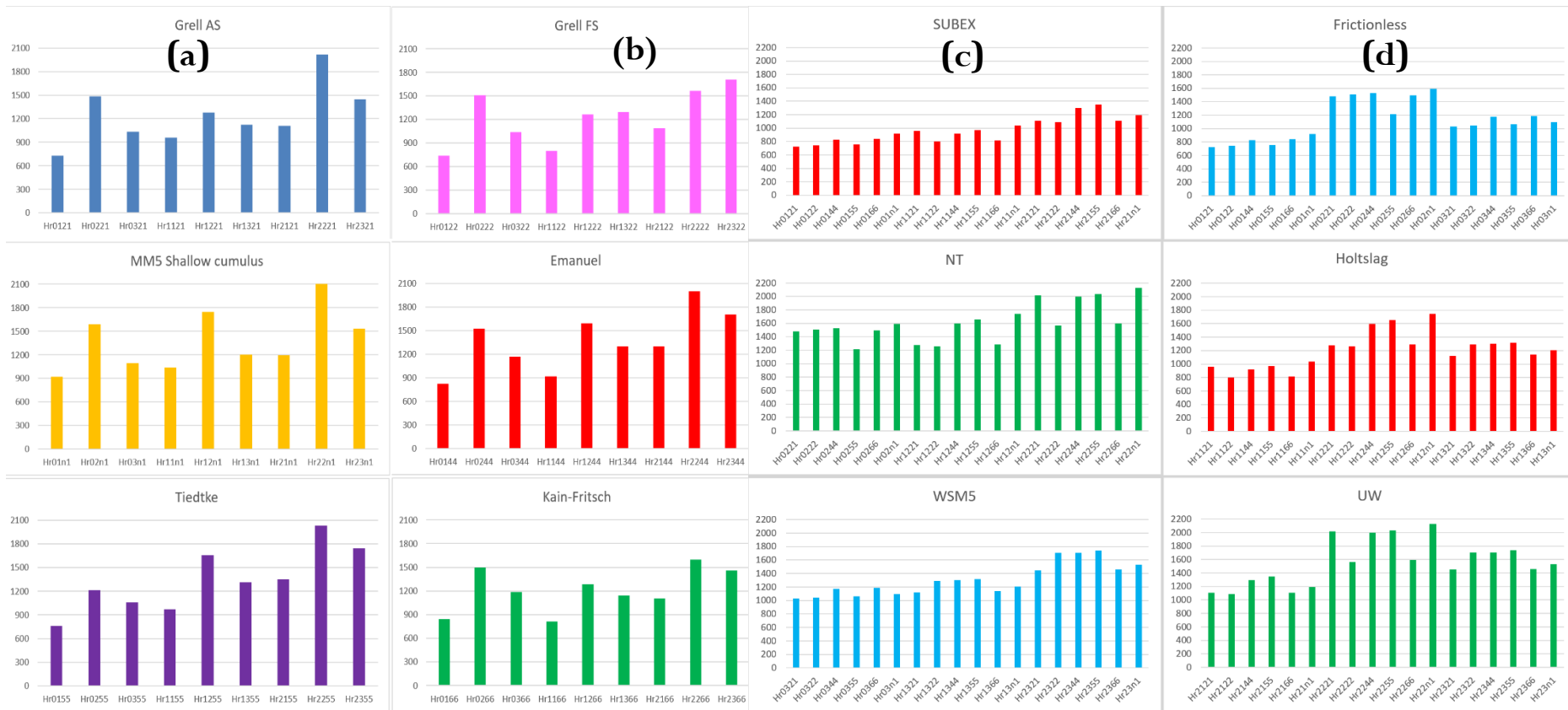
Моделни конфигурации

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	Holtzlag	Nogherotto/Tompkins	Tiedtke	Hr1255
Frictionless	SUBEX	Grell FC	Hr0122	Holtzlag	Nogherotto/Tompkins	Kain-Fritsch	Hr1266
Frictionless	SUBEX	Emanuel	Hr0144	Holtzlag	Nogherotto/Tompkins	MM5 Shallow	Hr12n1
Frictionless	SUBEX	Tiedtke	Hr0155	Holtzlag	WSM5	Grell AS	Hr1321
Frictionless	SUBEX	Kain-Fritsch	Hr0166	Holtzlag	WSM5	Grell FC	Hr1322
Frictionless	SUBEX	MM5 Shallow	Hr01n1	Holtzlag	WSM5	Emanuel	Hr1344
Frictionless	Nogherotto/Tompkins	Grell AS	Hr0221	Holtzlag	WSM5	Tiedtke	Hr1355
Frictionless	Nogherotto/Tompkins	Grell FC	Hr0222	Holtzlag	WSM5	Kain-Fritsch	Hr1366
Frictionless	Nogherotto/Tompkins	Emanuel	Hr0244	Holtzlag	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
Holtzlag	SUBEX	Grell AS	Hr1121	UW	Nogherotto/Tompkins	Tiedtke	Hr2255
Holtzlag	SUBEX	Grell FC	Hr1122	UW	Nogherotto/Tompkins	Kain-Fritsch	Hr2266
Holtzlag	SUBEX	Emanuel	Hr1144	UW	Nogherotto/Tompkins	MM5 Shallow	Hr22n1
Holtzlag	SUBEX	Tiedtke	Hr1155	UW	WSM5	Grell AS	Hr2321
Holtzlag	SUBEX	Kain-Fritsch	Hr1166	UW	WSM5	Grell FC	Hr2322
Holtzlag	SUBEX	MM5 Shallow	Hr11n1	UW	WSM5	Emanuel	Hr2344
Holtzlag	Nogherotto/Tompkins	Grell AS	Hr1221	UW	WSM5	Tiedtke	Hr2355
Holtzlag	Nogherotto/Tompkins	Grell FC	Hr1222	UW	WSM5	Kain-Fritsch	Hr2366
Holtzlag	Nogherotto/Tompkins	Emanuel	Hr1244	UW	WSM5	MM5 Shallow	Hr23n1

