

**НАЦИОНАЛЕН ИНСТИТУТ ПО МЕТЕОРОЛОГИЯ И  
ХИДРОЛОГИЯ КЪМ БЪЛГАРСКАТА АКАДЕМИЯ НА  
НАУКИТЕ**

**Българска система за прогноза на  
химическото време – версии, дизайн,  
визуализация, верификация (валидация)**

**автореферат**

**за получаване на образователната и научна степен  
„Доктор”**

**Докторант : Ерик Етрополски  
Научен ръководител : проф. дфн Димитър  
Сираков**

**София 2015**

## Съдържание

1. Увод.....	2
2. Научно сътрудничество в областта на прогнозата на химическото време.....	3
2.1 COST Action ES0602.....	3
2.2 PASODOBLE (Promote Air Quality Services integrating Observations – Development Of Basic Localised Information for Europe).....	4
3. Модели, използвани в българските БСПХВ (MM5/WRF, CMAQ).....	7
3.1 MM5.....	7
3.2 WRF.....	8
3.3 CMAQ.....	9
3.4 SMOKE.....	10
4. Описание на българската системи за прогноза на химичното време (БСПХВ).....	11
4.1 Описание на първата версия.....	11
4.2 Описание на версии 2.1 и 2.2.....	14
4.3 Описание на версия 3.0.....	14
5. Методи и софтуер за сравнение на моделните резултати с измерванията.....	16
5.1. Защо е необходимо да се прави оценка на моделите за прогноза на химичното време.....	16
5.2. Методи за оценка.....	16
5.3. Стандартизирана оценка на моделни резултати (бенчмаркинг).....	17
5.4. Приложение на метода в пакета MuAir 3.0 и други графики използвани за оценка на моделните данни.....	21
6. База данни и нейният уеб интерфейс, за съхранение, преглеждане и анализ на постъпващата информация от станциите на МОСВ.....	25
6.1 База данни sw-obs.....	25
6.2 Уеб интерфейс към sw-obs.....	26
7. Анализ на качеството на моделните резултати.....	27
7.1. Обща постановка на задачата.....	27
7.2. Налични данни от модела и от измерванията.....	28
7.3. Първи ден на моделните резултати.....	29
А. Качество на симулираните концентрации.....	29
Б. Първи ден, сравнение на 2013 с 2014 година.....	35
В. Качество на прогнозите за втори и трети ден.....	43
7.4 Обобщение на резултатите.....	44
8. Заключение и приноси.....	45
8.1. Заключение.....	45
8.2. Приноси.....	45

## 1. Увод

През последните 10-15 години, различни изследвания показаха връзката между излагането на повишени концентрации на основните замърсители SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, PM and O<sub>3</sub> и влошаването на респираторни и сърдечносъдови заболявания и повишаване смъртността от тях [12., 10., 1., 2.]. В наши дни, науката за атмосферните замърсители и тяхното поведение, от изпускането им във въздуха до депозицията върху земната повърхност, е постигнала значителен напредък. Беше въведен терминът „химично време“ като аналог на метеорологичното време, което също се предсказва и оповестява публично за предпазване здравето и живота на гражданите.

За целите на създаване и развиване на системи за прогноза на атмосферното замърсяване бяха създадени европейски програми като COST Action ES0602 „Towards a European Network on Chemical Weather Forecasting and Information Systems“ 2017-2011 г., PASODOBLE (Promote Air Quality Services integrating Observations – Development Of Basic Localised Information for Europe) 2010 – 2013 г. и други. Екипът създаде българската система за прогноза на химичното време (БСПХВ) участва в двата споменати проекта. С тяхна помощ, както и с финансиране от българските министерства на образованието и на околната среда и водите са проектирани и разработени трите версии на БСПХВ, които сега работят оперативно и публикуват прогнози за територията на Европа, Балканския полуостров България, София област и София град. Прогнозират се основните замърсители, които подлежат на мониторинг според европейските и национални разпоредби. Това са озон (O<sub>3</sub>), азотен диоксид (NO<sub>2</sub>), серен диоксид (SO<sub>2</sub>) и частици с размер по-малък от 10 μm (PM<sub>10</sub>). Прогнозните концентрации са часови, за три дни напред в триизмерни полета. За графична визуализация на замърсителите се използват приземните им концентрации, представени на специализирани уеб-сайтове със свободен достъп за информиране на населението.

Целта на настоящата работа е да се представят всички версии на системата, да се анализират резултатите от получени от версия 2 за 2013 и 2014 на приземните концентрации на O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> и PM<sub>10</sub>, да се направи оценка на симулираните концентрации според изискванията на европейската директива за качество на атмосферното моделиране (AQM 2008). За верификацията на системата са използвани измерени концентрации на замърсителите от мрежата на Министерството на околната среда и водите (МОСВ). За усвояване, съхранение и анализ на тези измервания, беше създадена оригинална база данни, също представена в настоящата работа.

Дисертацията се състои от настоящата уводна глава, шест глави обхващащи

различни аспекти на поставената цел и заключение, в което са включени и претенциите за приноси.

## Литература

1. Brauer M, Gehring U, Brunekreef B, de Jongste J, Gerritsen J, Rovers M, et al. 2006. Traffic-related air pollution and otitis media. *Environ Health Perspect* 114: 1414-1418.

2. Cairncross, E.K., John, J. and Zunckel, M. (2007). A Novel Air Pollution Index Based on the Relative Risk of Daily Mortality Associated with Short-term Exposure to Common Air Pollutants. *Atmos. Environ.* 41: 8442-8454

10. Sunyer J., F. Ballester, A. Le Tertre, R. Atkinson, J. G Ayres, F. Forastiere, B. Forsberg, J. M Vonk, L. Bisanti, J. M Tenías, S. Medina, J. Schwartz, K. Katsouyanni, 2003. The association of daily sulfur dioxide air pollution levels with hospital admissions for cardiovascular diseases in Europe (The Aphea-II study), DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0195-668X\(02\)00808-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0195-668X(02)00808-4) 752-760

12. WHO 2000 доклад, достъпен на адрес:  
[http://www.who.int/whr/2000/en/whr00\\_en.pdf?ua=1](http://www.who.int/whr/2000/en/whr00_en.pdf?ua=1)

## 2. Научно сътрудничество в областта на прогнозата на химическото време

### 2.1 COST Action ES0602

Част от разработките по версии 1.0, 2.1 и 2.2 на Българската система за прогноза на химическото време са постигнати в рамките на европейската програма COST Action ES0602 „Towards a European Network on Chemical Weather Forecasting and Information Systems (ENCWF)“ - Към създаване на европейска мрежа от системи за прогнозиране и информиране за химичното време.

Програмата започва през април 2007 и приключва април 2011 година. Участници са 21 страни, между които и България. В рамките на проекта са сравнени 18 оперативни прогностични моделни системи, (включително българската) някои регионални, а други с континентален мащаб, и са описани в пространните публикации [12.,13.]. Темите, които се разглеждат там, са как метеорологичните прогностични модели и химичните такива се интегрират, как се представят физични процеси в моделите чрез параметризационни схеми, как влияе архитектурата на модела върху предсказваните променливи и как се формулират химията на въздуха и аерозолните процеси. В допълнение са разисквани въпроси по анализ на чувствителността на моделите по отношение на различни входни параметри (sensitivity analysis) и по оценката на моделите, изискванията на ползвателите като наличност на модела и

документация и достъпност на резултатите и разпространението им.

Едно от най-значимите постижения на проекта е създадения европейски портал за прогноза на химичното време (<http://www.chemicalweather.eu/Domains>; [1.,3.,4.], показан на изображението по-долу. Той дава достъп до значителен брой (сега над 20) прогнозни системи и техните числени прогнози, които покриват повече от 30 региона в Европа. Този портал може да се използва за преглед на наличните услуги за определена област, специфична категория източници или определени замърсители. По-късно неговата функционалност е разширена, за да позволи хармонизирано представяне и вътрешно сравняване на различни налични прогнози, както и за създаване на ансамблова прогноза. Сайтът позволява да се получи практическа допълнителна информация като например да се използва системата за моделна документация на Европейската агенция по околна среда.

Създадена е широка научна мрежа включваща взаимодействие и контакти с всички големи проекти в тази област, финансирани от ЕС, както и с ключови институти в Европа и по света. Сътрудничеството също включва разглеждането на частни случаи от COST-728, да се направи сравнение и оценка на моделите чрез експериментални данни. Програмата също е предоставила препоръки за най-добри практики по отношение на представянето и доставянето на информация за химичното време на гражданите и управленските органи [6.]

COST Action ES0602 се заема и с необходимостта от нови изследвания и реагиране при кризи като избухването на вулкана Ейяфятлайокутъл (Eyfjallajökull), ядрените инциденти в Япония и влиянието на пожарите в района на Москва през лятото на 2010 година. Създадена е колекция от симулации на поведението на изхвърлените радиоактивни частици налични на сайта на портала <http://www.chemicalweather.eu/>.

## **2.2 PASODOBLE (Promote Air Quality Services integrating Observations – Development Of Basic Localised Information for Europe)**

Това е международен европейски проект финансиран от 7-а рамкова програма като част от Европейската програма за наблюдение на земята COPERNICUS (бившата GMES). Започнал е на 01 май 2010 и е завършил на 30 април 2013. Версия 3.0 на БСПХВ е разработена като част от този проект. Уеб сайтът на проекта вече не работи, затова информация за него може да се получи на сайтът на европейските програми. Формулираната му цел може да се преведе по следния начин: Еволюиране на съществуващи и развиване на нови услуги в сферата на замърсяване на въздуха над Европа на

регионално и локално ниво. Разработване и изпитване на обща услуга за координирана оценка на входящите данни, и удобен и гъвкав достъп до услугите. Достигане на множество цикли за доставяне използване и оценка срещу изискванията и маркетингово планиране във взаимодействие с потребителите. Рекламирање и хармонизиране на най-добрите инструменти за общностите занимаващи се с качеството на въздуха.

В рамките на европейската инициатива за Глобално наблюдение на околната среда и сигурността (GMES) PASODOBLE търси начини да осигури информация и подкрепа за райони и градове засегнати от замърсяването на въздуха. Комбинирайки възможностите на сателитната информация, измерванията на място и моделирането, проектът развива и демонстрира портфолио на услугите Муair в четири направления:

- подкрепа за болници, аптеки, лекари и хора в риск
- прогнози и оценки за градове, туристи и спортни мероприятия
- мониторинг на частици за регионалните агенции по околна среда
- оценка на местните прогностични модели в помощ на властите

Информирание на обществеността относно нивата на замърсяване на въздуха се изисква в Директивата на Европейския съюз за качеството на въздуха. Затова мрежата услуги за прогнозиране качеството на въздуха и оценка, цели да предостави най-съвременните услуги с висока пространствена разделителна способност. Вече са разработени тематично интегрирани услуги, които съчетават информация за качеството на въздуха, цветният прашец, ултравиолетова (UV) радиация и метеорология. Част от новите разработки включват подкрепа за управлението на пристанището в Антверпен, подкрепа за управление на пътния трафик в Холандия, подготовката за Олимпийските игри в Лондон 2012, подобряване на туристически информационни и навигационни системи в Шварцвалд чрез включване на параметрите на околната среда.

За да свържат локалните прогностични системи с висока резолюция с тези в европейски мащаб, предоставяни от програмата МАСС-II, са създадени пет оперативни системи, които правят прогнози за PM, O<sub>3</sub> и NO<sub>2</sub> в междинна резолюция от около 6 km за различни региони на Европа – така наречените airsheds (географски райони, в които атмосферните процеси се осъществяват по сходен начин по отношение на дисперсията и емисиите на замърсители). След това прогнозите на airsheds са използвани като гранично и начално условие за местните прогнозни системи в рамките на проекта. Това дава възможност и на нови системи в бъдеще да използват резултатите на airsheds.

Направена е хармонизирана оценка на airsheds с пакета Муair (същият, който

ще се използва и в тази работа) за периода Юли - Август 2010 и с фоновите станции от мрежата на ЕЕА Airbase. Изводите са, че озонът се прогнозира успешно от всички модели с малко отнемване и общи грешки на места с пикови стойности. Всички модели подценяват РМ (с фактор от 2-3), вероятно поради липсващи компоненти източници или емисии. NO и NO<sub>2</sub> се подценени в някои airsheds, и това трябва допълнително да се проучи. В повечето случаи, моделният спектър (variability) е по-тесен от този на измерванията.

Отделно ще споменем резултата, който е от най-голяма важност за настоящата работа – информационна система за прогноза на химичното време за България и София. Основният потребител на информацията е Изпълнителната агенция по околна среда и като такива са взели дейно участие в развитието на БСПХВ версия 3.0. Прогнозите се изпращат регулярно така, че работата на системата е постоянно наблюдавана от потребителите. Системата работи с най-голяма разрешаваща способност от 1 km за района на София и може да се развие и за други градове или високо замърсени райони на страната със същата резолюция.

## Литература

1. Balk, Taru, Jaakko Kukkonen, Kostas Karatzas, Tassos Bassoukos, Victor Epitropou, 2010. A European open access chemical weather forecasting portal, Atmospheric Environment, In Press, Corrected Proof, Available online 13 October 2010, ISSN 1352-2310, DOI: 10.1016/j.atmosenv.2010.09.058.

(<http://www.sciencedirect.com/science/article/B6VH3-517BBBT-1/2/d207b9f42314e8ba1539db3afc00208c>)

3. Epitropou V., Karatzas K. and Bassoukos A. (2010), A method for the inverse reconstruction of environmental data applicable at the Chemical Weather portal, Proceedings of the GI-Forum Symposium and exhibit on applied Geoinformatics, pp. 58-68, Wichmann Verlag, ISBN 978-87907-496-9.

4. Epitropou V., Karatzas K.D., Bassoukos A., Kukkonen J. and Balk T. (2011a), A new environmental image processing method for chemical weather forecasts in Europe, in Information Technologies in Environmental Engineering, Proceedings of the 5th International Symposium on Information Technologies in Environmental Engineering, Poznan, 6-8 July 2011, (Golinska, Paulina; Fertsch, Marek; Marx-Gómez, Jorge, eds.), ISBN: 978-3-642-19535-8, Springer Series: Environmental Science and Engineering, in press.

6. Karatzas, Kostas and Jaakko Kukkonen (editors), 2009. Quality of life information services towards a sustainable society for the atmospheric environment, COST Action ES0602, Workshop Proceedings, Sofia Publications S.A., Thessaloniki, Greece, ISBN: 978-960-6706-20-2. 118 pp.

12. Voukantsis, Dimitris, Kostas Karatzas, Jaakko Kukkonen, Teemu Räsänen, Ari Karppinen, Mikko Kolehmainen, 2011. Intercomparison of air quality data using principal component analysis, and forecasting of PM 10 and PM2.5 concentrations using artificial neural networks, in Thessaloniki and Helsinki, Science of the Total Environment 409 (2011) 1266–1276.

13. Vlachogianni, P. Kassomenos, A. Karppinen, S. Karakitsios and J. Kukkonen, 2011. Evaluation of a multiple regression model for the forecasting of the concentrations of NO<sub>x</sub> and PM10 in Athens and Helsinki. Science of the Total Environment, 409 (2011) 1559–1571.

### 3. Модели, използвани в българските БСПХВ (MM5/WRF, CMAQ)

#### 3.1 MM5

MM5 е петото поколение мезомащабен модел, последен от серията, чиято разработка е започнала през 70-те години на миналия век. Първото му описание е направено от Anthes and Warner (1978) [1.]. В следващите години той претърпява много промени и допълвания, целящи да разширят спектъра на приложението му [10. ], [2. ]. Последната версия 3.7 на MM5 е излязла на 23 декември 2004 година.

Част от основните характеристики на съвременната система са :

- работи с три картови проекции: полярна стереографска, Меркатор, Ламберт конформна;
- предоставя различни по резолюция полета на надморската височина, тип на почвата, растителна покривка, маска вода- суша и други;
- възможност за телескопизация – може да работи от глобално ниво до мащаби с размер на облачна система;
- нехидростатична динамика която позволява модела да се използва с пространствена стъпка от няколко километра,
- възможности за многозадачно поведение в системи със споделена и разпределена памет,
- възможност да асимилира 4-измерни данни,

Тъй като MM5 е регионален модел, той изисква начални условия както и гранични условия за да работи. Необходимо е, гридираната информация да покрива целия времеви период на модела за произвеждане на гранично условие. В **Таблица 3.1** са изброени физичните схеми и модели използвани в БСПХВ версия 1. Под тях има кратко описание на всяка схема.



**Физически схеми**

Микрофизика на облаците  
 Параметризация на кумулуси  
 Планетарен граничен слой  
 Радиационна схема  
 Модел на почв. температура

**Parameterization**

Схема на смесената фаза [33. ]  
 Схема на Grell [17., 18. ]  
 Схема MRF [21. ]  
 Схема на радиацията в облаците [12. ]  
 5- слоен модел [13. ]

**Таблица 3.1 :** Схеми и модели използвани при пускането на БСПХВ версия 1

**3.2 WRF**

WRF (The Weather Research and Forecasting Model) е мезомасщабна система за прогноза на метеорологичното време от следващо поколение. Разработен е за атмосферни изследвания както и за нуждите на оперативните прогнози. Има две динамични ядра, система за асимилация на данни, архитектура подходяща за паралелно пресмятане и разширяване на системата. Моделът обслужва широк спеткър от метеорологични приложения, мащаби от десетки метри до хиляди километри. Версия 2, излязла през май 2004 година, е първата предназначена за широка употреба и бързо набира популярност [31.]. Моделът се използва за прогнозиране на отделни метеорологични явления [11., 37], симулации [25.], както и за пълна метеорологична прогноза.

Има два варианта на динамично ядро за WRF. The Advanced Research WRF (ARW) се поддържа от the NCAR Mesoscale and Microscale Meteorology Division. WRF-NMM (NMM) се поддържа от the Developmental Testbed Center (DTC). Последната версия на модела, е 3.7 излязла през април 2015. Съдържа поправки и подобрения на версия 3.6. от април 2014. Следващата версия е планирана за пролетта на 2016.

Ядрото WRF-ARW има за основа ойлорова схема за решаване на напълно свиваемите нехидростатични уравнения, във вихрова (консервативна) форма, използващи масова ( хидростатичното налягане ) вертикална координата и повърхност с постоянно налягане като горна граница на модела.. Прогностичните променливи за тази схема са колонна маса от сух въздух ( $m$ ), скоростите  $u$ ,  $v$ , (хоризонтална скорост),  $w$  (вертикална скорост), потенциалната температура и геопотенциала. Използва C-мрежата на Аракава за пространствена мрежа. Схемата за интегриране по времето е Рунге-Кута от трети порядък а пространствената дескритизация може да прилага схеми от 2-ри до 6-ти порядък. Моделът поддържа приложения, както с идеализирани, така и с реални данни с различни опции за страничните гранични условия. Също така, той позволява еднопосочна, двупосочна и moving

телескопизация. Отдолу в **Таблица 3.3** са извадени опциите, с които се изпълнява WRF в БСПХВ версии 2 и 3. Ще ги разгледаме на кратко.

Физични опции	Параметризация
Микрофизика	Схема WSM6 [23. ]
Параметризация на кумулус	Схема на Kain-Fritsch [26. ]
Планетарен граничен слой	Схема YSU [22. ]
Дълговълнова радиация	Схема RRTM [32. ]
Късовълнова радиация	Схема на Dudhia [12. ]
Модел на земна повърхност	Схема NOAH LSM [5. ]

**Таблица 3.3** : Физични опции, с които се пуска WRF в БСПХВ версии 2 и 3

### 3.3 СМАQ

СМАQ (Community Multi-scale Air Quality modeling system) е тримерен, ойлеров, фотохимичен, дисперсионен модел, който позволява интегрирана оценка на газовото и частичково замърсяване на въздуха над области с различни пространствени мащаби от градски зони до континети. Неговата гъвкавост по отношение интегриране във времето, позволява СМАQ да се използва от по-кратки периоди (седмици, месец) до значително по-дълги (една или няколко години). Той симулира емисиите, дисперсията, химичните реакции и измиването на замърсителите от тропосферата чрез решаване на уравнението за непрекъснатост за всеки замърсител в система от тримерни мрежи. Във версия 4.6 газовата фотохимия е изпълнена чрез химичния механизъм CB4 (Carbon Bond IV) ( Моделът включва детайлни алгоритми за влияещите процеси в това число химия на водната фаза, разпадане и термодинамика на неорганични аерозоли вторично създаване и разпадане на органични аерозоли, моделна схема за облаците RADM Regional Acid Deposition Model). Вертикалната структура на модела са определя от 14 сигма нива с различна дебелина като планетарния граничен слой се представя в най-долните 8 от тях.

СМАQ симулира различни химични и физични процеси за които се знае, че са важни за разбирането на трансформациите и разпределението на атмосферните следови газове. Системата съдържа три типа моделни компоненти: метеорологична моделна система, емисионни модели за естествени и антропогенни емисии изпускани в атмосферата и химичен транспортен модел за симулиране на химичните трансформации.

### 3.4 SMOKE

Първоначално, SMOKE (The Sparse Matrix Operator Kernel Emissions ) е разработен за интегриране на емисионни данни чрез алгоритми за разредени матрици. Сега той се разработва активно в института по околна среда (САЩ) и с частичната подкрепа на CMAS (the Community Modeling and Analysis System ).

SMOKE е система основно за обработка на емисии, разработена да създава гридирани часови стойности разделени по замърсители, които да се ползват като входящи даанни в различни модели за качеството на въздуха като CMAQ, REMSAD, CAMX and UAM. SMOKE работи с емисии от площи, биогенни, трафик, и точкови източници на частици, газове и токсични замърсители. За биогенните емисии SMOKE използва системата BEIS2 ( Biogenic Emission Inventory System, версия 2.5) и BEIS3 (версии 3.09 и 3.14). Също така, системата е интегрирана с модела за мобилни емисии MOBILE6 и с модела MOVES. От версия 1.0 на системата, тя е интегрирана с моделната система Models-3, за обработка на емисиите от замърсители и получаване на изходните файлове във формат подходящ за CMAQ.

### Литература

1. Anthes, R. A., and T. T. Warner, 1978: Development of hydrodynamic models suitable for air pollution and other mesometeorological studies. *Mon. Wea. Rev.*, 106, 1045-1078
2. Barker, D. M., Huang, W., Y-R., Guo, Bourgeois, A. J., Xiao, Q. N., 2004: A Three-Dimensional Variational Data Assimilation System for MM5: Implementation and Initial Results. *Mon. Wea. Rev.*, 132, 897-914.
5. Chen, F., and J. Dudhia, 2001: Coupling an advanced land-surface/ hydrology model with the Penn State/ NCAR MM5 modeling system. Part I: Model description and implementation. *Mon. Wea. Rev.*, 129, 569-585.
10. Dennis, R. L., Byun, D. W., Novak, J. H., Galluppi, K. J., Coats, C. J., Vouk, M. A., 1996. The next generation of integrated air quality modeling: EPA's models-3. *Atmospheric Environment*, Volume 30, Issue 12, June 1996, Pages 1925-1938
11. Done, J., Davis, C. A. and Weisman, M. (2004), The next generation of NWP: explicit forecasts of convection using the weather research and forecasting (WRF) model. *Atmosph. Sci. Lett.*, 5: 110-117. doi: 10.1002/asl.72
12. Dudhia, J., 1989: Numerical study of convection observed during the Winter Monsoon Experiment using a mesoscale two-dimensional model. *J. Atmos. Sci.*, 46, 3077-3107.
22. Hong, S.-Y., and J.-O. J. Lim, 2006: The WRF Single-Moment 6-Class Microphysics

Scheme (WSM6), J. Korean Meteor. Soc., 42, 129–151.

23. Hong, S.-Y., and Y. Noh, and J. Dudhia, 2006: A new vertical diffusion package with an explicit treatment of entrainment processes. *Mon. Wea. Rev.*, 134, 2318–2341.

25. Jason A. Otkin and Thomas J. Greenwald, 2008: Comparison of WRF Model-Simulated and MODIS-Derived Cloud Data. *Mon. Wea. Rev.*, 136, 1957–1970.

26. Kain, J. S., 2004: The Kain-Fritsch convective parameterization: An update. *J. Appl. Meteor.*, 43, 170–181

32. Mlawer, E. J., S. J. Taubman, P. D. Brown, M. J. Iacono, and S. A. Clough, 1997: Radiative transfer for inhomogeneous atmosphere: RRTM, a validated correlated-k model for the longwave. *J. Geophys. Res.*, 102 (D14), 16663–16682.

37. Xiao-Ming Hu, John W. Nielsen-Gammon, and Fuqing Zhang, 2010: Evaluation of Three Planetary Boundary Layer Schemes in the WRF Model. *J. Appl. Meteor. Climatol.*, 49, 1831–1844.

## 4. Описание на българската системи за прогноза на химичното време (БСПХВ)

### 4.1 Описание на първата версия

Системата е създадена като резултат от проект възложен на НИМХ и НИГТТ (тогава ГФИ) от Министерството на образованието, младежта и науката, който е завършил през 2012 година, със заглавие „Към българска национална система за информация и прогнози на химическото време“. Прогнозираните замърсители по този проект са O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> и PM<sub>10</sub>.

По преценка на колектива, се предлага, прогнозата на нивата на замърсителите в атмосферния въздух, да бъде извършвана чрез моделна система, изградена на базата на моделна система **Models-3**, която е едно от най-съвременните средства за моделна оценка качеството на въздуха, и се предоставя за свободно ползване. **Models-3** се състои от 3 подсистеми от модели CMAQ, MM5 и SMOKE, които вече бяха описани в **Глава 3** и няма да се спираме тук на тях.

Най-външната област на интегриране е на ALADIN – метеорологичният модел осигуряващ прогнозите в системата. Тя има трапецовидна форма, защото резултатите от работата му са интерполирани в географска координатна система. За елементите на системата Models-3 е използвана

Ламбертова конформна проекция с параметри:  $Trulat1 = 42.5^\circ$ ,  $Trulat2 = 42.5^\circ$ . Избрана е централна точка с координати  $\lambda_{center} = 25^\circ$ ,  $\phi_{center} = 42.5^\circ$ . Областта на MM5 е правоъгълник, с център централната точка и стъпката на мрежата 10 km. Областта на CMAQ се определя от броя на точките, същата стъпка и началната точка (долния ляв ъгъл), чиито координати по отношение на централната точка са  $X_{orig} = -235$  km,  $Y_{orig} = -175$  km.

Тъй като качеството на емисионните данни, е задължителна предпоставка за качествена прогноза на нивата на замърсителите, необходима е детайлна и надеждна **инвентаризация на емисиите**. Необходими са и достатъчно представителни сведения за времевите профили на емисиите – денонощен, седмичен и годишен ход. Инвентаризацията на емисиите обикновено е направена на годишна база и като правило за големи територии (общини, окръзи, държави и т.н.). Европейската е с доста добра разрешаваща способност -  $0.25^\circ \times 0.125^\circ$ , което за средните ширини е приблизително  $15 \times 15$  km. Тя е разработена от TNO в рамките на европейския проект GEMS. Източниците се делят на две групи - площни източници и големи точкови източници. Базите данни съдържат 8 замърсители:  $CH_4$ , CO,  $NH_3$ , NMVOC (VOC), NOx, SOx, PM10 и PM2.5. Времеви профили на замърсителите се изчисляват на базата на дневни, седмични и годишни профили предоставени в [1., 22.].

Вторият тип много важна входяща информация са **граничните условия**. Тъй като, прогнозата ще се извършва за ограничен район, важно е да се разбере, че за всички примеси, включително за озона фактическите нива на замърсяване могат да бъдат в голяма степен резултат от транс-граничен пренос [7.]. Това важи с особена сила за малка страна като България. Версия 1 на БСПХВ ползва гранични условия, произведени от оперативната система за прогноза AUTH/CWFS, базирана в Университета “Аристотел” в Солун, Гърция [19., 20.]. Прогностичната система се състои от MM5 и дисперсионния модел CAMx. Емисионните данни се произвеждат от съответен модел, а инвентаризациите на емисиите се получават от Холандия.

Следващият тип информация е **физикогеографска** (релеф, характер на подложната повърхност), Тя е необходима както за метеорологичния, така и за дисперсионния модел, а и за определяне на някои естествени биогенни емисии. Използват се данните за релеф и характер на подложната повърхност за България и Балканския полуостров, които се генерират от програмата TERRAIN на системата MM5.

Последният тип важна информация е **метеорологичната**. Тя трябва да захрани избрания метеорологичен ‘пре-процесор’ който в нашия случай е MM5. Използвана е националната числена прогноза, произведена от

моделната система ALADIN [26.], която оперативно се прави два пъти на ден и се използва от синоптиците на Националния институт по метеорология и хидрология. Областта на българската версия на ALADIN покрива значителна част от Балканския полуостров и Черно море. Моделът е настроен така, че на всеки 6-ти прогностичен час извежда цялата информация за ползване, т.е. разделителната способност на неговата информация по времето е 6 часа. MM5 чете тази информация в GRIB формат и я интерполира в точките от своята мрежа. За по-точно изчисляване на валежите, MM5 започва изчисленията си 12 часа по рано от началния срок на прогноза на БСПХВ, така че той прогнозира за период 60, а не 48 часа. Преди да постъпи в CMAQ, информацията се обработва от модула MCIP (Meteorology-Chemistry Interface Processor), който е част от пакета CMAQ. Той приготвя необходимите за CMAQ и SMOKE метеорологични полета в NetCDF- формат и пресмята някои допълнителни параметри (потоци, скорости на сухо отлагане и т.н).

Емисиите от “фамилиите” органични газове и в по-малка степен SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> и PM<sub>2.5</sub>, трябва да бъдат разцепени или „преобразувани” в по-голям брой компоненти, съгласно изискванията за емисионен вход на CMAQ, които пък зависят от избрания химически механизъм – процедура, наречена “специация”. В подготовката на файл с емисии, готов за модела, химичните съединения трябва да бъдат комбинирани в блокови замърсители следвайки съответните процедури. Процедурите и профилите са разработени за номенклатурата на САЩ и затова се налага използването на специална програма за специация на площните емисии. SMOKE се захранва с точковите емисии и с данни за земната повърхност (LandUse) за създаване на съответните емисионни файлове. SMOKE се използва и за направата на файл с третия вид емисии -биогенните емисии. Накрая, моделът обединява файловете с емисиите в един 3D NetCDF файл – емисионен вход, готов за CMAQ.

Остана да споменем за последния вид, а именно **началното условие**. В задачи от този тип за начално условие се използват стойностите на елементите за съответния начален час, но взети от изходния файл на предишното пускане (преди 12 ч.). Т.е. 12- часовата прогноза на всяко пускане се използва като начално условие на следващия цикъл. Грешката в резултатите бързо намалява поради действието на източниците и на граничните условия, както и на факта, че територията на България е достатъчно малка.

Системата е инсталирана на един от сървърите на НИМХ (cw.cfd.meteo.bg). Изходът от работата на системата представен в графичен вид, може да се види на адрес <http://info.meteo.bg/cw/frameset.html>.

## 4.2 Описание на версии 2.1 и 2.2

Първата промяна е заместването на MM5, с неговият наследник WRF (Weather Research and Forecasting Model) като метеорологичен пре-процесор на CMAQ. Използва се разновидността WRF-ARW (Advanced Research WRF) версия 3.2.1. Той е напълно свиваем, нехидростатичен с вертикална координата хидростатичното налягане следващо земната повърхност.

Системата 2.1 е реализирана с три вместени един в друг домейна, със съответната резолюция: Европа 81 km, Балкански полуостров 27 km, и България 9 km. Във версия 2.2, телескопизацията продължава с още два домейна: София-област 3 km и София-град 1 km. WRF започва пресмятането в домейн Европа с начални условия от модела GFS (Global Forecast System). В 12:00Z на предишния ден започва пресмятането за 84 часа, като първите 12 са така нареченият „spinning-up“ последвани от 3 дневна прогноза. За гранични условия в домейн Европа, се използват климатични данни като се предполага, че грешките от тяхната неадекватност към конкретната ситуация, бързо ще се елиминират с приближаване към центъра на домейна, поради постоянното действие на източниците на замърсяване. Останалите домейни взимат граничните си условия от този, който ги предхожда.

Тук, SMOKE отново се използва само за изчисляване на биогенните емисии и за сливане на трите вида емисии. За двата най-външни домейна се използват емисиите на TNO за 2005 година. За България и софийските домейни, разполагаме с националната инвентаризация за 2010 година предоставена от Изпълнителната агенция по околна среда.

Публично представени са резултатите за четири замърсителя : O<sub>3</sub>, PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub> и NO<sub>2</sub>. Изображенията, изработени отново с PAVE, включват изброените замърсители за 72 часа напред, представени във всички домейни. Визуализацията на моделните резултати, е представена на два отделни сайта, за удобство на потребителите. Схематично разделени на версия 2.1, представяща домейните Европа, Балкани и България, и версия 2.2 за България, София-област и София-град, те са достъпни в основния сайта на НИМХ- БАН в раздел „прогнози“.

## 4.3 Описание на версия 3.0

Тук базовата система е същата като във версия 2. (версии модели, домейни), но пресмятането на моделните прогнози, са съсредоточени в най-вътрешните три домейна. WRF изчислява метеорологичните прогнози за всички домейни, докато CMAQ се включва само в най-вътрешните три, за създаване на

химичната прогноза. Химичното гранично условие за домейн България се взема от обединения airshed (виж **Глава 2**, проект PASODOBLE). При поискване на данните, трябва да се укажат координатите, замърсителите, прогнозен период и други. Двама вътрешни домейна взимат граничните условия от предходния им.

Малко по-различно е усвояването на инвентаризациите в домейн България. Използват се едновременно данните от TNO 2005 и българските от 2010, по следния начин: данните от TNO се прилагат само за териториите извън държавната ни граница, докато вътре се използва само българската инвентаризация.

От изходният файл на CMAQ, се запазват приземните концентрации на пет замърсителя CO, O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> и PM<sub>10</sub> както и *Индекс на качеството на въздуха* (Air Quality Index (AQI)). В момента има разработени няколко AQI в различни държави [14.]. В нашата система се използва индексът на Великобритания, като най-добър за изчисляваните тук концентрации. Индексите отговарят на гранични концентрации, за всеки от наблюдаваните замърсители. В нашата система, се използват часови средни за всички замърсители. В допълнение към AQI, за всяка клетка на мрежата е пресметнат доминантният замърсител - този с най-високата концентрация.

Уеб-сайтът на версия 3, се намира на сървър в НИГГТ (<http://www.niggg.bas.bg/cw3/>). За сега, той представя петте замърсителя, AQI и доминантният замърсител на AQI. Вида и структурата на сайта са сходни с тези за версия 2.2 като са добавени CO и AQI със съответните им критични стойности и обяснения под изображенията.

## Литература

1. Bultjes, P.J.H., van Loon, M., Schaap, M., Teeuwisse, S., Visschedijk, A.J.H. and Bloos, J.P. (2003) 'Project on the modelling and verification of ozone reduction strategies: contribution of TNO-MEP', TNO-report, MEP-R2003/166, Apeldoorn, The Netherlands.

7. European Parliament (2002): Directive 2002/3/EC of the European Parliament and the Council of 12 February 2002 relating to ozone in ambient air, Official Journal of the European Communities, L67, pp. 14-30.

14. Leeuw, Frank de, M. Wim, (2005) Air Quality and Air Quality Indices: a world apart?, ETC/ACC Technical Paper 2005/5, European Topic Centre on Air and Climate Change, European Environmental Agency.

19. Poupkou, A., I. Kioutsioukis, I. Lisaridis, K. Markakis, T. Giannaros, E. Katragkou, D. Melas, C. Zerefos and L. Viras (2008a) Evaluation in the Greater Athens Area of an air



quality forecast system, Proc. of the IX EMTE National-International Conference of Meteorology-Climatology and Atmospheric Physics, 28-31 May 2008, Thessaloniki, Greece, 759-766.

20. Poupkou, A., I. Kioutsoukis, I. Lisaridis, K. Markakis, D. Melas, C. Zerefos and Giannaros, T. (2008b): Air quality forecasting for Europe, the Balkans and Athens, 3rd Environmental conference of Macedonia, 14-17 March 2008, Thessaloniki, Greece.

22. Schaap, M., Timmermans, R.M.A., Roemer, M., Boersen, G.A.C., Builtjes, P.J.H. Sauter, F.J., Velders, G.J.M. and Beck, J.P. (2008) 'The LOTOS-EUROS model: description, validation and latest developments', International Journal of Environment and Pollution, 32, No. 2, pp.270-290.

26. Spiridonov, V., M. Déqué, S. Somot (2005): ALADIN-CLIMATE: from the origins to present date, ALADIN Newsletter, 29.

## **5. Методи и софтуер за сравнение на моделните резултати с измерванията**

### **5.1. Защо е необходимо да се прави оценка на моделите за прогноза на химичното време**

Моделите за качеството на атмосферния въздух се използват все по-често за прокарване на политически решения на високо ниво в областта на околната среда и затова оценяването на произвежданите от тях моделни данни е много отговорна задача, както е отбелязано в няколко документа, публикувани от властите в различни страни. Като примери могат да се разгледат документ за насоки в моделирането на околната среда на US-EPA [12.], доклад от Великобритания UK-DEFRA [9.], или указание за използване на моделите в духа на европейската директива за качество на въздуха 2008 [10.]

### **5.2. Методи за оценка**

Оценката на моделите за качество на въздуха, обикновено се извършва чрез сравняване с измервания на приземните концентрации на ключови замърсители (O<sub>3</sub>, PM<sub>10</sub> и др.). т.е. оперативната оценка, с основен елемент статистически анализ, тъй като се използват статистически индикатори и графичен анализ за определяне способността на модела да пресъздаде измерените концентрации. Въпреки, че подобно сравняване не може да даде цялостен поглед върху качествата на модела, смята се че е добра първа стъпка в оценката на неговата работа [9., 15.]. Статистическият анализ може да се направи с използване на широк спектър от индекси, които са описани в

литературата [7.,27.,11.,12.,5.,17.,4.,10.]. Те са създадени за различни сфери на науката (метеорология, качество на въздуха, хидрология), за постигане на различни цели (прогноза, изследване на частни случаи). Силно се препоръчва при анализа да се използват няколко индикатора, независимо от приложението на модела, тъй като всички те имат своите плюсове и минуси [30.].

### 5.3. Стандартизирана оценка на моделни резултати (бенчмаркинг)

През 2011 Р. Thunis и съавтори [28.] предлагат за създаването на подход за стандартизирана оценка на модели, приложени за оценка качеството на въздуха в рамките на AQD2008, да се следват някои от препоръките направени в Boylan and Russel (2006) [5.], които са включени в методологията на ЕРА за оценка на модели [11.,12.]. Там се говори за критерии и цели в смисъл на търсени стойности на дадени статистически индекси използвани за валидация. Thunis et al. (2011) предлагат, те да се допълнят с информация за неточността на измерванията използвани за оценка на моделите. Прецизират се понятията Критерии, Цели, Измервателна неточност според предложението на Jolliff et al. (2009) [17.].

Характерна особеност на подхода е разбирането, че подобрения отвъд определена граница са безсмислени, предвид несигурността във входните данни, несигурността свързана с данните за валидация или липсата на знания при предаване на физичните и химичните характеристики на моделираният феномен.

В работата си от 2012, Thunis et al. [30.] предлагат метод за оценка, на основата на измервателната неопределеност. Дискусията се провежда в рамките на проекта FAIRMODE, като целта е да се състави методология за оценяване работата на моделите за ниво политически решения, особено свързаните с директива [2.]. Избран е следния набор ключови статистически индикатори: корен от средно квадратичната грешка (Root Mean Square Error (**RMSE**)), корелационен коефициент на Пирсън (correlation coefficient (**R**)), нормализирано средно отклонение (Normalized Mean Bias (**NMB**)), нормализирано средно стандартно отклонение (Normalized Mean Standard Deviation (**NMSD**)) и корен от центрираната средно квадратична грешка (Centered Root Mean Square Error (**CRMSE**)) със следната дефиниция:

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (O_i - M_i)^2}; \quad \text{NMB} = \frac{\text{Bias}}{\bar{O}} = \frac{\bar{M} - \bar{O}}{\bar{O}}; \quad (2)$$

$$\text{NMSD} = \frac{(\sigma_M - \sigma_O)}{\sigma_O}; \quad \text{CRMSE} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N ((O_i - \bar{O}) - (M_i - \bar{M}))^2}$$

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})(M_i - \bar{M})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (M_i - \bar{M})^2}} \quad (4)$$

където  $O$  са наблюденията,  $M$  моделните данни,  $i$  означава конкретно измерване, хоризонталната черта над буквите показва усредняване върху  $N$  брой измервания, а сигма е стандартното отклонение. Тези индикатори избрани за покриване на основните аспекти в качеството на модела (амплитуда, фаза и отклонение от стойността) са близки до предложените от *Botrego et al (2008)[4.]*. В работата си [30.], *Thunis et al.* предлагат дефиниране на критерии за **RMSE**, **R**, **NMB** и **NMSD** нормализирани с измервателната неопределеност **U**. Основното допускане при това е да има сходни граници на толеранс както за моделните така и за наблюдателните данни. Дефинират измервателната неопределеност като:

$$U = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (U_r(O_i) * O_i)^2}$$

където **Ur(Oi)** отбелязва относителната неопределеност за дадено ниво на концентрация и даден вид замърсител.

За да се отчете измервателната несигурност в статистическите индекси, нормализираме **RMSE** на **2U**:

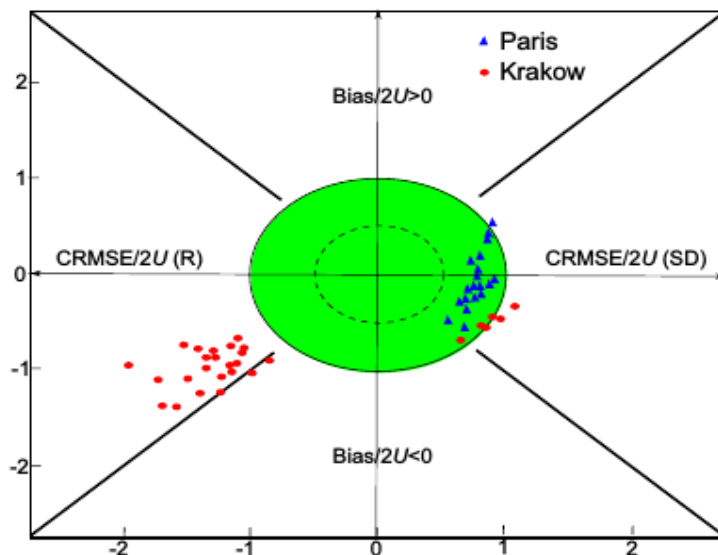
$$RMSE_U = \frac{\sqrt{\frac{1}{N} \sum (O_i - M_i)^2}}{2U}$$

Така грешката между наблюдения и моделни данни в числителя се сравнява с абсолютната грешка в знаменателя. Трите случая описани по-горе придобиват следния вид:

- 1) **RMSE<sub>U</sub> < 0.5**. Съответства на а), тъй като **RMSE** между наблюдаваните и моделните стойности е по-малко от **U** (вижда се при замяна на **Mi** с **Oi ± Uj** в горното уравнение).
- 2) **0.5 < RMSE<sub>U</sub> < 1**. Съответства на б), тъй като **RMSE** между наблюдаваните и моделните стойности е средно по-голяма от обхвата на наблюдателната несигурност, но моделът може все още да предава реалността по – добре от измерванията.
- 3) **RMSE<sub>U</sub> > 1**. Съответства на в), защото моделните данни са по-далеч от истинската стойност от измерените. Тогава, основният критерий за качество на моделни резултати (model performance criteria- **MPC**) е изискването **RMSE<sub>U</sub> да е по-малко от единица.**

Един от недостатъците на **RMSE** е, че информацията за грешките съдържаща се в параметри като отклонението, дисперсията и корелационния коефициент се натрупват в едно единствено число. Затова се разработва и набор от **MPC** за статистическите индикатори **NMB**, **NMSD** и **R**. Важно е да се отбележи, че така получените **MPC** са необходими, но не и достатъчни условия за да е сигурно, че основният критерий базиран на **RMSE** ( $RMSE < 1$ ) е изпълнен. Тяхната цел е да покаже, кои аспекти на моделиращото приложение трябва да се подобрят. Например, в случай 1 полученият **MPC** за отклонението, трябва да се интерпретира като граница, която не трябва да бъде преминавана в никоя реална ситуация.

Основното графично представяне, описано в работата [30.] се състои от нормализирана версия на *target* – диаграмата предложена от [17.], която резюмира **RMSE**, **Bias** и **CRMSE**. **Фигура 5.2** показва таргет диаграмата за реални данни от AirBase [1.] при оценяването на модела CHIMERE [26.] върху домейн Европа за цялата 2009 година с пространствена стъпка 7 km (сините и червените точки върху фигурата).



**Фигура 5.2** : Таргет – диаграма описана в, и взета от [30.]

На **Фигура 5.2** осите  $x$  и  $y$  са нормализирани към измервателната несигурност, като за всяка точка представляваща една станция, абсцисата е отклонението върху  $2U$ , ордината е  $CRMSE/2U$  а радиусът на кръга е

пропорционален на **RMSEU**. Зелената зона означава покриване на критерия за **RMSE**. Понеже **CRMSE** винаги е положително, само дясната част от диаграмата ще е необходима и следователно отрицателната част по  $x$ , може да се използва за представяне на допълнителна информация [17.]. Тази информация се получава чрез връзката (9), която се използва за по нататъшно изследване на грешките свързани с **CRMSE**, за да се види дали те са доминирани от **R** или от стандартното отклонение. Отношението на две **CRMSE**, едното при предположение за перфектна корелация ( $R = 1$ , числител), другото предполагайки перфектно стандартно отклонение ( $\sigma_o = \sigma_m$ , знаменател) се изчислява и служи като основа за това от коя страна на ординатната ос ще се сложи точката.

$$\frac{\text{CRMSE}(R = 1)}{\text{CRMSE}(\sigma_m = \sigma_o)} = \frac{\text{NMSD}}{\sqrt{2(1-R)}} \begin{cases} >1 & \text{стандартното отклонение доминира над} \\ \mathbf{R} & \rightarrow \text{в дясно} \\ <1 & \mathbf{R} \text{ доминира над стандартното} \\ & \text{отклонение} \rightarrow \text{в ляво} \end{cases}$$

За отношения по – големи от 1, грешката от стандартното отклонение доминира и станцията се нанася в дясно, а при обратната ситуация - в ляво. Разграничават се 4 зони в таргет диаграмата: долните и горните описват грешки доминирани от отместването, леви и десни с грешки доминирани от **R** и стандартно отклонение. Предложеното нормализиране позволява на една и съща диаграма да се рисуват резултати за най-различни станции, въпреки различните им **U**.

В Thunis et al (2013) [31.] се разработва зависимостта на **U** от концентрацията на замърсителя, като в две последователни работи се представят O3 [31.] и NO2 и PM10 [23.].

$$\text{RMS}_U = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N U^2(x_i)} = ku_r^{\text{RV}} \sqrt{(1-\alpha)(x_m^2 + \sigma^2) + \alpha \text{RV}^2}$$

където  $x_m$  е средната стойност, а сигма е стандартното отклонение на измерванията.

Дисперсията в пропорционалната компонента отчита разпределението на концентрацията около средната стойност и свързаната с нея променяща се несигурност. Уравнението за **RMSU** свързва несигурността с известни параметри, типични за изследваната редица, но въвежда и двете неизвестни алфа и  $u_r^{\text{RV}}$ . За тяхното определяне се разглеждат реалните процеси на измерване на концентрацията при всеки замърсител. Оценяват се различните източници на несигурността. При озона например, Thunis et al (2013) [31.] показват, че основната част от неточността се дължи на непропорционалната

част от **uc** , която може да се изменя при процеси несвързани със самите измерени концентрации, а например при калибриране на уреда.

В **Таблица 5.1** са показани актуалните стойности на коефициентите алфа, **k**,  $u_r^{RV}$  и **RV** [30.][23.][24.]. Стойността на алфа за PM2.5 е променена от 0.018 в 0.05 [24.], за да се избегнат по-големи несигурности за PM10 отколкото за PM2.5 в най-ниската част на спектъра на концентрациите.

	<i>k</i>	$u_r^{RV}$	<i>RV</i>	$\alpha$
NO <sub>2</sub>	2.00	0.120	200 µg/m <sup>3</sup>	0.040
O <sub>3</sub>	1.40	0.090	120 µg/m <sup>3</sup>	0.620
PM10	2.00	0.140	50 µg/m <sup>3</sup>	0.018
PM25	2.00	0.180	25 µg/m <sup>3</sup>	0.050

**Таблица 5.1** : Актуални стойности на коефициентите алфа, **k**,  $u_r^{RV}$  и **RV**

#### 5.4. Приложение на метода в пакета MyAir 3.0 и други графики използвани за оценка на моделните данни

**MyAir** е разработен като част от проекта PASODOBLE към 7-а Рамкова Програма на ЕС. Той се опира на вече разработени най-добри практики, като използваната от инициативата FAIRMODE към Обединения Европейски Съвет за изследвания (JRC) методология за оценка на модели [28.] и модулът *openair* [6.] към статистическия пакет R.

Пакетът представлява потребителски достъпна среда, лесна за инсталиране, която превежда потребителя през процеса на оценка на моделните прогнози и изследва поведението на модела. Статистическата обработка на данните и рисуването на графиките се извършват от R скриптове [25.]. Инструментът взема като вход, моделните данни от регионални или локални модели. Измерванията, с които се сравнява, са направени в станция за мониторинг (*in situ*) и представляват времева редица. Липсващите данни се вземат предвид ако са отбелязани със стандартен маркер (NA). Като изход, програмата създава графики оценяващи способността на модела да предсказва концентрациите на замърсителите и нивата, определени за оповестяване на властите и обществото. Може да работи с една или много станции, с един или няколко замърсителя и с един или множество данни от различни модели. Резултатите могат да се класифицират според типа на мониторинговата станция, замърсителя, набора моделни данни. Диагностицирането на поведението на модела за отделни станции и замърсители, произвежда различни графики, като всички данни от тях се записват и в текстови файлове за по-нататъшен

анализ и визуализация [21.].

МуAir е конструиран като набор от последователно свързани скриптове. Първият е *Questionnaire tool*, който изисква информация за моделната система, дали моделните и измерени данни са от един и същ тип, дали моделната система е преминала процедура за качество (quality assurance) и др. Накрая, тя дава съвет за оценката, която се каним да извършим. Вторият скрипт е *Data Input tool*, в който се въвеждат данните от модела и измерванията, информация за замърсителите и станциите, записват се метаданни за файловете, в които те се съдържат. След като е завършила работата в частта *Data Input Tool*, програмата произвежда файл съдържащ моделните и измерени концентрации. Той се зарежда в следващата част *Model Evaluation Tool (MET)*, където те се възпроизвеждат като различни графики разгледани по-долу, част от които, следват описаните статистически методи за оценка в точка 5.2 .

1. MET произвежда **Таргет диаграми** по методиката на FAIRMODE DELTA Tool. Застъпени са две версии 1.2 и 3.3 на DELTA. Тук ще се спрем на версия 3.3, тъй като нея ще използваме при оценката на данните.

При версия 3.3 характеристиките пресметнати и показани на таргет диаграмата са Централизиран корен квадратен от средната квадратична грешка **CRMSE** (4), средното отместване, корен от средната квадратична стойност на измервателната неточност **RMSu** (18) където коефициентите **k**, **u<sub>r</sub><sup>RV</sup>** и алфа са получени за специфичните замърсители от измерените данни по методологията описана към FAIRMODE DELTA v3.3. В **Таблица 5.1** са показани стойностите използвани в сегашните изследвания.

$$\text{Таргет стойност (T): } T = \sqrt{\left(\frac{\text{BIAS}}{2\text{RMS}_u}\right)^2 + \left(\frac{\text{CRMSE}}{2\text{RMS}_u}\right)^2} \quad (21)$$

Таргет диаграмата показва **BIAS/2RMSu** към **[CRMSE/2RMSu]<sub>NMSD</sub>** където

$$\left[\frac{\text{CRMSE}}{2\text{RMS}_u}\right]_{\text{NMSD}} = \begin{cases} -\frac{\text{CRMSE}}{2\text{RMS}_u} & \text{if } \frac{\text{NMSD}}{\sqrt{2(1-R)}} < 1 \\ \frac{\text{CRMSE}}{2\text{RMS}_u} & \text{if } \frac{\text{NMSD}}{\sqrt{2(1-R)}} > 1 \end{cases} \quad (22)$$

**R** е корелационния коефициент на Пирсън а **NMSD** е нормализираното средно стандартно отклонение ( $\sigma_M = \sigma_O$ ) /  $\sigma_O$ .

Всяка станция е представена като точка на диаграмата. Радиалното разстояние до такава точка, е равно на T за тази станция. Колкото по-малка е стойността на T, толкова по-добре се предсказва концентрацията в тази

станция. Черният кръг, показва  $T=1$ , което е критерият за качество и трябва да се изпълнява поне от 90% от разглежданите станции. Пунктирният черен кръг е  $T=0.5$ . Сивите линии разделят квадрантите, представящи доминиращата грешка в моделните данни – дали е от положително или отрицателно отместване, или от стандартно отклонение, или от корелационни грешки в CRMSE.

2. **Box and Whisker** показва 5 вида информация за всяка станция: долният уискър (Min), 25-тия перцентил, 50 перцентил или медианата (вертикалната черта в правоъгълника), 75-тия перцентил, горния уискър (Max). Интерквартилният обхват (IQR) се дефинира като 75-тия минус 25-тия перцентил, т.е. това е дължината на правоъгълника. Долният уискър се определя като най-ниската стойност, която е в област  $1.5 \times \text{IQR}$ . Подобно, горния уискър се определя като най-високата стойност, намираща се в областта  $1.5 \times \text{IQR}$  от горния квартил. Има възможност да се добавят стойностите лежащи извън зоните (аутлайъри), както и графиката да се нанесе на логаритмична скала.

3. **Скатър плот** може да се направи в два варианта: честотен скатър плот, когато честотата на получаване на всяка точка се предава чрез цвятна гама и стандартен, показващ общото количество двойки измерване – моделирана стойност. По вертикалата са моделните стойности, по хоризонталата – измерените. Диагоналната линия показва къде, хипотетично, би трябвало да лежат данните при идеално съвпадение на моделни и измерени стойности. Пунктирните линии са фактор от 2 (линии заграждащи зоната, в която стойностите са между 2 x идеалната и 0.5 x идеалната стойност).

4. **Q-Q plot** или квантил – квантил плот. Това е графика, която показва дали два набора данни са извадки от полета с близко статистическо разпределение. Изчергават се квантилите на единия набор, срещу тези на другия. Под квантили тук се разбира частта или процента от данни намиращи се под дадена стойност. Ако двете разпределения са идентични, стойностите се подреждат по диагонала  $y=x$ . Ако двете разпределения се съгласуват след линейно преобразуване на стойностите на едното, то **Q-Q** плота следва някаква линия, като не е задължително тя да е  $y=x$ . Ако основната тенденция е линията да е по-полегата от  $y=x$ , разпределението по хоризонталната ос е по-разпръснато от това по вертикалната. Обратно, ако основната тенденция е за по-стръмна крива от  $x=y$ , то разпределението по вертикалата е по-диспергирано. **Q-Q** плотовете често са извити като дъга или със S образна форма, означавайки, че едното разпределение е по-асиметрично (ляво или дясно скосено), или че едното от разпределенията има по-големи опашки от другото. Въпреки, че **Q-Q** плота е базиран на квантили, в стандартният **Q-Q** плот не е възможно да се каже, коя точка определя даден квантил.



## Литература

1. AirBase, 1997. European Air quality database. URL: <http://acm.eionet.europa.eu/databases/airbase>.
2. AQD, 2008. Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe (No. 152). Official Journal.
4. Borrego, C., Monteiro, A., Ferreira, J., Miranda, A.I., Costa, A.M., Carvalho, A.C., Lopes, M., 2008. Procedures for estimation of modelling uncertainty in air quality assessment. *Environment International* 34, 613-620.
5. Boylan, J.W., Russell, A.G., 2006. PM and light extinction model performance metrics, goals, and criteria for three-dimensional air quality models. *Atmospheric Environment* 40, 4946e4959.
6. Carslaw D., and Ropkins K., 2013. openair: Open-source tools for the analysis of air pollution data. R package version 0.8-5. <http://www.openair-project.org/>
7. Chang, J.C., Hanna, S.R., 2004. Air quality model performance evaluation. *Meteorology and Atmospheric Physics* 87.
9. Derwent, D., Fraser, A., Abbott, J., Willis, P., Murrells, T., 2010. Evaluating the performance of air quality models (No. Issue 3). Department for Environment and Rural Affairs.
10. EEA, (2011) [The Application of Models Under the European Union's Air Quality Directive: A Technical Reference Guide], European Environmental Agency, Technical Report No 10/2011, ISBN 978-92-9213-223-1
11. EPA, 2007. Guidance on the Use of Models and Other Analyses for Demonstrating Attainment of Air Quality Goals for Ozone, PM<sub>2.5</sub>, and Regional Haze. No. EPA- 454/B-07-002. U.S. Environmental Protection Agency.
12. EPA, 2009. Guidance Document on the Development, Evaluation, and Application of Regulatory Environmental Models. No. EPA/100/K-09/003. U.S. Environmental Protection Agency.
15. Irwin, J.S., Civerolo, K., Hogrefe, C., Appel, W., Foley, K., Swall, J., 2008. A procedure for inter-comparing the skill of regional-scale air quality model simulations of daily maximum 8-h ozone concentrations. *Atmospheric Environment* 42, 5403e5412.
17. Jolliff, J.K., Kindle, J.C., Shulman, I., Penta, B., Friedrichs, M.A.M., Helber, R., Arnone, R.A., 2009. Summary diagrams for coupled hydrodynamic-ecosystem model skill assessment. *Journal of Marine Systems* 76, 64e82.
21. MyairToolkit for Model Evaluation User Guide Version 3.0, June 2013

<http://www.cerc.co.uk/environmental-software/myair-toolkit.html>

23. Pernigotti D., Thunis P., Belis C. and Gerboles M., 2013. Model quality objectives based on measurement uncertainty. Part II: PM10 and NO2, Atmospheric Environment, 79 (2013) 869-878.

24. Pernigotti D., Thunis P. and Gerboles M., 2014. Modeling quality objectives in the framework of the FAIRMODE project: working document. [http://fairmode.jrc.ec.europa.eu/document/fairmode/WG1/Working%20note\\_MQO.pdf](http://fairmode.jrc.ec.europa.eu/document/fairmode/WG1/Working%20note_MQO.pdf)

25. R Development Core Team (2010). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.

26. Rouil, L., Honoré, C., Bessagnet, B., Malherbe, L., Meleux, F., Vautard, R., Beekmann, M., Flaud, J.-M., Dufour, A., Martin, D., Peuch, A., Peuch, V.-H., Elichegaray, C., Poisson, N., Menut, L., 2009. Prev'air: an operational forecasting and mapping system for air quality in Europe. Bulletin of the American Meteorological Society 90, 73e83.

27. Shluenzen, K.H., Sokhi, R.S., 2008. Overview of Tools and Methods for Meteorological and Air Pollution Meso-scale Model Evaluation and User Training. GAW report No.181, WMO/TD e No.1457 No. Joint Report of COST Action 728 and GURME.

28. Thunis, P., Georgieva, Emilia, Pederzoli, Anna, 2011. The DELTA tool and Benchmarking Report template. Concepts and User Guide. Version 2. [http://fairmode.jrc.ec.europa.eu/document/fairmode/WG1/FAIRMODE\\_SG4\\_Report\\_April2011.pdf](http://fairmode.jrc.ec.europa.eu/document/fairmode/WG1/FAIRMODE_SG4_Report_April2011.pdf)

30. Thunis, P., Pederzoli, A., Pernigotti, D., 2012. Performance criteria to evaluate air quality modeling applications. Atmospheric Environment 59, 476e482.

31. Thunis, D. Pernigotti and M. Gerboles, 2013. Model quality objectives based on measurement uncertainty. Part I: Ozone, P. Atmospheric Environment, 79 (2013) 861-868.

## **6. База данни и нейният веб интерфейс, за съхранение, преглеждане и анализ на постъпващата информация от станциите на МОСВ**

### **6.1 База данни cw-obs**

От началото на 2014 година, на сървър в НИМХ-БАН се получават регулярно данни от станциите на МОСВ, в които се измерват нивата на замърсителите NO, NO2, SO2, PM10, PM2.5, NH3, O3, CO, H2S, Benzene. Пристигат файлове във XML формат със средно часови стойности.

Най-общо казано, след получаването им, те се обработват с процедура минаваща през няколко скрипта, като последният ги записва в базата данни. Към всяка стойност се добавя момента на самия запис за да може в последствие да се проследи посоката на възможна корекция. Правят се проверки за състоятелност на данните, за наличие на нови замърсители или станции, за повтаряща се информация, за пристигнали поправки на стари стойности. Скриптовете работят в автоматичен режим с помощта на програмата `stop`. Зададени са денят и часа на пристигане на данните, последователността на изпълнение на скриптовете. Щом моментът настъпи `stop` задейства последователно скриптовете и измерванията влизат в базата данни.

Самата база данни **cw-obs**, премина през няколко варианта, преди да придобие сегашният си по-универсален вид. Разработена е върху СУБД (Система за управление на бази данни) MariaDB версия 5.5.32.. СУБД работи в непрекъснат режим върху сървърната машина <sl.cfd.meteo.bg> намираща се в НИМХ-БАН. Базата данни се състои от 10 таблици, 5 функции, 1 процедура и един ивент (Event - процедура, която се изпълнява периодично). Таблиците са от три типа: за данни, за мета-данни и таблици, в които пишат функциите и ивента.

Данните се намират в таблици ***obs\_all***, ***obs\_all\_unik***, ***abs\_all\_xls***. Последната таблица съдържа първите проверени данни, които получихме наведнъж от МОСВ за периода от януари 2011 до август 2013 година. Последващите данни съдържат нови измервания, както и поправки на стари стойности, като те всички влизат в таблица ***obs\_all***. В ***obs\_all\_unik*** влизат само най-новите стойности. ***legislation*** съдържа критичните нива за всеки замърсител, според нормите в българското законодателство. Таблица ***pollutants*** описва замърсителите и мерните единици, в които се измерват те в станциите, както и тези, с които се пресмятат от модела. Таблица ***oblasti*** съдържа списък с 28-те областни центрове на република България. Тя е част от описанието на измервателните пунктове, основната информация за които е в таблица ***stancii\_info***. Там всяка станция има координати, надморска височина, име, описание на местността, в която е разположена, международен код, местен код, флаг за тип (дали е фонова, земеделска, градска, трафик), административна област, флаг дали се използва или не, какви замърсители измерва. Останалите три таблици са по-скоро служебни към самата база данни.

## 6.2 Уеб интерфейс към **cw-obs**

Базата данни е мястото, в което се съхранява информацията и мета-данните.

Между нея и потребителя застават интерфейсните програми, които предоставят удобни инструменти за извличане на максимална полза от съхраняваната информация и нейните мета данни. В този случай е разработен уеб интерфейс. Намира се на същата машина <sl.cfd.meteo.bg > където е разположена и базата данни. Към стандартната инсталация е добавена библиотека за рисуване на графики.

Интерфейсът е изработен като част от уеб версията на пакета MuAir и неговата насоченост е да даде предварителна информация, къде какви данни има събрани. Така, могат да се подберат станции и времеви интервали, които да имат най-пълен набор от данни с най-голяма повтаряемост през годините и най-стабилно поведение на датчиците.

Настоящите възможности на интерфейса включват филтриране на станции по година и/или замърсител, пълен преглед на всяка станция с изчертаване графика на средно месечните стойности на замърсителите за всички години, като над всяка графика са показани стойностите на критичните прагове за информиране и алармиране на населението според българското законодателство. Има възможност за допълнително изчертаване на графики на средно часови стойности, средно дневни и 8 часови плаващи средни за различни времеви периоди. Прегледът на всяка станция дава месечната наличност на измерванията в нея по замърсители и години. Изчертаните графики се запазват във файлове и могат да се използват и извън интерфейса.

## **7. Анализ на качеството на моделните резултати**

### **7.1. Обща постановка на задачата**

В тази глава, ще се сравнят моделните и измерени концентрации на замърсителите O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>. Ще разглеждаме приземни концентрации, получени от моделната система БСПХВ версия 2 и от измервателните станции на МОСВ разположени на територията на страната. Моделните данни са част от изходните полета на системата, получени на базата на моделни прогностични метеорологични полета. Целта, за която основно се използва MuAir, предполага сравнение на измервания със симулирани данни, но тъй като системата БСПХВ не запазва анализирания полета, ще разгледаме прогнозните стойности на замърсителите. Запазени са данни за 2013 и 2014 година. За всеки симулиран календарен ден, имаме по три прогностични набора (прогнозата е за три дни напред, така всеки ден се явява последователно като първи за прогнозния цикъл, после втори и накрая трети).

## 7.2. Налични данни от модела и от измерванията

Запазени са **моделни данни** от годишни редици и за трите дни при резолюции 9 km (*домейн България* или *домейн 9 km*) и 1 km (*домейн София* или *домейн 1 km*). Всеки файл съдържа часови стойности за всички моделни замърсители за едно денонощие. В това изследване са разгледани концентрациите на **O3, NO2, SO2, PM10**.

В наборите данни не са пълни. Общото покритие на годината е 43.60% за трите дни. Големите пропуски са предимно заради липсващи файлове през 2014 година и през третия моделен ден. Тук изцяло липсват месеци април, юни, август и декември, а от ноември са застъпени само шест дни. Ако изключим третия ден, покритието нараства на 86% от годината, напълно покриващо критерия от 75% за пълнота на данните.

**Измерените данни** са далеч по-разнообразни по отношение разпределението им във времето. Стойностите на O3, SO2, и NO2 са средно часови, следователно за една година максималният им брой трябва да е  $365 \times 24 = 8760$  в дадена станция. Според изискването за минимална наличност на данните от 75%, критичният праг часови стойности е 6570 на година. Измерените концентрации на PM10 са среднодневни до края на август 2013 година, а след това, са средно часови. Максималното количество стойности на PM10 за 2013 е 3171 а през 2014 отново 8760. За 2013 е използвана сумата от редуцираните стойности на средно часовите и среднодневните ( $2928 \times 0.75 + 243 \times 0.75$ ), което прави 2378 стойности.

При сравняването на резултатите от двата домейна, трябва да отчетем особеностите, които възникват при сравняване на точкови измервания с моделни полета. Доколкото моделните данни са интерполации от точките на мрежата в точките на станциите, интерполацията има по-голяма вариативност при стъпка на мрежата 1 km (*домейн София*) отколкото при стъпка 9 km (*домейн България*). Самите мрежови стойности са осреднени по площта на клетката от мрежата, затова измерените точкови данни имат по-голяма вариативност от мрежовите стойности, както и от интерполираните по мрежовите стойности точкови моделни данни. Четирите станции се намират практически в четири съседни клетки и затова интерполираните стойности са много по – близки когато са пресметнати в *домейн България*. Това се отнася за всички замърсители и определя принципно по-ниското качество на сравнението в *домейн България*.

### 7.3. Първи ден на моделните резултати

#### А. Качество на симулираните концентрации за целия период 2013-2014г.

От таблиците със станции, за всеки замърсител са отделени тези, които се намират на територията на гр. София. Те ще се наричат **група София**, като набора станции зад този етикет, ще бъде указван преди представяне на резултатите.

##### А.1. Замърсител NO2

ЕС код	Име на станцията	тип	дължина	ширина	над. Височина
BG0040A	София – Надежда	фонова	23.30028	42.732224	500 m
BG0050A	София – Красно Село	фонова	23.282791	42.673889	590 m
BG0052A	София – Дружба	фонова	23.382515	42.673336	540 m
BG0054A	София – Орлов мост	трафик	23.338058	42.690834	500 m
BG0073A	София – Павлово	трафик	23.268	42.67	615 m

Таблица 7.8 : NO2. Информация за **група София**

И двете зони дават силно занижени стойности на концентрацията спрямо измерванията. Всички станции имат сходно поведение. В *домейн София* две станции изпълняват критерият  $T < 1$  (BG0052A Дружба и BG0040A Надежда). За другите две, таргет-стойността е по-голяма от 1, но стойностите надхвърлят прага с малко (средна за трите станции  $T = 1.11$ ).

При включване на всички станции за *домейн България*, картината запазва досегашната тенденция на **Bias**  $< 0$  и грешка, доминирана от корелационния коефициент **R**, но показва забележително подобрение, спрямо броя станции изпълняващ критерия за качество – 8 станции. Това повишава успеваемостта на 72.72% спрямо 40% в *домейн София*. При преминаване в *домейн София*, анализът отчита подобрение с около 12% средно, като то е най-голямо за станция BG0052, която изпълнява критерия и в *домейн България*. Данните показват слаба положителна корелация с максимална стойност от 0.293 за *домейн България* и 0.43 за *домейн София*. Резултатите от **група София** показват подобрение при преминаване към вътрешния домейн и за двата параметъра, повече при **R**, отколкото при **MB**, но въпреки това стойността на **R** е далеч от силна корелация между измервания и моделни данни и в двата домейна.

	Домейн 9 km			Домейн 1 km		
	MB	T	R	MB	T	R
BG0040A	-16.053	1.035	0.193	-13.981	0.930	0.432
BG0050A	-20.818	1.191	0.070	-17.464	1.055	0.361
BG0052A	-13.026	0.897	0.245	-7.585	0.791	0.395
BG0054A	-25.083	1.290	0.037	-20.145	1.143	0.248
BG0073A	-21.999	1.262	0.046	-19.160	1.132	0.388
BG0013A	-4.064	0.456	0.189			
BG0038A	-10.673	0.870	0.222			
BG0041A	-5.282	0.608	0.166			
BG0043A	-12.234	0.848	0.114			
BG0044A	-0.700	0.535	0.124			
BG0045A	-9.008	0.753	0.125			
BG0049A	-23.202	1.184	0.120			
BG0051A	-15.907	1.028	0.233			
BG0055A	-9.231	0.733	0.293			
BG0072A	-34.160	1.488	0.016			
BG0075A	-0.203	0.274	0.208			

Таблица 7.11 : NO<sub>2</sub>. Средно отклонение (MB) корелационен коефициент (R) и таргет стойности (T) на станциите от двата домейна.

## А.2. Замърсител PM<sub>10</sub>

За PM<sub>10</sub>, група София се състои от същите станции, които видяхме при NO<sub>2</sub>. Всички пресмятания показани тук, са на базата на среднодневни стойности.

Както при NO<sub>2</sub>, и тук имаме много по-ниски прогнозираны стойности спрямо измерванията. За разлика от него, тук практически няма подобрене в прогнозата при преминаване в по-малкия домейн. Най-добра е моделирана станция BG0054A Орлов мост, но дори и при нея, стойностите са повече от 2 пъти по-ниски от измерените.

Отново имаме силно занижени стойности за всички станции като нито една от тях не изпълнява критерият  $T < 1$ . За сравнение между двата домейна, в Таблица 7.13 са изнесени таргет-стойностите (T), средните отмествания (MB) и корелационен коефициент (R) на всички станции от двата домейна. За станциите от група София, моделирането в двата домейна се различава най-много по корелационния коефициент. Стойностите на R са по-високи в

домейн София, но въпреки това, не достигат ниво, което да покаже силно изразена положителна корелация. Наблюдаваното подобрене в Т е статистически незначително (между 2 и 8 процента) и може да е в следствие както на случайни фактори, така и на подобрене в прогнозата. Разлика в МВ практически няма за **група София** между двата домейна. Станцията, за която най-добре са изпълнени критериите е BG0076A Добрич.

	Домейн 9 km			Домейн 1 km		
	МВ	Т	R	МВ	Т	R
<b>BG0040A</b>	-30.07	1.49	0.21	-30.39	1.46	0.40
<b>BG0050A</b>	-34.18	1.61	0.08	-33.48	1.56	0.32
<b>BG0052A</b>	-39.17	1.59	0.07	-37.15	1.53	0.23
<b>BG0054A</b>	-42.03	1.61	0.13	-36.84	1.49	0.38
<b>BG0073A</b>	-39.63	1.62	-0.01	-39.00	1.58	0.25
<b>BG0013A</b>	-16.30	1.24	0.17			
<b>BG0018A</b>	-29.64	1.48	0.18			
<b>BG0041A</b>	-45.02	1.50	0.34			
<b>BG0043A</b>	-30.41	1.54	0.04			
<b>BG0045A</b>	-30.80	1.39	0.18			
<b>BG0049A</b>	-37.95	1.50	0.34			
<b>BG0055A</b>	-29.67	1.36	0.18			
<b>BG0056A</b>	-14.12	1.28	0.26			
<b>BG0058A</b>	-29.96	1.54	0.21			
<b>BG0065A</b>	-34.46	1.59	-0.07			
<b>BG0069A</b>	-27.87	1.43	0.30			
<b>BG0072A</b>	-42.92	1.55	0.31			
<b>BG0073A</b>	-39.63	1.62	-0.01			
<b>BG0074A</b>	-36.91	1.39	0.29			
<b>BG0075A</b>	-17.33	1.31	0.18			
<b>BG0076A</b>	-9.98	1.17	0.34			

Таблица 7.13 : РМ10. Средно отклонение (МВ) корелационен коефициент (R) и таргет- стойности (Т) на станциите от двата домейна.

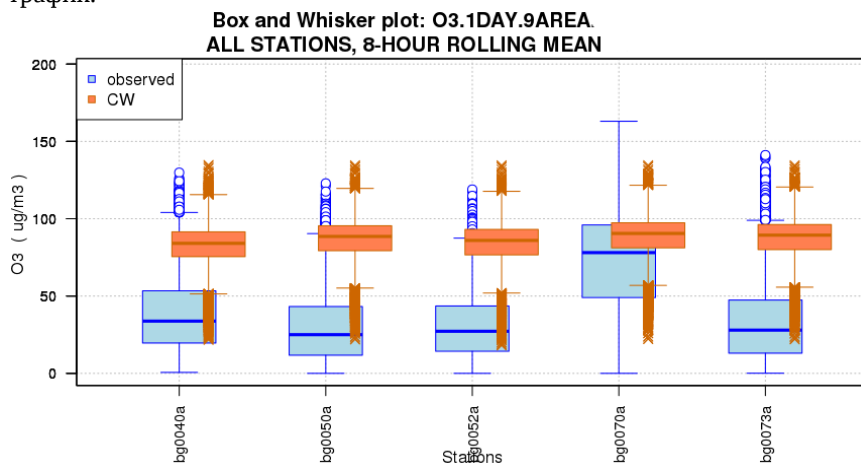
### А.3. Замърсител ОЗ

ЕС код	Име на станцията	тип	дължина	ширина	над. Височина
<b>BG0040A</b>	София – Надежда	фонова	23.30028	42.732224	500 m
<b>BG0050A</b>	София – Красно Село	фонова	23.282791	42.673889	590 m
<b>BG0052A</b>	София – Дружба	фонова	23.382515	42.673336	540 m
<b>BG0070A</b>	София – Копитото	фонова	23.2439	42.6372	1323 m
<b>BG0073A</b>	София – Павлово	трафик	23.268	42.67	615 m

Таблица 7.14 : ОЗ. Станции от група София



В **Таблица 7.14** са показани станциите от **група София**. Статистиките показани на всички графики за озона, са за 8-часово плаващо средно, тъй като критериите за качество са изведени спрямо това усредняване. На **Фигура 7.7** е показан бокс плот на **група София** върху целият период, за **домейн България**. Моделните стойности надвишават измерените около два пъти, като изключение прави станция BG0070A Копитото. Тя е по-особена станция по две причини. Първо, намира се на около 800 m над останалите от **група София**. Второ, поради местоположението си високо във Витоша, тя е класифицирана като фонова извънградска станция, за разлика от останалите фонове станции, които са градски. На **Фигура 7.7** добре се вижда, че моделът прогнозира почти еднакви стойности за всички станции от групата. Доброто симулиране на станция Копитото предполага, че модела предсказва по-скоро извънградски стойности на замърсяването, отколкото градски фонове или график.



**Фигура 7.7 : O3.** Бокс плот за **група София** в **домейн България**

В **Таблица 7.15** е направено сравнение между таргетит-стойностите в двата домейна. Въпреки лошото общо представяне, **домейн София** показва подобрене с около 10% спрямо **домейн България**, което е доста повече от показаното за **PM10** и в порядъка на резултатите на **NO2**. Стойностите на R за озона, са близки до тези на останалите замърсители. Всички са над 0.18 като максималната е 0.51 получена в **домейн София**. И тук стойностите в този домейн са по-добри от тези в **домейн България** (между 2 и три пъти), но не достатъчно за потвърждаване на силна корелационна зависимост.

	Домейн 9 km			Домейн 1 km		
	МВ	Т	Р	МВ	Т	Р
<b>BG0040A</b>	44.26	2.04	0.32	42.27	1.94	0.44
<b>BG0050A</b>	56.05	2.50	0.19	50.33	2.24	0.46
<b>BG0052A</b>	52.40	2.32	0.33	45.58	2.04	0.51
<b>BG0070A</b>	13.35	1.22	0.28	17.30	1.29	0.25
<b>BG0073A</b>	53.38	2.43	0.18	48.11	2.17	0.45
<b>BG0013A</b>	52.52	2.36	0.23			
<b>BG0038A</b>	36.10	1.74	0.40			
<b>BG0041A</b>	44.64	2.05	0.38			
<b>BG0043A</b>	48.30	2.18	0.34			
<b>BG0044A</b>	43.29	2.10	0.35			
<b>BG0045A</b>	45.67	2.07	0.35			
<b>BG0051A</b>	46.68	2.13	0.43			
<b>BG0053R</b>	33.26	1.57	0.15			
<b>BG0055A</b>	46.28	2.12	0.24			
<b>BG0056A</b>	39.88	1.86	0.42			
<b>BG0057A</b>	42.52	1.96	0.32			
<b>BG0071A</b>	45.59	2.06	0.35			

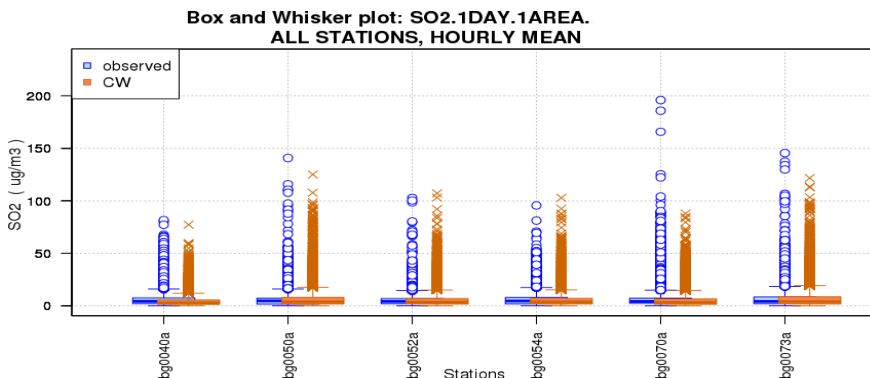
Таблица 7.15 : **PM10**. Средно отклонение (**МВ**) корелационен коефициент (**Р**) и таргет-стойности (**Т**) на станциите от двата домейна.

#### А.4. Замърсител SO2

ЕС код	Име на станцията	тип	дължина	ширина	над. Височина
<b>BG0040A</b>	София – Надежда	фонова	23.30028	42.732224	500 m
<b>BG0050A</b>	София – Красно Село	фонова	23.282791	42.673889	590 m
<b>BG0052A</b>	София – Дружба	фонова	23.382515	42.673336	540 m
<b>BG0054A</b>	София – Орлов мост	трафик	23.338058	42.690834	500 m
<b>BG0070A</b>	София – Копитото	фонова	23.2439	42.6372	1323 m
<b>BG0073A</b>	София – Павлово	трафик	23.268	42.67	615 m

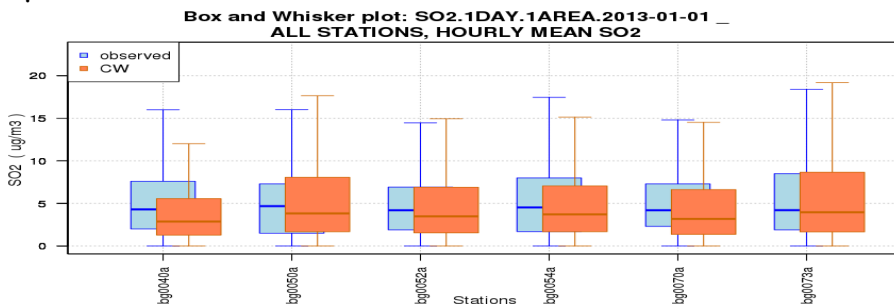
Таблица 7.16 : **SO2**. Станции от група София

На **Фигура 7.8** са показани бокс плотове на **група София** в домейн София и част от станциите от домейн България с аутлайърите за да се видят високите пикове в концентрациите, измерени за SO2.



**Фигура 7.8 : SO2.** Бокс плотове за **група София** в *домейн София*

От **Фигура 7.8** е видно, че графичното сравняване, може да ни даде само най-обща представа за качеството на моделните данни. Високите стойности на аутлайърите при измерванията са добре симулирани от модела. От бокс плота на **група София** в *домейн София*, **Фигура 7.9**, без аутлайърите се вижда много добро съвпадение между измерваните и моделните стойности. При сравняване на двата домейна не се забелязва съществена промяна в качеството на прогнозата.



**Фигура 7.9.** SO2. Бокс плот на **група София** в *домейн София*

В **Таблица 7.18** се виждат стойностите на MB, R за всички станции. И тук се запазва тенденцията, точките от **група София** да имат по – високи стойности на R в *домейн София*. Като цяло, за всички станции данните показват слаба положителна корелация. Ако погледнем MB ще видим, че тук са най-ниските стойности на средното отместване спрямо останалите замърсители. Повечето станции са с отрицателно MB, като най – голямото по абсолютна стойност MB е 11.71. Стойностите за **група София** са между 1 и 2

по абсолютна стойност като в *домейн София* МВ са малко по-близо до нулата от *домейн България*.

	Домейн 9 km		Домейн 1 km	
	МВ	R	МВ	R
<b>BG0040A</b>	-1.76	0.22	-1.65	0.27
<b>BG0050A</b>	-0.51	0.24	0.89	0.26
<b>BG0052A</b>	0.60	0.18	0.25	0.24
<b>BG0054A</b>	-0.38	0.26	0.03	0.28
<b>BG0070A</b>	-1.24	0.18	-0.96	0.15
<b>BG0073A</b>	-1.82	0.23	0.09	0.27
<b>BG0013A</b>	0.53	0.12		
<b>BG0018A</b>	-1.38	0.31		
<b>BG0019A</b>	-0.31	0.28		
<b>BG0026A</b>	-3.57	0.22		
<b>BG0041A</b>	-2.94	0.16		
<b>BG0043A</b>	-6.73	0.29		
<b>BG0045A</b>	-1.82	0.17		
<b>BG0049A</b>	-11.71	0.24		
<b>BG0051A</b>	-3.56	0.23		
<b>BG0055A</b>	-2.77	0.26		
<b>BG0056A</b>	-1.38	0.27		
<b>BG0057A</b>	-4.50	0.29		
<b>BG0058A</b>	-4.70	0.37		
<b>BG0069A</b>	-4.09	0.23		
<b>BG0072A</b>	-2.15	0.27		
<b>BG0074A</b>	-0.94	0.35		

Таблица 7.18 : SO<sub>2</sub>. Средно отклонение (МВ) и корелационен коефициент (R) на станциите от двата домейна.

## Б. Първи ден, сравнение на 2013 с 2014 година

### Б.1. Замърсител NO<sub>2</sub>

При анализ на измерените концентрации, прави впечатление разликата между данните от 2013 година и 2014 в мнозинството от станциите. Средно месечните стойности за 2014 година са по-ниски от предходните години след март месец или след април. За да отчетем в някаква степен и тази особеност, в изследването ще включим сравнение между поведението на моделните данни през първите 3 месеца на годината (януари-март); през оставащите 9 месеца (април-декември); целите години 2013 и 2014; топлото полугодие (април – септември).

Нека погледнем всички станции от *домейн България* (Таблица 7.20). Наблюдава се подобрене в стойностите на T във всички станции. Само три станции остават с T>1 през 2014, докато през 2013 те са били повече от

половината (9 станции). МВ също се приближава към нулата за всички станции, като за някои станции намаляването надминава 10 пъти. Корелационният коефициент R отчита намаление при 13 станции и повишение при останалите три.

Дом. 9Km	2013			2014		
	МВ	Т	Р	МВ	Т	Р
<b>BG0040A</b>	-19.44	1.11	0.33	-12.21	0.93	0.21
<b>BG0050A</b>	-25.44	1.30	0.17	-16.01	1.05	0.10
<b>BG0052A</b>	-18.08	1.03	0.37	-7.96	0.71	0.31
<b>BG0054A</b>	-35.20	1.46	0.19	-14.78	0.96	0.18
<b>BG0073A</b>	-29.29	1.39	0.16	-14.67	1.06	0.11
<b>BG0013A</b>	-6.72	0.52	0.30	-1.43	0.37	0.24
<b>BG0038A</b>	-14.75	0.99	0.42	-6.64	0.71	0.25
<b>BG0041A</b>	-10.38	0.74	0.36	-0.34	0.40	0.27
<b>BG0043A</b>	-17.67	1.02	0.36	-5.11	0.42	0.22
<b>BG0044A</b>	-4.03	0.49	0.23	2.64	0.57	0.14
<b>BG0045A</b>	-14.02	0.90	0.29	-3.97	0.54	0.22
<b>BG0049A</b>	-29.15	1.32	0.19	-17.24	0.98	0.27
<b>BG0051A</b>	-22.02	1.19	0.42	-9.86	0.76	0.31
<b>BG0055A</b>	-13.30	0.87	0.52	-5.20	0.53	0.32
<b>BG0072A</b>	-47.79	1.65	0.09	-20.30	1.12	0.28
<b>BG0075A</b>	-0.66	0.22	0.16	-14.91	0.96	0.25

**Таблица 7.20** :NO<sub>2</sub>. Средно отместване **МВ**, таргет-стойности **Т** и корел. коефициент **Р** за всички станции от *домейн България* за двете години. В сиво са подчертани стойностите с  $T < 1$

В **Таблица 7.21** са показани таргет-стойностите за всички станции от *домейн България* и *домейн София*, през всички периоди. В *домейн София*, най-лошо е представянето на модела през периода 1-3 2013 година, където всички прогнози са извън критерия. Аналогичният период през 2014 показва подобрение за четири от петте станции с 3 до 18% като за BG0052A Дружба,  $T < 1$ . Може да се каже, че всички периоди през 2014 имат по-добри моделни резултати от аналогичните през 2013 година. И през трите периода 2014, 2014 4-9 и 2014 4-12 имаме 100% покритие на MQO, като най- ниски стойности има през топлото полугодие, следва периодът 4-12 и последна е цялата 2014. И тук се потвърждава наблюдаваното в раздел **A.1.** по-добро моделиране на по-ниските концентрации на NO<sub>2</sub>.

В *домейн България* се запазва същата тенденция, описана за *домейн София*, макар че в период 2014 не всички станции имат  $T < 1$ , а тези с  $T > 1$  са със стойности близки до 1. От друга страна именно в *домейн България* имаме най-ниските получени стойности на  $T$  0.15 ug/m<sup>3</sup> за BG0075A Варна – Ангел Кънчев и 0.18 ug/m<sup>3</sup> пак в BG0075 A и в BG0018A Кърджали. Интересно за

станция BG0075A е, че по-ниските стойности са получени през периодите на 2013, противно на общата тенденция. Тя и другите две „морски“ станции BG0044A и BG0013A са единствените, за които таргет-стойностите са по-малки от единица през всички разглеждани периоди за двете години. Друго, по което си приличат трите станции е, че са фонове станции. От таблицата се вижда, че моделните резултати са по-добри за голяма част от фоновите станции, отколкото за трафик станциите.

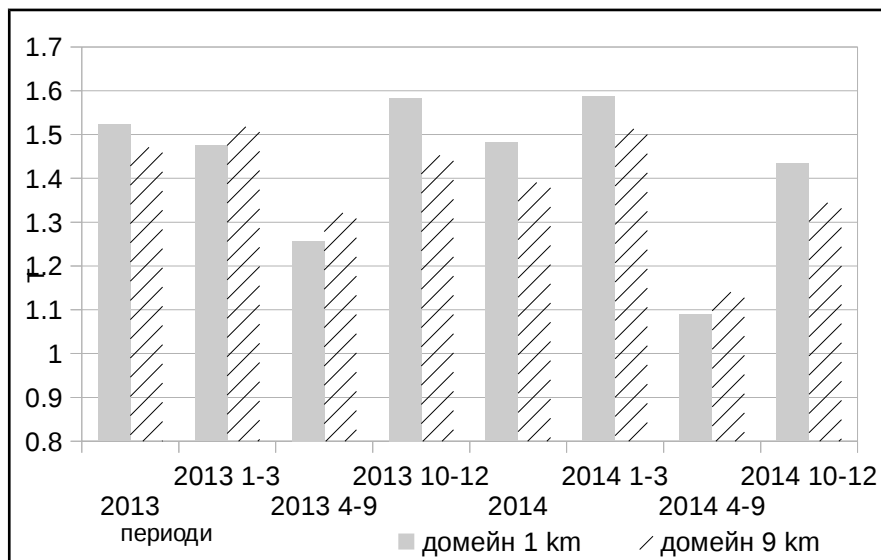
домейн 1 km	2013	2013 1-3	2013 4-12	2013 4-9	2014	2014 1-3	2014 4-12	2014 4-9
BG0040A (B)	1.02	1.11	0.99	0.77	0.80	1.13	0.48	0.38
BG0050A (B)	1.17	1.28	1.12	1.03	0.89	1.22	0.59	0.55
BG0052A (B)	0.87	1.10	0.75	0.61	0.68	0.93	0.51	0.33
BG0054A (T)	1.32	1.34	1.31	1.29	0.79	1.09	0.53	0.49
BG0073A (T)	1.28	1.32	1.26	1.11	0.90	1.27	0.51	0.46
домейн 9 km								
BG0040A (B)	1.11	1.18	1.08	0.82	0.93	1.32	0.55	0.41
BG0050A (B)	1.30	1.42	1.24	1.07	1.05	1.43	0.71	0.60
BG0052A (B)	1.03	1.24	0.91	0.66	0.71	1.09	0.42	0.32
BG0054A (T)	1.46	1.48	1.45	1.37	0.96	1.37	0.58	0.56
BG0073A (T)	1.39	1.44	1.38	1.14	1.06	1.48	0.63	0.50
BG0013A (B)	0.52	0.53	0.52	0.44	0.37	0.58	0.25	0.18
BG0038A (B)	0.99	1.21	0.88	0.64	0.71	1.12	0.37	0.29
BG0041A (B)	0.74	1.02	0.60	0.48	0.40	0.56	0.33	0.24
BG0043A (B)	1.02	1.11	0.98	0.79	0.42	0.67	0.42	0.40
BG0044A (B)	0.49	0.60	0.45	0.36	0.57	0.52	0.59	0.59
BG0045A (B)	0.90	1.00	0.85	0.77	0.54	0.84	0.35	0.34
BG0049A (T)	1.32	1.30	1.33	1.24	0.98	1.29	0.80	0.63
BG0051A (B)	1.19	1.24	1.18	0.94	0.76	1.15	0.50	0.45
BG0055A (T)	0.87	1.02	0.81	0.56	0.53	0.87	0.29	0.27
BG0072A (T)	1.65	1.67	1.64	1.66	1.12	1.44	0.88	0.79
BG0075A (B)	0.22	0.31	0.18	0.15	0.96	0.32	0.32	0.29

**Таблица 7.21 :NO<sub>2</sub>.** Таргет-стойности за всички станции от домейн България (домейн 9 km) и домейн София (домейн 1 km) за цялата 2013 и 2014 година, и периодите януари-март (1-3), април-декември (4-12), април-септември (4-9) за двете години. В скоби е поставен типа на станцията трафик – Т и фонове – В. В сиво са подчертани стойностите с  $T < 1$ .

## Б.2. Замърсител PM<sub>10</sub>

Ще направим сравнението като разгледаме целите години, топлото полугодие април-септември (4-9) и двата крайни периода: януари-март (1-3) и октомври-декември (10-12).

В Таблица 7.22 са показани таргет-стойностите на станциите в различните домейни за двете години. В сиво се виждат трите случая на  $T < 1$ . Два от тях са през получени през април – септември 2014, а третия октомври – декември 2013, и трите в домейн България. Най-високата стойност е 1.69 за станция BG0050A, през периода януари – март 2014 година.



**Фигура 7.18: PM10.** Усреднени стойности на T върху всички станции от двата домейна за следните периоди: януари – март (1-3), април – септември (4-9), октомври – декември (10-12) и цялата година през 2013 и 2014

На Фигура 7.18 са представени средните стойности на T върху всички станции пресметнати в двата домейна за разглежданите периоди. Най – добри, от гледна точка на MQO, са моделните резултати през април – септември 2014. Следва ги топлото полугодие на 2013 година. Тъй като това са периодите с най-ниски стойности на PM10, може да се заключи, че моделът симулира по – ниските концентрации по – добре и в двата домейна. Като съпоставим двете години виждаме, че моделът е симулирал концентрациите на PM10 по-добре през 2014 с изключение на месеците януари, февруари и март. При тях средната стойност на станциите в домейн България запазва стойността си, а тази на станциите в домейн София се увеличава с 8%.

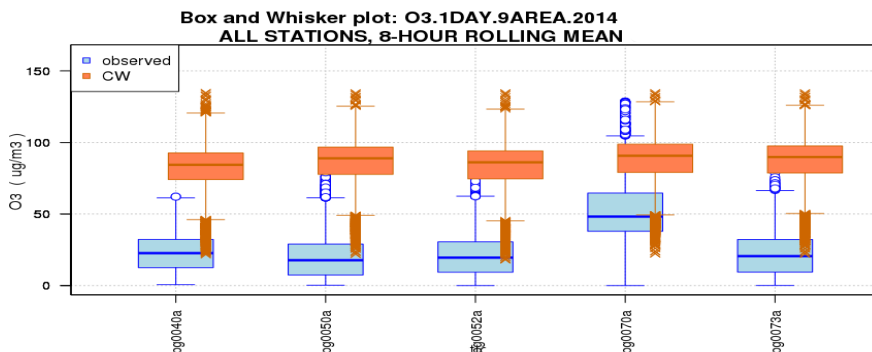
домейн 1 km	2013	2013 1-3	2013 4-9	2013 10-12	2014	2014 1-3	2014 4-9	2014 10-12
BG0040A	1.49	1.45	1.30	1.56	1.42	1.54	1.16	1.38
BG0050A	1.57	1.52	1.27	1.63	1.55	1.65	1.09	1.48
BG0054A	1.51	1.46	1.20	1.57	1.47	1.57	1.02	1.45
домейн 9 km								
BG0040A	1.51	1.47	1.27	1.58	1.46	1.59	1.11	1.45
BG0050A	1.61	1.57	1.27	1.67	1.60	1.69	1.07	1.57
BG0054A	1.63	1.59	1.39	1.67	1.60	1.68	1.21	1.58
BG0013A	1.27	1.38	1.22	1.19	1.21	1.40	1.09	1.17
BG0018A	1.54	1.60	1.32	1.57	1.40	1.58	1.07	1.37
BG0041A	1.55	1.59	1.43	1.56	1.44	1.55	1.21	1.42
BG0043A	1.54	1.60	1.37	1.56	1.54	1.63	1.25	1.58
BG0045A	1.45	1.53	1.38	1.41	1.31	1.44	1.23	1.17
BG0049A	1.53	1.55	1.39	1.57	1.46	1.56	1.06	1.49
BG0055A	1.41	1.48	1.42	1.31	1.31	1.46	1.20	1.24
BG0056A	1.35	1.42	1.25	1.34	1.20	1.40	0.94	1.09
BG0058A	1.57	1.58	1.29	1.64	1.49	1.61	1.16	1.52
BG0069A	1.49	1.57	1.45	1.43	1.37	1.57	1.06	1.19
BG0072A	1.58	1.62	1.40	1.60	1.52	1.61	1.31	1.43
BG0074A	1.45	1.45	1.46	1.44	1.32	1.51	1.20	1.07
BG0075A	1.28	1.40	1.10	1.25	1.33	1.38	1.30	1.32
BG0076A	1.24	1.41	1.05	0.89	1.08	1.06	0.90	1.18

Таблица 7.22 : PM10. Таргет - стойности на група София в домейн София и всички станции от домейн България за следните периоди: януари – март (1-3), април – септември (4-9), октомври – декември (10-12) и цялата година през 2013 и 2014

### Б.3. Замърсител ОЗ

Анализът на средно месечните измерени концентрации, отново показва систематично понижаване през 2014 година. На **Фигура 7.20** са показани бокс плотовете на **група София** в *домейн София* за 2013 и 2014 година. 2014 година като цяло е моделирана по-далече от измерванията въпреки че, ширината на интерквартилния обхват на моделните данни се доближава повече до тези на измерванията. Важно е да се отбележи, че мащабът на скалата по вертикалната ос (концентрация на ОЗ) се различава при двете графики. Всъщност моделът е симулирал концентрации в един и същ диапазон през двете години, а измерванията са дали доста по-ниски стойности през 2014.





**Фигура 7.20 : O<sub>3</sub>. Бокс плотове на домейн София през 2014**

домейн 1 km	2013	2013 1-3	2013 4-9	2013 10-12	2014	2014 1-3	2014 4-9	2014 10-12
BG0050A	1.90	1.90	1.64	2.38	2.56	2.12	2.87	2.31
BG0052A	1.70	1.80	1.43	2.08	2.35	1.74	2.66	2.20
BG0070A	0.67	0.52	0.72	0.67	1.84	0.67	2.22	2.09
BG0073A	1.80	2.18	1.30	2.30	2.52	2.21	2.74	2.34
<b>домейн 9 km</b>								
BG0013A	1.96	1.61	2.10	2.00	2.72	1.86	3.15	2.51
BG0038A	1.28	1.38	0.85	1.86	2.23	1.71	2.50	2.30
BG0041A	1.59	1.75	1.25	2.04	2.46	1.85	2.73	2.42
BG0043A	1.70	2.02	1.12	2.34	2.61	2.16	2.79	2.63
BG0044A	1.36	1.48	0.99	1.89	2.74	1.84	3.17	2.52
BG0045A	1.67	1.69	1.25	2.31	2.44	1.91	2.70	2.34
BG0050A	2.14	2.15	1.76	2.81	2.85	2.61	3.00	2.78
BG0051A	1.77	2.08	1.17	2.43	2.46	2.11	2.61	2.47
BG0052A	1.95	2.10	1.54	2.50	2.66	2.36	2.80	2.64
BG0053R	0.75	0.69	0.57	1.01	2.08	1.08	2.41	2.17
BG0056A	1.22	1.26	0.91	1.70	2.40	1.69	2.74	2.30
BG0057A	1.60	2.03	1.09	2.04	2.33	1.84	2.51	2.37
BG0070A	0.70	0.55	0.80	0.60	1.70	0.62	2.09	1.85
BG0071A	1.32	0.95	1.22	1.77	2.68	2.09	3.05	2.34
BG0073A	2.04	2.42	1.42	2.72	2.79	2.65	2.85	2.78

**Таблица 7.23 : O<sub>3</sub>. Таргет - стойности на група София в домейн София и всички станции от домейн България за следните периоди: януари – март (1-3), април – септември (4-9), октомври – декември (10-12) и цялата година през 2013 и 2014**

В Таблица 7.23 са подредени таргет-стойностите на всички области за двете години. Поради недостатъчно данни отпадат станции BG0040A София и BG0055A Ст. Загора. За по – прегледно таргет – стойностите по-големи от 2 са отбелязани с тъмно сиво, а тези по-малки от 1 със светло сиво. Периодът с най-ниски Т е лятото на 2013 година и за двата домейна. Следват я цялата

2013 и април – декември 2013. Би могло да се каже, че периодът януари – март за 2014 се приближава като поведение повече до 2013, отколкото до останалата част от 2014, макар че за по-сигурно установяване на такава зависимост е хубаво изследваните станции да са повече (от четирите замърсителя, които разглеждаме, ОЗ е представен в най-малко станции). Като обобщение може да се каже, че моделните резултати през 2014 са по-лоши от тези през 2013 средно върху всички станции с 46% .

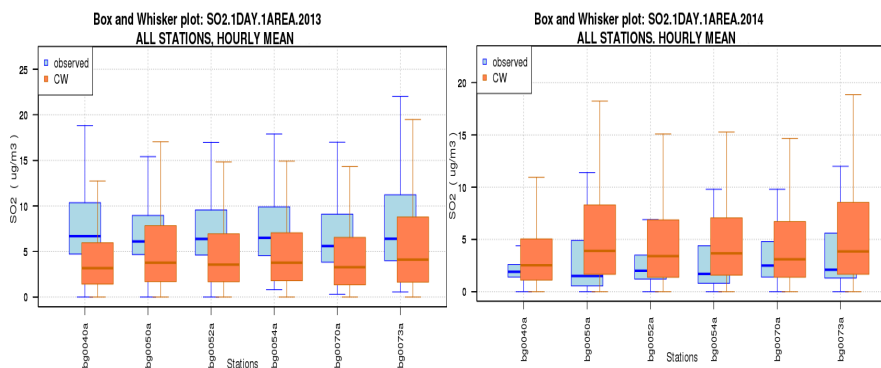
#### Б.4. Замърсител SO<sub>2</sub>

Тук, ще разгледаме същите периоди като при PM<sub>10</sub>:

- целите години 2013 и 2014
- топлото полугодие април – септември
- началните и крайните месеци януари – март и октомври – декември

На **Фигура 7.23** са показани бокс плотовете на станциите от **група София** за двете години. Поради високите стойности на аутлайърите, те са махнати от графиките. От графиките се вижда, че през 2013 година моделните данни са леко понижени, а през 2014 леко повишени спрямо измерените концентрации за всички станции от **група София** в *домейн София*. За станциите моделни в *домейн България* и е получен практически същия резултат.

Ще разгледаме средното отклонение MB, R и Max % - показва колко процента от измерената максимална стойност е съответната и моделна максимална.



**Фигура 7.23 : SO<sub>2</sub>.** Бокс плотове на станциите от **група София** в *домейн София* (първи ред) и *домейн България* (втори ред), както и на всички станции от *домейн България* (трети и четвърти ред) през 2013 година (ляво) и 2014 (дясно)

За периода януари – март МВ е отрицателен за всички станции през 2013, докато през 2014 има 3 станции с положителен МВ. Най-големите отклонение и в двете години са при станция BG0049A, а при останалите изменението на МВ варира от станция в станция. Не може да се определи някаква тенденция. Същото може да се каже и за корелационния коефициент R. Стойностите му са положителни без да надхвърлят 0.4 през 2014 и 0.54 през 2013. За 2013 имаме 5 станции с Max % между 80 и 120% а през 2014 те са 2.

В Таблица 7.27 са показани същите параметри пресметнати за април-септември през двете разглеждани години. Стойностите за МВ през 2013 отново са отрицателни, но през 2014 всички освен две стават положителни, а общо погледнато стойностите се приближават повече до нулата. Стойностите на R са по-ниски през 2013, но и през 2014 остават ниски с максимална от 0.39. Max % показва съществени различия между двете години. През 2013 имаме 14 станции със стойности под 80% и две със стойности над 120. През 2014 имаме 7 станции със стойности под 80% и 11 над 120%. Това показва, че максималните стойности са били силно надценени през 2014 за повече от 50% от станциите, докато през 2013 мнозинството станции са били подценени по отношение на максималната стойност.

Домейн 9 km	2013 4-9			2014 4-9		
	МВ	R	Max %	МВ	R	Max %
BG0050A	-1.44	0.09	59.15	3.15	0.29	329.64
BG0052A	-0.59	0.16	108.34	3.41	0.11	421.85
BG0054A	-1.51	0.22	92.08	3.05	0.28	513.68
BG0070A	-1.90	0.09	31.89	1.57	0.08	60.49
BG0073A	-1.38	0.11	60.42	2.25	0.23	141.01
BG0013A	-1.40	-0.01	232.20	1.11	0.02	288.84
BG0018A	0.18	0.23	19.29	3.34	0.27	167.28
BG0019A	-0.40	0.25	98.87	1.48	0.20	339.64
BG0026A	-10.49	0.14	21.26	5.62	0.30	39.47
BG0041A	-9.49	0.15	13.58	6.12	0.21	209.12
BG0043A	-5.61	0.05	71.17	-0.70	0.23	297.62
BG0045A	-4.73	0.17	27.97	1.17	0.08	107.82
BG0049A	-1.87	0.02	21.04	0.07	0.06	33.33
BG0051A	-2.34	0.03	16.94	0.65	0.22	72.41
BG0056A	-0.61	0.09	11.35	-0.29	0.01	52.83
BG0057A	-4.31	0.37	184.33	0.60	0.39	233.01
BG0058A	-3.59	0.11	14.38	0.15	0.13	39.06
BG0072A	1.00	0.07	27.42	3.46	0.27	128.29
BG0074A	-1.19	0.13	29.73	0.59	0.13	79.77

Таблица 7.27 : SO<sub>2</sub>. Средно отклонение МВ и корелационен коефициент R. Max % показва колко процента от измерената максимална стойност се явява моделната. Представени са станциите от домейн България за периода април-септември през 2013 и 2014 година

През октомври-декември, МВ е отрицателно през 2013 и предимно положително през 2014, като тойностите през 2014 са по-близки до нулата. Корелационният коефициент R има сходни стойности през двете години с максимална 0.45 получена през 2013 година. Мах % показва поведение подобно на периода януари-април, без съществени надхвърляния през 2013 и с две надхвърляния над 150% за 2014.

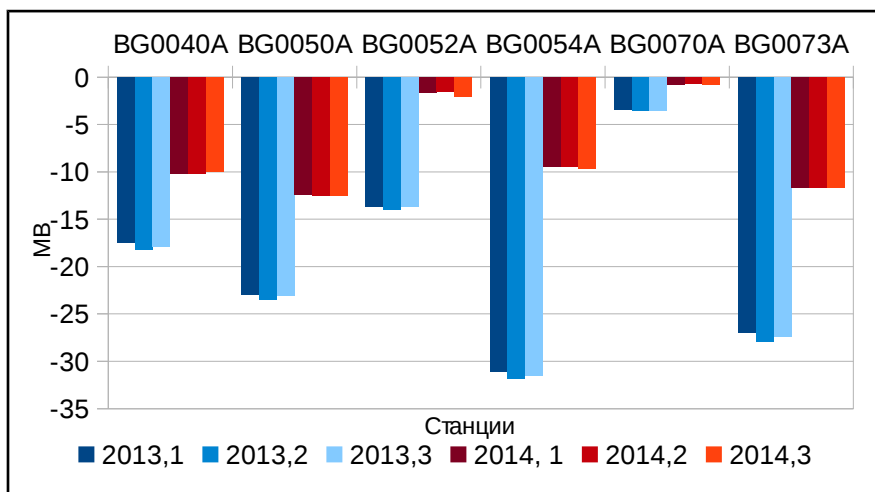
От така направеният анализ се вижда, че модела сравнително успешно симулира концентрациите на SO<sub>2</sub> и в двете години, като по-съществена разлика между тях се наблюдава при максималната стойност през топлото полугодие. През 2013 моделът силно подценява максимумите, а през 2014 силно ги надценява.

## **В. Качество на прогнозите за втори и трети ден**

В началото споменахме, че има съществена разлика в броя моделни данни за първите два дни от една страна и за третия от друга. И наистина, през вторият ден файловете и за двата домейна намаляват с по 1 и за двете години спрямо първия, докато тези за третия ден намаляват с 31 (6 за 2013 и 25 за 2014).

При анализ на концентрациите за всички замърсители се установи че, намаляването на дните с още 31 или общо с около 9% от годината, води до приблизително същото намаляване на валидните данни – с 9-10 %. Средната стойност се изменя с максимум 2 %.

На **Фигура 7.24** е показано средното отместване МВ за NO<sub>2</sub> за **група София в домейн София**. Видно е, че разликите между трите моделни дни са незначителни. Получили са се групираня на 2 нива, в зависимост от моделната година а разликите между отделните дни на места са дори неразличими. При станциите от *домейн България* се наблюдава силно сходство между стойностите от трите моделни дни. Разликите в стойностите са под 1% за всички станции от двата домейна, което ни позволява да заключим, че по отношение на МВ моделните стойности получени в трите дни са практически еднакви. Разглеждането на останалите замърсители O<sub>3</sub>, PM<sub>10</sub> и SO<sub>2</sub> показва същото сходство на моделните резултати в трите дни на моделната симулация. Следователно имаме основания да твърдим, че моделните концентрации от втория и третия ден, запазват нивото на качество, което са имали през първия моделен ден.



**Фигура 7.24: NO<sub>2</sub>.** Средно отместване MB изчислено за станциите от *домейн София* за трите моделни дни през 2013 и 2014 година

#### 7.4 Обобщение на резултатите.

Според направеният анализ най – добре е симулиран SO<sub>2</sub> при ниските стойности, а най-лошо O<sub>3</sub>. Високите стойности, са подценени за NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> и SO<sub>2</sub> през 2013 година, докато при O<sub>3</sub> те са близки до измерените. По отношение на изпълнението на MQO, най-близко до целта от 90% са концентрациите на NO<sub>2</sub>, особено през 2014 година. O<sub>3</sub>, при който има дори T>3 е с най-лоши резултати (до 2 пъти по-високи концентрации от измерените), PM<sub>10</sub> се разполага по средата, а за SO<sub>2</sub> няма дефинирани критерии.

Резултатите се изменят в двете разглеждани години. NO<sub>2</sub> дава доста по-добри концентрации през 2014 година, като за **група София, домейн София** достига до 100% MQO, а за останалите до 50%. PM<sub>10</sub> дава занижени стойности и през двете години, с известно подобрение през 2014. При O<sub>3</sub>, 2014 е по-лошата година, като най-добри симулирани стойности имаме за лятото на 2013. За SO<sub>2</sub>, концентрациите показват разлики през двете години, без това да доведе до повишаване или влошаване на качеството симулираните данни като цяло.

Що се отнася до изменението на симулираните стойности през втория и третия ден, погледнато чрез стойностите на MB, то се оказва, че практически

разлика между трите моделни дни не се наблюдава при нито един от разглежданите замърсители.

Всичко това показва, че макар моделната система да показва сравнително добри резултати, тя подлежи на подобрене в няколко аспекта – емисии, параметризации, химически механизъм. Това може да се постигне след нови по-пространни и задълбочени изследвания.

## **8. Заключение и приноси**

### **8.1. Заключение**

В процеса на изработване на тази дисертация беше свършена много и разностранна работа. Анализът на моделните данни показва слабите и силни страни на БСПХВ и посоките, в които трябва да се работи за подобряване на системата. Използването на базата данни и найният интерфейс, доведоха до много идеи за развитие и разширяване на възможностите ѝ с цел по-пълноценно усвояване на постъпващите измервания. В заключение може да се каже, че е поставено само началото на верификацията на резултатите от БСПХВ и, че на базата на тази основа, ще се търсят допълнителни методи и ще бъдат прилагани и други широко признати добри практики.

### **8.2. Приноси**

1. Член съм на колектива, разработил и трите версии на Българската Система за Прогноза на Химическото Време (БСПХВ) от самото начало – Договор ДОО2-161/16.12.2008 г. между НИМХ и Фонд “Научни изследвания” на тема **“Към Българска Национална Система за Информация и Прогноза на Химическото Време”**. Моето участие при изграждането на системата се свеждаше до:

- Усвояване на емисионния модел SMOKE и използването му да изчисляване на почасовите тримерни емисии от високите точкови източници (LPS) на базата на годишни инвентаризации, предоставени от МОСВ. За целта трябваше да идентифицирам българските LPS в пространството (бяха ни предоставени географски координати с много грешки), да подготвя входния файл в съответния формат, да попълня базата данни на модела със специфична за България и Европа (CORINAIR) информация, а именно времеви профили и специационни коефициенти и да интегрирам SMOKE към другите компоненти на БСПХВ.

- Усвояване на нови графични пакети за визуализиране на резултатите от работата на системата (кратковременна научна мисия в Техническият университет в Мадрид, Испания, финансирана от Европейската програма COST).

- Създаване на специфични уеб-сайтове, които да направят резултатите публични.

2. След създаването на системата и нейната няколкогодишна оперативна работа се натрупаха масиви с моделни данни за замърсяването в страната, които трябва да се подложат на верификация с цел установяване на слабите страни на системата и да се вземат мерки за подобряване на работата ѝ. Изпълнението на тази задача бе възложено на мен. Бяха извършени следните действия:

- Бяха направени контакти с фирмата обслужваща системата за измерване замърсяването на въздуха на МОСВ. След съгласието на ведомството се постигна изпращане на информацията в НИМХ в реално време с цел създаване на достъпна за нас база измерени концентрации.

- Създадох база данни от релационен тип за съхранение и анализ на постъпващите данни от МОСВ. Тя съдържа данните, описание на измервателните станции, информация за самите замърсители и критичните нива на техните концентрации според сега действащото законодателство. За потребителите на данните разработих уеб-интерфейс, който позволява преглед на наличните измервания, и измервателни станции, показва критичните нива на замърсителите и визуализира някои основни характеристики на времевите редове на данните, както и самите тях в графичен вид. Позволява филтриране на станциите по замърсител и по година.

- Посетих в рамките на кратковременна научна мисия, финансирана от COST, английската фирма CERC (Cambridge Environmental Research Consultants LTD), която в рамките на проекта PASODOBLE създаде пакета MuAir. Заедно със създателите на MuAir създадохме модул, който позволява директното четене на данните, постъпващи в НИМХ от МОСВ за ситуацияите, в които не може да се ползва базата данни. Отделно, за по-директно използване на създадената в НИМХ база данни аз модифицирах пакета в няколко аспекта. Първо, потребителският интерфейс под Java беше сменен с аналогичен уеб-интерфейс. Второ, измерванията, с които работи MuAir се вече се подготвят автоматично след задаване на критерии в уеб-интерфейса на пакета. Заедно с тях системата избира съответстващите им моделни данни. Трето, бяха променени размерите на графиките за да съответстват на по-широк кръг приложения уеб-сайт, презентация, публикация.

3. Извърших проверка на качеството на моделните резултати на БСПХВ по отношение на данните от измерванията по различни замърсители и различни периоди от време със следните главни изводи:

- 
- Най-добре са симулирани концентрациите на SO<sub>2</sub> и за двете моделни години в двата домейна – България и София.
  - NO<sub>2</sub> е симулиран по-добре през 2014, отколкото през 2013 година и в домейн България като за 2014 имаме покриване на MQO T<1 на 100%. Системата симулира по-добре по-ниските концентрации на NO<sub>2</sub> получени през топлото полугодие, отколкото тези през студеното.
  - Концентрациите на PM<sub>10</sub> са системно занижени и през двете години. Малко по-добри са стойностите през топлото полугодие когато са по-ниските измерени стойности.
  - Симулираните стойности на O<sub>3</sub> са до 2 пъти по-високи от измерените. Той е единственият замърсител, за който са получени по-добри резултати през лятото на 2013 година. Единствено за станция BG0070A Копитото са получени концентрации близки до измерванията, което предполага, че системата като цяло, моделира по-скоро фонов извънградски стойности.