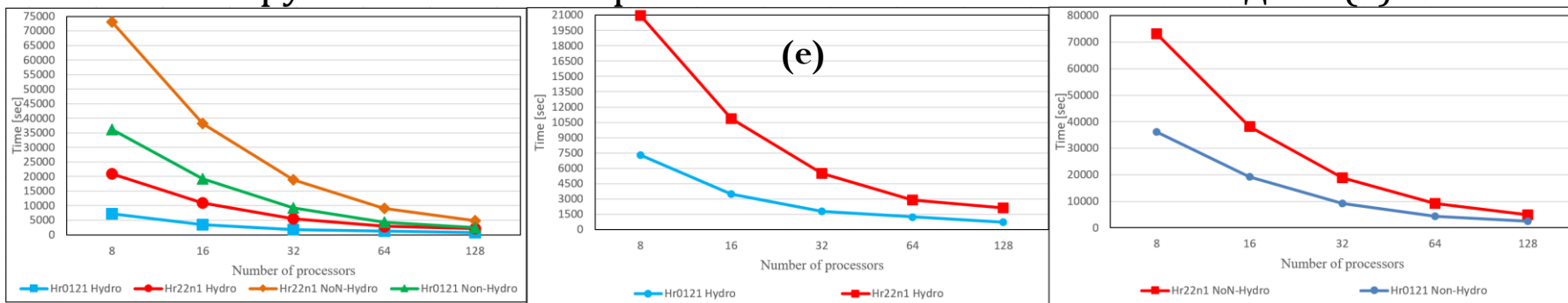
- Модел – RegCM с нехидростатична версия на ядрото;
- Пространствена резолюция – 10 x 10 km Югоизточна Европа (a);
- Период – 1 месец.
- 54 – моделни конфигурации



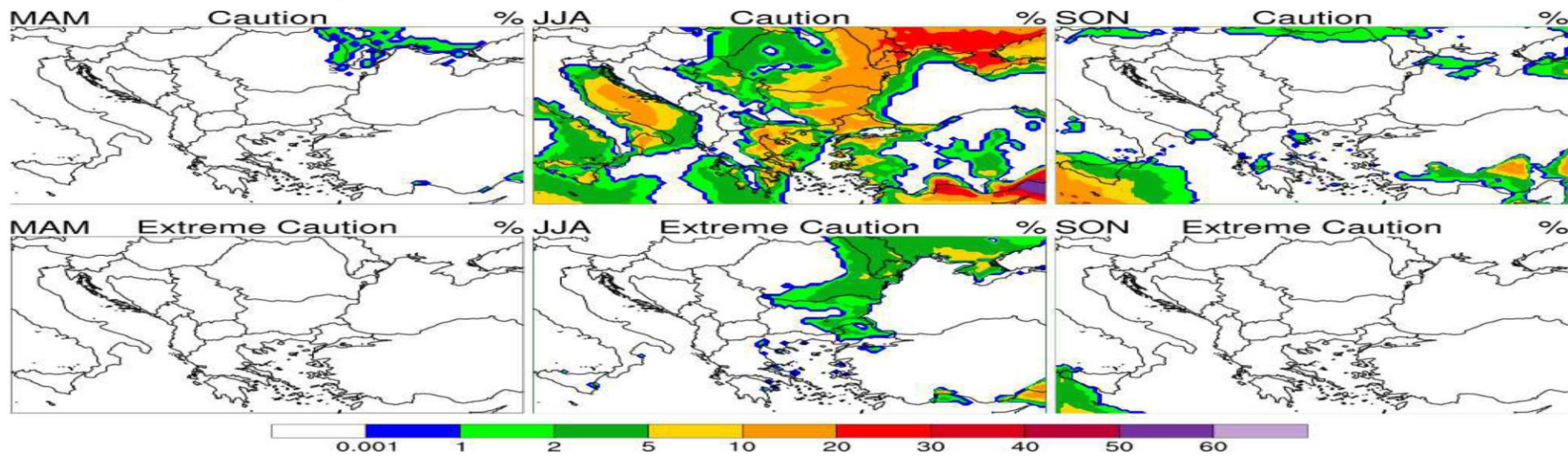
Времена на симулациите [s] за всяка от конвективните схеми (a) и (b), параметризация на микрофизиката (c) и параметризация на PBL (d) на модела на 128 CPU.



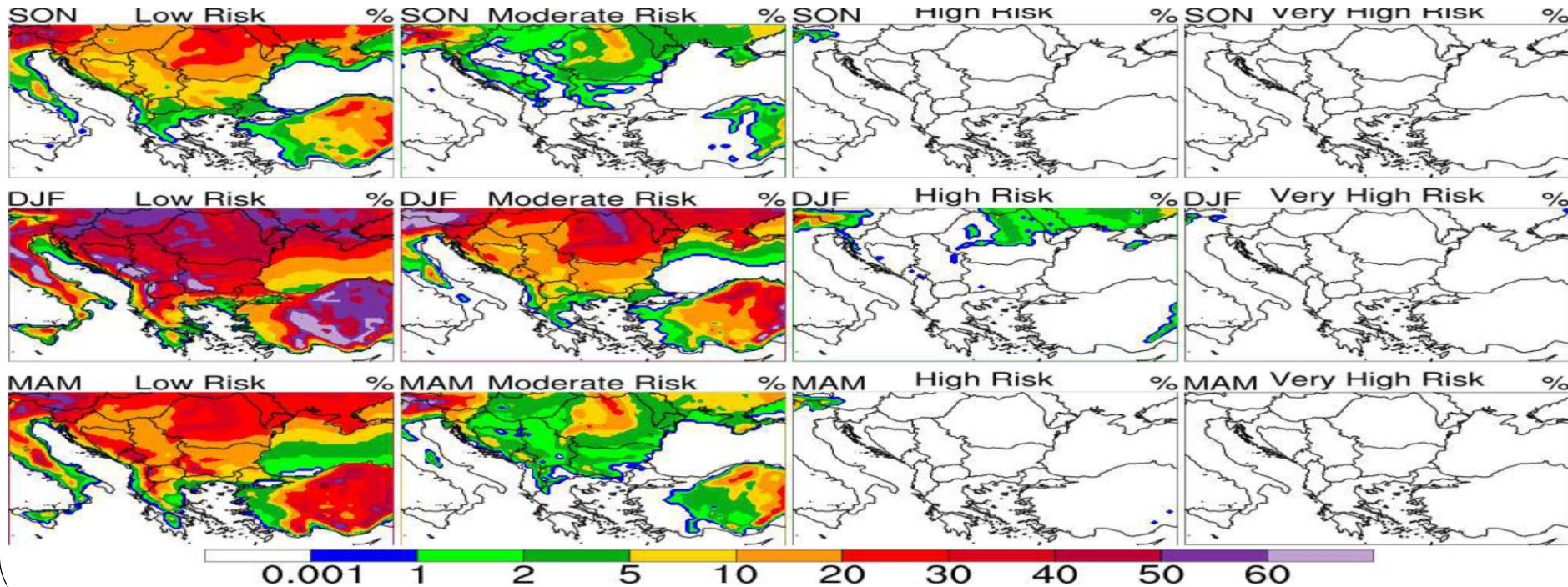
Скалируемост на най-бързите и най-бавните схеми на модела (e)



Процент от случаите с различните категории на топлинния индекс за пролет (МAM), лято (JJA) и есен (SON)



Процент от случаите с различните категории на индекса на измръзване за есен (SON), зима (DJF) и пролет (МAM)



Предстоящи задачи свързани с моделирането на бъдещия климат:

- Изчисляване на някои агрометеорологични индекси – начало и продължителност на вегетационния период, акумулирана активна и акумулирана ефективна температури и др.
- Изчисляване на някои индекси свързани с енергиината ефективност на сградите – отоплителни и охлаждателни денградуси;
- Изчисляване на водния баланс за различни реки;
- Изучаване потенциала на страната по отношение на възобновяеми енергийни източници;
- Прилагане на US EPA Models-3 System за мулти-мащабни числени експерименти при различни емисионни сценарии.

Благодарности:

Настоящата разработка се осъществява 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.

- МОН по Договор Д01-387/18.12.2020 г. за Национален център за високопроизводителни и разпределени пресмятания (НЦВРП) – обект от НПКНИ

Настоящите изследвания са проведени във връзка с изпълнението на :

- Проект Национален геоинформационен център (НГИЦ) за мониторинг, оценка и прогнозиране на природни и антропогенни рискове и бедствия, Договор Д01-404/18.12.2020, финансиран по програма НПКНИ 2020-2027 на МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА.

- Национална научна програма (ННП) „Опазване на околната среда и намаляване на запозване на околната среда и намаляване на риска от неблагоприятни явления и природни бедствия“, одобрена с Решение на МС № 577/17.08.2018 г. и финансирана от МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА (Споразумение № Д01-363/17.12.2020).

- Национална научна програма (ННП) „Млади учени и постдокторанти“ одобрена с Решение на МС № 577/17.08.2018 г. и финансирана от МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА