

Славица Малиновић-Милићевић, Горица Станојевић

## ЗАГАЂЕЊЕ ВАЗДУХА У СРБИЈИ

БЕОГРАД, 2024.

GEOGRAPHICAL INSTITUTE "JOVAN CVIJIĆ"  
SERBIAN ACADEMY OF SCIENCES AND ARTS

SPECIAL ISSUES

No. 101

Slavica Malinović-Milićević, Gorica Stanojević

**AIR POLLUTION IN SERBIA**

Belgrade, 2024



ГЕОГРАФСКИ ИНСТИТУТ „ЈОВАН ЦВИЈИЋ”  
СРПСКА АКАДЕМИЈА НАУКА И УМЕТНОСТИ

ПОСЕБНА ИЗДАЊА  
КЊИГА 101

Славица Малиновић-Милићевић, Горица Станојевић

## **ЗАГАЂЕЊЕ ВАЗДУХА У СРБИЈИ**

Београд, 2024.

#### ИЗДАВАЧ

Географски институт „Јован Цвијић“ САНУ,  
Ђуре Јакшића 9, 11000 Београд, Република  
Србија, Тел/факс: + 381 11 2637 597;  
е-пошта: general@gi.sanu.ac.rs

#### ЗА ИЗДАВАЧА

др Милан Радовановић  
Прихваћено на седници Уређивачког  
одбора Института 08.04.2024. године.

#### КАТЕГОРИЈА

Научна монографија

#### АУТОРИ

др Славица Малиновић-Милићевић, научни  
саветник, Географски институт „Јован Цвијић“  
САНУ, ORCID: 0000-0001-9696-6982

др Горица Станојевић, виши научни  
сарадник, Географски институт „Јован  
Цвијић“ САНУ, ORCID: 0000-0002-1445-4287

#### УРЕДНИК

др Милан Радовановић

#### РЕЦЕНЗЕНТИ

Проф. др Владан Дуцић, Универзитет у  
Београду – Географски факултет  
Проф. др Драган Бурић, Студијски програм  
за географију, Филозофски факултет,  
Универзитет Црне Горе  
др Бошко Миловановић, Географски  
институт „Јован Цвијић“ САНУ

#### ТЕХНИЧКИ УРЕДНИК

др Дејан Дољак

#### ДИЗАЈН КОРИЦА

Душица Тешмановић

#### ФОТОГРАФИЈА НА КОРИЦАМА

Милан Марковић

#### ШТАМПАЊЕ ОВЕ МОНОГРАФИЈЕ ОМОГУЋИЛО ЈЕ

Министарство науке, технолошког развоја и  
иновација Републике Србије

Истраживање је финансирано средствима  
Министарства науке, технолошког развоја и  
иновација Републике Србије, број уговора  
451-03-66/2024-03/200172.

#### ТИРАЖ

300

#### ШТАМПА

Стојков штампарија д.о.о., Нови Сад

ISBN 978-86-80029-86-3

#### PUBLISHER

Geographical Institute “Jovan Cvijić” SASA,  
Đure Jakšića 9, 11000 Belgrade, Republic of  
Serbia, Tel/fax: + 381 11 2637 597;  
e-mail: general@gi.sanu.ac.rs

#### ACTING PUBLISHER

Milan Radovanović, PhD  
Accepted at the meeting of the Editorial Board  
of the Geographical Institute on April 8<sup>th</sup>, 2024

#### CATEGORY

Scientific Monograph

#### AUTHORS

Slavica Malinović-Milićević, PhD, Principal  
Research Fellow, Geographical Institute “Jovan  
Cvijić” SASA, ORCID: 0000-0001-9696-6982

Gorica Stanojević, PhD, Senior Research  
Associate, Geographical Institute “Jovan  
Cvijić” SASA, ORCID: 0000-0002-1445-4287

#### EDITOR

Milan Radovanović, PhD

#### REVIEWERS

Prof. Vladan Ducić, PhD, University of  
Belgrade – Faculty of Geography  
Prof. Dragan Burić, PhD, Department of  
Geography, Faculty of Philosophy, University  
of Montenegro  
Boško Milovanović, PhD, Geographical  
Institute “Jovan Cvijić” SASA

#### TECHNICAL EDITOR

Dejan Doljak, PhD

#### COVER DESIGN

Dušica Tešmanović

#### COVER PHOTO

Milan Marković

#### PRINTING OF THIS MONOGRAPH WAS SUPPORTED BY

Ministry of Science, Technological Development  
and Innovation of the Republic of Serbia

This research was funded by the Ministry of  
Science, Technological Development and  
Innovation of the Republic of Serbia, contract  
numbers 451-03-66/2024-03/200172.

#### CIRCULATION

300

#### PRINTED BY

Stojkov štamparija d.o.o., Novi Sad

<https://doi.org/10.46793/80029-86-3.MMS>

# САДРЖАЈ

ПРЕДГОВОР .....	1
1. Земљина атмосфера .....	3
1.1. Порекло и еволуција атмосфере .....	3
1.2. Вертикална подела атмосфере .....	4
1.3. Састав атмосфере .....	6
1.4. Зрачење у атмосфери .....	10
1.5. Топлотни биланс Земље и њене атмосфере .....	12
1.6. Општа циркулација атмосфере .....	13
2. Загађење ваздуха кроз историју .....	15
2.1. Загађење ваздуха пре Индустијске револуције .....	15
2.2. Загађење ваздуха и Индустијска револуција .....	16
2.3. Загађење ваздуха у савремено доба .....	17
3. Законодавство у области заштите ваздуха .....	24
3.1. Законодавство Европске уније .....	24
3.2. Законодавство Републике Србије .....	30
3.3. Стандарди квалитета ваздуха .....	34
3.3.1. Стандарди квалитета ваздуха у ЕУ .....	35
3.3.2. Стандарди квалитета ваздуха у Србији .....	40
3.3.3. Препоруке Светске здравствене организације .....	45
4. Извори загађења ваздуха .....	46
4.1. Природни извори .....	47
4.2. Антропогени извори .....	52
5. Загађујуће материје у ваздуху .....	54
5.1. Суспендоване честице (PM) .....	54
5.2. Сумпор-диоксид (SO <sub>2</sub> ) .....	62
5.3. Азотни оксиди (NO <sub>x</sub> ) .....	67
5.4. Приземни озон (O <sub>3</sub> ) .....	71
5.5. Угљен-моноксид (CO) .....	75
6. Утицај метеорологије на загађење ваздуха .....	79
6.1. Вертикални транспорт загађујућих материја .....	80
6.1.1. Стабилност атмосфере .....	80
6.1.2. Температурне инверзије .....	81
6.2. Хоризонтални транспорт загађујућих материја .....	84
6.2.1. Ветар .....	84
6.2.2. Турбуленција .....	85
6.3. Дебљина граничног слоја атмосфере .....	85
6.4. Локални метеоролошки и топографски услови .....	87
6.4.1. Температура земљишта .....	87
6.4.2. Ваздушни притисак .....	87

6.4.3. Садржај воде у земљишту.....	88
6.4.4. Топографија и локални ветрови.....	88
6.4.5. Урбано-рурална циркулација.....	89
6.5. Дисперзија загађујућих материја из тачкастих извора загађења.....	90
7. Загађење ваздуха у Србији.....	92
7.1. Подаци и методологија истраживања.....	94
7.1.1. Моделирање утицаја предикторских варијабли на варијабилност концентрација загађујућих материја.....	96
7.2. Извори загађења ваздуха у Србији.....	98
7.2.1. Емисије суспендованих честица (PM <sub>10</sub> ).....	99
7.2.2. Емисије суспендованих честица (PM <sub>2.5</sub> ).....	101
7.2.3. Емисије оксида сумпора (SO <sub>x</sub> ).....	102
7.2.4. Емисије оксида азота (NO <sub>x</sub> ).....	104
7.2.5. Емисије угљен-моноксида (CO).....	106
7.3. Концентрације загађујућих материја.....	108
7.3.1. Дневне PM <sub>10</sub> концентрације.....	108
7.3.2. Дневне PM <sub>2.5</sub> концентрације.....	126
7.3.3. Дневне SO <sub>2</sub> концентрације.....	142
7.3.4. Дневне NO <sub>2</sub> концентрације.....	154
7.3.5. Максималне дневне 8-сатне концентрације приземног O <sub>3</sub> .....	166
7.3.6. Максималне дневне 8-сатне CO концентрације.....	179
7.4. Утицај рестриктивних мера за време пандемије болести корона вируса на загађење ваздуха у Србији.....	193
7.5. Процене здравственог ризика од загађења ваздуха.....	197
7.5.1. Процена здравственог ризика од загађења ваздуха повезаног са морталитетом.....	198
7.5.2. Процена здравственог ризика од загађења ваздуха повезаног са морбидитетом.....	205
7.6. Перцепција становништва о загађењу ваздуха.....	209
7.7. Стање и перспективе.....	212
8. Закључак.....	219
SUMMARY.....	221
Литература.....	223
ПРИЛОГ.....	243
Дневне PM <sub>10</sub> концентрације.....	244
Дневне PM <sub>2.5</sub> концентрације.....	252
Дневне SO <sub>2</sub> концентрације.....	262
Дневне NO <sub>2</sub> концентрације.....	272
Максималне дневне 8-сатне концентрације приземног O <sub>3</sub> .....	276
Максималне дневне 8-сатне CO концентрације.....	284

## ПРЕДГОВОР

Упркос напорима за смањење емисија загађујућих материја, квалитет ваздуха је и даље водећи здравствени фактор ризика у животној средини на глобалном нивоу. Услед бројних активности у урбаним срединама (емисије из сектора производње енергије, саобраћаја, грађевинарства и индустрије), у значајној мери је угрожено становништво у градовима. На простору Европе, проблем квалитета ваздуха је нарочито присутан у региону Југоисточне Европе, укључујући и територију Србије, првенствено као последица сагоревања фосилних горива за потребе производње енергије и индустрије.

Пред читаоцима је монографска студија која обрађује тему загађења ваздуха на простору Србије. У протеклим годинама, проблем квалитета ваздуха све више заокупља пажњу научне, стручне и шире друштвене заједнице у Србији. Учестало се говори и пише о загађеном ваздуху, мрежи мониторинга, проблемима у вези са емисијама у појединим локалним срединама, развојем законодавства у овој области, развоју грађанске науке и мерења, различитим друштвеним иницијативама за проналажење решења за смањење емисија и побољшање квалитета ваздуха, итд. Прегледом постојеће научне и стручне литературе, аутори ове студије су уочили недостатак јединствене публикације за простор Србије у којој су обухваћени главни аспекти ове тематике—извори емисија, концентрације загађујућих материја у ваздуху, као и последице изложености становништва загађењу. Ограничавајући фактор за процену стања квалитета ваздуха су недостатак мерења и релативно слаба покривеност територије Србије мерним станицама, прекиди у мерењима, непотпуне серије података о концентрацијама загађујућих материја и изворима емисија, што је уједно и предуслов за спровођење студија утицаја.

Циљ ове монографије је јединствена и свеобухватна анализа стања загађења ваздуха на основу расположивих података и процена за простор Србије. Како би се омогућило што боље разумевање, у првом делу ове студије су приказани основни појмови и физичко-хемијске одлике атмосфере, преглед историјата загађења ваздуха, извора загађења и загађујућих материја, утицај метеоролошких услова на загађење ваздуха, као и законодавство и стандарди у области заштите квалитета ваздуха. У другом делу студије представљена је анализа концентрација загађујућих материја за период од 10 година (2011–2020.) на основу расположивих података из државне мреже мониторинга на простору Србије. Такође, представљени су резултати моделовања утицаја метеоролошких услова на расподелу концентрација загађујућих материја за исти период. Обрађени су и подаци о изворима емисија, секторским доприносима и трендовима. Затим, здравствени ризици од загађења ваздуха у вези са морталитетом и морбидитетом, као и перцепција становништва о загађењу ваздуха у Србији.

*Жеља аутора је да допринесу развоју истраживања о квалитету ваздуха у Србији, али уједно и информишу све заинтересоване за ову тему која је од велике важности за све нас.*

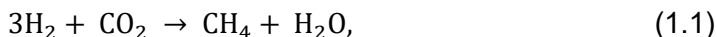
*Аутори*

## 1. Земљина атмосфера

Земљина атмосфера је гасовити омотач око Земље сачињен од азота ( $N_2$ ), кисеоника ( $O_2$ ) и гасова у траговима. Представља средину кроз коју до Земље допире Сунчево зрачење и штити је од космичких зрака, Сунчевог ветра и пада метеорита. Атмосфера служи и као медијум кроз који се транспортују и распршују загађујуће материје у ваздуху и у којој оне могу ступати у хемијске реакције, као и бити уклоњене физичким процесима. У овом поглављу дат је преглед основних карактеристика атмосфере без посебног разматрања проблема загађења ваздуха.

### 1.1. Порекло и еволуција атмосфере

Почетна атмосфера Земље пре око 4,6 милијарди година имала је потпуно другачији састав од данашње. Састојала се од велике количине водоника (H), хелијума (He) и других гасова који садрже водоник као што су амонијак ( $NH_3$ ) и метан ( $CH_4$ ) и исчезла је веома брзо по образовању Земље због екстремно високих температура. Како се температура Земље снижавала, постепено се формирала друга, гушћа, атмосфера која је била састављена од гасова које су испуштали вулкани: угљен-диоксида ( $CO_2$ ), угљен-монооксида (CO), азота ( $N_2$ ), водоника ( $H_2$ ) и водене паре. Ови гасови ступали су у различите хемијске реакције којима су се стварале нове врсте гасова, као на пример:



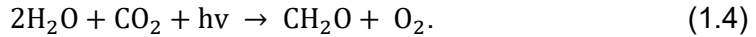
Како је време протицало створила се велика количина водене паре, а са хлађењем Земље водена пара је почела да се кондензује, стварајући облаке и кишу. У почетку киша није стизала до површине Земље јер је испаравала у врелом ваздуху у атмосфери, што је убрзавало хлађење Земљине површине. Када се површина Земље охладила испод температуре кључања воде, киша је испунила шупљине на површини и формирала океане. У новоформираним океанима растворене су велике количине  $CO_2$  од ког су се формирале седиментне стене. Због своје нерастворљивости у води и релативне инертности,  $N_2$  се акумулирао у атмосфери.

У раној историји Земље није било слободног  $O_2$ , а његова производња је почела пре четири милијарде година. Кисеоник се у атмосфери стварао на два начина:

а) фотодисоцијацијом водене паре под утицајем Сунчевог ултраљубичастог (енг. *ultraviolet* [UV]) зрачења у вишим слојевима атмосфере кроз следећу реакцију:



б) фотосинтезом приликом које уз дејство Сунчеве светлости живи организми од  $\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{CO}_2$  стварају органски материјал:



Фотосинтеза је примарни извор  $\text{O}_2$  у атмосфери, а сматра се да је данашњи ниво  $\text{O}_2$  у атмосфери достигнут пре милијарду година. Велика количина слободног  $\text{O}_2$  довела је до формирања озона ( $\text{O}_3$ ) и стварања озонског омотача, који је штитио Земљу од биолошки штетног UV зрачења и омогућио развој живота на Земљи. Како се живот на Земљи развијао, формирањем наслага угља, нафте и природног гаса,  $\text{CO}_2$  се постепено уклањао из атмосфере што је резултирало његовим малим садржајем у атмосфери, па је данас  $\text{CO}_2$  један од тзв. гасова у траговима који заједно чине мање од 0,1% састава атмосфере.

Земљина атмосфера достигла је данашњи састав пре скоро 500 милиона година, али се промене у њеном саставу непрестано дешавају. Под утицајем индустријских, пољопривредних и културних активности људи, концентрације неких од гасова у траговима (нпр.  $\text{CO}_2$  и  $\text{CH}_4$ ) су значајно порасле током последња два века, а дошло је и до повећања тропосферског  $\text{O}_3$  и смањења стратосферског  $\text{O}_3$ . У ком правцу и којим темпом ће се убудуће развијати Земљина атмосфера увелико ће зависити од утицаја човека пошто број становника и искоришћавање ресурса стално расту (Godish, 2004; Lazaridis, 2011).

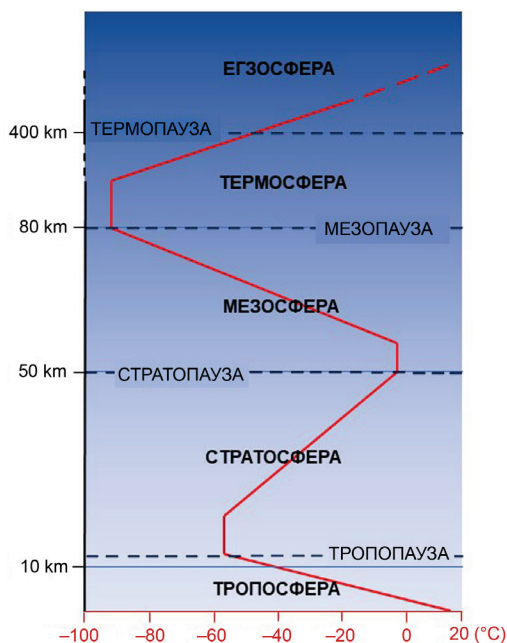
## 1.2. Вертикална подела атмосфере

Атмосфера се простира од Земљине површине па до висине од неколико хиљада километара где разређени гасови атмосфере постепено прелазе у међупланетарни простор. Подељена је на пет вертикалних слојева, тзв. сфера, према променама у одређеним физичко-хемијским карактеристикама и то на тропосферу, стратосферу, мезосферу, термосферу и егзосферу. Прелазне зоне између наведених сфера су тропопауза, стратопауза, мезопауза и термопауза (Barry & Chorley, 2003). Графички приказ наведених слојева атмосфере представљен је на слици 1.2.1.

Тропсфера је најнижи слој атмосфере чија висина зависи од географске ширине и доба године. Најмању висину досеже изнад полова од око 8 km, а највишу изнад екваторијалне области од око 18 km (Barry & Chorley, 2003). Представља део атмосфере у коме се налази живи свет. У њој је садржано око 99% водене паре и аеросола и најгушћи је слој атмосфере. Процењује се да садржи 80% масе атмосфере (Дукић, 1998). У тропосфери се стварају облаци (изузетак су кумулонимбуси са врхом у стратосфери), а појам времена се везује за овај слој атмосфере. Добила је назив по грчкој речи *tropos* што значи промена, кретање, што се у овом контексту односи на сталну промену времена и мешање гасова који су ту присутни. Ваздух се загрева израчивањем Земљине површине, што значи да температура ваздуха у



тропосфери опада да порастом висине, просечно  $6,5\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{km}$  висине (Barry & Chorley, 2003). Лет авиона се одвија у тропосфери, као и у прелазној зони између тропосфере и стратосфере. У оквиру тропосфере могу се издвојити два слоја: гранични или планетарни слој атмосфере (ГСА) и слободна тропосфера (Jacobson, 2002). ГСА представља најнижи слој тропосфере на који у различитом степену утичу површинско трење, тло и Сунчева топлота узрокујући механичку турбуленцију, конвекцију и промене у смеру и брзини ветра. Разликује се од слободне тропосфере по томе што профил температуре у граничном слоју реагује на промене температуре тла током периода краћег од једног сата, док профил температуре у слободној тропосфери реагује на промене температуре тла током дужег периода (Stull, 1988). Слободна тропосфера лежи између ГСА и тропопаузе. Тропопауза (слој дебљине 2 до 4 km) се одликује релативно константним температурама.



Слика 1.2.1. Вертикална структура атмосфере.

Стратосфера је стабилан слој атмосфере који се протеже од тропопаузе до висине од око 50 km (Barry & Chorley, 2003). У оквиру стратосфере налази се озонски омотач Земље, који је штити од штетног UV зрачења. Максимална концентрација  $\text{O}_3$  је на висинама од око 22–25 km (има га на висинама од 10 до 50 km). Апсорпцијом UV зрачења долази до пораста температуре у овом слоју атмосфере, при чему са даљим повећањем висине расте температура услед мале густине ваздуха (Saha, 2008). Због пораста температуре са висином вертикално мешање је занемарљиво, па честице које стигну до ових висина ту могу остати годинама. У стратосфери нема облака, али у њеним најнижим слојевима јављају се сребрнасти (поларни) облаци сачињени од кристала леда

(NOAA, n.d.). У доњим слојевима преовлађују западни ветрови (енг. *jet streams*). Стратопауза представља горњу границу стратосфере са просечном температуром од  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  и атмосферским притиском од 1 mbar.

Мезосфера се простире до 80 km изнад Земљине површине, а у овом слоју температура поново почиње да расте. Присуство озона који апсорбује Сунчеву радијацију утиче на повећање температуре у њеним доњим слојевима, док ка гоњим слојевима температура поново опада и достиже до око  $-90\text{ }^{\circ}\text{C}$ , што је најнижа температура у атмосфери (NOAA, n.d.). Већина метеорита сагорева у овом слоју атмосфере. Такође, у овом слоју се јављају источна струјања ваздуха тј. источни ветрови. На горњој граници овог слоја атмосфере налази се мезопауза која мезосферу одваја од термосфере.

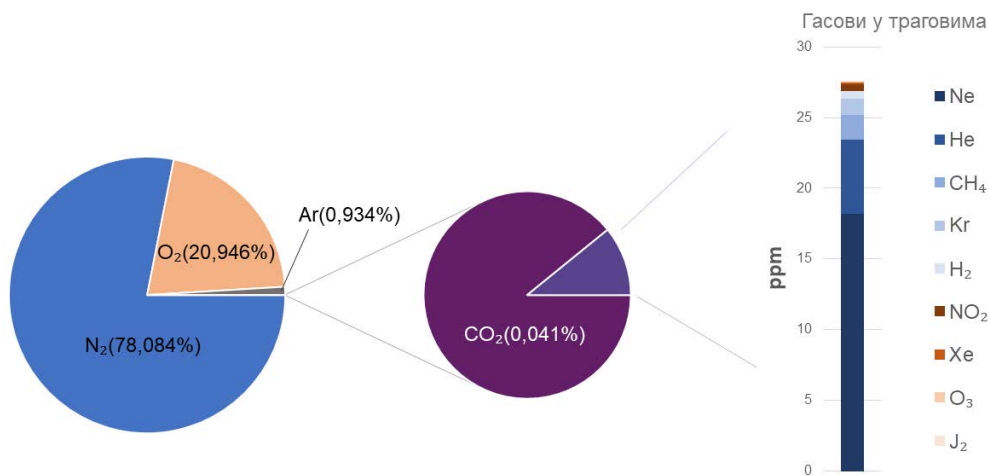
Термосфера се простире између 80 и 400 km висине (Lazaridis, 2011). Њена маса је веома мала услед мале густине гасова (молекули у нижим слојевима и јони у вишим слојевима) што условљава пораст температуре ваздуха са порастом висине (у највишим слојевима и преко  $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Под утицајем Сунчевог и космичког зрачења од неутралних молекула формирају се јони и слободни електрони, односно формира се слој који се назива јоносфера (Saha, 2008). Јоносфера почиње на висини од око 60 km и протеже се до горње границе атмосфере, са највећом густином наелектрисаних честица у термосфери. Појасеви са повећаном концентрацијом јона ( $D$ ,  $E$ ,  $F_1$  и  $F_2$ ) апсорбују, рефлектују и пропуштају радио таласе те имају велики значај за телекомуникације (Lazaridis, 2011). Поларна светлост (светлење разређених гасова атмосфере под утицајем Сунчевог зрачења), аурора бореалис и аурора аустралис, се јављају у термосфери (Barry & Chorley, 2003).

Егзосфера се простире на висинама изнад 400 km висине. Због изузетно мале густине молекула у њој, не понаша се као гас, а честице одлазе у међупланетарни простор (Barry & Chorley, 2003). Поларна светлост се понекад види у њеном најнижем делу. Већина Земљиних сателита кружи у егзосфери. Егзосфера се простире до висине од неколико хиљада километера када наступа геокорона тј. гранични слој Земљине атмосфере, са веома разређеним ваздухом у стању сличном вакууму уз присуство јона водоника. Горња граница атмосфере се може дефинисати на различите начине озбиром да не постоји јасна граница између места где се Земљина атмосфера завршава и почиње међупланетарни простор. За горњу границу се може узети висина на којој се изједначавају силе Земљине теже и центрифугална сила, на висини од 21644 km изнад полова и 35711 km изнад екуатора (Дукић, 1998), где су атоми и молекули у могућности да одлете у међупланетарни простор.

### 1.3. Састав атмосфере

Познавање састава атмосфере је веома важно за разумевање проблематике загађења ваздуха, и климатских промена уопште. Ваздух

је механичка смеша гасова (није хемијско једињење) заступљених у одређеним међусобним размерама и разних примесама у променљивим количинама (Шегота & Филипчић, 1996). У претходном одељку било је речи о еволуцији атмосфере. Састав атмосфере који је данас познат није одувек био такав; кроз геолошку еволуцију Земље њена атмосфера се мењала. Такође, неки од гасова који се данас налазе у саставу атмосфере бележе пораст концентрација као резултат антропогенних активности, нарочито током 20. века, услед сагоревања фосилних горива. Ваздух без примеса назива се сув ваздух, који као такав не постоји нигде у природи, односно увек је присутна одређена количина водене паре и различитих честица у чврстом и течном агрегатном стању (атмосферске аеросоли). Главни конституенти атмосфере који су заступљени у постојаним међусобним размерама су  $N_2$ ,  $O_2$  и аргон (Ar). У саставу сувог ваздуха, посматрано у процентима запремине, са преко 99,9%, учествују  $N_2$  са уделом од 78,084%,  $O_2$  са 20,946% и Ar са 0,934% (DWD, n.d., слика 1.3.1). Са мање од 0,1% у саставу атмосфере (тзв. гасови у траговима, енгл. *trace gases*), најзаступљенији су  $CO_2$  са 0,041%, а затим и неон (Ne), хелијум (He),  $CH_4$ , криптон (Kr),  $H_2$ , азот-диоксид ( $NO_2$ ), ксенон (Xe),  $O_3$ ,  $NH_3$ , јод ( $J_2$ ) и радон (Rn). Учешће ових гасова у саставу атмосфере је изразито мало, па се њихове концентрације изражавају у милионитим деловима запремине (енгл. *parts per million* [ppm]). Ne учествује са 18,18 ppm, He са 5,24 ppm,  $CH_4$  са 1,75 ppm, Kr са 1,14 ppm,  $H_2$  са 0,55 ppm,  $NO_2$  са 0,5 ppm, Xe са 0,09 ppm,  $O_3$  до 0,07 ppm,  $J_2$  са 0,01 ppm (DWD, n.d.). Без обзира на процентуално веома мало учешће, ови гасови имају веома значајну улогу у хемијским процесима у атмосфери и веома су значајни за време и климу. Њихова концентрација варира зависно од географског положаја, доба године и дана, као и временских услова.



Слика 1.3.1. Састав атмосфере. Извор података: DWD (n.d.).

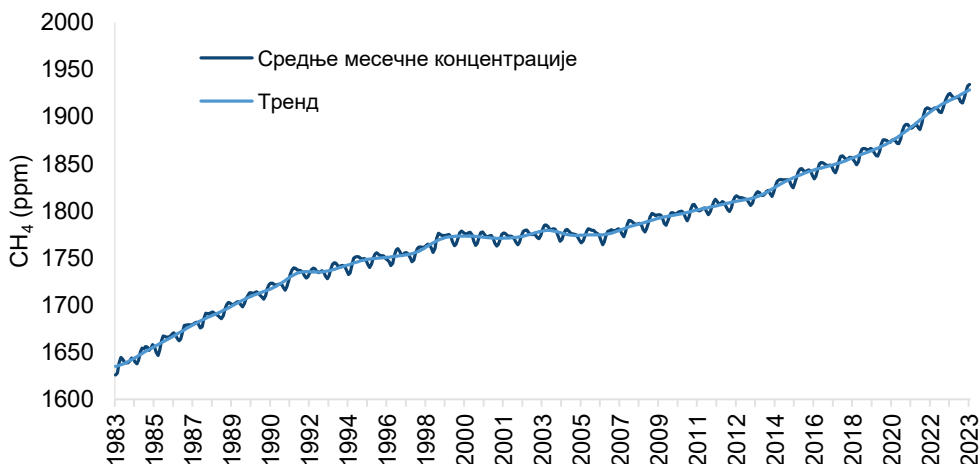
По тежини,  $N_2$  сачињава 75,6%,  $O_2$  23,10% и Ar 1,29% атмосфере. Азот је инертан гас, односно нема активну улогу у атмосферским

процесима. У атмосфери се спаја са кисеоником и водоником само при електричним пражњењима образујући амонијак и шалитрену киселину. Падавине излучују ове материје на површину (природни извор ђубрива). Поједине врсте бактерија везују азот у органска једињења која учествују у исхрани биљака и животиња, а друге бактерије разлагајући органске материје враћају азот у атмосферу, односно он учествује у кружењу материја у природи (Дукић, 1998). За разлику од азота, кисеоник је веома активан гас, слаби Сунчево зрачење и омогућава дисање и сагоревање. Организми га користе за дисање. Биљни свет ослобађа кисеоник у атмосферу процесом фотосинтезе. Аргон такође спада у групу инертних гасова те нема већу улогу у атмосферским процесима (Barry & Chorley, 2003).

Из групе гасова који се у атмосфери налазе у траговима, најзаступљенији, али са значајним утицајем на процесе у атмосфери, је  $\text{CO}_2$ . Његова концентрација се повећава услед антропогеног сагоревања фосилних горива (слика 1.3.2). Заједно са воденом паром и метаном представља најзначајнији гас са ефектом стаклене баште јер има способност апсорбовања дуготаласног инфрацрвеног зрачења што доводи до загревања атмосфере. Доспева у атмосферу респирацијом биљака и животиња и сагоревањем органског материјала, а ослобађа се и при вулканским ерупцијама, као и природним и антропогеним сагоревањем. Из атмосфере га користе биљке за фотосинтезу. Поред  $\text{CO}_2$ , метан ( $\text{CH}_4$ ) је веома значајан гас са ефектом стаклене баште. У атмосфери се налази у веома малој концентрацији, али са растућим трендом у последњим деценијама због сагоревања фосилних горива (слика 1.3.3), као и услед емисија из сточарства и ратарства (нарочито узгајање пиринча).



Слика 1.3.2. Средње месечне  $\text{CO}_2$  концентрације на глобалном нивоу, 1958–2022. година. Извор података: Lan et al. (2024a).



Слика 1.3.3. Средње месечне CH<sub>4</sub> концентрације на глобалном нивоу, 1983–2022. година. Извор података: Lan et al. (2024b).

Озон (O<sub>3</sub>) је веома активан гас који се може наћи у стратосфери и тропосфери. Стратосферски, „добар” O<sub>3</sub> је веома користан јер апсорбује највећи део штетног Сунчевог UV-B зрачења (Malinovic-Milicevic et al., 2015; Malinović-Milićević et al., 2022a), док је тропосферски озон веома штетан за здравље, те се из тог разлога назива и „лош” озон. Тропосферски озон се формира фотохемијским реакцијама уз присуство оксида азота и испарљивих органских једињења и при електричним пражњењима.

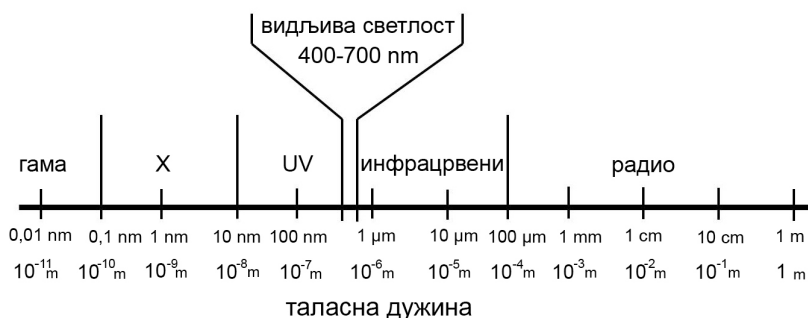
Присуство примеса у ваздуху варира у простору, али и времену. Водена пара (H<sub>2</sub>O, молекула воде у гасовитом агрегатном стању) је веома значајна примеса која у атмосферу доспева испаравањем са Земљине површине (површине Светског мора, копна и транспирацијом биљног света), док се кондензацијом, односно падавинама поново излучује на тло. Молекули водене паре имају способност интензивног апсорбовања Сунчевог зрачења у црвеном и инфрацрвеном делу спектра, као и инфрацрвених зрака које излучује Земља. Водена пара је заједно са CO<sub>2</sub> и CH<sub>4</sub> је најзначајнији гас са ефектом стаклене баште. Повећање концентрације ових гасова у атмосфери узрокује раст температура и загревање, што опет путем повратних спрега утиче на повећано испаравање и повећање концентрације водене паре у атмосфери, утичући на даље загревање. Количина водене паре у приземним слојевима ваздуха се повећава од полова (у траговима) ка екватору (до 4% запремине атмосфере), док са висином њена количина се смањује (Barry & Chorley, 2003).

Лебдеће примесе или атмосферске аеросоли представљају честице прашине, вулкански пепео, чађ, со, споре биљака, бактерије, и друго, које су присутне у ваздуху. Налазе се у чврстом или течном агрегатном стању и могу послужити као језгра кондензације. Потичу из природних и антропогених извора. Природни аеросоли су честице морске соли, продукти вулканске активности, природног сагоревања

биомасе, честице прашине настале ерозивним процесима, итд. Антропогени аеросоли су резултат процеса сагоревања у индустријским погонима, пољопривредним активностима, саобраћају, итд. Пречник им је у опсезима мањим од нанометра ( $10^{-9}$  m) па све до оних који су видљиви у милиметарском опсегу (честице прашине, полен, споре биљака, итд.). Аеросоли природног порекла најчешће имају већи радијус у односу на аеросоле произведене људском активношћу. По постанку се деле на примарне и секундарне. Честице прашине или морска со су примарни аеросоли, док секундарни настају хемијским реакцијама гасова у атмосфери (амонијум нитрата, амонијум сулфата) или спонтаном кондензацијом (сумпорне киселине, оксидованих угљоводоника и хемијских прекурсора<sup>1</sup> нитрата) и кристализацијом гасова. Стално одвијање процеса кондензације и сублимације са једне стране, односно седиментације и уклањања и чишћења честица из атмосфере условљава да присуство аеросола у ваздуху показује велику просторно-временску променљивост. Могу се класификовати на основу њихових хемијско-физичких особина (растворљивост у води, испарљивост). Аеросоли, укључујући и одређене гасове (нпр.  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ), утичу на квалитет ваздуха, али и представљају значајан климатски фактор који утиче на биланс зрачења у атмосфери због способности да апсорбују, рефлектују и пропуштају зрачење. Такође, имају велики значај на формирање и дистрибуцију облачности, првенствено као језгра кондензације (Myhre et al., 2013a).

#### 1.4. Зрачење у атмосфери

Готово сва размена енергије између Земље и васионе одвија се путем електромагнетног зрачења. Земља и њена атмосфера непрекидно апсорбују Сунчево зрачење, али и емитују сопствено у васионски простор. У просеку, током времена између износа примљеног и емитованог успоставља се равнотежа. Уобичајену поделу спектра електромагнетног зрачења на различите опсеге приказује слика 1.4.1.



Слика 1.4.1. Подела електромагнетног зрачења. Прилагођено из Малиновић (2003).

<sup>1</sup> хемијско једињење које учествује у хемијској реакцији којом се производи неко друго једињење; једињење које претходи другом једињењу (претходник, претеча)

За описивање електромагнетног зрачења најчешће се користе таласна дужина зрачења,  $\lambda$ , и фреквенција,  $\nu$ . Основна једначина која повезује таласну дужину зрачења  $\lambda$  са његовом фреквенцијом  $\nu$  и брзином светлости  $c$  ( $c = 2.9979 \times 10^8$  m/s) је

$$\lambda = \frac{c}{\nu}. \quad (1.5)$$

Електромагнетно зрачење преноси енергију фотонима (пакети енергије) чије је основно обележје количина енергије коју носе са собом. Енергија фотона,  $E$ , пропорционална је фреквенцији, а обрнуто пропорционална таласној дужини зрачења и описана је Планковим (енг. *Planck*) законом:

$$E = h \times \nu = h \times \frac{c}{\lambda}, \quad (1.6)$$

где је  $h$  Планкова константа која износи  $6.62 \times 10^{-34}$  Js, а  $\nu$  фреквенција у Hz.

Свако тело на температури изнад 0 K емитује зрачење. Енергија електромагнетног зрачења коју емитује неко тело пропорционална је четвртој степену његове апсолутне температуре и описује се Штефан-Болцмановим (енг. *Stefan-Boltzman*) законом:

$$I = \epsilon \times \sigma \times T^4, \quad (1.7)$$

где је  $\epsilon$  емисивност,  $\sigma$  Штефан-Болцманова константа ( $5.6696 \times 10^{-9}$  W/m<sup>2</sup>/K<sup>4</sup>), а  $I$  укупан интензитет зрачења апсолутно црног тела. Сунце зрачи слично апсолутно црном телу и има емисивност 1. Међутим, у природи нема апсолутно црних тела, а емисиона способност природних површина је мања од оне коју има црно тело.

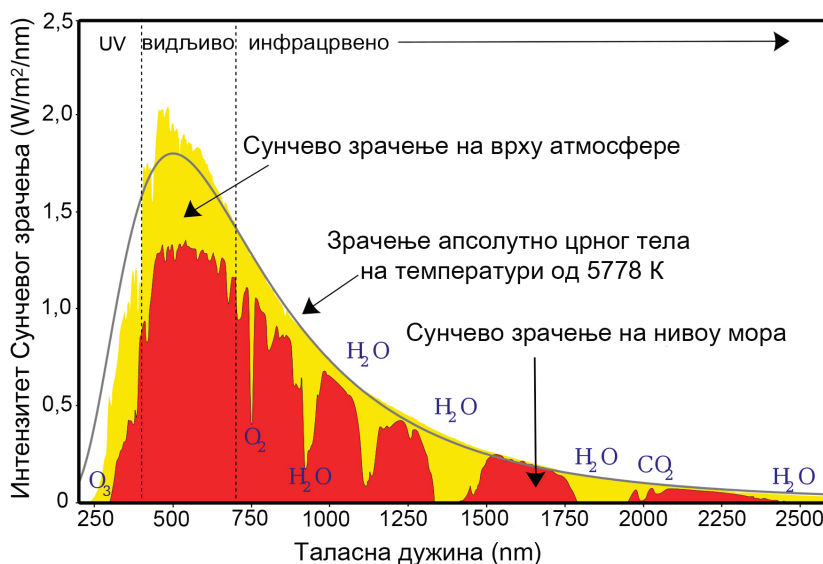
Спектар зрачења које емитује Сунце је у зависности од таласне дужине и температуре, а фреквенција максималног интензитета овог зрачења је повезана са температуром преко Виновог (енг. *Wien*) закона померања који је изведен из Планковог закона:

$$\nu_{\max} = 1,04 \times 10^{11} T. \quad (1.8)$$

Користећи Винов закон, утврђено је да је фреквенција максималног интензитета Сунчевог зрачења  $6,3 \times 10^{14}$ /s ( $\lambda = 476$  nm), што је видљиви део спектра.

Просечан интензитет Сунчевог зрачења које стиже до Земљине орбите се назива соларна константа и износи 1368,31 W/m<sup>2</sup>. Соларна константа није сасвим константна већ се мења у зависности од Сунчеве активности, а одступање од наведене вредности износи  $\pm 20$  W/m<sup>2</sup>. На слици 1.4.2 приказана је просечна спектрална расподела зрачења које стиже до врха атмосфере и до површине Земље. Спектар Сунчевог зрачења које долази до горње границе атмосфере се назива екстратерестријално зрачење и лежи у области таласних дужина од 0,015 до 1000  $\mu$ m. Део екстратерестријалног зрачења апсорбује атмосфера и до површине Земље стиже измењени спектар. Зрачење које доспева до Земљине површине обухвата део спектра од 0,29 до 3  $\mu$ m. Од тога

инфрацрвено (0,7–3  $\mu\text{m}$ ) зрачење сачињава 56%, видљиво (0,4–0,78  $\mu\text{m}$ ) 39%, док ултраљубичасто (0,29–0,4  $\mu\text{m}$ ) чини 5% (Мијатовић и др., 2002).



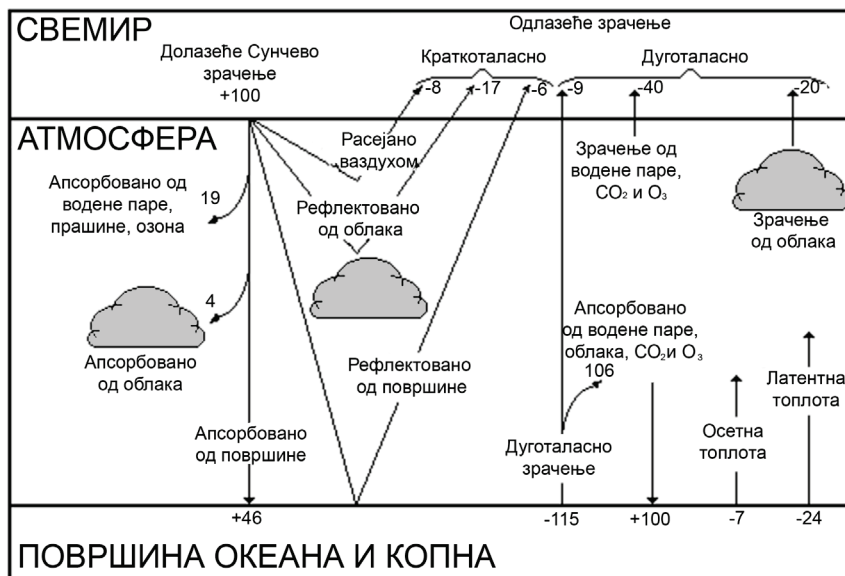
Слика 1.4.2. Спектар зрачења црног тела заједно са спектром Сунчевог зрачења које стиже до горње границе атмосфере и спектром Сунчевог зрачења које стиже до површине Земље. Прилагођено из Sunlight (n.d.).

Атмосфера слаби зрачење комбинацијом процеса апсорпције и расејања. Апсорпција у потпуности уклања енергију из упадног зрака и трансформише је у друге облике енергије (апсорпционе траке основних гасова приказане су на слици 1.4.2), док расејање не уклања енергију већ је преусмерава. Зато и сама атмосфера представља извор зрачења које називамо дифузно. Постоје две главне врсте расејања у атмосфери које су повезане са димензијама честица и таласном дужином зрачења. Када честице одговорне за расејање имају димензије много мање од таласне дужине долазног Сунчевог зрачења, тада се расејање назива Рејлијево. Типичан пример Рејлијевог расејања је расејање на молекулама ваздуха. У случају када су димензије честица приближно једнаке или нешто веће од таласне дужине зрачења које се расејава, тада се расејање назива Мијево расејање. Мијево расејање настаје због постојања аеросола у атмосфери.

### 1.5. Топлотни биланс Земље и њене атмосфере

Земља и њена атмосфера заједно у свемир емитују исту количину енергије коју добију од Сунца. Од пријема и емисије енергије зависи топлотно стање површине Земље и атмосфере. Вредности токова енергије унутар система атмосфера—површина илустровани су на слици 1.5.1, а приказани су у процентима упадног интензитета Сунчевог зрачења.





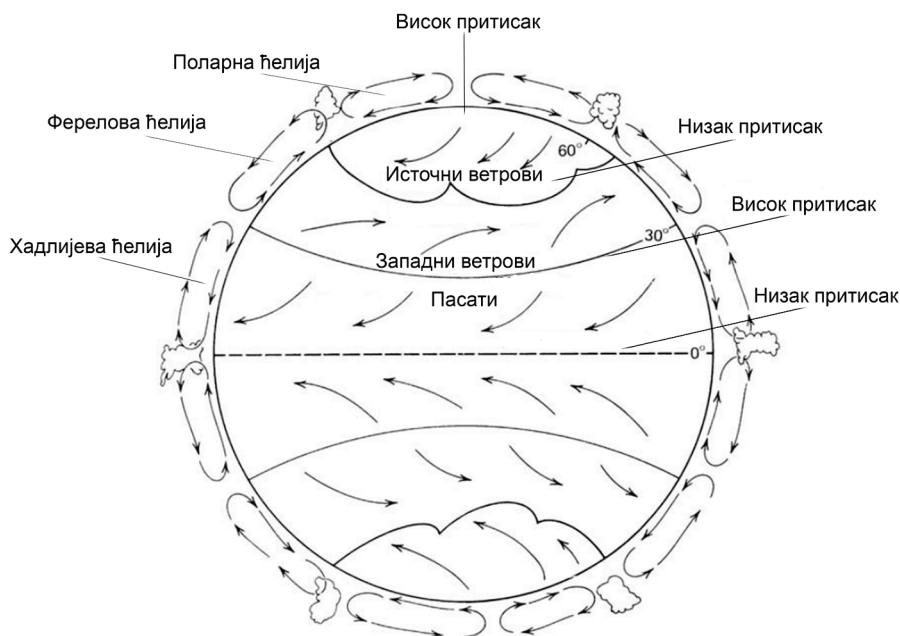
Слика 1.5.1. Шематски приказ енергетског биланса атмосфере (у %). Прилагођено из MacCracken & Luther (1985).

Атмосфера апсорбује приближно 23% долазног Сунчевог зрачења, углавном у тропосфери. Водена пара, CO<sub>2</sub>, прашина и O<sub>3</sub> апсорбују око 19%, док облаци апсорбују око 4%. Око 31% долазног зрачења је рефлектовано. Преко половине Сунчевог зрачења рефлектују облаци (17%), мањи део молекули ваздуха (8%), а најмањи површина океана и копна (6%). Преостали део, око 46%, апсорбује површина Земље. Да би се постигла равнотежа зрачења на горњој граници атмосфере, зрачењу које долази са Сунца треба да одговара износ енергије који одлази са површине Земље и из атмосфере. Износ енергије која у виду дуготаласног зрачења одлази са површине увис износи 115%. Од тога 106% апсорбују гасови у атмосфери, а 9% се емитује директно у свемир. Око 31% енергије се транспортује у атмосферу као латентна (24%) и осетна (7%) топлота. Дакле, атмосфера прима 23% зрачења од Сунца, 106% од Земљиног израчивања и 31% путем осетне и латентне топлоте, што укупно чини 160% зрачења. Али атмосфера такође и емитује зрачење. Од тога у свемир одлази 60% емитованог атмосферског зрачења, од чега 40% емитују гасови, а 20% облаци. У случају да се концентрације гасова који апсорбују дуготаласно зрачење повећају, апсорпција Земљиног израчивања ће бити преко 106%, што ће повећати температуру и противзрачење атмосфере.

## 1.6. Општа циркулација атмосфере

Ваздух је у непрестаном кретању које се одвија под утицајем разлика у ваздушном притиску између појединих области. Кретања ваздуха настају због неједнаке расподеле топлоте долазног Сунчевог

зрачења на различитим географским ширинама и неједнаког загревања и хлађења копнених и водених површина, а на њега утичу ротација Земље и сила трења.



Слика 1.6.1. Троћелијски модел идеалне расподеле површинског притиска и сталних ветрова изнад Земље која ротира. Прилагођено из Институт за мултидисциплинарна истраживања (2004).

Општа циркулација атмосфере представља глобални систем ветрова помоћу којих се остварује неопходан транспорт топлоте од тропских до поларних географских ширина. Велика количина Сунчевог зрачења у екваторијалној области интензивно загрева ваздух који се уздиже до тропопаузе, док се при површини Земље формира поље ниског ваздушног притиска. Ваздух који се диже хлади се и кондензује и формира област интензивних облака и обилних падавина која се назива Интертропска зона конвергенције. Због стабилности стратосфере, уздигнути ваздух изнад екваторске области скреће ка вишим географским ширинама. На око 30° географске ширине ваздух се нагомилава, ствара област високог ваздушног притиска где део ваздуха тоне ка површини и раздваја се на две различите струје, од којих је један део усмерен ка екватору, а други ка половима. Због Кориолисове силе ваздух усмерен ка екватору скреће ка западу и формирају се североисточни ветрови на северној и југоисточни ветрови на јужној хемисфери. Ови ветрови су познати као пасати, а затворена циркулација између екваторских и суптропских географских ширина као Хадлијева ћелија. Ваздух који се из суптропских области креће ка полу због Кориолисове силе скреће ка истоку. Када ове ваздушне масе дођу до поља ниског притиска умерених ширина (око 60°) сусрећу се са

приземном поларном ваздушном струјом и заједно са њом прелазе у узлазно кретање одакле се враћају ка суптропској области. Ова затворена циркулација умерених географских ширина назива се Ферелова ћелија. У поларним областима због мањег интензитета Сунчевог зрачења хладан и густ ваздух се креће ка средњим географским ширинама где се на географским ширинама од око 60° сусреће са топлим ваздухом из Ферелове ћелије и формира поларни фронт. Ове ваздушне масе због Кориолисове силе на северној полулопти имају североисточни, а на јужној југоисточни правац. На поларном фронту се ваздух диже увис и враћа према половима формирајући Поларну ћелију (слика 1.6.1). Описано представља теоријски модел опште циркулације атмосфере; у стварности се наведени појасеви расчлањују на центре високог и ниског ваздушног притиска, различитог распрострањења и постојаности који утичу на кретање ваздушних маса изнад одређених области, чиме битно условљавају временске и климатске прилике у њима.

## 2. Загађење ваздуха кроз историју

Производња добара, као и друге човекове активности изискују утрошак енергије и употребу различитих технологија, што је утицало на повећање концентрација појединих гасова и честица у атмосфери. Последице су бројне, од поремећаја у климатском систему до утицаја на јавно здравље и екосистеме, са далекосежним и тешко предвидљивим друштвено-економско-политичким ефектима. Имајући у виду размере и утицај антропогених емисија кроз историју, могу се издвојити три периода: период пре Индустијске револуције, загађење ваздуха које је настало Индустијском револуцијом и загађење ваздуха у савремено доба.

### 2.1. Загађење ваздуха пре Индустијске револуције

Човеков уплив у загађење ваздуха почиње са употребом ватре. Нелагодност и проблем дисања у присуству дима и других продуката сагоревања, било да се ради о ватри на отвореном или у стамбеним објектима, утицали су на буђење свести о опасности по здравље од загађеног ваздуха. Појава димњака, почев од 12. века, значајно је допринела побољшању квалитета ваздуха у затвореним просторима (Boubel et al., 1994). Први документовани извори о утицају квалитета ваздуха на здравље људи потичу из античког доба (Brimblecombe, 2011). Хипократ у својим делима (пре 2400 година) износи запажање о вези између квалитета ваздуха и различитих обољења (Fowler et al., 2020). Развојем људског друштва и производње, загађење ваздуха које настаје сагоревањем дрвета или угља, постаје све озбиљнији проблем, нарочито у градским срединама, како у западном свету, тако и у централној Азији и Кини. Металургија, производња керамике, као и

производња и презервација животињских производа били су главни извори емисија штетних испарења (Boubel et al., 1994). Већина историјских извора о загађењу ваздуха односи се на средњовековне градове и однос појединих владара према овом проблему. Наводе се примери да је енглеска краљица Елеанор напустила Нотингем 1157. године услед неподношљивог дима од сагоревања дрва, затим да је Едвард I забранио употребу угља у Лондону 1306. године, као и да је Елизабета I забранила употребу угља за време заседања парламента (Матас и сар., 1989; Јаблановић, 1995). Први законодавни акт „Закон о смањењу дима” из 1273. године у Енглеској имо је за циљ забрану употребе угља због штетног утицаја по здравље (Fowler et al., 2020). Одсуство научног интереса, али и мерења, утицало је да проблем загађења ваздуха не буде препознат и није му се придавао већи значај, осим да је визуелно или непријатним мирисима и испарењима сметало појединим владарима. Један од механизма контроле загађења био је измештање извора загађења изван градова. Међутим, сама идеја штетног утицаја на здравље људи и животну средину није се значајније развијала све до средине 17. века. Џон Евелин је 1661. године написао монументално дело „*Fumifugium or The inconveniencie of the aer and smoak of London dissipated together with some remedies humbly proposed by J.E. esq. to His Sacred Majestie, and to the Parliament now assembled*” у којем је указао на проблем загађења ваздуха у Лондону са предложеним решењима (Evelyn, 1661). Истовремено, Џон Граунт је указао на повезаност између морталитета и аерозагађења нарочито у данима са маглom (Fowler et al., 2020). Промене које су наступиле у 17. и 18. веку, како у науци (рађа се интерес за хемизам атмосфере), тако и у техничко-технолошком достигнућима, донеће ново доба у размерама човековог утицаја на загађење ваздуха, као и у приступу овом проблему.

## 2.2. Загађење ваздуха и Индустријска револуција

Изум и употреба парне машине доноси преокрет у дотадашњем начину производње добара и означава прекретницу у друштвено-економском развоју која се са тла Велике Британије прелила на Западну Европу и северноамерички континент у другој половини 18. века. Овај период означава почетак новог доба у развоју људског друштва, Индустријску револуцију. Употребом и усавршавањем машина и производних процеса повећала се производња и вредност производа, расте запосленост, друштво доживљава технолошко-економски прогрес, развија се најпре железнички, а затим и пловни и друмски саобраћај. Расте употреба угља, а затим и других фосилних горива. Угаљ се доминатно користи као погонско гориво током 19. века. Снага водене паре користи се за покретање машина и пумпање воде. Концентрација становништва се повећава у зони фабрика, градови се шире и развијају. У домовима се угаљ користи за потребе грејања и кување што је додатно погоршавало квалитет ваздуха. Сагоревањем великих количина угља

дошло је до повећања емисије  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ , хлороводичне киселине ( $\text{HCl}$ ), дима и других продуката непотпуног сагоревања. Ове емисије су нарочито биле у зонама котларница стационарних термоелектрана, железничког саобраћаја, пловила и домаћинстава (Boubel et al., 1994). Пре него што је коришћење аутомобила постало масовније, почетком 20. века, у свим градовима коњски саобраћај је био веома интензиван, па се и значајан део емисија  $\text{NH}_3$  могао приписати и емисијама везаним за ове животиње. Позната је „Велика криза коњског стајњака из 1894. године”, односно комунални проблем накупљања коњског стајњака на градским улицама (енг. *The great horse manure 1894*; Davies, 2004). Градови су патили од лошег квалитета ваздуха, а ситуација је била нарочито лоша у зимским месецима услед неповољних временских прилика, нарочито тамо где је већа влажност ваздуха и појава магле учесталија. Техничко усавршавање котлова за ложење угља, затим употреба пречишћивача и колектора издувних гасова, нека су од настојања да се смањи штетан утицај емисија сагоревањем угља у 19. веку (Boubel et al., 1994). Међутим, готово сви градови у Западној Европи, Сједињеним Америчким Државама (САД) и појединим земљама у Азији, били су пред све већим притиском услед лошег квалитета ваздуха. Многе државе су имале за приоритет економски развој, али због све евидентнијих промена у квалитету ваздуха и животној средини као одговор на ове проблеме јављају се први закони (Akatsu, 2015). Тако је у Великој Британији 1863. године донет Закон о регулацији алкалних радова, а основан је и Алкални инспекторат (Fowler et al., 2020; Brimblecombe, 2011). Међутим, крајем 19. и почетком 20. века и даље је развој индустрије приоритет.

### 2.3. Загађење ваздуха у савремено доба

Почетак 20. века обележио је даљи технолошки и друштвено-економски развој праћен растом производње, развојем саобраћаја, ширењем градова и индустријских центара и растом урбане популације на глобалном нивоу. Коришћење фосилних горива, првенствено угља, а потом и нафте, узрокује емисије загађујућих материја што чини да квалитет ваздуха буде далеко од пожељног. Електрификација железнице, гасификација насеља, технолошка решења у производњи енергије, саобраћају и производним процесима допринели су ублажавању и смањењу загађења ваздуха. Међутим, свест о размерама утицаја загађења ваздуха на здравље јавља се у каснијим декадама 20. века, а нарочито после епизоде загађења са фаталним исходима.

Један од познатих догађаја са катастрофалним последицама по становништво, догодио се у долини реке Мезе, у Белгији, у малом месту Енгис (у близини Лијежа), у периоду од 1. до 5. децембра 1930. године, када су забележена 63 смртна исхода као последица великог загађења ваздуха изазвано емисијама из индустрије (Nemery et al., 2001). Хладан талас и настанак температурне инверзије условили су задржавање загађујућих материја у приземним слојевима атмосфере, у области са

великим бројем фабрика хемијске индустрије и металургије. Догађај познат под називом „Смог Доноре” догодио се у месту Донора, у близини Питсбурга (Пенсилванија, САД), у периоду од 27. до 31. октобра 1948. године, када је од последица загађења ваздуха преминуло 20 људи, а процењује се да је респираторне тегобе имало и до 14000 људи, што је била трећина популације у овом месту (Jacobs et al., 2018). Такође, процене су и да је још 50 људи преминуло од респираторних болести у периоду месец дана након овог инцидента. Емисије флуороводоника и сумпордиоксида из фабрике челика у условима температурне инверзије изазвале су формирање смога који се неколико дана задржао изнад Доноре. Истраживања су показала да је ниво флуора (који настаје у процесу топљења цинка) код жртава био и до 20 пута виши од нормалног. Град Поза Рика у Мексику (североисточно од Мексико Ситија), рафинеријски центар, био је поприште велике катастрофе услед загађења ваздуха 1950. године и случајног испуштања сумпорводоника у ваздух на нафтном пољу, такође у условима температурне инверзије (McCabe & Clayton, 1952). Најпознатија епизода загађења догодила се у Лондону и позната је под називом „Велики смог из 1952. године”. Хладни талас времена без ветра и загађење услед употребе угља, у периоду од 5. до 9. децембра 1952. године, имали су за последицу формирање дебелог слоја смога над Лондоном (Met Office, 2024). Процењује се да је 4000 људи умрло од директних последица загађења ваздуха, а да је 100000 људи оболело од респираторних тегоба услед дејства загађења. Новија истраживања сугеришу да је укупан број смртних случајева могао бити знатно већи, између 10000 и 12000 случајева (Bell & Davis, 2001; Bell et al., 2004). Овај догађај је био прекретница и условио је низ догађаја који су се у наредним годинама и деценијама одразили на законодавство у овој области, али и скретање пажње и буђење свести о негативним последицама по здравље изазвано загађењем ваздуха глобално.

Постојале су многоброје тешкоће у успостављању законодавства и регулатива у области загађења ваздуха, као и уопште законских питања о животној средини. Услед недостатка научних сазнања, као и мерења и осматрања, штетни утицај загађења ваздуха био је тешко доказив, без адекватних правних оквира и инструмената за деловање у овој проблематици. Након догађаја у Лондону из 1952. године, низ друштвено-политичких акција довео је до увођења Закона о чистом ваздуху 1956. године (Brimblecombe, 2006; Brimblecombe, 2011). То је утицало на смањење емисија, нарочито SO<sub>2</sub>, и генерално побољшање квалитета ваздуха у градовима. У наредним деценијама општи тренд је био измештање извора загађења, електрана и индустрије из урбаних у руралне средине. Нова енергетска и индустријска постројења су грађена са високим димњацима како би се поспешила дисперзија загађујућих материја и умањили локални ефекти. Процена је да су у Лондону између 1962. и 1975. године концентрације дима и SO<sub>2</sub> смањене за 60%. Ове промене су биле карактеристичне и за друге европске земље и Северну Америку. Међутим, укупне емисије су и даље расле достижући свој врхунац у 1970-им у западном свету, након

чега Кина и азијско-пацифички регион преузимају примат са порастом удела у емисијама на глобалном нивоу. Акцент је и даље био на мерама којима се побољшава квалитет ваздуха у градовима са тежиштем на смањење штетних ефеката на здравље, док се еколошки ефекти нису разматрали. У овом периоду тежиште је било на емисијама SO<sub>2</sub>, међутим развој енергетског сектора, индустрије и пољопривреде утицао је и на пораст емисија оксида азота (NO<sub>x</sub>), испарљивих органских једињења (VOC) и NH<sub>3</sub> на глобалном нивоу (Fowler et al., 2020). Данас, загађен ваздух углавном погађа становништво земаља у развоју, док су земље које су предводиле Индустријску револуцију у значајно мери развиле механизме контроле и превенције загађења.

Откриће ефекта киселих киша у Скандинавији током 1960-их година, преусмерило је фокус утицаја загађења ваздуха са здравља на проблеме у животној средини. Шведски научник Сванте Оден је изнео идеју о прекограничном транспорту сумпора и киселих једињења из земаља емитера као што су Велика Британија, Француска и Немачка, на простор Скандинавије, што је утицало на повећање киселости слатких вода и губитак рибље популације (Odén, 1968). У наредним годинама велики број истраживања и мерења је потврдио ову тезу (Grennfelt al., 2020). Проблем је изложен и на конференцији Уједињених нација (УН) о животној средини у Стокхолму 1972. године, након чега, расте интерес за научним истраживањима еколошких ефеката транспорта загађења на велике удаљености и киселом таложењу. Демонстриране су јасне везе између емисија сумпора у индустријским земљама Европе и транспорта на велике удаљености до скандинавских земаља. Међутим, конкретних акција за смањење емисија није било. Недостајао је мониторинг хемијских особина ваздуха и падавина. Иако је политички интерес био усмерен у том правцу, није постојала правна регулатива за деловање и није било могуће квантификовати допринос појединачних земаља, али и учињену еколошку штету. То је резултирало успостављањем првог мултилатералног споразума у оквиру Економске комисије Уједињених нација за Европу (енг. *The United Nations Economic Commission for Europe*)—Женевске Конвенције о прекограничном загађивању ваздуха на великим удаљеностима (*Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution [CLRTAP]*, 1983) из 1979. године која ступа на снагу 1983. године. Ова конвенција представља основ за деловање у Европи, Северној Америци, Русији и бившим земљама источног блока, са 51 државом потписницом. Конвенцијом су успостављени општи принципи међународне сарадње и оквири за спајање научних сазнања и политика деловања.

Током 1980-их све више се препознају проблеми у животној средини као последица киселих киша и штетних ефеката услед присуства различитих загађујућих материја у атмосфери. Уочене промене у шумском покривачу, али и еутрофикација на простору европског континента стављају овај проблем у средиште научне и политичке пажње. Многе државе успостављају унутрашње регулативе о емисијама, па тако САД 1977. године успостављају Национални програм атмосферског таложења. У овом периоду све више студија указује на

проблем високих концентрација приземног  $O_3$ , нарочито у градским срединама где је део фотохемијског смога, као и на његов негативан утицај на здравље и вегетацију. Високе концентрације приземног  $O_3$  су најпре препознате у Лос Анђелесу, али се показало да и многе европске земље имају проблем са високим вредностима са честим епизодама загађења у индустријским и саобраћајним регионима током лета (Brimblecombe, 2011). У условима толог времена, фотохемијским реакцијама долази до деградације сумпорних оксида ( $SO_x$ ) и VOC уз присуство  $NO_x$  формирајући приземни  $O_3$ , што је условило да многе земље покрећу низ контролних мера које се тичу емисија оксида сумпора и азота, као и VOC. Такође, низ регулатива се односи на смањење емисија метана као прекурсора приземног  $O_3$ . Релативно дуг животни век приземног  $O_3$  у тропосфери чини да он бива транспортован ваздушним струјама на веће удаљености носећи велику штету регионалних, па и континенталних размера.

Проблеми као што су оштећење озонског омотача, емисије гасова са ефектом стаклене баште и климатске промене постају глобалне теме. Настојања научне и политичке заједнице да се заједничким снагама ови проблеми сагледају и успостави јединственост у њиховом решавању, колективна политичка и законодавна активност, резултирала су успостављем неколико конвенција. Бечка конвенција о заштити озонског омотача из 1985. године и Монреалски протокол о супстанцама које оштећују озонски омотач из 1987. године постигли су универзалну ратификацију са циљем да се регулише производња и потрошња супстанци које оштећују озонски омотач (енг. *Ozone Depleting Substances [ODS]*). Главни циљ Монреалског протокала (United Nations Environment Programme, 1987) је постепено укидање хлорофлуороугљеника (CFC) и хидрохлорофлуороугљеника (HCFC), односно гасова који се користе у расхладним и уређајима за климатизацију, при чему је предвиђено да развијене земље избаце из употребе HCFC до 2020. године, односно до 2030. године у земљама у развоју (Монреалски амандман). Као замене за ове гасове, расте употреба хидрофлуороугљеника (HFC), који не оштећују озонски омотач, али имају велики значај због великог потенцијала за глобално загревање. У циљу смањења емисија HFC, 2019. године на снагу је ступио Кигали амандман. Процењује се да је као последица примене Монреалског протокола, употреба ODS смањена за 98% у односу на ниво из 1990. године, а да ће његова даља имплементација омогућити опоравак озонског омотача до средине 21. века.

Оквирна конвенција Уједињених нација о климатским променама (енг. *United Nations Framework Convention on Climate Change [UNFCCC]*) потписана је 1992., односно ступила је на снагу 1994. године, са циљем да се одрже нивои концентрација гасова са ефектом стаклене баште, односно спречи даљи негативни антропогени утицаји на климатски систем, а последично на екосистеме и одрживи развој (United Nations, 1992). UNFCCC представља основу за међународне уговоре и подстицај индустријски развијених земаља за смањење емисија гасова са ефектом стаклене баште (енг. *greenhouse gases [GHG]*), док су протоколи који су



проишли из ње обавезујући. Кјото протокол из 1997. године, који је правно обавезујући за развијене земље, предвидео је смањење глобалних антропогених емисија GHG за најмање 5% (у односу на референтну 1990. годину) у периоду 2008–2012. година. Доха амандман из 2012. године је предвидео измене и допуне Кјото протокола како би се обухватио период 2013–2020. година, међутим он је ступио на снагу тек 2020. године. У оквиру Конференције УН о климатским променама 2015. године усвојен је Париски споразум (ступио је на снагу 2016. године) са циљем ублажавања климатских промена и задржавања пораста глобалне температуре испод 2 °C, односно 1,5 °C у односу на пре-индустријски ниво. Такође, то подразумева смањење емисија кроз дефинисане доприносе за сваку државу. Закључно са 2022. годином, 194 чланице UNFCCC су ратификовале Париски споразум.

Потреба за научним истраживањима утицала је на формирање мрежа за праћење стања и загађења атмосфере. Програм за Глобално осматрање атмосфере (енг. *Global Atmosphere Watch Programme* [GAW]) у оквиру Светске метеоролошке организације (СМО, енг. *World Meteorological Organization* [WMO]) има за циљ проучавање варијабилности и трендова у саставу атмосфере и повезаних физичких параметара и процењује њихове последице. Током 1950-их, СМО је покренула програм о атмосферској хемији и метеоролошким аспектима загађења ваздуха са циљем успостављања редовних осматрања и стандарда прикупљања података ради њихове упоредивости и анализе. У наредним деценијама основан је Глобални систем за осматрање озона (енг. *Global Ozone Observing System* [GO3OS]) и Позадинска мрежа за праћење загађења ваздуха (енг. *Background Air Pollution Monitoring Network* [BAPMoN]), да би њиховим уједињењем 1989. године формиран GAW. Један од главних аспеката програма GAW је да организује, учествује и координира процене хемијског састава атмосфере на глобалном нивоу пружајући поуздане научне информације за националне и међународне креаторе политика, подржава међународне конвенције против уништавања стратосферског озона и прати климатске промене и прекогранично загађење ваздуха на великим удаљеностима. У Европи се кроз деловање Европске агенције за животну средину (енг. *European Environment Agency* [ЕЕА], у даљем тексту ЕЕА) и Европског тематског центара за ваздух и климатске промене (енг. *European topic centre on Air pollution and Climate Change mitigation* [ETC/ACC], у даљем тексту ETC/ACC) као конзорцијума европских института у области загађења ваздуха и климатских промена у оквиру ЕЕА, прикупљају подаци о тренутном стању атмосфере и усклађују европске мреже за праћење и обавезе извештавања. Европска мрежа за информисање и осматрање животне средине (енг. *European Environment Information and Observation Network* [EIONET]) је партнерска мрежа ЕЕА (укључујући земље чланице и земаље учеснице) са циљем обезбеђивања благовремених и поузданих података, експертиза и информација потребних за процену стања животне средине у Европи и притисака које се на њу врше. Национални центри су посредници у комуникацији између ЕЕА и Националних тачака

односно Агенција за животну средину и других институција које се баве прикупљањем података о животnoj средини. Резултат у области загађења ваздуха је база података о квалитету ваздуха која се састоји од вишегодишњих серија података мерења квалитета ваздуха и израчунатих статистика за одређени број загађујућих материја у ваздуху. Такође, садржи мета-информације о укљученим мрежама за праћење, њиховим станицама и мерењима, техникама моделирања квалитета ваздуха, као и зонама квалитета ваздуха, режимима процене, достигнућима усклађености и плановима и програмима квалитета ваздуха.

Са развојем мрежа мониторинга усавршавају се мерни инструменти, а примат у проучавању и праћењу аерозагађења на глобалном нивоу преузимају методе даљинске детекције, односно сателитска осматрања и мерења гасова у траговима и аеросола почев од 1980-их година. Сателитска мерења се врше на основу мерења повратног расејаног Сунчевог зрачења на нивоу једног вертикалног ваздушног стуба у атмосфери. Корекцијом за стратосферски удео, добијају се подаци за ваздушни стуб у тропосфери, док се применом додатног моделовања и корекционих модела може извршити процена концентрација загађујућих материја при Земљиној површини. Мерење гасова се заснива на утврђивању броја молекула у верикалном стубу применом спектроскопских и радиометријских камера, док се суспендоване честице не могу мерити директно, тј. утврђује се оптичка дебљина аеросала (енг. *Aerosol Optical Depth* [AOD]) из чега се процењују подаци о концентрацијама. Сателитска осматрања најчешће обухватају  $O_2$ ,  $NH_3$ ,  $CO$ ,  $O_3$ ,  $CH_4$ ,  $CO_2$  и водену пару (Environment Agency, 2021). Упркос бројним предностима које се огледају у великој просторној покривености, конзистентном и континуираном скупу података, постоје и бројни недостаци, као што су груба просторна (од више десетина па до неколико километара) и временска резолуција (један или два осматрања по дану), веће несигурности у односу на приземна мерења, несигурности при конверзији података, као и захтеви за експертском обрадом и интерпретацијом сателитских осматрања. Међутим, ова мерења веома су значајан извор податка за идентификовање великих подручја загађења, нарочито при емисијама које су последица пожара, пешчаних олуја и вулканских ерупција, као и индустријских загађења великих размера, док се процеси мањих просторних размера не могу уочити. Данас се велики део података обезбеђује снимањем сателитима као што су *NASA Terra and Aqua* сателит са инструментом *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer—MODIS* (AOD), *NASA Terra* сателит са инструментом *Measurements of Pollution In The Troposphere—MOPIT* ( $CO$ ), затим сателитима из мисије Европске свемирске агенције и *Copernicus* програма као што су сателит *Sentinel-5 Precursor* са инструментом *Tropomi* ( $NO_2$ ,  $NH_3$ ,  $CO$ ); сателит *Aura* са инструментом *Ozone Monitoring—OMI* инструмент ( $O_3$ ,  $NO_2$ ,  $SO_2$ , бром-моноксид ( $BrO$ ), формалдехид ( $HCHO$ ), и аеросоли); итд.

Током 20. века глобалне емисије готово свих загађујућих материја су се повећале у односу на преиндустријске нивое. Емисије из

индустрије, енергетског сектора, транспорта и пољопривреде допринеле су повећању концентрација  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}_2$ , неметанских испарљивих органских једињења (NMVOCs) и  $\text{NH}_3$ . Према Hoesly et al. (2018), 1850. године, емисије црног угљеника (енг. Black Carbon [BC], у даљем тексту BC), органског угљеника (енг. Organic Carbon [OC], у даљем тексту OC), CO, NMVOCs из резиденцијалног сектора (грејање и кување), имале су највећи удео у глобалним емисијама са 20–30%, док је  $\text{NO}_x$  учествовао са 3%. Резиденцијални сектор је задржао примат у емисији BC и OC до друге половине 20. века, од када се повећава учешће и других сектора, настављајући свој раст и почетком 21. века (са највећим доприносом Азије и Африке). Пораст броја дизел возила утицао је на раст емисија BC. Генерално, достигнуте вредности емисија свих полутаната 2000. године чиниле су мање од 10% у односу на период пре 1920. године. Емисије из сектора индустрије, енергетике и транспорта су највише допринеле повећању  $\text{SO}_2$ , емисије из саобраћаја повећању  $\text{NO}_x$ , NMVOCs, и CO, емисије из пољопривреде повећању  $\text{NH}_3$ , а емисије из индустрије и енергетике повећању NMVOCs. Повећање концентрација CO је последица емисија из транспортног сектора. Током 1980-их и 1990-их година увођењем катализатора у циљу смањења штетних емисија из возила утицало се на смањење тренда пораста емисије CO, међутим данас CO и даље расте услед сагоревања биомасе из резиденцијалног сектора. Упркос смањењу емисија  $\text{NO}_x$  из транспортног сектора, њихов пораст почетком 20. века последица је емисија из индустрије и енергетског сектора у азијским земљама. Успостављање међународних конвенција, уз примену различитих политика деловања и успостављање законодавства и регулатива на различитим нивоима (како наднационалним, тако и националним) утицале су на смањење и/или успоравање емисија појединих гасова крајем 20. и почетком 21. века, и то доминатно на простору Европе и Северне Америке. Међутим, управо у том периоду емисије из азијских земаља, са највећим уделом Кине, условиле су и даљи пораст на глобалном нивоу. Глобалне емисије  $\text{SO}_2$  су достигле максимум у 1970-им, након чега је уследило смањење до 2000. године (као резултат регулатива у Европи и Северној Америци), а затим и поновни раст услед пораста емисија у Кини и земљама у развоју. Након 2010. године Кина је предузела мере за смањење емисија и смањила своје емисије  $\text{SO}_2$  у периоду 2010–2020. година (Fowler et al., 2020). Данас, глобалне емисије  $\text{NO}_x$ ,  $\text{NH}_3$ , VOC,  $\text{CO}_2$  (осим у Северној Америци и Европи) и даље бележе пораст. Такође, суспендоване честице (енг. *particulate matter* [PM]) аеродинамичког пречника мањег од  $2,5 \mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{2.5}$ ) и приземни  $\text{O}_3$  показују позитиван тренд емисија.

Крајем 20. века и почетком 21. века расте број истраживања повезаности и утицаја аерозагађења на здравље. Велики број студија указује да је загађење, нарочито у погледу изложености (краткорочно и дугорочно) PM честицама, водећи узрок преране смртности са бројним здравственим ефектима на глобалном нивоу. Проблем је нарочито присутан у урбаним срединама, где су вредности PM честица далеко изнад препоручених нивоа безбедних по здравље, док осетљиве групе

обухватају болесне, старо становништво, децу и сиромашне. Нарочито су штетне  $PM_{2.5}$  честице због њихове способности продирања у плућа, одакле даље доспевају у крвоток организма. Такође, услед високе фреквенције саобраћаја у градским срединама, присутан је и проблем високих концентрација  $NO_2$ . Посматрано кроз утицај на превремену смртност и изгубљене године живота процењено је да је загађење један од водећих и постојаних еколошких ризика по здравље у периоду 1990–2015. година у СЗО регионима, са највише негативних последица у источној и југоисточној Азији. Ови показатељи имају позитиван тренд и у Африци и источном Медитерану. Процењено је да је изложеност амбијенталним  $PM_{2.5}$  честицама узрок смртности 4,2 милиона људи на глобалном нивоу и узрок су 103,1 милион изгубљених година живота у свету 2015. године. Такође, процењује се да је смртност порасла од 3,5 милиона у 1990. години на 4,2 милиона у 2015. години (Cohen et al., 2017). Уколико би се елеминисало сагоревање фосилних горива (нарочито угља), укупна смртност на глобалном нивоу као последица изложености  $PM_{2.5}$  честицама смањила би се за 1,05 милиона (што је 27,3% укупног морталитета на свету), док су резиденцијални (19,2%), индустријски (11,7%) и енергетски сектор (10,2%) са највећим доприносом у укупним емисијама (McDuffie, 2021). Овакви подаци говоре у прилог томе да загађење ваздуха данас представља водећи здравствени проблем и као такво мора бити у средишту политика планирања и деловања у области спречавања негативних ефеката услед изложености загађеном ваздуху.

### 3. Законодавство у области заштите ваздуха

#### 3.1. Законодавство Европске уније

Од 1970-их, Европска унија (ЕУ) је почела да предузима мере за побољшање квалитета ваздуха контролисањем емисија штетних материја у атмосферу, побољшањем квалитета фосилних горива и интеграцијом захтева заштите животне средине у транспортни и енергетски сектор. Полазна тачка за развој законодавства ЕУ о квалитету ваздуха била је већ поменута Конвенција о прекограничном загађивању ваздуха на великим удаљеностима (CLRTAP) из 1979. године, која је и данас на снази, а којом координира Европска комисија при ЕУ у Женеви. Конвенцијом се уређују обавезе држава чланица у вези са предузимањем мера ради смањења емисија загађујућих материја у ваздух и прекограничног транспорта загађења. Ову Конвенцију су пратили протоколи којима се постављају циљеви и ближе дефинишу начини смањења емисија појединих загађујућих материја (EUR-lex, n.d.):

- Протокол о дугорочном финансирању кооперативног програма за праћење и процену преноса загађујућих материја на велике удаљености у Европи (EMEP). Представља инструмент за међународну поделу трошкова тј. финансирање програма

мониторинга загађења ваздуха у Европи. Протокол је донет у Женеви (Швајцарска), 28. септембра 1984. године, а ступио је на снагу 28. јануара 1988. године;

- Протокол о смањењу емисије сумпора или његовог прекограничног транспорта за најмање 30%, проистекао је из споразума за смањење емисија за 30%, односно формирања Клуба 30%, при чему је циљ смањити емисије за најмање 30% у односу на достигнуте нивое 1980. године. Протокол је донет у Хелсинкију (Финска) 8. јула 1985. године, а ступио је на снагу 2. септембра 1987. године;
- Протокол о контроли емисија азотних оксида или њихових прекограничних токова усмерен је на два основна циља: смањење емисија NO<sub>x</sub> на нивое из 1987. године и даље смањење емисија азотних једињења са акцентом на NH<sub>3</sub> и VOC имајући у виду њихов значај за фотохемијско загађење, ацидификацију и еутрофикацију са идентификацијом свих значајнијих извора. Протокол је усвојен у Софији (Бугарска) 31. октобра 1988. године, а ступио је на снагу 14. фебруара 1991. године;
- Протокол о контроли емисија VOC са циљем смањења емисија VOC које су значајне за фотохемијско формирање приземног озона са смањењем достигнутих нивоа током 1980-их за 30% до 1999. године. Усвојен је у Женеви (Швајцарска) 18. новембра 1991. године, а ступио је на снагу 29. септембра 1997. године;
- Протокол о даљем смањењу емисије сумпора заснован је на Хелсиншком протоколу и имао је за циљ заустављање емисија до 2010. године успостављањем низа мера укључујући повећање енергетске ефикасности и коришћење обновљивих извора енергије. Усвојен је у Ослу (Норвешка), 14. јуна 1994. године, а ступио је на снагу 5. августа 1998. године;
- Протокол о тешким металима донет је са циљем смањења емитовања и отпуштања кадмијума, олова и живе на нивое пре 1990. године, односно у периоду између 1985. године и 1995. године. Усвојен је у Архусу (Данска) 24. јуна 1998. године, а ступио је на снагу 23. октобра 2003. године. Протокол је измењен 2012. године са циљем увођења строжијих граничних вредности за тешке метале са проширеном листом активности на које се ове рестрикције односе;
- Протокол о постојаним органским загађујућим материјама усвојен је са циљем смањења емисије и испуштања и губитака производа који садрже диоксин, фуран, полицикличне ароматичне угљоводонике и хексахлоробензен испод нивоа у 1990. (или алтернативној години између 1985. и 1995. године). За спаљивање комуналног, опасног и медицинског отпада прописане су посебне граничне вредности. Првобитно се фокусирао на листу од 16 супстанци које су издвојене према договореним критеријумима ризика. Супстанце су се састојале од 11 пестицида, две индустријске хемикалије и три нуспроизвода/загађујуће материје.

Донет је у Архусу (Данска), 26. јуна 1998. године, а ступио је на снагу 23. октобра 2003. године. Протокол је измењен 2009. године и укључује седам нових супстанци: хексахлоробутадиен, октабромодифенил етар, пентахлоробензол, пентабромодифенил етар, перфлуорооктан сулфонате, полихлороване нафталене и хлорисане парафине кратког ланца;

- Протокол о сузбијању закисељавања, еутрофикације и приземног озона донет је са циљем да се поставе горње вредности емисија у периоду 2010–2020. година за  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{VOC}$  и  $\text{NH}_3$ . Предвиђено је низ мера и прописа за смањење емисија из различитих стационарних и мобилних извора (енергетски сектор, индустрија, пољопривреда, итд.). Усвојен је у Гетеборгу (Шведска), 30. новембра 1999. године, а ступио је на снагу 17. маја 2005. године. Протокол је измењен 2012. године са низом техничких анекса који између осталог укључују и обавезно смањење емисија суспендованих честица.

Законодавство ЕУ у области квалитета ваздуха састоји се од директива и уредби, које укључују и оне које постављају ограничења емисија у ваздух из мобилних и стационарних извора. Главне алатке за превенцију и ублажавање загађења у ЕУ су Директиве. Оне постављају одређене циљеве који се морају постићи, али је свака држава чланица слободна да одлучи како да их угради у националне законе. Политика квалитета ваздуха у ЕУ заснива се на неколико основних скупова директива и уредби који су од посебног значаја за заштиту квалитета ваздуха (Crippa et al., 2016; Koolen & Rothenberg, 2019; Lopez, 2020):

1. Директиве о квалитету амбијенталног ваздуха (енг. *Ambient Air Quality Directives* [AAQD]) имају за циљеве да дефинишу заједничке методе за праћење и процену квалитета ваздуха и да успоставе стандарде које треба постићи широм ЕУ. Тренутно су на снази две комплементарне директиве о квалитету амбијенталног ваздуха:
  - Директива 2008/50/ЕЦ (енг. *Clean Air For Europe Directive* [SAFE], у даљем тексту SAFE директива) о одређивању захтева за оцењивање концентрација  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$  и  $\text{NO}_x$ , суспендованих честица ( $\text{PM}_{10}/\text{PM}_{2.5}$ ), олова (Pb), бензена ( $\text{C}_6\text{H}_6$ ),  $\text{CO}$ , приземног озона ( $\text{O}_3$ ) у амбијенталном ваздуху унутар зоне или агломерације (European Commission [EC], 2008a);
  - Директива 2004/107/ЕЦ о арсену (As), кадмијуму (Cd), живи (Hg), никлу (Ni) и полицикличним ароматичним угљоводоницима у амбијенталном ваздуху (EC, 2004a).

Први значајан документ који је свеобухватно регулисао питање квалитета амбијенталног ваздуха је била Оквирна директива о квалитету ваздуха (EC, 1996) након које су усвојене и четири друге директиве, тзв. „директиве кћери” које постављају ограничења за специфичне загађујуће материје: 1999/30/ЕЦ (EC, 1999a) о граничним вредностима за  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$  и  $\text{NO}_x$ , суспендоване честице  $\text{PM}_{10}/\text{PM}_{2.5}$  и Pb у амбијенталном ваздуху, 2000/69/ЕЦ (EC, 2000) о граничним вредностима за  $\text{C}_6\text{H}_6$  и  $\text{CO}$  у ваздуху околине, 2002/3/ЕЦ (EC, 2002) која се односи на озон у

амбијенталном ваздуху и 2004/107/EC (EC, 2004a) која се односи на As, Cd, Hg, Ni и полицикличне ароматичне угљоводонике у амбијенталном ваздуху. Оквирна директива и три од четири „директиве кћери” су 2008. године уједињене у SAFE директиву о квалитету амбијенталног ваздуха и чистијем ваздуху за Европу која је настала као резултат Тематске стратегије о загађивању ваздуха из 2005. године. У SAFE директиву уграђени су и општи циљеви Одлуке о успостављању реципрочне размене информација и података са мрежа и појединачних станица за мерење загађења амбијенталног ваздуха унутар држава чланица (97/101/EC, EoI<sup>2</sup>) (EC, 1997, 2001a). У овој одлуци је дефинисано да ће се информације које ће државе чланице слати Комисији ЕУ односити на карактеристике мерних станица, мерну опрему и оперативне процедуре станица, као и на структуру и организацију мрежа којима оне припадају. Европска комисија је 2002. године издала смернице државама чланицама да помогну у њиховом разумевању обавеза извештавања (Garber et al., 2002).

SAFE директива (EC, 2008a) и директива 2004/107/EC (EC, 2004a) имају следеће циљеве:

(а) Постављање стандарда квалитета ваздуха за читаву ЕУ за следеће загађујуће материје у ваздуху: SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, O<sub>3</sub>, C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>, Pb, CO, As, Cd, Hg, Ni и бензо(а)пирен (C<sub>20</sub>H<sub>12</sub> или BaP).

(б) Дефинисање заједничких метода за праћење и процену квалитета ваздуха што подразумева:

- усклађивање метода и критеријума за процену квалитета ваздуха у свим државама чланицама на упоредив и поуздан начин,
- успостављање мреже мерних станица и тачака за узорковање на основу заједничких критеријума у погледу одређивања минималног броја тачака узорковања, квалитета података, неприхватљиве несигурности у праћењу и моделирању,
- успостављање зона квалитета ваздуха и/или агломерација на територији сваке државе чланице,
- праћење и процењивање концентрација загађујућих материја у ваздуху у свим зонама и/или агломерацијама,
- класификовање зоне и/или агломерације према одређеним проценама,
- коришћење референтних мерних метода заснованих на међународним стандардима или еквивалентним методама,
- обезбеђивање тачности мерења.

(в) Обезбеђивање да информације о квалитету амбијенталног ваздуха буду доступне јавности. Државе чланице су у обавези да на годишњем нивоу извештавају Европску комисију и обавештавају ширу јавност о резултатима процене квалитета ваздуха и да обезбеде и саопште текуће информације о загађењу ваздуха.

<sup>2</sup> Exchange of Information—Одлука о размени информација

(г) Одржавање квалитета ваздуха тамо где је добар и побољшање у другим случајевима. Директиве налажу државама чланицама да израде планове квалитета ваздуха уколико у одређеним зонама или агломерацијама дође до прекорачења било које граничне или циљне вредности. Планови квалитета ваздуха морају прво да идентификују главне изворе који емитују загађујуће материје и наведу разлоге за прекорачења, а затим да на основу ових информација, одреде мере за смањење загађења које имају за циљ да период прекорачења у тој зони/агломерацији буде што краћи. Такође, уколико постоји ризик да нивои загађујућих материја прекораче неки од прагова упозорења прописаних САФЕ директивом, државе чланице су у обавези да израде акционе планове у којима су прописане мере за смањење ризика прекорачења.

(д) Промовисање сарадње између држава чланица у циљу смањења загађења ваздуха.

Дана 26. октобра 2022. године, Европска комисија је усвојила „Пакет без загађења” (енг. *Zero Pollution Package*) чији је саставни део предлог ревизије директива о квалитету амбијенталног ваздуха које су тренутно на снази. Циљ ревизија је усклађивање стандарда квалитета ваздуха са најновијим здравственим смерницама Светске здравствене организације (World Health Organization [WHO], 2021).

2. Директиве о националним граничним вредностима емисија (енг. *National Emission reduction Commitments [NEC]*) којима се утврђују националне обавезе за смањење емисија су:

- Директива 2001/81/ЕС и 2010 ревизија—о националним граничним вредностима емисија за  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ , неметанских испарљивих органских једињења (NMVOCs) и  $\text{NH}_3$  (ЕС, 2001b);
- Директива ЕУ 2016/2284—о смањењу националних емисија одређених атмосферских загађујућих материја, измена Директиве 2003/35/ ЕС и укидање Директиве 2001/81/ЕС (ЕС, 2016a).

Ове директиве имају за циљ да смање утицај прекограничног загађења ваздуха, ограниче емисије загађујућих материја који закисељавају и еутрофикују, као и да смање концентрације прекурсора озона. Прва NEC директива је усвојена 2001. године и односила се на четири загађујуће материје:  $\text{NO}_x$ , NMVOCs,  $\text{NH}_3$  и  $\text{SO}_2$ . У оквиру програма „Програм чистог ваздуха за Европу” који је утврдио циљеве за загађење ваздуха за 2020. и 2030. годину усвојена је нова директива којом се прописују строже границе за те загађујуће материје и додаје се граница за  $\text{PM}_{2.5}$ . Нова NEC директива, 2016/2284/EU, је ступила на снагу 31. децембра 2016. године, а државе чланице су имале обавезу да је до 1. јула 2018. године унесу у своје законодавство. NEC директива обавезује државе чланице да смање емисије у периоду од 2020. до 2029. године, и од 2030. године па надаље, а основни циљ је смањење броја превремених смрти узрокованих загађењем ваздуха за 55%. Како би се постигли прописани циљеви државе чланице су у обавези да израде и спроводе националне програме контроле загађења ваздуха које укључују мере за смањење емисија из релевантних сектора.



3. Директиве и уредбе који регулишу загађење ваздуха из специфичних извора у секторима као што су индустрија и транспорт сврстане су у неколико групација:

(а) Директиве о емисијама из стационарних извора:

- Директива 2010/75/EU—о емисији из индустрије (ЕС, 2010а);
- Директива 2015/2193/ЕС—о ограничењу емисије одређених загађујућих материја у ваздух из средњих постројења за сагоревање (ЕС, 2015а).

(б) Директиве о квалитету производа:

- Директива 1999/32/ЕС—о смањењу садржаја сумпора у одређеним течним горивима и изменама Директиве 93/12/ЕЕС (ЕС, 1999б);
- Директива 2004/42/ЕС—о ограничењу емисије испарљивих органских једињења услед употребе органских растварача у одређеним бојама и лаковима и производима за дораду возила и измени Директиве 1999/13/ЕС (ЕС, 2004б);
- Директива 2009/30/ЕС—измена Директиве 98/70/ЕС у вези са спецификацијом бензина, дизела и гас-уља и увођење механизма за праћење и смањење емисије гасова стаклене баште и измена Директиве Савета 1999/32/ЕС у погледу спецификације горива које користе пловила на унутрашњим пловним путевима и укидање Директиве 93/12/ЕЕС (ЕС, 2009а);
- Директива 2012/33/EU—измена Директиве Савета 1999/32/ЕС у погледу садржаја сумпора у бродским горивима (ЕС, 2012а).

(в) Директиве и уредбе о квалитету машина:

- Директива 2007/46/ЕС—устпостављање оквира за одобравање моторних возила и њихових приколица, као и система, компоненти и засебних техничких јединица намењених за таква возила (ЕС, 2007а);
- Уредба 715/2007/ЕС—о одобрењу типа моторних возила у погледу емисија из лаких путничких и комерцијалних возила (Еуро 5 и Еуро 6) и о приступу информацијама о поправци и одржавању возила (ЕС, 2007б);
- Уредба 692/2008/ЕС—имплементација и допуна Уредбе (ЕС) бр. 715/2007 Европског парламента и Савета о одобрењу типа моторних возила у погледу емисија из лаких путничких и комерцијалних возила (Еуро 5 и Еуро 6) и о приступу информацијама о поправци и одржавању возила (ЕС, 2008б);
- Уредба (EU) 2016/427—о изменама и допунама Уредбе (ЕС) бр. 692/2008 у погледу емисија из лаких путничких и комерцијалних возила (Еуро 6) (ЕС, 2016б);
- Уредба 595/2009/ЕС—о одобрењу типа моторних возила и мотора у погледу емисија из тешких возила (Еуро 6) и о приступу информацијама о поправци и одржавању возила и о изменама и допунама Уредбе (ЕС) бр. 715/2007 и Директиве

2007/46/ЕС и укидање Директива 80/1269/ЕЕС, 2005/55/ЕС и 2005/78/ЕС (ЕС, 2009b);

- Уредба (ЕУ) 582/2011—имплементација и допуна Уредбе (ЕС) бр. 595/2009 Европског парламента и Савета у вези са емисијама из тешких возила (Еуро 6) и изменама и допунама Анекса I и III Директиве 2007/ 46/ЕС Европског парламента и Савета (ЕС, 2011).

(г) Уредбе о вандрумским мобилним машинама:

- Уредба (ЕУ) 2016/1628—о захтевима који се односе на ограничења емисије гасовитих загађујућих материја и честица и хомологацију типа за моторе са унутрашњим сагоревањем за вандрумску мобилну механизацију, о изменама и допунама Уредбе (ЕУ) бр. 1024/2012 и (ЕУ) бр. 167/2013. и о измени и стављању ван снаге Директиве 97/68/ЕС (ЕС, 2016с).

Важан сектор у погледу управљања квалитетом ваздуха је енергетски сектор. Кључни документи на нивоу ЕУ везани за енергетски сектор су „Енергетски пакети” који, поред отварања националних тржишта гаса и електричне енергије конкуренцији, имају за циљ да смање емисије загађујућих материја у ваздух. Енергетски пакети промовишу коришћење обновљивих извора енергије и повећање енергетске ефикасности. До сада је усвојено пет енергетских пакета, а последњи из 2021. године усвојен је са циљем усклађивања енергетских циљева ЕУ са новим европским климатским амбицијама за 2030. и 2050. годину. Може се очекивати да ће имплементација овог енергетског пакета играти важну улогу у постизању смањења емисија загађујућих материја. Енергетске директиве и уредбе су:

- Директива 2009/28/ЕС—о промоцији коришћења енергије из обновљивих извора и измени и накнадном укидању Директива 2001/77/ЕС и 2003/30/ЕС (ЕС, 2009с);
- Директива 2010/31/ЕС—о енергетским карактеристикама зграда (ЕС, 2010b);
- Директива 2012/27/ЕУ—о енергетској ефикасности, која мења директиве 2009/125/ЕС и 2010/30/ЕУ и ставља ван снаге Директиве 2004/8/ЕС и 2006/32/ЕС (ЕС, 2012b);
- Уредба (ЕУ) 2015/1185—имплементација Директиве 2009/125/ЕС Европског парламента и Савета у вези са захтевима екодизајна за локалне грејаче простора на чврсто гориво (ЕС, 2015b).

### 3.2. Законодавство Републике Србије

У Републици Србији законска регулатива у области загађења ваздуха регулисана је законима и пратећим законским актима (уредбама, правилницима, итд.). Управљање квалитетом ваздуха, као и мере, организација и контрола спровођења заштите и побољшања квалитета ваздуха регулисане су Законом о заштити ваздуха (2009, 2013, 2021).

Такође, законом је дефинисана доступност података о квалитету ваздуха, као и извршавање обавеза у складу са потврђеном међународном сарадњом и уговорима у области заштите и побољшања квалитета ваздуха. Уредбама, као подзаконским актима, се детаљније и одређеније дефинишу одређене законске одредбе.

Законом о заштити ваздуха (2009, 2013, 2021) су дефинисана овлашћења и дужности у заштити и побољшању квалитета ваздуха, а за чије извршавање су задужени Република Србија, аутономне покрајине, јединице локалне самоуправе, привредна друштва, предузетници, као и друга правна и физичка лица. Праћење квалитета ваздуха и емисија у ваздух је у надлежности органа државне управе и правних лица која имају дозволу за обављање ове делатности. У циљу контроле, одржавања стања и/или унапређења квалитета ваздуха одређују се зоне и агломерације на територији Републике Србије. Уредбом о одређивању зона и агломерација (2011, 2012) одређене су три зоне и осам агломерација и то: зона Србија (територија Републике Србије осим територија аутономних покрајина, града Београда, града Ниша, општине Бор, града Ужица, града Смедерева и општине Косјерић), зона Војводина (територија Аутономне покрајине Војводине осим територије града Новог Сада и града Панчева) и зона Косово и Метохија (територија Аутономне покрајине Косово и Метохија); агломерације Београд (територија града Београда), Ниш (територија града Ниша), Нови Сад (територија града Новог Сада), Ужице (територија града Ужица), Смедерево (територија града Смедерева), Бор (територија општине Бор), Панчево (територија општине Панчево) и Косјерић (територија општине Косјерић).

Мониторинг квалитета ваздуха је у надлежности Републике Србије, аутономних покрајина и јединица локалне самоуправе. Државна и локална мрежа мерних станица чине систем мониториња квалитета ваздуха, док се могу обавити и наменска индикативна мерења уколико се укаже потреба. За праћење квалитета ваздуха у оквиру државне мреже задужене су Агенција за заштиту животне средине и републичка организација надлежна за хидролошке и метеоролошке послове, као и овлашћена правна лица. Уредбом о утврђивању Програма контроле квалитета ваздуха у државној мрежи (2011) одређен је број и распоред мерних места и/или мерних станица у зонама и агломерацијама, као и обим, врста и учесталост мерења. Државна мрежа има за циљ мерења регионалног и прекограничног атмосферског преноса загађујућих материја у ваздуху и аероседиментима у оквиру међународних обавеза, затим мерење квалитета ваздуха у насељима, индустријским и ненасељеним подручјима, у заштићеним природним добрима и заштићеној околини непокретних културних добара, као и у подручјима под утицајем, одређених извора загађивања, укључујући покретне изворе и изворе алергеног полена. Локална мрежа се успоставља за праћење квалитета ваздуха на нивоу аутономне покрајине и јединице локалне самоуправе. Мониторинг квалитета ваздуха у локалној мрежи обавља се према програму који за своју територију доноси надлежни орган аутономне покрајине и надлежни орган јединице локалне

самоуправе, а који мора бити усклађен са Програмом контроле квалитета ваздуха у државној мрежи.

Законом су прописане загађујуће материје на основу којих се врши оцењивање квалитета ваздуха и то: концентрација сумпор-диоксида, азот-диоксида и оксида азота, суспендованих честица (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>), олова, бензена и угљен-моноксида, приземног озона, арсена, кадмијума, никла и бензо(а)пирена, и за друге загађујуће материје, које су као такве утврђене релевантним међународним прописима. Резултати мерења концентрација загађујућих материја упоређују се са прописаним граничним, толерантним и циљним вредностима нивоа загађујућих материја у ваздуху у циљу утврђивања нивоа загађености ваздуха. На предлог ресорног Министарства, Влада утврђује услове за мониторинг и то у погледу одређивања мерних места, методологије мерења и оцењивања квалитета ваздуха, испуњености захтева у погледу квалитета и стандарда података, као и обима и садржаја информација о оцењивању квалитета ваздуха. Законом су прописани и захтеви квалитета ваздуха; нумеричке вредности граничних нивоа загађујућих материја у ваздуху, доње и горње границе оцењивања квалитета ваздуха, критичних нивоа, граница толеранције и толерантних вредности, циљних вредности и (националних) дугорочних циљева загађујућих материја у ваздуху, концентрација опасних по здравље људи и концентрација о којима се извештава јавност. Услови за вршење мониторинга квалитета ваздуха и захтеви квалитета ваздуха су детаљније одређени Уредбом о условима за мониторинг и захтевима квалитета ваздуха (2010, 2010, 2013). Такође, прописане су и категорије квалитета ваздуха: прва (чист или незнатно загађен ваздух), друга (умерено загађен ваздух) и трећа (прекомерно загађен ваздух). За сваку зону и агломерацију, на бази података добијених са мерних места и локација за узимање узорака за фиксна мерења, надлежни орган припрема информацију о оцењивању квалитета ваздуха за сваку календарску годину, односно Влада доноси Уредбе о утврђивању Листе категорија квалитета ваздуха по зонама и агломерацијама на територији Републике Србије за сваку календарску годину.

Прописани инструменти политике и планирања заштите ваздуха обухватају Стратегију заштите ваздуха, Планове квалитета ваздуха, краткорочне акционе планове, Национални програм за постепено смањивање годишњих максималних националних емисија загађујућих материја и Планове оператера за смањење емисија из стационарних постројења. У циљу решавања проблема емисија из највећих извора загађења усвојен је Национални план за смањење емисија главних загађујућих материја које потичу из старих великих постројења за сагоревање (2020) и Програм заштите ваздуха у Републици Србији за период од 2022. до 2030. године са акционим планом (2022).

Законом су предвиђене и мере за спречавање и смањење загађења ваздуха кроз прописе граничних вредности емисија за различите изворе, дозвољене вредности загађујућих материја у одређеним производима, укључујући и мере за смањење емисија

гасова са ефектом стаклене баште и смањивање употребе супстанци које оштећују озонски омотач. Поред Закона о заштити ваздуха (2009, 2013, 2021), законска питања у области загађења ваздуха дефинисана су и другим законима и уредбама, од којих већина се односи на спровођење и реализацију међународних конвенција и протокола чији је потписник Република Србија. Ови закони обухватају:

- Закон о ратификацији Конвенције о прекограничном загађивању ваздуха на великим удаљеностима (1986);
- Закон о потврђивању Протокола о тешким металима уз Конвенцију о прекограничном загађивању ваздуха на великим удаљеностима из 1979. године (2012);
- Закон о потврђивању Протокола о дуготрајним органским загађујућим супстанцама уз Конвенцију о прекограничном загађивању ваздуха на великим удаљеностима из 1979. године (2012).

Закони у области заштите озонског омотача обухватају:

- Закон о ратификацији Монреалског протокла о супстанцама које оштећују озонски омотач (1990);
- Закон о потврђивању Амандмана на Монреалски протокол о супстанцама које оштећују озонски омотач (2021);
- Закон о ратификацији Бечке конвенције о заштити озонског омотача, са прилозима I и II (1990).

Уредбе и правилници у области заштите ваздуха и озонског омотача:

- Уредба о поступању са супстанцама које оштећују озонски омотач, као и о условима за издавање дозвола за увоз и извоз тих супстанци (2010, 2013);
- Уредба о критеријумима и начину одобравања програма и пројеката који се реализују у оквиру механизма чистог развоја (2010);
- Уредба о методологији прикупљања података за национални инвентар ненамерно испуштених дуготрајних органских загађујућих супстанци (2010);
- Уредба о методологији прикупљања података за национални инвентар емисије гасова са ефектом стаклене баште (2010);
- Уредба о граничним вредностима емисија загађујућих материја у ваздух из постројења за сагоревање (2016);
- Уредба о сертификацији лица која обављају одређене делатности у вези са супстанцама које оштећују озонски омотач и одређеним флуорованим гасовима са ефектом стаклене баште (2016);
- Уредба о мерењима емисија загађујућих материја у ваздух из стационарних извора загађивања (2016);
- Уредба о граничним вредностима емисија загађујућих материја у ваздух из стационарних извора загађивања, осим постројења за сагоревање (2015);

- Уредба о методологији за израду инвентара емисија и пројекција загађујућих материја у ваздух (2016);
- Уредба о поступању са флуорованим гасовима са ефектом стаклене баште, као и о условима за издавање дозвола за увоз и извоз тих гасова (2013, 2018);
- Уредба о листи индустријских постројења и активности у којима се контролише емисија испарљивих органских једињења при одређеној потрошњи растварача и укупним дозвољеним емисијама, као и шеми за смањење емисија (2011);
- Правилник о садржају планова квалитета ваздуха (2010);
- Правилник о садржају краткорочних акционих планова (2010);
- Правилник о начину размене информација о мерним местима у државној и локалној мрежи, техникама мерења, као и о начину размене података добијених праћењем квалитета ваздуха у државној и локалним мрежама (2010);
- Правилник о условима за издавање дозволе за мерење квалитета ваздуха и дозволе за мерење емисије из стационарних извора загађивања (2012);
- Правилник о техничким мерама и захтевима који се односе на дозвољене емисионе факторе за испарљива органска једињења која потичу из процеса складиштења и транспорта бензина (2012);
- Правилник о условима за издавање сагласности оператерима за мерење квалитета ваздуха и/или мерење емисије из стационарних извора загађења (2011);
- Одлука о оснивању националног тела за спровођење пројекта механизма чистог развоја (2010, 2012).

Додатна законска акта садржана су у оквиру постојећих закона о заштити животне средине и климатским променама, као и другим областима којима се штити ваздух као природна вредност од општег интереса.

### 3.3. Стандарди квалитета ваздуха

Као што је већ наведено у потпоглављима 3.1 и 3.2 прагови концентрација загађујућих материја који се не смеју прекорачити у датом временском периоду су у ЕУ дефинисани у директивама 2004/107/ЕС (ЕС, 2004а) и 2008/50/ЕС (ЕС, 2008а), док су у Србији они су дефинисани Уредбом о условима за мониторинг и захтевима квалитета ваздуха (у даљем тексту Уредба; 2010, 2010, 2013). Поред поменуте законске регулативе која је обавезујућа, Светска здравствена организација (СЗО) је произвела низ здравствених препорука које нису обавезујуће, а које имају за циљ да помогну владама и цивилном друштву да смање изложеност становништва загађењу ваздуха и његовим штетним ефектима (WHO, 2021).

### 3.3.1. Стандарди квалитета ваздуха у ЕУ

У овом потпоглављу детаљније су представљени начини класификација мерних станица, захтеви у погледу расположивости података и прагови концентрација загађујућих материја. Према Еол (ЕС, 2001а; Garber et al., 2002) станице на којима се врши мерење загађења ваздуха треба класификовати према типу подручја у коме се налазе и према томе који тип извора доминира нивоом загађења ваздуха на станици. Шема класификације има три нивоа који нису хијерархијски подређени: 1 врсте подручја, 2 типови станица (на основу извора загађујућих материја) и 3 додатни метаподаци. Ниво 3 се не употребљава за класификацију станица сам по себи, већ треба да садржи податке и информације које се могу користити приликом поређења станица и процене квалитета ваздуха на основу података са станица. На основу Еол класификације, станице су разврстане по следећем критеријуму:

- Врста подручја: урбано (енг. *Urban* [U]), субурбано (енг. *Suburban* [SU]), рурално (енг. *Rural* [R]);
- Тип станице: саобраћајна (енг. *Traffic*, T), индустријска (енг. *Industrial* [I]), позадинска (енг. *Background* [B]);
- Метаподаци—карактеристика подручја: стамбена (енг. *Residential* [R]), пословна (енг. *Commercial* [C]), индустријска [I], пољопривредна (енг. *Agricultural* [A]), природна (енг. *Natural* [N]), стамбено-пословна [RC], пословно-индустријска [CI], индустријско-стамбена [IR], стамбено-пословно-индустријска [RCI], пољопривредно-природна [AN].

Урбано или градско подручје се односи на континуирано изграђено урбано подручје, што подразумева потпуну (или барем преовлађујућу) изграђену предњу страну улице зградама са најмање два спрата или великим самостојећим зградама са најмање два спрата. Субурбано или приградско подручје је претежно изграђено подручје и подразумева непрекидно насеље самостојећих зграда помешано са сурбанизованим површинама (мале водене површине, шума, пољопривредно земљиште) било које величине са мањом густином изграђености него за „континуирано изграђено” подручје. Рурално подручје укључује сва подручја која не испуњавају критеријуме за градска или приградска подручја.

Саобраћајна станица је смештена тако да на њен ниво загађења претежно утичу емисије са оближњих путева. Индустријска станица је смештена тако да на њен ниво загађења утичу претежно емисије из околине из појединачних индустријских извора или су то индустријска подручја са много извора. Позадинска станица је смештена тако да на њен ниво загађења не утиче значајно ниједан извор или улица, већ интегрисани допринос из свих извора загађења смештених уз ветар од станице. Мора се имати на уму да се станица може различито класификовати за различите загађујуће материје (ЕС, 2001а).

Захтеви у погледу расположивости података дефинисани у ЕУ директивама о квалитету амбијенталног ваздуха, разликују се за фиксна<sup>3</sup> и индикативна<sup>4</sup> мерења, и приказани су у табели 3.3.1.1.

Табела 3.3.1.1. Захтеви у погледу расположивости података

Загађујућа материја	Фиксна		Индикативна	
	Минимална расположивост	Минимална временска покривеност	Минимална расположивост	Минимална временска покривеност
SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , CO	90%	-	90%	14%*
PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	90%	-	90%	14%*
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	90%	35%**   90%***	90%	14%****
Приземни O <sub>3</sub>	90% лети 75% зими	-	90%	> 10% лети
As, Cd, Ni	90%	50%	90%	14%
BaP	90%	33%	90%	14%
PaH, Hg	90%	-	90%	14%
Укупно таложење	90%	-	90%	33%

\*једно насумично мерење недељно, равномерно распоређено током године или осам једнако распоређених недеља током године; \*\*распоређено током године тако да буде репрезентативно у односу различите климатске услове и саобраћај, односи се на позадинске и саобраћајне локације; \*\*\* индустријске локације; \*\*\*\*једно насумично мерење дневно, равномерно распоређено током године или осам недеља равномерно распоређених током године

У табели 3.3.1.2 представљене су гранична вредност (ГВ), циљна вредност (ЦВ), број дозвољених прекорачења ГВ/ЦВ у календарској години, граница толеранције и горња и доња граница оцењивања. Гранична вредност представља највиши дозвољени ниво загађујуће материје у ваздуху, утврђен на основу научних сазнања, како би се избегле, спречиле или смањиле штетне последице по здравље људи и/или животну средину и која се не сме прећи када се једном достигне, а прописана за SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, Pb, CO и C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>. За PM<sub>2.5</sub> гранична вредност на годишњем нивоу прописана је до 2015. године и до 2020. године. Циљна вредност представља ниво загађујуће материје утврђен како би се избегли, спречили или смањили штетни ефекти по здравље људи и/или животну средину у целини, која ће бити постигнута у утврђеном року и прописана је за PM<sub>2.5</sub>, приземни O<sub>3</sub>, As, Cd, Ni и BaP. Треба напоменути да се вредности за највеће дневне осмочасовне средње вредности за CO и приземни O<sub>3</sub> заснивају на проучавању осмочасовних узастопних просека, израчунатих на основу једночасовних података ажурираних сваког сата. Сваки тако израчунат осмочасовни просек приписује се дану у којем се утврђивање просека завршава (први период

<sup>3</sup> мерења која се врше на фиксним локацијама, континуалним или повременим узимањем узорака у циљу утврђивања нивоа загађујућих материја у складу са релевантним циљевима квалитета података.

<sup>4</sup> мерења за које се постављају мање строги захтеви у погледу квалитета података од оних који се захтевају за фиксна мерења.



рачунања за сваки појединачни дан је период од 17 часова претходног дана до 1 час тог дана; последњи период рачунања за сваки појединачни дан је период од 16 часова до 24 часа тог дана). За неке од загађујућих материја дозвољена су прекорачења граничне и циљне вредности у одређеном периоду, што је регулисано границом толеранције. Граница толеранције представља проценат дозвољеног прекорачења граничне вредности који се сваке године смањивао док не достигне 0% у одређеном временском року. Гранична вредност увећана за границу толеранције назива се толерантна вредност (ТВ). Горња граница оцењивања је прописани ниво загађујуће материје испод кога се оцењивање може вршити комбинацијом мерења и метода процене на основу математичких модела и/или других меродавних метода процене, док је доња граница оцењивања прописан ниво загађујуће материје испод кога се оцењивање може вршити само помоћу метода процене на основу математичких модела и/или других метода процене. Када ниво загађујуће материје прелази горњу границу оцењивања за оцењивање квалитета ваздуха користе се подаци добијени фиксним мерењима који се могу допуњавати подацима добијеним техникама моделовања и/или индикативним мерењима. Када има довољно расположивих података, прекорачења горње и доње границе оцењивања утврђују се на основу концентрација забележених у току претходних пет година, а граница оцењивања сматра се прекораченом уколико је до прекорачења дошло током најмање три од пет година. Кад постоје подаци за период краћи од пет година, у циљу утврђивања прекорачења горње и доње границе оцењивања, могу се комбиновати резултати краткотрајних мерења вршених у току једне године на локацијама за које је карактеристичан највиши ниво загађења, са подацима добијеним из регистра емисија и са резултатима моделовања (ЕС, 2008а).

Поред критеријума представљених у табели 3.3.1.2 за поједине загађујуће материје прописани су и дугорчни циљеви, дозвољени ниво изложености, прагови обавештења и упозорења и критични нивои концентрација загађујућих материја за заштиту вегетације. За приземни  $O_3$  прописан је и дугорични циљ који износи  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , а представља ниво загађујуће материје који се поставља као циљ у дужем временском периоду, ако применом одговарајућих мера граничну вредност није могуће достићи у задатом року. За  $PM_{2.5}$  је прописан дозвољени ниво изложености који износи  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , а рок за његово достизање је била 2015. година. За приземни  $O_3$ ,  $SO_2$  и  $NO_2$ , су такође прописани и прагови упозорења који износе  $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$  и  $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$  редом, а односе се на ниво загађујуће материје чије прекорачење представља опасност по здравље од краткотрајне изложености за целокупно становништво и о којој је неопходно хитно и одговарајуће информисање јавности. Критични ниво јесте ниво загађујуће материје заснован на научним сазнањима, изнад кога се може појавити директан штетан ефекат на неке рецепторе као што су дрвеће, друге биљке или природни екосистеми, али не на људе, и прописан је за  $SO_2$  ( $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) и  $NO_x$  ( $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Табела 3.3.1.2. Стандарди у области квалитета ваздуха у ЕУ (ЕС, 2004а, 2008а)

Загађујућа материја	Период	ГВ	ЦВ*	Број дозвољених прекорачења	Граница толеранције	Горња граница оцењивања	Доња граница оцењивања
<b>SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>)</b>	1 сат	350	-	24 сата	150 µg/m <sup>3</sup>	-	-
	1 дан	125	-	3 дана	-	60% 24-часовне ГВ (75 µg/m <sup>3</sup> )	40% 24-часовне ГВ (50 µg/m <sup>3</sup> )
<b>NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>)</b>	1 сат	200	-	18 сати	50% на датум 19.7.2010. и умањивала се на сваких 12 месеци за једнаке проценте да би се до 1.1.2010. достигло 0%	7% ГВ (140 µg/m <sup>3</sup> )	50% ГВ (100 µg/m <sup>3</sup> )
	1 година	40	-	-	-	80% ГВ (32 µg/m <sup>3</sup> )	65% ГВ (26 µg/m <sup>3</sup> )
<b>PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>)</b>	1 дан	50	-	35 дана	50%, ГВ требало достићи до 1.1.2005.	70% ГВ (35 µg/m <sup>3</sup> )	50% ГВ (25 µg/m <sup>3</sup> )
	1 година	40	-	-	20%, ГВ требало достићи до 1.01.2005.	70% ГВ (28 µg/m <sup>3</sup> )	50% ГВ (20 µg/m <sup>3</sup> )
<b>PM<sub>2.5</sub> (µg/m<sup>3</sup>)</b>	1 година	25	25	-	20% на датум 11.6.2008. и умањивала се на сваких 12 месеци за једнаке проценте да би се до 1.1.2015. достигло 0%	-	-
		20					

Табела 3.3.1.2. Стандарди у области квалитета ваздуха у ЕУ (ЕС, 2004а, 2008а)—Наставак

Загађујућа материја	Период	ГВ	ЦВ*	Број дозвољених прекорачења	Граница толеранције	Горња граница оцењивања	Доња граница оцењивања
СО (mg/m <sup>3</sup> )	8 h max**	10		-	60%, ГВ требало достићи до 1.1.2005.	70% ГВ (7 mg/m <sup>3</sup> )	50% ГВ (5 mg/m <sup>3</sup> )
Приземни О <sub>3</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	8 h max	-	120	25 дана усредњено на 3 године	-	-	-
С <sub>6</sub> Н <sub>6</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	1 година	5		-	-	70% ГВ (3,5 µg/m <sup>3</sup> )	40% ГВ (2 µg/m <sup>3</sup> )
Pb (µg/m <sup>3</sup> )	1 година	0,5		-	100%, ГВ требало достићи до 1.1.2005.	70% ГВ (0,35 µg/m <sup>3</sup> )	50% ГВ (0,25 µg/m <sup>3</sup> )
As (ng/m <sup>3</sup> )	1 година		6		-	60% ЦВ (3,6 ng/m <sup>3</sup> )	40% ЦВ (2,4 ng/m <sup>3</sup> )
Cd (ng/m <sup>3</sup> )	1 година		5	-	-	60% ЦВ (3 ng/m <sup>3</sup> )	40% ЦВ (2 ng/m <sup>3</sup> )
Ni (ng/m <sup>3</sup> )	1 година		20	-	-	70% ЦВ (14 ng/m <sup>3</sup> )	50% ЦВ (10 ng/m <sup>3</sup> )
VaP (ng/m <sup>3</sup> )	1 година		1	-	-	60% ЦВ (0,6 ng/m <sup>3</sup> )	40% ЦВ (0,4 ng/m <sup>3</sup> )

заштита здравља људи; \*\* највиша дневна осмочасовна вредност

Важна обавеза надлежних органа у осмишљавању стратегија за суочавање са загађењем ваздуха у државама ЕУ је информисање јавности о квалитету ваздуха. У већини земаља јавни приступ информацијама је регулисан у складу са принципима Архуске конвенције која повезује права животне средине и фокусира се на интеракцију јавности са јавним властима. Информације о квалитету ваздуха пружају се коришћењем Индекса квалитета ваздуха (енг. *Air Quality Index* [AQI]). Овај индекс омогућава да се квалитет ваздуха опише на разумљив и једноставан начин и израчунава се за пет главних загађујућих материја регулисаних европским законодавством: приземни  $O_3$ ,  $SO_2$ ,  $NO_2$ ,  $PM_{2.5}$  и  $PM_{10}$ . Вредност индекса се креће од 1 (добар) до 6 (изузетно лош). Индекс квалитета ваздуха се израчунава за сваку загађујућу материју одвојено на основу ГВ (тренутним или просечним дневним, у зависности од загађујуће материје) и приказује се као целобројна вредност. Загађујућа материја са највишом вредношћу одређује коначни AQI. Овако рачунате вредности AQI су често критиковане јер не узимају у обзир кумулативне ефекте загађујућих материја у ваздуху. У табели 3.3.1.3 приказане су класе AQI које је 2017. године прописала Европска агенција за заштиту животне средине (ЕЕА, 2019).

Табела 3.3.1.3. Дефиниција Индекса квалитета ваздуха AQI (ЕЕА, 2019)

Загађујућа материја ( $\mu g/m^3$ )	Период усредњавања	Добар	Прихватљив	Умерен	Лош	Веома лош	Изузетно лош
$SO_2$	1 сат	0–100	100–200	200–350	350–500	600–750	> 750
$NO_2$	1 сат	0–40	40–90	90–120	120–230	230–340	> 340
$PM_{10}$	24 сата*	0–20	20–40	40–50	50–100	100–150	> 150
$PM_{2.5}$	24 сата*	0–10	10–20	20–25	25–50	50–75	> 75
Приземни $O_3$	1 сат	0–50	50–100	100–130	130–240	240–380	> 380

\* покретни просек

### 3.3.2. Стандарди квалитета ваздуха у Србији

У Србији су начин класификације мерних станица и минимална расположивост података у потпуности усклађени се регулативом ЕУ, док је Уредба о условима за мониторинг и захтевима квалитета ваздуха (2010, 2010, 2013) у већини тачака усклађена са ЕУ директивама. У табели 3.3.2.1 представљене су гранична вредност (ГВ), циљна вредност (ЦВ), број дозвољених прекорачења ГВ/ЦВ у календарској години, граница толеранције и горња и доња граница оцењивања прописане Уредбом. Разлике у односу на регулативу у ЕУ су обележене курсивом.

Основна разлика између регулативе у Србији и ЕУ су рокови за достизање граничних вредности који су у Србији били померени за неколико година. Такође, Уредба за SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> и CO дефинише ГВ за више периода усредњавања него у ЕУ: за SO<sub>2</sub> на годишњем нивоу, за NO<sub>2</sub> на дневном нивоу и за CO на дневном и годишњем нивоу. Поред тога, Уредба у Србији прописује за 50 µg/m<sup>3</sup> нижу ГВ за NO<sub>2</sub> на сатном нивоу од оне која је прописана у ЕУ. Дугорочни циљеви, дозвољени ниво изложености, прагови обавештења и упозорења и критични ниво концентрација загађујућих материја за заштиту вегетације су усаглашени са регулативом у ЕУ, са разликом да је рок за достизање дозвољеног нивоа изложености за PM<sub>2.5</sub> померен за две године.

Према члану 21 Закона о заштити ваздуха (2009, 2013, 2021) у Србији су на основу прописаних граничних и толерантних вредности утврђене следеће категорије квалитета ваздуха:

- 1) прва категорија—чист или незнатно загађен ваздух где нису прекорачене граничне вредности нивоа ни за једну загађујућу материју;
- 2) друга категорија—умерено загађен ваздух где су прекорачене граничне вредности нивоа за једну или више загађујућих материја, али нису прекорачене толерантне вредности ни једне загађујуће материје;
- 3) трећа категорија—прекомерно загађен ваздух где су прекорачене граничне вредности за једну или више загађујућих материја.

Ако за неку загађујућу материју није прописана граница толеранције при оцењивању квалитета ваздуха, њена гранична вредност се узимала као толерантна вредност. Како је рок за достизање граничних вредности за SO<sub>2</sub> и PM<sub>10</sub> био 1. јануар 2016. године, за NO<sub>2</sub> 1. јануар 2021. године и за PM<sub>2.5</sub> 1. јануар. 2024. године (табела 3.3.2.1), све загађујуће материје за које су биле прописане толерантне вредности достигле су своје граничне вредности, у Републици Србији више није присутна друга категорија квалитета ваздуха.

Индекси квалитета ваздуха су необавезујуће карактеристике стања ваздуха које нису садржане у Уредби. Агенција за заштиту животне средине је закључно са 2019. годином додатно карактерисала стање квалитета ваздуха приказивањем учесталости класа квалитета ваздуха по Индексу квалитета ваздуха SAQI\_11 одређених на основу дневних вредности концентрација загађујућих материја. Овај индекс дефинише 5 класа у зависности од вредности концентрација појединих загађујућих материја. Прве две класе покривају опсег до половине ГВ, трећа од половине ГВ до укупне вредности, док вредности у четвртој и петој класи карактеришу загађен ваздух. За називе класа одабрани су одличан, добар, прихватљив, загађен и јако загађен.

Табела 3.3.2.1. Стандарди области квалитета ваздуха у Србији (Уредба о условима за мониторинг и захтевима квалитета ваздуха, 2010, 2010, 2013)

Загађујућа материја	Период	ГВ	ЦВ*	Број дозвољених прекорачења	Граница толеранције**	Горња граница оцењивања	Доња граница оцењивања
<b>SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>)</b>	1 сат	350	-	24 сата	43% (150 µg/m <sup>3</sup> ), умањивала се на сваких 12 месеци за 20% да би се до 1.1.2016. достигло 0%	-	-
	1 дан	125	-	3 дана	ГВ требало достићи до 1.1.2016.	60% 24-часовне ГВ (75 µg/m <sup>3</sup> )	40% 24-часовне ГВ (50 µg/m <sup>3</sup> )
	1 година	50			ГВ требало достићи до 1.1.2016.		
<b>NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>)</b>	1 сат	150	-	18 сати	50% (75 µg/m <sup>3</sup> ), од 1.1.2012. умањивала се на сваких 12 месеци за 10% да би се до 1.1.2021. достигло 0%	70% ГВ (105 µg/m <sup>3</sup> )	50% ГВ (75 µg/m <sup>3</sup> )
	1 дан	85	-	-	47% (40 µg/m <sup>3</sup> ), од 1.1.2012. умањивала се на сваких 12 месеци за 10% да би се до 1.1.2021. достигло 0%	-	-
	1 година	40	-	-	50% (20 µg/m <sup>3</sup> ), од 1.1.2012. умањивала се на сваких 12 месеци за 10% да би се до 1.1.2021. достигло 0%	80% ГВ (32 µg/m <sup>3</sup> )	65% ГВ (26 µg/m <sup>3</sup> )
<b>PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>)</b>	1 дан	50	-	35 дана	50% (25 µg/m <sup>3</sup> ), од 1.1.2012. умањивала се на сваких 12 месеци за 10% да би се до 1.1.2016. достигло 0%	70% ГВ (35 µg/m <sup>3</sup> )	50% ГВ (25 µg/m <sup>3</sup> )
	1 година	40	-	-	20% (8 µg/m <sup>3</sup> ), од 1.1.2012. умањивала се на сваких 12 месеци за 10% да би се до 1.1.2016. достигло 0%	70% ГВ (28 µg/m <sup>3</sup> )	50% ГВ (20 µg/m <sup>3</sup> )

Табела 3.3.2.1. Стандарди области квалитета ваздуха у Србији (Уредба о условима за мониторинг и захтевима квалитета ваздуха, 2010, 2010, 2013)—*Наставак*

Загађујућа материја	Период	ГВ	ЦВ*	Број дозвољених прекорачења	Граница толеранције**	Горња граница оцењивања	Доња граница оцењивања
PM <sub>2.5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	1 година	2	25	-	20% (5 µg/m <sup>3</sup> ) на датум 31.12.2011. и од 1.1.2013. умањивала се на сваких 12 месеци за 0,7143 µg/m <sup>3</sup> да би се до 1.1.2019. достигло 0%	-	-
		20		ГВ и ЦВ требало достићи до 1.1.2024.	70% ГВ (17 µg/m <sup>3</sup> )	50% ГВ (12 µg/m <sup>3</sup> )	
СО (mg/m <sup>3</sup> )	8 h max***	10	-	-	60% (6 mg/m <sup>3</sup> ), од 1.1.2012. умањивала се на сваких 12 месеци за 20% од почетне границе толеранције да би се до 1.1.2016. достигло 0%	70% ГВ (7 mg/m <sup>3</sup> )	50% ГВ (5 mg/m <sup>3</sup> )
		5	-	-	100% (6 mg/m <sup>3</sup> ), од 1.1.2012. умањивала се на сваких 12 месеци за 20% од почетне границе толеранције да би се до 1.1.2016. достигло 0%	-	-
Приземни О <sub>3</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	1 година	3	-	-	ГВ требало достићи до 1.1.2016.	-	-
		-	120	25 дана у току 3 године мерења	ЦВ требало достићи до 1.1.2018.	-	-
СаН <sub>6</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	1 година	5	-	-	60% (3 µg/m <sup>3</sup> ), од 1.1.2012. умањивала се на сваких 12 месеци за 0,5 µg/m <sup>3</sup> да би се до 1.1.2016. достигло 0%	70% ГВ (3,5 µg/m <sup>3</sup> )	40% ГВ (2 µg/m <sup>3</sup> )

Табела 3.3.2.1. Стандарди области квалитета ваздуха у Србији (Уредба о условима за мониторинг и захтевима квалитета ваздуха, 2010, 2010, 2013)—*Наставак*

Загађујућа материја	Период	ГВ	ЦВ*	Број дозвољених прекорачења	Граница толеранције**	Горња граница оцењивања	Доња граница оцењивања
<b>Pb</b> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	1 година	0,5		-	100% ( $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), од 1.1.2012. умањивала се на сваких 12 месеци за 20% да би се до 1.1.2016. достигло 0%	70% ГВ ( $0,35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )	50% ГВ ( $0,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )
<b>As</b> ( $\text{ng}/\text{m}^3$ )	1 година	-	6		-	60% ЦВ ( $3,6 \text{ ng}/\text{m}^3$ )	40% ЦВ ( $2,4 \text{ ng}/\text{m}^3$ )
<b>Cd</b> ( $\text{ng}/\text{m}^3$ )	1 година	-	5	-	-	60% ЦВ ( $3 \text{ ng}/\text{m}^3$ )	40% ЦВ ( $2 \text{ ng}/\text{m}^3$ )
<b>Ni</b> ( $\text{ng}/\text{m}^3$ )	1 година	-	20	-	-	70% ЦВ ( $14 \text{ ng}/\text{m}^3$ )	50% ЦВ ( $10 \text{ ng}/\text{m}^3$ )
<b>VaP</b> ( $\text{ng}/\text{m}^3$ )	1 година	-	1	-	-	60% ЦВ ( $0,6 \text{ ng}/\text{m}^3$ )	40% ЦВ ( $0,4 \text{ ng}/\text{m}^3$ )

\* заштита здравља људи; \*\*уколико није другачије назначено рок за достизање граничних вредности почиње да тече од 1. јануара 2010. године;\*\*\*највиша дневна осмочасовна вредност



Табела 3.3.2.2. Дефиниција Индекса квалитета ваздуха SAQI\_11 за период усредњавања 24 сата

Загађујућа материја	ГВ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Одличан	Добар	Прихватљив	Загађен	Јако загађен
$\text{SO}_2$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	125	0–50,0	50,1–75,0	75,1–125,0	125,1–187,5	> 187,5
$\text{NO}_2$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	85	0–42,5	42,6–60,0	60,1–85,0	86–125	> 125
$\text{PM}_{10}$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )*	50	0,0–25,0	25,1–35,0	35,1–50,0	50,1–75,0	> 75
$\text{PM}_{10}$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )**	50	0,0–20,0	20,1–40,0	40,1–50,0	50,1–100,0	> 100
$\text{CO}$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	5000	0,0–2500	2501–3500	3501–5000	5001–10000	> 10000
$\text{O}_3$ -8 h max ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	120	0,0–60,0	60,1–85,0	85,1–120,0	120,1–180,0	> 180,0

\*период 2011–2018. година, \*\*2019. година

Класе индеквалитета ваздуха приказане су у табели 3.3.2.2. из које се може видети да су 2019. године спуштени критеријуми за класификацију квалитета ваздуха према  $\text{PM}_{10}$ . Од 2021. године, Агенција за заштиту животне средине додатно карактерише стање квалитета ваздуха употребом индекса који је прописала Европска агенција за заштиту животне средине.

### 3.3.3. Препоруке Светске здравствене организације

За борбу против лошег квалитета спољашњег ваздуха СЗО је донела низ здравствених смерница како би помогла владама и цивилном друштву да смање изложеност људи загађењу ваздуха и његовим штетним ефектима. Иако ове смернице нису ни стандарди ни правно обавезујући критеријуми, засноване су на стручној процени и научним доказима и стога представљају драгоцен извор информација. Прве смернице су објављене 1987. године, ревидиране су 2000. и 2006. године, а најновије смернице су донесене 22. септембра 2021. године. У светлу овога, ЕУ је изразила намеру да ревидира актуелну SAFE директиву како би уважила нове смернице СЗО.

Табела 3.3.3.1. Смернице за загађење ваздуха СЗО из 2021. године и поређење са смерницама СЗО из 2005. године (WHO, 2021)

Загађујућа материја	Период усредњавања	Привремени циљ				Смерница за квалитет ваздуха 2021	Смерница за квалитет ваздуха 2005	Промена
		1	2	3	4			
$\text{SO}_2$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	10 минута	-	-	-	-	500	500	0%
	1 дан*	125	50	-	-	40	20	+100%
$\text{NO}_2$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	1 сат	-	-	-	-	200	200	0%
	1 дан*	120	50	-	-	25	-	ново
	1 година	40	30	20	-	10	40	-75%
$\text{PM}_{2.5}$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	1 дан*	75	50	37,5	25	15	25	-40%
	1 година	35	25	15	10	5	10	-50%

Табела 3.3.3.1. Смернице за загађење ваздуха СЗО из 2021. године и поређење са смерницама СЗО из 2005. године (WHO, 2021)—*Наставак*

Загађујућа материја	Период усредњавања	Привремени циљ				Смерница за квалитет ваздуха 2021	Смерница за квалитет ваздуха 2005	Промена
		1	2	3	4			
PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	1 дан*	150	100	75	50	45	50	-10%
	1 година	70	50	30	20	15	20	-25%
приземни O <sub>3</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	8 сати*	160	120	-	-	100	100	0%
	сезона**	100	70	-	-	60	-	ново
CO (mg/m <sup>3</sup> )	15 минута	-	-	-	-	100	-	ново
	1 сат	-	-	-	-	35	-	ново
	8 сати	-	-	-	-	10	-	ново
	1 дан*	7	-	-	-	4	-	ново

\*99. перцентил (односно 3-4 дана прекорачења годишње); \*\*Просечна дневна максимална 8-часовна средња концентрација приземног O<sub>3</sub> у току шест узастопних месеци са највишим шестомесечним просечним концентрацијама приземног O<sub>3</sub>.

Табела 3.3.3.1 приказује нове смернице за квалитет ваздуха СЗО за појединачне параметре квалитета ваздуха, као и поређење са ревизијом из 2005. године. Привремени циљеви служе као постепени кораци у прогресивном смањењу загађења ваздуха ка нивоима нових смерница квалитета ваздуха и намењени су за употребу у подручјима где је загађеност ваздуха велика. Научници наглашавају да се чак ни концентрација загађења на нивоу нових смерница не би требало сматрати безбедном, јер не постоји ниво при коме загађујуће материје престају да наносе штету људском телу и екосистемима. За скоро све загађујуће материје, нове препоручене границе за концентрације и изложености су ниже од претходних смерница.

#### 4. Извори загађења ваздуха

Поред основних гасова који улазе у састав атмосфере, који су наведени у првом поглављу, атмосфера садржи читав низ загађујућих материја које су присутне у траговима и чији су нивои веома променљиви у простору и времену. Загађујућа материја је свака материја присутна у ваздуху која има штетне ефекте по здравље људи и животну средину у целини (Закон о заштити ваздуха, 2009, 2013, 2021). Загађујуће материје у атмосфери се могу поделити према начину настанка и физичким карактеристикама. Према начину настанка, деле се на примарне и секундарне. На основу физичких карактеристика загађујуће материје можемо сврстати у две групе: честице и гасови.

Примарне загађујуће материје се емитују у атмосферу директно из одређеног извора, те се стога у великој мери могу контролисати смањењем антропогене емисије. Примарне загађујуће материје могу утицати на живи свет директно и индиректно—формирајући секундарне загађујуће материје. Секундарне загађујуће материје резултат су хемијских и фотохемијских реакција између самих примарних загађујућих

материја или између примарних загађујућих материја и других састојака атмосфере. Могу бити стабилне или инертне и тешко их је контролисати јер настају путем хемијских реакција.

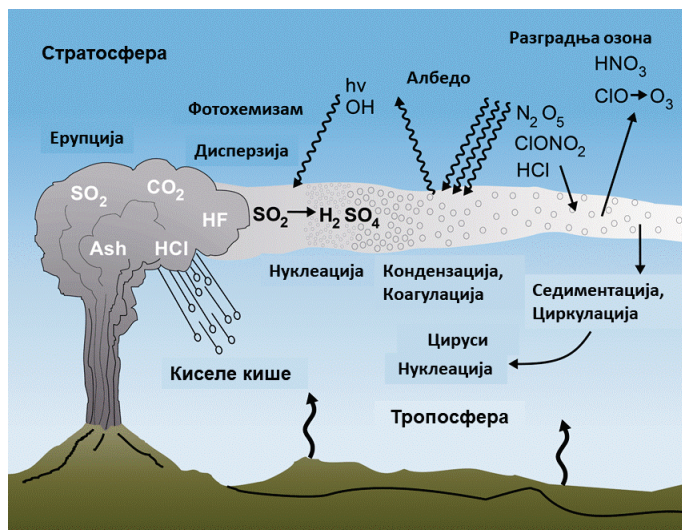
Примарне загађујуће материје које се издвајају по свом штетном утицају су CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub>, CH<sub>4</sub>, NMVOCs, суспендоване честице и чађ, тешки метали и полициклични ароматични угљоводоници (нпр. BaP). Најзначајније секундарне загађујуће материје обухватају PM, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub> и VOCs. Најзначајнији гасови прекурсори за секундарне суспендоване честице су SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub> и VOCs. Ови прекурсори могу бити природног или антропогеног порекла. То значи да према пореклу све загађујуће материје имају природно, антропогено или мешовито порекло, у зависности од њихових извора или извора њихових прекурсора. Такође, за сваки од наведених извора се може извести даља класификација. Концентрација примарних загађујућих материја је највећа у близини извора емисија, али у зависности од њиховог хемијског века трајања и метеоролошких услова, могу се транспортовати на удаљености од неколико хиљада километара у периоду од неколико дана. Високе концентрације секундарних загађујућих материја се могу јавити на великим удаљеностима од извора емисија (пример су концентрације O<sub>3</sub> у руралним подручјима). Извори загађујућих материја у ваздуху су многобројни и разноврсни и у основи се могу поделити на природне и антропогене.

#### 4.1. Природни извори

Природни извори су они извори емисија на чију активност човек не може да утиче. Формирање атмосфере и њен састав су резултат природних процеса и активности различитих извора емисија током геолошке историје Земље. Треба имати у виду да се овде условно говори о природним изворима као изворима загађења. Емисије које су резултат вулканских ерупција, сагоревања биомасе великих просторних размера (шумски пожари, пожари травних површина и дивљи пожари у природи), као и аеросоли са површине океана и мора и пустињска прашина резултат су природних процеса и утичу на састав атмосфере, али могу имати и негативан утицај на животну средину и човека. Наведени процеси могу имати значајан удео у појави и распрострањењу одређених материја у атмосфери великих просторних размера. Природни извори са локалним карактером су површине сланих и слатководних језера, извори термоминералних вода (нпр. сумпорна испарења), биогене емисије (главни извор хидрокарбоната, спора, полена, VOCs, итд.). За разлику од антропогених, природни извори емисија се не могу контролисати, обично потичу из области које нису насељене или су ретко насељене и због тога је законска регулатива усмерена на антропогене изворе. Међутим, емисије из природних извора доприносе стварању секундарних загађујућих материја, чиме је отежано изоловање и процена антропогеног утицаја на квалитет ваздуха. Такође, поједине биогене

емисије настају као резултат човекових активности, као што су на пример промене у начину коришћења земљишта и вегетационом покривачу.

Током вулканских ерупција облаци вулканске прашине, пепела и различитих гасова доспевају у атмосферу где могу опстати дуже време и утицати на појаве и процесе у атмосфери и на копну глобалних размера. Током вулканских ерупција ослобађају се гасови  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}_2$ , водоник сулфид ( $\text{H}_2\text{S}$ ),  $\text{CO}$ , хлороводонична киселина ( $\text{HCl}$ ), флуороводоник ( $\text{HF}$ ),  $\text{CH}_4$ , честице чађи и прашине. До њихове емисије долази током ерупције вулкана, али могу бити ослобођени и из лаве и пирокластичних токова који могу достићи велике температуре и брзине. У зависности од типа вулканске ерупције односно експлозивности и вискозности ослобођене лаве, различите материје доспевају у висину и до неколико десетина километара у атмосферу, до горње тропосфере и доње стратосфере (George, 2014). Тип ерупције, количина емитованих материја, величина честица, ако и брзина и смер ветра утичу на распрострањење вулканских гасова у атмосфери. Са повећањем величине честица долази до смањења удаљености на којој се облак пепела распршује тако да мање честице доспевају на веће удаљености и у више делове атмосфере. До емисија гасова може доћи и у периодима између ерупција, као и из фумарола и пукотина дуж површине вулкана. Облаци вулканског пепела и гасова могу нанети велике штете екосистемима и угрозити људске животе и здравље, као и материјална добра. Чађ и честице пепела и прашине се задржавају у атмосфери од неколико дана до неколико недеља, док ослобођени гасови, нарочито  $\text{SO}_2$  и  $\text{CO}_2$ , када доспеју у атмосферу имају значајан утицај на климатски систем Земље. Након емисије  $\text{SO}_2$  долази до његове конверзије у сумпорну киселину, која се брзо кондензује у стратосфери и формира fine сулфатне аеросоле (Слика 4.1.1). Њихово присуство у атмосфери повећава рефлексију Сунчевог зрачења и тако утиче на хлађење тропосфере.



Слика 4.1.1. Утицај вулканских ерупција на процесе у атмосфери. Прилагођено из USGS (n.d.).

За разлику од SO<sub>2</sub>, ефекти ослобођеног CO<sub>2</sub> током вулканских ерупција на климатски систем су много мањи. Процењене глобалне емисије CO<sub>2</sub> из вулканске активности су од 0,13 Gt до 0,44 Gt што је много мање у односу на антропогену емисију овог гаса (нпр. антропогена емисија од сагоревања фосилних горива се процењује на 32,3 Gt за 2010. годину, од чега је 5,8 Gt из саобраћаја). Током ерупције Св. Хелене 1980. године је емитовано је 10 милиона тона CO<sub>2</sub> у атмосферу за само девет часова. Међутим, човечанству је тренутно потребно само два и по сата да избаци исту количину овог гаса (Gerlach, 2011).

Шумски пожари, пожари на травним површинама и сагоревање биомасе у природи може бити узроковано човековом активношћу, али и природним феноменима, првенствено електричним пражњењем у атмосфери. За највећи број ових пожара (више од 50%) не зна се узок настака (WHO, n.d.). Могу се јавити било где, могу бити локалног карактера и краткотрајни, али могу и захватити велике површине у дужем периоду са последицама на већем простору. У зависности од типа вегетације, пожаром захваћене површине, метеоролошких услова (влажности ваздуха, температуре, падавина и ветра) зависи интензитет пожара, његово ширење и емисије различитих гасова и других продуката непотпуног сагоревања. Ризик од пожара се повећава у екстремно сушним условима и са повећањем брзине ветра. Поред емисија из пламена, значајне су и емисије из тињајућег сагоревања на опожареним површинама. Последице су бројне: људске жртве, оштећења материјалних добара и инфраструктуре, прекиди у саобраћају и комуникацијама, погоршање квалитета ваздуха, деградација екосистема, итд. Настало загађење ваздуха може изазвати низ здравствених проблема, првенствено респираторне и кардиоваскуларне тегобе.

Шумски пожари и вулканске активности утицали су на 6,2 милиона људи између 1998. и 2017. године, док је забележено 2400 смртних случајева широм света од последица гушења, повреда и опекотина (WHO, n.d.). У појединим регионима света, могу се издвојити сезоне пожара (тропски појас, пожари изазвани у сврху чишћења пољопривредног земљишта), док се у другим јављају са мањом или већом учесталošћу од године до године. На глобалном нивоу, годишње укупне спаљене површине показују опадајући тренд у последње две деценије као резултат смањења броја пожара у саванама и травњацима (WMO, 2021). Међутим, посматрано по континентима, неки региони доживљавају позитивне трендове, укључујући делове запада Северне Америке, Амазонију и Аустралију. Сагоревање биомасе на простору Африке је значајан извор емисија угљеника у атмосфери на глобалном нивоу. Култивисањем савана и њиховим претварањем у пољопривредно земљиште делом је утицало на смањење емисија са овог континента. Генерално велики пожари имају значајан утицај на глобални циклус угљеника. Нарочит утицај на емисије CO<sub>2</sub> имају пожари у екосистемима прашума и тресетишта, који су велики резервоари угљеника на копну.

По величини пожаром захваћених површина, емисијама и насталим штетама издвајају се пожари у југоисточном делу Аустралије у

периоду од септембра 2019. до фебруара 2020. године (WMO, 2021). Измерене вредности  $PM_{2.5}$  честица у том периоду су биле далеко више од дозвољених вредности, а процене су да је 400 људских живота изгубљено, док је изложеност становништва диму и гасовима узроковала више хиљада болничких пријема због респираторних и кардиоваскуларних проблема (Rodney et al., 2021). Изгорели су милиони хектара шума еукалиптуса са катастрофалним последицама по животињски свет (Cowled et al., 2022). Емитоване су огромне количине  $CO_2$  и дима који је достигао на велике висине у атмосфери (van der Velde et al., 2021). Као последица емитованих аеросола дошло до је цветања фитокланктона у водама јужног Пацифика на површини која је премашила величину Аустралије (Tang et al., 2021). Пожари на простору Индонезије 2015. године су имали велике еколошке последице, али и утицај на здравље становништва (WMO, 2021). Током јула и августа 2021. године у западном делу северноамеричког континента забележени су велики пожари који су условили високе концентрације  $PM_{2.5}$  честица са бројним здравственим ефектима. Процењене годишње емисије су биле међу највишим у периоду 2003–2021. година. Велики пожари у бореалним шумама Евроазије и Северне Америке су уобичајена појава од касног пролећа све до ране јесени. Ови пожари могу ослободити велике количине дима у атмосферу који бива транспортован на удаљености од неколико хиљада километара. У протеклим годинама пожари у овом делу света узроковали су емисије које су доспевале у поларне области. Повећање бореалних шумских пожара и транспорт дима у арктички круг имају потенцијални климатски утицај кроз повећано таложење честица чађи на површини снега и леда што утиче на алbedo, односно рефлексију и апсорпцију Сунчевог зрачења и даље се одражава на метеоролошке и климатске услове (WMO, 2021).

На основу процена Коперникус сервиса за мониторинг атмосфере (енг. *Copernicus Atmosphere Monitoring Service*), на глобалним нивоу 2021. године, сагоревање биомасе од дивљих пожара узроковало је емисију угљеника од 1760 Mt еквивалентно 6450 Mt  $CO_2$ . Поређења ради, укупна емисија  $CO_2$  од сагоревања фосилних горива у ЕУ у 2020. године је била 2600 Mt (EC, Copernicus & ECMWF [European Centre for Medium-Range Weather Forecasts], 2022). Интензивни пожари у Сибиру и западном делу САД и Канади су узрок изузетно високих концентрација  $PM_{2.5}$  честица. Измерене концентрације у источном Сибиру су биле рекордне чему су дорпинеле и високе температуре ваздуха и смањен садржај влаге у земљишту. Током 2022. године укупне  $CO_2$  емисије као последица сагоревања биомасе су процењене на 1455 Mt. У неколико региона, посебно у деловима Европе и Јужне Америке, забележене су највеће процењене емисије у последњих 20 година током врхунца сезоне пожара; Француска и Шпанија биле су две од најтеже погођених европских земаља, са емисијама на највишем нивоу од 2003. године (EC, Copernicus & ECMWF, 2022).

Површине мора и океана, као и пустињске области су највећи извори примарних аеросола у атмосфери. Капљице морске воде које се

радом таласа одвајају од водене површине доспевају у атмосферу, а потом исправањем воде заостају кристали соли. У близини површине мора њихов средњи пречник је 8  $\mu\text{m}$ , а по хемијском саставу заступљени су јони хлора ( $\text{Cl}^-$ , 55%), натријума ( $\text{Na}^+$ , 31%), сулфата ( $\text{SO}_4^{2-}$ , 7,7%), магнезијума ( $\text{Mg}^{2+}$ , 3,7%), калцијума ( $\text{Ca}^{2+}$ , 1,2%) и  $\text{K}^+$  (1,1%) у солима натријум хлорида ( $\text{NaCl}$ ), калијум хлорида ( $\text{KCl}$ ), калцијум сулфата ( $\text{CaSO}_4$ ), и натријум сулфата ( $\text{NaSO}_4$ ). Површине мора и океана су највећи извор природних аеросола, са три милијарде тона сваке године. Други извор су пустињске области са 1,5 милијарде тона. Ветар подиже честице са песковитог и сувог тла које доспевају у ваздух где се у зависности од своје величине и брзине ветра и других метеоролошких услова могу задржати дуже времена. Највећи извори ових честица на северној хемисфери су пустињске области Сахаре, Гоби, Арабијског полуострва и југозападнoг дела САД-а. Ови процеси су стално присутни, али бивају запажени тек након одређених догађаја (нпр. „црвене кише” у Европи). Из Сахаре сваке године се однесе 100 милиона тона материјала. Према величини, крупније, обично зрна кварца пречника 10–200  $\mu\text{m}$  доспевају на мање удаљености, док честице мање од 10  $\mu\text{m}$  доспевају на веће удаљености (честице до 3  $\mu\text{m}$  достижу и до удаљености од неколико хиљада километара, а по саставу су то оксиди гвожђа, алуминијума, силицијума и титанијума) (Colls, 2002).

Наведене емисије које се дешавају као последица природних процеса и појава имају велики значај и за климатски систем Земље и директно и индиректно утичу на човека. Са аспекта утицаја на здравље човека велики значај има и присуство полена у ваздуху. Праћење концентрација алергеног полена у ваздуху саставни је део система мониторинга ваздуха. Велики број биљних врста испушта свој полен у ваздух у периоду од пролећа до јесени. Излагање алергенима из полена и њихово удисање изазива првенствено алергијске реакције респираторних органа и очију. Преваленција алергије на полен у европској популацији се процењује на 40%, што га чини једним од најчешћих алергена у Европи (D'Amato et al., 2007). Међу биљним врстама главни узрочници алергијских реакција на простору Европе су траве, док највећи алергени понетцијал на простору северне, централне и источне Европе има бреза (García-Mozo, 2017). У протеклим годинама инвазивна врста амброзија има све већи значај за алергијске реакције. Почетак сезоне полена за различите врсте се дефинише у зависности од његове концентрације у ваздуху и утицаја на здравље људи. Поред алергена и друге биоактивне супстанце у полену могу утицати на ниво алергијске реакције (Gilles et al., 2018). Такође, присуство загађујућих материја, као што је  $\text{NO}_2$  и озона могу, нарочито у урбаним срединама, повећати алергени ефекат. Почетак сезоне полена траве, на пример, дефинише се када 5 од 7 узастопних дана износи више од 10 зрна полена траве/ $\text{m}^3$  ваздуха, а збир полена у ових 5 дана је више од 100 зрна полена/ $\text{m}^3$  ваздуха (Pfaar et al., 2017). Посете хитним службама и хоспитализације се повећавају када концентрације

полена траве прелазе 10 односно 12 зрна/m<sup>3</sup> ваздуха (Becker et al., 2021). Слични критеријуми постоје за брезу, чепрес, маслину и амброзију (Pfaar et al., 2020). Предвиђа се да ће услед климатских промена доћи до промена у дужини сезоне полена, географској дистрибуцији и алергености различитих врста, што на простору Европе, уз промене у другим здравственим ризицима, може значајно утицати на повећање преваленце алергија изазваних поленом у будућности (Lake et al., 2017; de Weger et al., 2021).

#### 4.2. Антропогени извори

Антропогени извори загађења ваздуха обухватају процесе које обавља или којима управља човек, а којима се у ваздух емитују биолошке, хемијске, физичке и радиоактивне материје. Концентрације загађујућих материја из антропогених извора у атмосфери су веће од оних које би биле без човековог уплива и значајно одређују квалитет ваздуха. Штетно утичу на климатски систем Земље, екосистеме, здравље и материјална добра. У атмосферу доспевају у чврстом, течном и гасовитом агрегатном стању, где могу опстати одређено време и/или физички и хемијски се трансформисати. Биолошке емисије које производи људски организам (нпр. емисије NH<sub>3</sub> из људског зноја или даха) не спадају у ову групу (Mallik, 2019).

Постоје различите класификације антропогених извора емисија загађујућих материја, а једна од њих је подела на стационарне и на мобилне. Стационарни извори су постројења за производњу електричне енергије (при чему нуклеарне електране, хидроелектране и ветроелектране обично нису емитери), индустријска постројења у којима сагоревају фосилна горива, рударство и металургија, затим нафтна, хемијска, грађевинска индустрија и друге врсте индустрија, третман отпада, као и домаћинства. Мобилни антропогени извори обухватају превозна средства у копненом, воденом и ваздушном саобраћају. Локализовани извори као што су индустријска и енергетска постројења су тачкасти извори. Емисије које су резултат пољопривредних активности и обраде земљишта, као и из насељених места и градова су површински извори. Тачкасти извори су лакши за мерење, праћење и контролисање емисија загађујућих материја (Penard-Morand & Annesi-Maesano, 2004).

Присуство загађујућих материја на отвореном и у затвореним просторијама и извори њихових концентрација се разликују. У затвореним просторима често се дешава да је ваздух лошијег квалитета него на отвореном, услед одсуства струјања ваздуха, али и присуства интензивних извора емисија. Извори загађења у затвореним просторима могу бити азбестне цеви, биолошке аеросоли (које емитују различити организми, буђ, инсекти, животиње, кућне биљке и људи), сагоревање (кување, грејање, пушење, итд.), различите емисије из грађевинског материја и земљишта (нпр. емисије радона). Поред објеката становања, може се разматрати и квалитет ваздуха у зградама јавних установа,



радних простора, јавним превозним средствима, маркетима, итд. Код загађења ваздуха у затвореним просторима за квалитет ваздуха су најзначајнији сами извори, док када се ради о загађењу и квалитету ваздуха на отвореном значајан фактор су метеоролошки услови. Људи проводе значајан део времена током живота у затвореним просторима, међутим овај сегмент загађења и квалитета ваздуха представља посебну област истраживања која није предмет ове студије.

Постоје различите номенклатуре и инвентари антропогених загађујућих материја и њихових извора, међутим енергетика, индустрија, пољопривреда и третман отпада су сектори који се најчешће убрајају у најзначајније изворе емисија материја са негативним утицајем на квалитет ваздуха, климатски систем Земље и животну средину (Mallik, 2019). Опште је прихваћено да енергетски сектор и у оквиру њега сагоревање фосилних горива има највећи допринос у емисијама у поређењу са другим загађивачима. Поред емисија које су директно последица сагоревања, део емисија у овом сектору настаје и током транспорта и руковања различитим врстама горива. На глобалном нивоу непрекидно расту захтеви за енергијом, а примат у потрошњи горива имају нафта, угаљ и земни гас, док најмање учествују обновљиви извори енергије и нуклеарна енергија. Сагоревањем фосилних горива ослобађа се  $\text{CO}_2$ , а уколико сагоревање није потпуно и други гасови и чврсте честице. Током времена различите врсте горива су имале примат у коришћењу па је тако са почетком Индустријске револуције и током 19. века се доминантно користио угаљ. Шира употреба нафте је од почетка 20. века, а затим и земног гаса током 20. и почетком 21. века (Smil, 2017).

Различити индустријски процеси значајно доприносе емисијама загађујућих материја. Различите минералне сировине се емитују у металургији у процесима производње гвожђа, алуминијма, цинка бакра, итд. Производња и коришћење грађевинског материјала (цигла, цемент, креч, асфалт, итд.) утиче на ослобађање разних загађујућих материја као што су  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}$ , неметански угљоводоници (NMHCs),  $\text{CO}_2$  и  $\text{PM}$ . Хемијска индустрија доприноси емисијама  $\text{NH}_3$ , азотне киселине ( $\text{HNO}_3$ ), итд. Употреба растваривача укључује примену боја у домаћинству, комерцијалном и индустријском сектору (укључујући употребу фарба за зграде, домове, бродове, возила итд.) и извор је штетних емисија. Производња смола, пластике, лепка, гума, затим штампа, екстракција нејестивих уља, итд., доприноси емисијама NMVOCs (Mallik, 2019).

Пољопривреда укључује емисије које се односе на узгој различитих усева, укључујући припрему земљишта, управљање стајњаком, примену ђубрива, чишћење пољопривредних површина спаљивањем вегетације на њима и сточарство. Овај сектор, заједно са сагоревањем фосилних горива и производњом хране највише доприноси ослобађању реактивног азота у атмосферу (Colls, 2002). Употреба стајњака и ђубрива доводи до повећања азота оксида ( $\text{NO}_x$ ) у атмосфери. Само узгој пиринча заузима више од једне десетина укупне површине обрадиве земље на глобалном нивоу и главни је извор атмосферског метана (Mallik, 2019). Сточарство је главни извор амонијака. Сагоревање биомасе у процесу чишћења

пољопривредних површина од остатака усева је значајан извор  $\text{CO}_2$  и суспендованих честица.

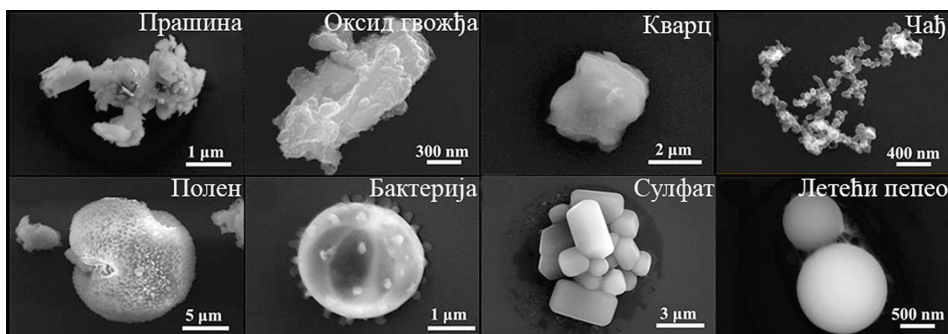
Сектор сакупљања, складиштења и спаљивања отпада је извор великог броја једињења угљоводоника, азота и сумпора у атмосфери (Kim et al., 2006). Спаљивањем отпада се ослобађа  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{HF}$ ,  $\text{NMHCs}$ ,  $\text{PM}_{10}$  и  $\text{PM}_{2.5}$ , и тешки метали као што су кадмијум, жива, арсен, ванадијум, хром, кобалт, бакар, олово, манган, никл, талијум и калај, затим диоксин и друге материје (Mallik, 2019). Пепео од сагоревања такође представља значајан проблем због присуства алуминијума, калцијума, силиката, гвожђа, натријума, магнезијума, калијума, олова и цинка. Спаљивањем пластике може доћи до ослобађања диоксида и фурана који су веома штетни и имају канцерогено дејство (Colls, 2002). Генерално, проблем складиштења и третман отпада представља значајан еколошки проблем са којим се тешко суочавају и економски развијене државе.

## 5. Загађујуће материје у ваздуху

Фокус ове монографије су загађујуће материје на отвореном простору које су према СЗО највећа претња по здравље човека и за које су дате глобалне квантитативне смернице за квалитет ваздуха, као и оне које су део стандарда у области квалитета ваздуха у ЕУ и Србији, па су у наставку оне детаљније описане. Приказане су опште карактеристике сваке загађујуће материје, извори, њихов утицај на животну средину и здравље и стање концентрација и прекорачења ГВ загађујућих материја у Европи за 2019. годину (ова година је приказана како би се избегао утицај мера закључавања због COVID-19 на квалитет ваздуха у 2020. години). Поред тога приказан је и преглед кретања средњих и максималних годишњих концентрација загађујућих материја у амбијенталном ваздуху у периоду 2000–2019. година. Подаци за Србију представљени у овом поглављу подразумевају просечне вредности израчунате за територију Србије без Аутономне покрајине Косово и Метохија.

### 5.1. Суспендоване честице (PM)

*Опште карактеристике.* Суспендоване честице представљају мешавину чврстих честица и капљица течности у ваздуху. Њихови пречници се могу кретати од 0,005 до 500  $\mu\text{m}$ . Због великог броја извора честице могу садржавати стотине различитих хемијских материја. Ситне честице садрже знатне количине сулфата, амонијума, нитрата, елементарног угљеника и органских једињења. Канцерогена једињења и тешки метали као што су арсен, селен, кадмијум, цинк и олово такође се могу наћи у овим честицама. Веће честице, као што су честице земљишта, лебдећи пепео и чађ, углавном су састављени од минерала укључујући силицијум, калијум, гвожђе, калцијум и друго (Ђармати и сар., 2008).



Слика 5.1.1. Облици и величине честица у ваздуху. Прилагођено из Li et al. (2016).

Димензија је веома важна карактеристика честица и уобичајено је исказана аеродинамичким пречником, који се дефинише као пречник сферичне честице густине од  $1000 \text{ kg/m}^3$ , која има исту брзину таложења као и честица која није сферна (WHO, 2000; Hinds, 1982). У ваздуху су присутне честице различитих облика те је одатле и потреба да се њихова величина опише помоћу аеродинамичког пречника. Неке од честица заиста имају сферни облик, али је већина неправилног облика па се њихова димензија не може измерити једноставним пречником (слика 5.1.1).

Суспендоване честице се према димензијама најчешће класификују као грубе честице пречника мањег од  $10 \mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) и fine честице пречника мањег од  $2,5 \mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{2.5}$ ). Грубе честице ( $\text{PM}_{10}$ ) укључују механички генерисане честице које настају под утицајем ветра или ерозије, односно разбијањем већих честица прашине која потиче од неасфалтираних путева, пољопривредног земљишта, као и од земљишта без вегетације или ископаних руда. Поред тога, оне обухватају и честице морске соли које се стварају у приобаљу услед испаравања морске воде, затим, биогени материјал (нпр. полен, споре гљивица, итд) и као и честице настале процесима сагоревања фосилних горива. Грубе честице карактерише велика брзина седиментације, па се у року од неколико сати до једног дана уклањају из атмосфере. Могу се транспортовати до највише неколико десетина километара (Wilson & Suh, 1997). Fine  $\text{PM}_{2.5}$  честице се састоје од примарних честица насталих сагоревањем и секундарних честица које су настале процесима коагулације и кондензације (Gieré & Vaughan, 2013; Engelbrecht & Derbyshire, 2010). Најмање fine честице, такозване ултраfine честице (пречника мањег од  $0,1 \mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{0.1}$ ), формирају се у процесу конверзије гаса у честицу, док се нешто веће (Аиткенова језгра) могу такође формирати конверзијом гаса у честице, али и у процесима сагоревања у којима се формирају вруће, презасићене паре које се подвргавају кондензацији (Godish, 2004). Највеће fine настају коагулацијом честица Аиткен језгара и кондензацијом паре на постојећим честицама. Поред ових категорија разликујемо и укупне суспендоване честице (енг. *Total Suspended Particles* [TSP]) које обухватају честице пречника мањег од  $100 \mu\text{m}$  које представљају смешу

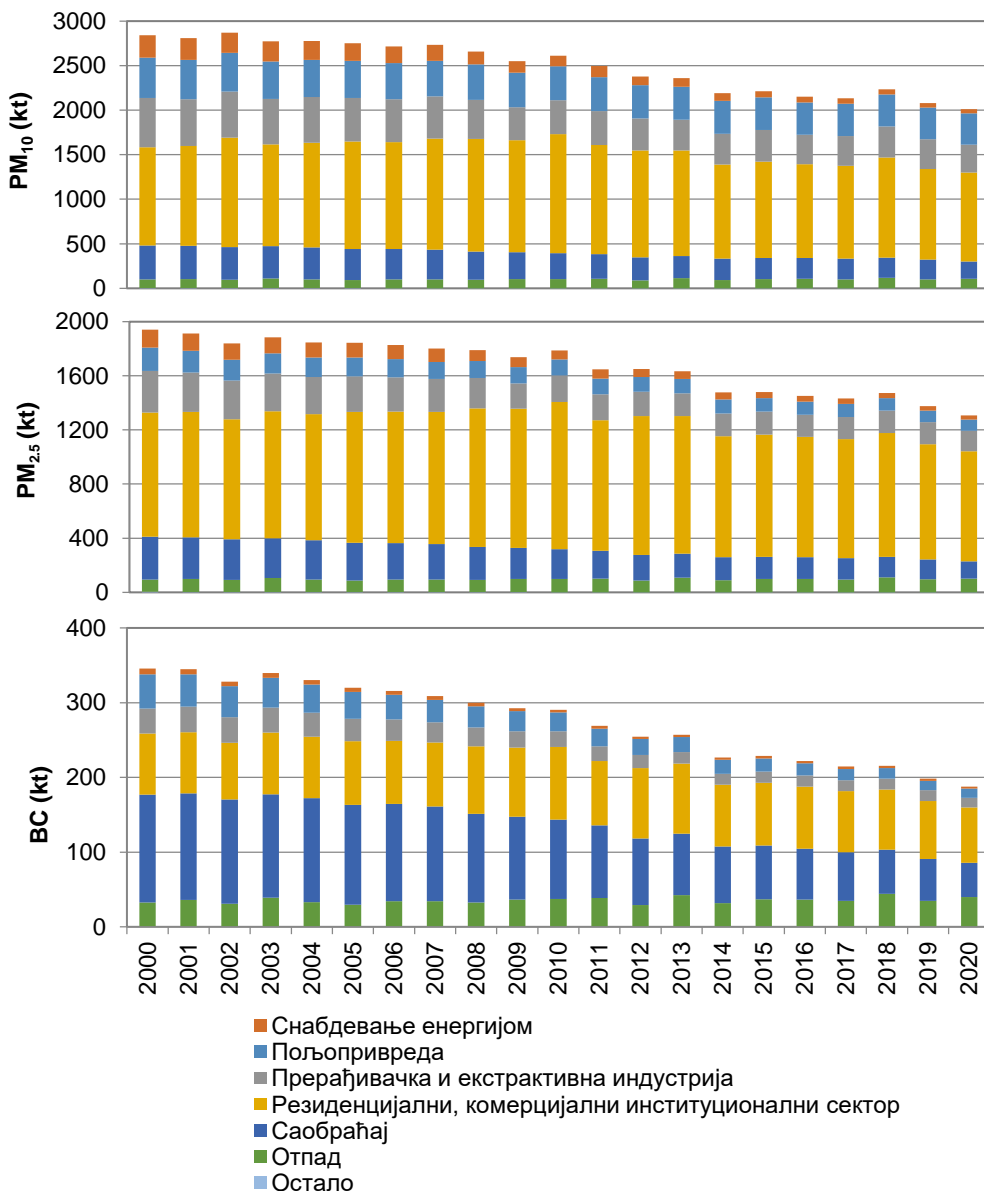
органичних и неорганичних супстанци, затим укупну количину таложних материја (УТМ) које обухватају честице пречника већег од 10  $\mu\text{m}$  које се услед сопствене тежине преносе из ваздуха на разне површине и чађ која представља масену концентрацију суспендованих честица еквивалентна смањењу рефлексије филтер папира услед сакупљања црних честица. Са порастом пречника честице смањује се њихов број, али се повећава њихова маса.

Све до почетка 80-тих година двадесетог века све атмосферске честице су мерене као чађ. Чађ је производ непотпуног сагоревања горива и може се анализирати различитим методологијама. Када се мере његове особине које апсорбују светлост чађ се назива црни угљеник (BC). Када се његова концентрација мери термално-оптичким техникама, чађ је позната као елементарни угљеник (енг. elemental carbon [EC]; ЕЕА, 2013). С обзиром на велики распон величина честица које се налазе у ваздуху, на предлог америчке Агенције за заштиту животне средине (енг. *U.S. Environmental Protection Agency* [EPA]; Hinds, 1982; Vallius, 2005), из оперативних разлога честице се узоркују као:

- $\text{PM}_{10}$ —маса честица  $\text{PM}$  у којима 50% прикупљених честица има аеродинамичке пречнике мање или једнаке 10  $\mu\text{m}$ , и
- $\text{PM}_{2.5}$ —маса честица  $\text{PM}$  у којима 50% прикупљених честица има аеродинамичке пречнике мање или једнаке 2,5  $\mu\text{m}$ .

При чему  $\text{PM}_{10}$  укључује фракцију  $\text{PM}_{2.5}$ , а фракција  $\text{PM}_{2.5-10}$  се дефинише као разлика између масе честица  $\text{PM}_{10}$  и  $\text{PM}_{2.5}$  (EPA, 1996). Од 1999. године у државама ЕУ (директива 1999/30/EC) такође је препоручено да се концентрација честица прати преко концентрација  $\text{PM}_{2.5}$  и  $\text{PM}_{10}$ . Утврђено је да уколико не постоје мерени подаци о концентрацији  $\text{PM}_{2.5}$  и  $\text{PM}_{10}$ , они се могу тумачити у односу на утврђену концентрацију TSP. Према препорукама EPA фактор за прерачунавање TSP у  $\text{PM}_{10}$  износи 0,55 (Ostro, 1994). У одсуству националног фактора за прерачунавање односа  $\text{PM}_{2.5}/\text{PM}_{10}$ , СЗО на основу спроведених епидемиолошких студија препоручује фактор 0,65 за развијене земље и 0,5 за земље у развоју (Ostro, 1994). На основу истраживања и анализа Ostro (1994) је закључио да концентрације чађи грубо одговарају честицама пречника мањег од 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ).

*Извори.* Доминантан антропогени извор честица је сагоревање биомасе. Сагоревањем горива у условима високих температура и недостатка кисеоника формирају се честице из агломерација угљеника и угљоводоника и то као чађ, кондензовани угљоводоници, пепео или несагорели угљеник. У случају сагоревања угља најпре се ослобађају испарљива једињења, док су минералне компоненте несагореле. Релативно веће честице (до 20  $\mu\text{m}$ ) формирају се спајањем минералних компоненти на спаљеној чађи. Најмање честице, пречника мањег од 0,1  $\mu\text{m}$  (наночестице) ће се формирати углавном услед испаравања и поновне кондензације дела минералних компоненти у окружењу где се дошло до сагоревања (Popescu & Ionel, 2010). Антропогени извори доминирају у урбаним и насељеним подручјима где су заступљене секундарне честице које се дуже времена задржавају у атмосфери.



Слика 5.1.2. Укупне годишње емисије  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$  и  $BC$  и расподела по секторима на простору ЕУ за период 2000–2020. година (ЕЕА, 2023а).

С обзиром на механизам формирања разликујемо примарне честице које се емитују из извора директно у атмосферу, и секундарне честице које се формирају из већ присутних атмосферских прекурсорских гасова механизмом конверзије гас—честица (Vallius, 2005; WHO, 2000, 2006а). Оба типа честица могу да расту и трансформишу се, јер се на површини постојеће честице може одвијати процес формирања секундарних материја (Vallius, 2005). Примарне честице могу потицати из природних (прашина разнесена ветром, производ шумских пожара и ерупција вулкана, морски аеросоли) и антропогених извора. Однос

између природних и антропогених извора суспендованих честица на глобалном нивоу је 9 према 1 (преко 90% су природни извори), при чему су природни извори и доминантно извори примарних честица, док антропогени извори више дорпиносе стварању секундарних честица у атмосфери (Colls, 2002). Највећи антропогени извори примарних честица су индустријски процеси, саобраћај, термоелектране, рударство, спаљивање отпада, индивидуална ложишта и грађевинска делатност. У урбаним срединама, главни извор честица је саобраћај (издувни гасови из мотора, хабање кочница, хабање гума, квачила и трошење површине пута) и сагоревање фосилних горива за грејање и кување (угаљ, нафта, дрво). Већина емисија суспендованих честица везаних за саобраћај потиче од издувних гасова дизел мотора које у урбаним подручјима могу сачињавати и до 90% свих честица (Perrino et al., 2015). Секундарне честице укључују сулфате, нитрате и кисеоничне угљоводонике произведене директном, каталитичком и фотохемијском оксидацијом сумпора, азота и неметанских испарљивих органских једињења (Godish, 2004).

На слици 5.1.2. представљене су укупне годишње емисије  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$  и ВС и расподела по секторима емисија на простору ЕУ за период 2000–2020. година. У поређењу са базном 1990. годином, у периоду 2011–2020. година емисије сва три параметра бележе пад, и то за 21,73%, 23,06% и 34,19%, редом. Емисијама  $PM_{10}$  и  $PM_{2.5}$  на простору ЕУ највише је допринео резиденцијални, комерцијални и институционални сектор и то са 46,37% за  $PM_{10}$  и 56,40% за  $PM_{2.5}$ . Са преко 5% у емисијама  $PM_{10}$  и  $PM_{2.5}$  имају и саобраћај и сектор прерађивачке и екстрактивне индустрије и пољопривреда. Када је у питању ВС, највећи удео имају саобраћај са 36,96% и резиденцијални, комерцијални и институционални сектор са 30,69%.

*Утицај на животну средину и здравље људи.* Суспендоване честице се сматрају веома опасним по људско здравље, животну средину и климу на глобалном нивоу. Честице се могу преносити на велике удаљености ветром, и таложити се на земљи или у води. У зависности од њиховог хемијског састава, наталожене честице могу закисељавати земљишта и водотоке, мењати равнотежу нутријената у приобалним водама и великим речним сливовима, исцрпљивати хранљиве материје у земљишту, оштетити осетљиве шуме и пољопривредне усеве и допринети ефекту киселих киша (Budde et al., 2012). У зависности од своје величине, морфологије и састава, честице у ваздуху показују различите способности интеракције са Сунчевим зрачењем. Такође, утичу на регионалну и глобалну климу кроз процесе расејања и апсорпције и могу утицати на својства облака. Конкретно, високе концентрације финих честица могу узроковати смањење атмосферске видљивости.

Утицај изложености суспендованим честицама на здравље људи зависи од величине и хемијског састава честица (Khafaie et al., 2012), као и од индивидуалне осетљивости и карактеристика особе (нпр. алергије, брзина и запремина дисања и слично). Нема доказа о безбедном нивоу изложености честицама нити је дефинисан праг испод којег се не јављају

штетни ефекти по здравље. Ризик и тежина респираторних болести обрнуто су повезани са аеродинамичким пречником честица. Честице величине између 5 и 10  $\mu\text{m}$  се таложе у трахеобронхијалном стаблу. Честице величине између 1 и 5  $\mu\text{m}$  углавном се таложе у респираторним бронхиолама, док оне мање од једног микрона могу да продру у алвеоле и уђу у систем циркулације (Kloog et al., 2013).

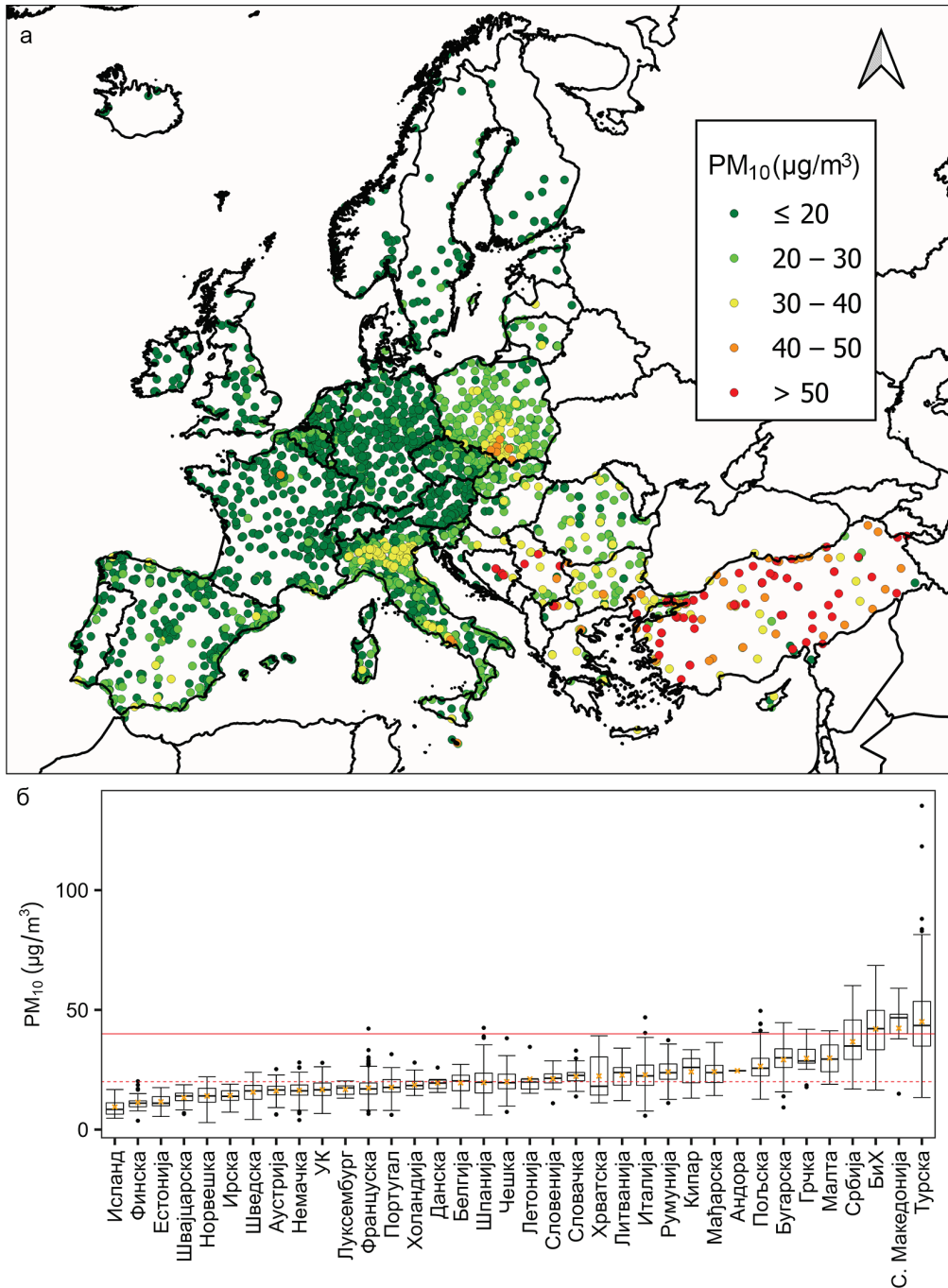
Утицај на здравље настаје због краткорочне (сати, дани) и дугорочне (месеци, године) изложености и укључује (ЕРА, 1996):

- плућна обољења,
- погоршње астме,
- смањење функције плућа,
- појачане респираторне симптоме, као што су иритација дисајних путева, кашаљ или отежано дисање и
- кардиоваскуларне ефекте као што су срчане аритмије и срчани удари.

Изложеност загађењу честицама може довести до повећаног броја пријема у болнице, посета хитној помоћи, изостанака из школе или посла. Осетљиве групе људи са већ постојећим плућним или срчаним обољењима, као и старије особе и деца, су посебно рањиве. Процењује се да су суспендоване честице одговорне за око 3% кардиопулмоналних и 5% смрти од карцинома плућа (Cohen et al., 2004). Највећи здравствени ризик представљају fine честице ( $\text{PM}_{2.5}$ ) које могу доспети дубоко у плућа, а неке чак и у крвоток. Европска агенција за заштиту животне средине је проценила да је у 27 држава чланица ЕУ у 2019. години око 307000 превремених смрти могло да се припише  $\text{PM}_{2.5}$ . Дугорочна изложеност  $\text{PM}_{2.5}$  повећава дугорочни ризик од кардиопулмоналне смртности за 6–13% на свако повећање  $\text{PM}_{2.5}$  од  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Beelen et al., 2008; Krewski et al., 2009; Pope III et al., 2002) и скраћује очекивани животни век становништва у просеку за око 8,6 месеци (Ortu et al., 2011). Pope III et al. (1999) указује да се при повећању краткорочне изложености  $\text{PM}_{10}$  од  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  дневна смртност повећава за 0.8%. Ефекти дугорочне изложености  $\text{PM}_{10}$  су мање јасни, иако неколико студија указује на везу између дуготрајне изложености  $\text{PM}_{10}$  и смртности од респираторних болести. Процењено је да се дневни морталитет од свих узрока повећава за 0,2–0,6% на свако повећање  $\text{PM}_{10}$  од  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (WHO, 2006b; Samoli et al., 2008).

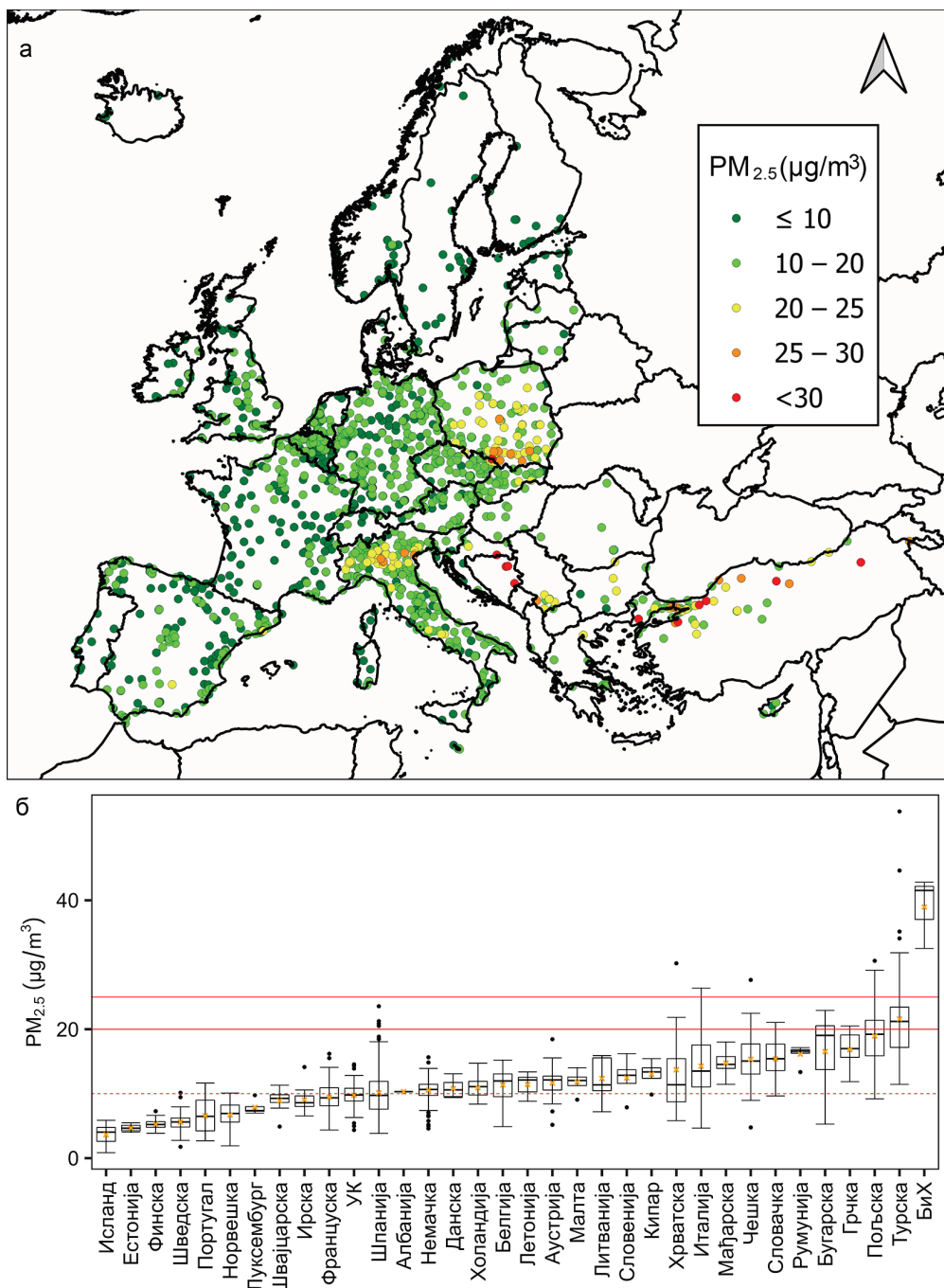
*Концентрације  $\text{PM}$  у Европи.* На основу званично пријављених валидираних података за 3163 мерне станице у Европи у 2019. години, просечне годишње концентрације  $\text{PM}_{10}$  кретале су се од  $2,90 \mu\text{g}/\text{m}^3$  на руралној позадинској станици у Норвешкој до  $135,20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  на урбаној позадинској станици у Турској (слика 5.1.3а). Према ЕIONЕТ извештају (Targa et al., 2021) концентрације изнад годишње граничне вредности  $\text{PM}_{10}$  ( $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) забележене су у 4% свих обухваћених станица, док је строжа гранична вредност тада актуелних СЗО смерница за годишњу вредност  $\text{PM}_{10}$  ( $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) била премашена на чак 43 % станица у свим обухваћеним земљама, осим у Естонији, Финској, Исланду, Ирској, Луксембургу и Швајцарској (слика 5.1.3б). Дневна гранична вредност

PM<sub>10</sub> је у 2019. години је на 14% станица (од којих је 87% урбаних и 10% субурбаних) премашена више од дозвољеног броја прекорачења.



Слика 5.1.3. Средње годишње концентрације PM<sub>10</sub> у 2019. години (а) за сваку мерну станицу и (б) за сваку државу у односу на годишњу граничну вредност (црвена пуна линија) и СЗО смернице за квалитет ваздуха (црвена испрекидана линија; ЕЕА, 2023б).





Слика 5.1.4. Средње годишње концентрације PM<sub>2.5</sub> у 2019. години (а) за сваку мерну станицу и (б) за сваку државу у односу на годишњу граничну вредност (црвене пуне линије) и СЗО смернице за квалитет ваздуха (црвена испрекидана линија; ЕЕА, 2023б).

Када је реч о PM<sub>2.5</sub>, у току 2019. године у Европи мерења су вршена на 1645 станица од чега је 1570 станица имало задовољавајући обухват валидних података од 75% (слике 5.1.4а). Просечна годишња концентрација

PM<sub>2.5</sub> у Европи, израчуната на основу званично пријављених валидираних података, кретала се од 0,85 µg/m<sup>3</sup> на субурбаној индустријској станици на Исланду до 53,78 µg/m<sup>3</sup> на урбаној саобраћајној станици у Турској. Према EIONET извештају (Targa et al., 2021) концентрације изнад годишње граничне вредности PM<sub>2.5</sub> (20 µg/m<sup>3</sup>) забележене су у 2% свих извештајних станица (од којих је 77% урбаних и 13% субурбаних), док је строжа вредност тада актуелних СЗО смерница за годишњу средњу вредност PM<sub>2.5</sub> (10 µg/m<sup>3</sup>) била премашена на чак 59% станица у свим обухваћеним земљама, осим у Албанији, Естонији, Финској, Исланду, Луксембургу, Норвешкој и Шведској (слика 5.1.4б).

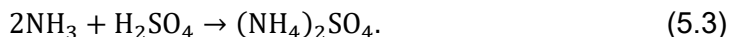
## 5.2. Сумпор-диоксид (SO<sub>2</sub>)

*Опште карактеристике.* Сумпор-диоксид припада групи сумпорних оксида. Безбојан је и незапаљив гас, оштрог карактеристичног мириса и киселог укуса. Растворљив је у води и веома је реактиван. Због високог притиска паре, SO<sub>2</sub> је у атмосфери првенствено присутан у гасовитој фази и може се непромењен таложити на друге природне површине, укључујући воду, земљиште и вегетацију.

Сумпор-диоксид у ваздуху постоји као гас или растворен у воденим капљицама. Оксидацијом прелази у SO<sub>3</sub> који се раствара у капљицама воде које су распршене у ваздуху и гради сумпорну киселину:

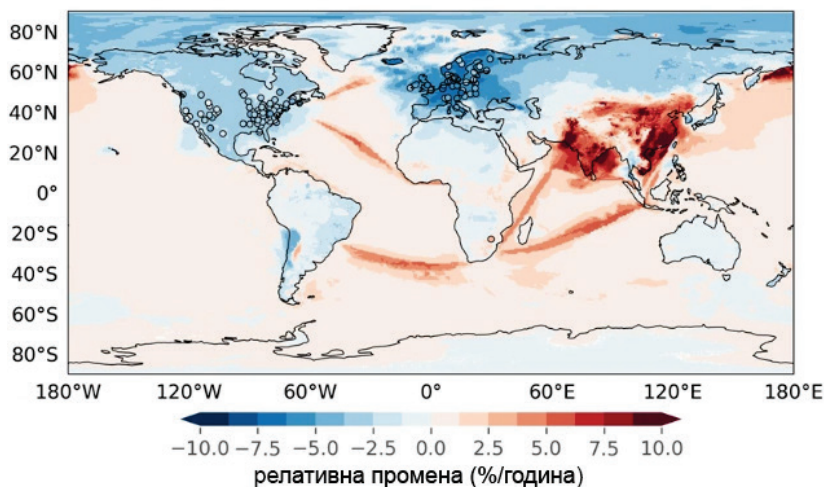


У интеракцији са другим гасовима и честицама у ваздуху SO<sub>2</sub> може да формира честице познате као сулфати и друге производе који могу бити штетни за људе и животну средину. Сумпорна киселина реагује са NH<sub>3</sub> и ствара још једно опасно једињење које се зове амонијум сулфат ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).



Концентрације SO<sub>2</sub> које се појављују у атмосфери различите су за различита подручја, а највиши нивои су у урбаним и индустријским зонама. Просечне годишње концентрације SO<sub>2</sub> у урбаним зонама земаља у развоју износе 40–80 µg/m<sup>3</sup>, у урбаним зонама Северне Америке и Европе оне износе 10–30 µg/m<sup>3</sup>, а у чланицама EU 6–35 µg/m<sup>3</sup> (WHO, 2006b).

Током последњих деценија дошло је до великих промена у глобалним и регионалним концентрацијама SO<sub>2</sub> (слика 5.2.1). Од 1990. до 2015. године смањена је и емисија SO<sub>2</sub> на глобалном нивоу за 31%, а током овог периода поједини региони су имали различите доприносе глобалном буџету емисије. У посматраном периоду емисија SO<sub>2</sub> је највише смањена у Европи и Северној Америци док је у Индији дошло до значајног повећања емисије (Aas et al., 2019).



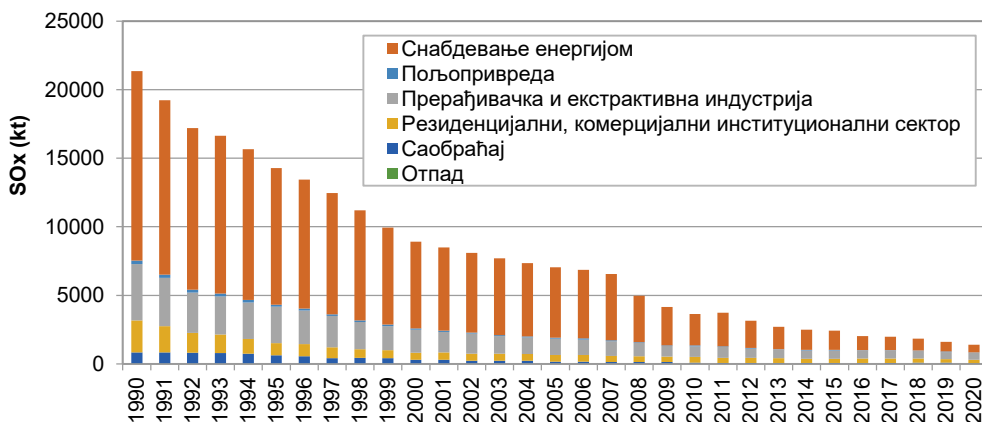
Слика 5.2.1. Релативна промена концентрација  $\text{SO}_2$  у ваздуху у периоду 1990–2015. година израчунати EMEP MSC-W моделом. Прилагођено из Aas et al. (2019).

*Извори.* Извори атмосферског  $\text{SO}_2$  су природни и антропогени, при чему је допринос људских активности у емисијама има стални пораст током 19. века па све до друге половине 20. века, када је значајан број земаља смањило и ограничило своје доприносе (даљи пораст још увек је карактеристичан за државе у Азији). Преко 90%  $\text{SO}_2$  у ваздуху пореклом је из антропогених извора. Основни извор  $\text{SO}_2$  у ваздуху је сагоревање фосилних горива која садрже сумпор (Popescu & Ionel, 2010). Сумпор из фосилних горива се у процесу сагоревања већински ослобађа као  $\text{SO}_2$ . Различита горива садрже и различиту количину сумпора (од неколико процената до више десетина процената; Colls, 2002). Сагоревање угља је највећи проблем обзиром да се садржај сумпора у течним и гасовитим фосилним горивима може уклонити пре сагоревања (Popescu & Ionel, 2010). При непотпуном сагоревању због недостатка кисеоника, може се формирати елементарни сумпор и  $\text{H}_2\text{S}$  на високим температурама. Водоник сулфид може настати током процеса сагоревања угља ниског квалитета као што је лигнит, али је и део издувних гасова клипних мотора након каталитичке редукције ако мотор ради при великом оптерећењу и ниском односу ваздух-гориво. При сагоревању може доћи до оксидације  $\text{SO}_2$  у  $\text{SO}_3$  (нарочито када горива садрже значајнију количину ванадијума који поспешује ове процесе), а који ће затим у реакцији са воденом паром формирати сумпорну киселину ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) (Colls, 2002). Ово се нарочито дешава у данима са маглom и повећаном влажношћу ваздуха.

Највећи емитери  $\text{SO}_2$  у ваздуху су термоелектране. Поред њих  $\text{SO}_2$  се емитује и при преради сулфидних руда, руда олова, цинка и бабра, производњи сумпорне киселине и папира, ложењу фосилних горива за загревање домаћинства и у рафинеријама нафте. Сумпор-диоксид је такође присутан у издувним гасовима моторних возила, нарочито дизел мотора, а ранијих година се саобраћај сматрао значајним извором емисије  $\text{SO}_2$  у ваздуху. Употребом горива са смањеним садржајем сумпора као и модернијих возила са нижом емисијом загађујућих материја, допринос

саобраћаја повишеним нивоима  $\text{SO}_2$  у ваздуху постаје све мањи па се данас у развијеним државама саобраћај не сматра значајним извором  $\text{SO}_2$ . Због веома штетног утицаја на здравље људи и екосистеме (утицај киселих киша), већина развијених земаља примењује технологије одсумпоравања и филтере који смањују емисије углавном у енергетском и транспортном сектору (Mallik, 2019). Данас, Азијске земље имају највећи допринос глобалним антропогеним емисијама  $\text{SO}_2$  и упркос постојећим регулативама предвиђа се даље повећање емисија.

У природи извори  $\text{SO}_2$  су вулканске ерупције и биолошка разлагања под утицајем анаеробних бактерија. Прекурсори  $\text{SO}_2$  из природних извора у виду редукованих оксидационих стања (са редукованом компонентом сумпора, енг. *Reduced Sulfur Compounds* [RSCs]) су диметил сулфид (енг. *Dimethyl Sulfide* [DMS]),  $\text{H}_2\text{S}$ , угљен дисулфид ( $\text{CS}_2$ ), карбонил сулфид итд. Када доспеју у атмосферу, њиховом оксидацијом се ствара  $\text{SO}_2$  и сулфатне аеросоли (Colls, 2002; Mallik, 2019). Од укупних биогених емисија, 90% је DMS који води порекло од емисија морског фитопланктона, доминантно са океанских и морских површина са јужне хемисфере. То значи да се може извести и географско разграничење природних емисија са јужне Земљине хемисфере, и антропогених, доминантно са северне Земљине хемисфере (Colls, 2002). Поред DMS, природни извори сумпора у атмосфери су вулканске ерупције ( $\text{SO}_2$ ) и емисије које су производ распадања и разлагања у земљишту и вегетацији ( $\text{H}_2\text{S}$ ).



Слика 5.2.2. Укупне годишње емисије и расподела оксида сумпора по секторима на простору ЕУ за период 1990–2020. година (ЕЕА, 2023а).

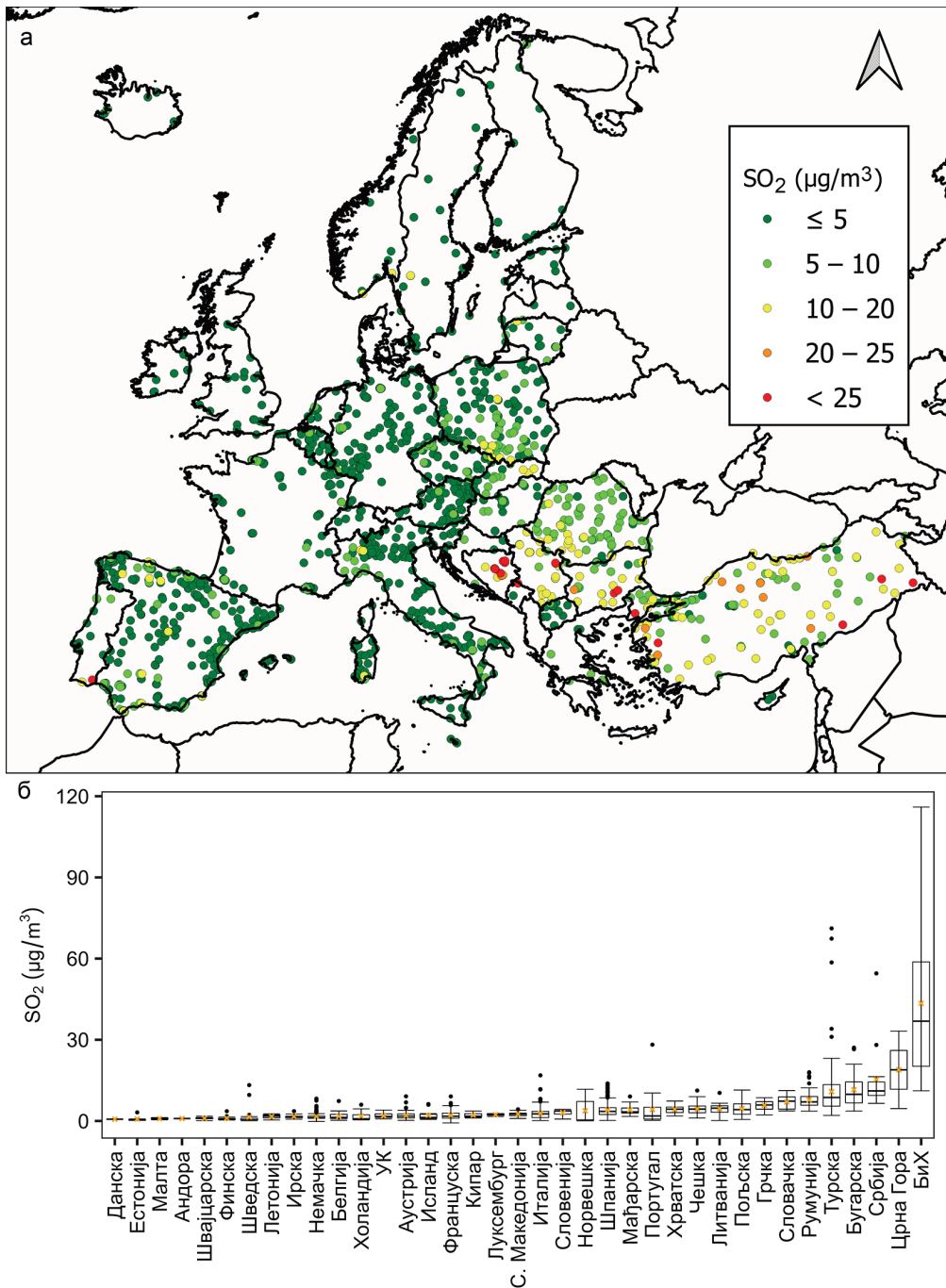
На слици 5.2.2. представљене су укупне годишње емисије оксида сумпора и секторски доприноси емисијама у ЕУ у периоду 1990–2020. година. Укупна емисија ове загађујуће материје у периоду 1990–2020. година кретала се између 1402 kt у 2020. години, и 21354,14 kt у 1990 години. У поређењу са базном 1990. годином, емисија оксида сумпора у периоду 2011–2020. година смањена је у просеку за 89,05%. Снабдевање енергијом је, са просечно 68,36%, доминантни извор емисија оксида сумпора. Прерађивачка и екстрактивна индустрија и

резиденцијални, комерцијални и институционални сектор учествовали су са 18,62% односно 8,14%, док су други извори били занемарљиви.

*Утицај на животну средину и здравље људи.* У високим концентрацијама,  $\text{SO}_2$  у гасовитом стању може нанети штету вегетацији, укључујући шуме и усеве, тако што оштећује лишће и смањује раст. Као што је раније поменуто,  $\text{SO}_2$  је један од основних прекурсора киселих киша које штете животној средини кроз закисељавање водених екосистема, што смањује биодиверзитет убијањем биљака и животиња, оштећење вегетације и уништавање шума, смањење садржаја хранљивих материја (калцијум, алуминијум, магнезијум) у тлу и кородирање зграда и материјала. Честице које настају у интеракцији са другим састојцима атмосфере могу да смање видљивост (World Bank, 1999).

Изложеност људи  $\text{SO}_2$  повезана је са различитим симптомима, укључујући отежано дисање и иритацију очију, а такође је и повезана са већ постојећим кардиоваскуларним и респираторним болестима. Високи нивои  $\text{SO}_2$  могу изазвати мучнину, повраћање, бол у стомаку и оштећење дисајних путева и плућа, док се излагање веома високим концентрацијама сматра непосредно опасним по живот и здравље. Краткорочна изложеност може изазвати сужење или стезање дисајних путева у плућима, кашаљ, кратак дах и иритацију носа, грла и очију. Посебно су угрожена деца, старије особе и они који већ пате од респираторних обољења, као што су астматичари. Утицаји на здравље посебно су повезани са краткорочним излагањем током десетоминутног периода концентрацијама изнад  $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (World Bank, 1999). Краткорочна изложеност може повећати број посета ургентним центрима и пријема у болницу због респираторних симптома (Thompson et al., 2001). Дуготрајно излагање честицама које настају реакцијом  $\text{SO}_2$  са другим једињењима у ваздуху такође може утицати на здравље. Ове честице продиру дубоко у плућа и могу изазвати иритацију и упалу која може оштетити слузницу плућа и утицати на друге делове организма. Честице могу погоршати постојеће срчане и респираторне болести, укључујући емфизем и бронхитис.

*Концентрације  $\text{SO}_2$  у Европи.* На основу мерења извршених на 1631 мерној станици у Европи у току 2019. године просечна годишња концентрација  $\text{SO}_2$  кретала се од  $0,05 \mu\text{g}/\text{m}^3$  измерених на позадинској руралној станици у Норвешкој до  $116,00 \mu\text{g}/\text{m}^3$  на субурбаној индустријској станици у Босни и Херцеговини (ЕЕА, 2023b). Према EIONET извештају (Targa et al., 2021) у 2019. години часовна гранична вредност ( $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) премашена је на 15 обухваћених станица док је дневна гранична вредност ( $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) премашена на 19 станица. Строжа дневна вредност тада актуелних СЗО смерница за  $\text{SO}_2$  ( $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) је била премашена на чак 511 (31 %) станица у 30 обухваћених земаља. Слика 5.2.3а приказује средње годишње концентрације  $\text{SO}_2$ . Иако годишња средња вредност није повезана са ГВ за заштиту здравља људи, она је повезана са критичним нивоом вегетације ( $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  као годишња средња вредност) и пружа поређење ситуације широм Европе.



Слика 5.2.3. Средње годишње концентрације SO<sub>2</sub> у 2019. години (а) за сваку мерну станицу и (б) за сваку државу (ЕЕА, 2023б).

Када се узме у обзир тренд средњих годишњих концентрација SO<sub>2</sub> израчунатих на основу свих обухваћених станица у једној држави, ситуација је повољна у свим државама осим у Босни и Херцеговини (слика 5.2.3б), а тренд побољшања у последњој деценији видљив је у Србији и Северној

Македонији. Међутим када су у питању максималне концентрације  $\text{SO}_2$  ситуација је неповољна у већини држава Јужне и Југоисточне Европе.

### 5.3. Азотни оксиди ( $\text{NO}_x$ )

*Опште карактеристике.* Азотни оксиди у амбијенталном ваздуху односе се првенствено на гасове азот-моноксид ( $\text{NO}$ , азот(II)-оксид) и азот-диоксид ( $\text{NO}_2$ , азот(IV)-оксид) мада постоје и други гасовити оксиди који садрже азот (као на пример азот-субоксид ( $\text{N}_2\text{O}$ , азот(I)-оксид), азот-триоксид ( $\text{N}_2\text{O}_3$ , азот(II, IV)-оксид, анхидрид азотасте киселине), азот-тетраоксид ( $\text{N}_2\text{O}_4$ , азот(IV)-оксид) и азот-пентаоксид ( $\text{N}_2\text{O}_5$ , азот(V)-оксид, анхидрид азотне киселине). У процесу сагоревавања оксидацијом азота садржаног у гориву (угаљ и нафта садрже до 1,5% азота, гас мање) најпре се формира  $\text{NO}$ , док се  $\text{NO}_2$  углавном формира након сагоревања у издувним гасовима када је присутно више кисеоника и у атмосфери (Colls, 2002).

Концентрација  $\text{NO}_x$  у градским срединама варира у току дана и године. Пре изласка Сунца концентрације су сталне и нешто мало веће од дневног минимума. Са порастом активности становништва и интензитетом кретања моторних возила расте концентрација  $\text{NO}$ . Под утицајем Сунчевог зрачења  $\text{NO}$  прелази у  $\text{NO}_2$  чија се концентрација повећава и расте све до вечерњих сати. У току ноћи, концентрација  $\text{NO}$  опада. У току године највећи садржај  $\text{NO}$  је у току касне јесени и зимских месеци због смањеног интензитета Сунчевог зрачења који га конвертује у  $\text{NO}_2$ . Други разлог повећане концентрације  $\text{NO}_x$  у току јесени и зиме је веће сагоревање фосилних горива (Ђармати и сар., 2008).

Просечна годишња концентрација  $\text{NO}_x$  у урбаним деловима света креће се у опсегу од 20–90  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Једночасовна мерења у близини веома прометних саобраћајница показују да ниво може да пређе и 940  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (WHO, 2006b). Просечна годишња концентрација  $\text{NO}_x$  у градовима Азије креће се у распону од 23  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  до 74  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , у градовима Африке од 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  до 160  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , а у Аустралији од 11  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  до 28  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (WHO, 2006a; Department of Environment and Heritage [DEN], 2004).

*Извори.* Азот-моноксид је примарни продукт сагоревања и доминантан је облик азотног оксида на месту испуштања из антропогених извора загађења. То је гас без боје, мириса и укуса. Слабо је растворљив у води и релативно је нетоксичан. Природно се производи у земљишту кроз процесе биолошке нитрификације и денитрификације, удара грома и муња, као и оксидацијом  $\text{NH}_3$  фотохемијским процесима. Антропогено се производи у процесима сагоревања на високим температурама кроз следећу реакцију:



Такође се преноси из стратосфере у тропосферу. Главни антропогени извори  $\text{NO}$  обухватају возила на бензин и дизел, електране на фосилна горива, индустријске котлове, спалионице смећа и грејање



кућних простора. На извору емисије однос азотних оксида је приближно 90% NO и 10% NO<sub>2</sub>, али се NO веома лако оксидацијом претвара у NO<sub>2</sub>. Концентрације NO достижу врхунац током раног јутарњег шпица (од 6 до 9 часова ујутро), а затим се брзо смањују оксидацијом до NO<sub>2</sub> и другим процесима уклањања.

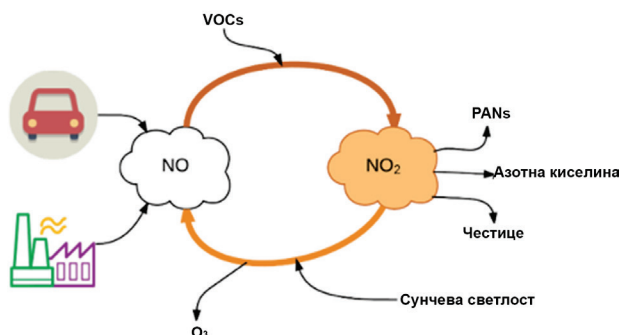
Азот-диоксид је обојен гас који варира од жуте, преко црвене, до браон боје у зависности од концентрације у атмосфери. Има оштар, иритирајући мирис и због високе стопе оксидације, релативно је токсичан и корозиван. Азот-диоксид се може произвести у бројним атмосферским процесима. То укључује релативно спору, директну реакцију оксидације,



и брзе фотохемијске реакције које укључују O<sub>3</sub>, пероксил радикале (RO<sub>2</sub>), и реактивна једињења кисеоника као што су хидроксилни радикал (OH), хидропероксилни радикал (HO<sub>2</sub>), и водоник пероксид (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>):



Altshuller (1956) је израчунао да се при концентрацији NO од 120 µg/m<sup>3</sup>, у присуству O<sub>3</sub> у концентрацији од 200 µg/m<sup>3</sup>, 50% амбијенталног NO конвертује у NO<sub>2</sub> за мање од 1 минута. Сходно томе, реакција (5.6) се сматра најважнијим путем за производњу NO<sub>2</sub> у атмосфери. Азот диоксид у ваздуху може да реагује са другим супстанцама и формира азотну киселину, честице и супстанце које се називају пероксиацил нитрати (енг. *Peroxyacyl Nitrates* [PAN]). Такође, под утицајем Сунчеве светлости NO<sub>2</sub> се може поново конвертовати у NO и учествовати у производњи O<sub>3</sub> (слика 5.3.1).

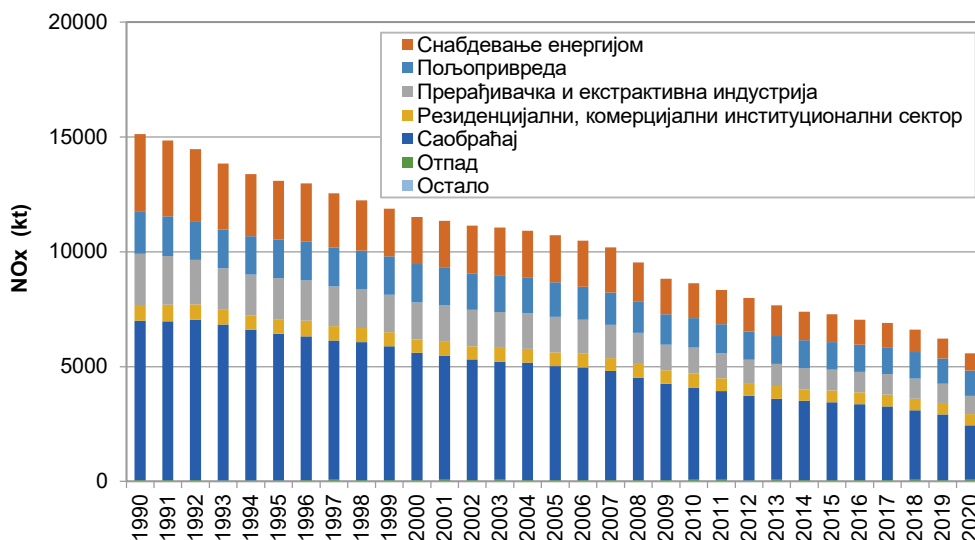


Слика 5.3.1. Поједностављени циклус NO и NO<sub>2</sub> у ваздуху. Прилагођено из The World Air Quality Index Project (n.d.).



Према Grice et al. (2009) удео доприноса саобраћаја у емитовању директне фракције  $\text{NO}_2$  се може значајно повећати у областима са повећаним бројем дизел возила са Еуро 4 и 5 стандардом, јер ова возила могу да емитују до 50% својих  $\text{NO}_x$  као  $\text{NO}_2$ . Системи за обраду издувних гасова повећавају директну емисију  $\text{NO}_2$  што може довести до чешћег премашивања граничних вредности  $\text{NO}_2$  у саобраћајним жариштима.

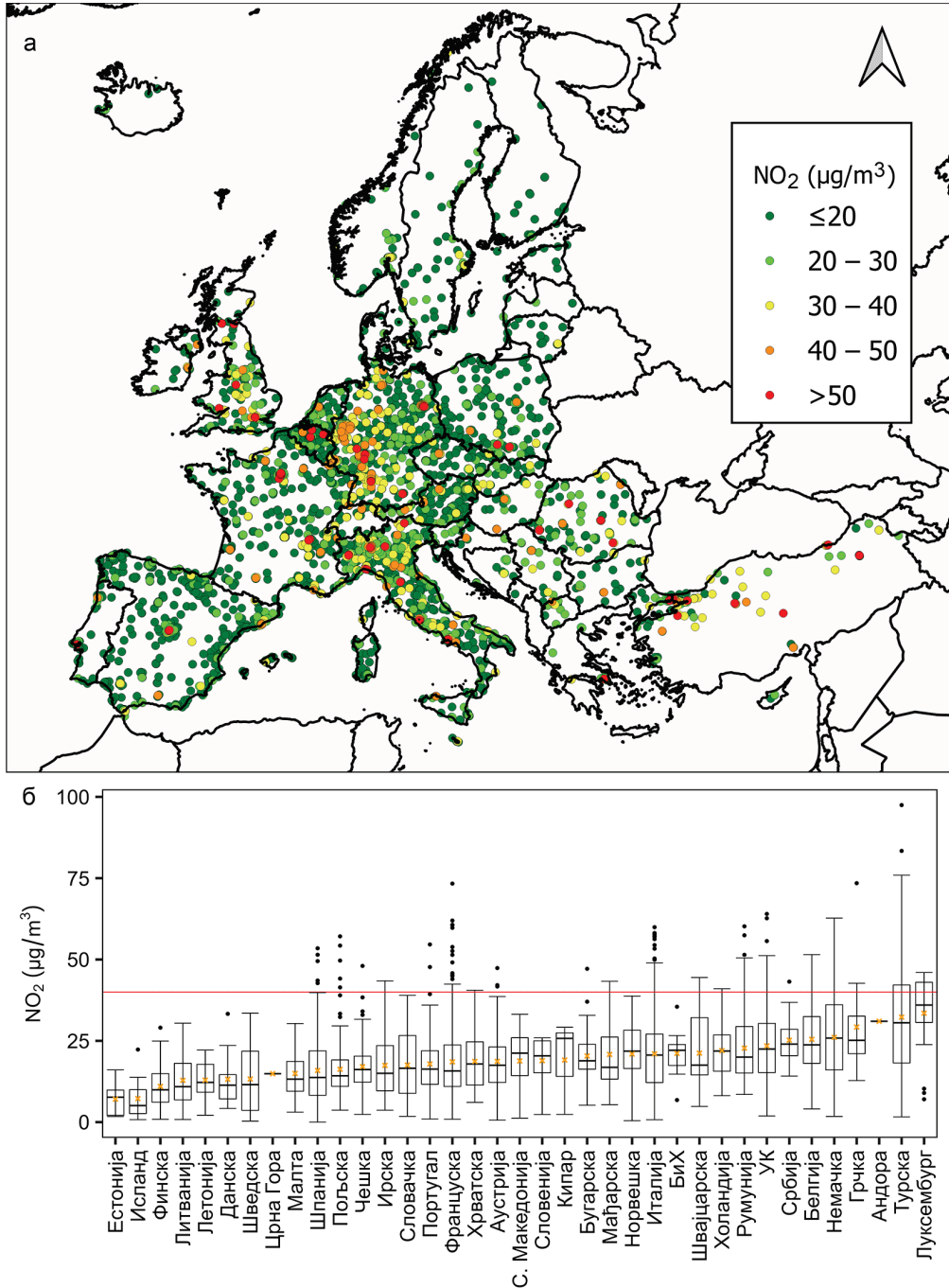
Укупна емисија оксида азота у ЕУ у периоду 1990–2020. година кретала се између 5580,72 и 15136,81 kt (слика 5.3.2). У поређењу са базном 1990. годином, емисија оксида азота у периоду 2011–2020. година смањена је у просеку за 53,03%. Саобраћај је са 47,25% од укупне емисије доминантан извор емисија ове загађујуће материје. Снабдевање енергијом, пољопривреда и прерађивачка и екстрактивна индустрија учествовали су са 18,66%, 14,11% и 13,65%, редом, док је допринос других извора био испод 6%. У посматраном тридесетогодишњем периоду емисија из свих извора је значајно смањена, осим емисије из отпада која је повећана за 16,88%.



Слика 5.3.2. Укупне годишње емисије и расподела оксида азота по секторима на простору ЕУ за период 1990–2020. година (ЕЕА, 2023а).

*Утицај на животну средину и здравље људи.* Пошто је присуство  $\text{NO}_x$  уско повезано са стварањем или присуством других загађујућих материја у ваздуху, тешко је утврдити ефекте који се могу приписати само овој загађујућој материји. Азот-диоксид може да ступи у интеракцију са другим хемикалијама у ваздуху и да формира киселе кише које могу оштетити не само вегетацију већ и споменике и друге објекте које је изградио човек. Киселе кише доприносе и еутрофикацији при којој преоптерећење хранљивим материјама смањује количину кисеоника у води, што резултира животном средином деструктивном за рибе и друге животињске врсте. Оштећење биљака под утицајем  $\text{NO}_x$  укључује избелјивање или одумирање биљног ткива, губитак листова и смањену брзину раста (Ђармати и сар. 2008). Азот-диоксид утиче на

метале формирајући соли које повећавају корозију. Такође бледи тканину и деградира гуму (Chen et al., 2007).



Слика 5.3.3. Средње годишње концентрације NO<sub>2</sub> у 2019. години (а) за сваку мерну станицу и (б) за сваку државу у односу на годишњу граничну вредност и СЗО смерницу за квалитет ваздуха (црвена пуна линија). Приказане су станице са више од 75% валидних података (EEA, 2023b).

И краткорочна и дугорочна изложеност повишеним нивоима  $\text{NO}_2$  у ваздуху може имати штетне утицаје на здравље људи. За разлику од  $\text{SO}_2$ , који се брзо апсорбује у течностима горњег трахеобронхалног региона,  $\text{NO}_2$  је мање растворљив и тако прелази у плућни регион где може доћи до оштећења ткива. Краткорочно излагање веома високим концентрацијама  $\text{NO}_2$  може довести до иритације дисајних путева и погоршати респираторне болести. Код особа које су на радном месту изложене високим нивоима  $\text{NO}_2$  (производња азотне киселине, пољопривредни силоси, електролучно заваривање, употреба експлозива у рударству, итд), нежељени ефекти као што је плућни едем манифестују се неколико сати након излагања. Изложеност особа са хроничним плућним болестима, као што су астма и хронична опструктивна плућна болест, може изазвати краткорочне реакције као што су кашаљ или отежано дисање, затим може изазвати промене у функцији плућа и повећати посете ургентним центрима и пријеме у болницу (EPA, n.d.). Недавно објављена студија изведена у 398 градова у 22 државе показала је линеарну повезаност краткотрајног излагања  $\text{NO}_2$  и смртности (Meng et al., 2021). Студија је показала да се ризик од укупне смртности повећава за 0,46% на свако повећање концентрација  $\text{NO}_2$  за  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (0,37% за кардиоваскуларне и 0,47% за респираторне болести). Дугорочно излагање повишеним концентрацијама  $\text{NO}_2$  може пореметити чуло мириса, повећати осетљивост на респираторне инфекције, допринети развоју астме и узроковати хроничну болест плућа (Chen et al., 2007). Дугорочно излагање такође повећава ризик од смртности (Atkinson et al., 2018; Stieb et al., 2021; Huang et al., 2021; и други).

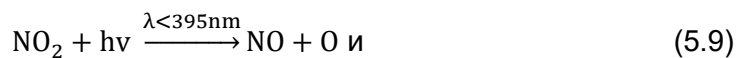
*Концентрације  $\text{NO}_2$  у Европи.* На основу званично пријављених валидираних података за 3463 мерне станице у Европи у току 2019. године, просечне годишње концентрације  $\text{NO}_2$  кретале су се од  $0,02 \mu\text{g}/\text{m}^3$  у руралној позадинској станици у Естонији до  $97,48 \mu\text{g}/\text{m}^3$  на урбаном саобраћајној станици у Турској (EEA, 2023b). Према EIONET извештају (Targa et al., 2021) концентрације  $\text{NO}_2$  изнад годишње ГВ ( $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) забележене су у 22 државе у 6% свих извештајних станица (слика 5.3.3а). Од свих вредности изнад годишње ГВ, 87% је забележено на саобраћајним станицама, а 99% је било лоцирано у урбаном или субурбаном подручју. Концентрације  $\text{NO}_2$  изнад сатне ГВ измерене су у 0,3% (11 станица) свих извештајних станица, углавном на урбаним саобраћајним станицама. Сатне ГВ премашене су у пет земаља: Турска (7 станица), Босна и Херцеговина (1 станица), Србија—Аутономна покрајина Косово и Метохија (1 станица), Шпанија (1 станица) и Уједињено Краљевство (1 станица; Targa et al., 2021).

#### 5.4. Приземни озон ( $\text{O}_3$ )

*Опште карактеристике.* Озон је безбојни, реактивни оксидативни гас који у атмосфери има две важне улоге: уклања већину биолошки штетног ултраљубичастог зрачења пре него што дође до површине и регулише температуру у стратосфери. У атмосфери се може

наћи на две локације: испод 10 km (тропосферски или приземни озон) и у вишим слојевима атмосфере (стратосферски озон). Приземни  $O_3$  се налази на висинама на којима живи човек и основни је састојак фотохемијског смога који настаје при стабилним метеоролошким условима у летњој половини године у веома загађеним срединама. Чини око 10% од укупне количине  $O_3$  у атмосфери. Приземни  $O_3$  се формира у ваздуху фотохемијском реакцијом Сунчеве светлости и  $NO_x$ , коју олакшавају различита испарљива органска једињења (VOC). Релативни значај различитих VOC у процесу оксидације зависи од њихове хемијске структуре и реактивности. Може се формирати у близини извора емисије прекурсора, али и стотинама километара далеко.

Основне реакције одговорне за стварање приземног  $O_3$  су следеће:



Азот диоксид апсорбује зрачење таласних дужина мањих од 395 nm што одговара енергији дисоцијације од 3.1 eV и основни је извор веома реактивног атомског кисеоника који реагује са молекулом  $O_2$ . У случају када у ваздуху нису присутна друга органска једињења озон се троши кроз реакцију 5.6. Акумулација приземног  $O_3$  у тропосфери је једино могућа ако NO реагује са другим супстанцама (као на пример са угљоводонцима) уместо са  $O_3$  и тако ствара  $NO_2$  који је извор за стварање приземног  $O_3$  кроз реакције 5.9 и 5.10.

На концентрације приземног  $O_3$  утичу интензитет Сунчевог зрачења, апсолутне концентрације  $NO_x$  и VOC, као и однос  $NO_x$  и VOC. Дневне и сезонске варијације јављају се као одговор на промене Сунчеве светлости. Правилан дневни ход је последица правилног хода Сунчевог зрачења и интензитета градског саобраћаја. Најниже концентрације су око 7 сати ујутро, након изласка Сунца, а највише у послеподневним часовима, у време саобраћајног шпица. На годишњем нивоу максималне вредности су у топлијој половини године (април-септембар) што је условљено повећањем интензитета и трајања Сунчевог зрачења, док су зими концентрације знатно ниже (Тривић, 2008).

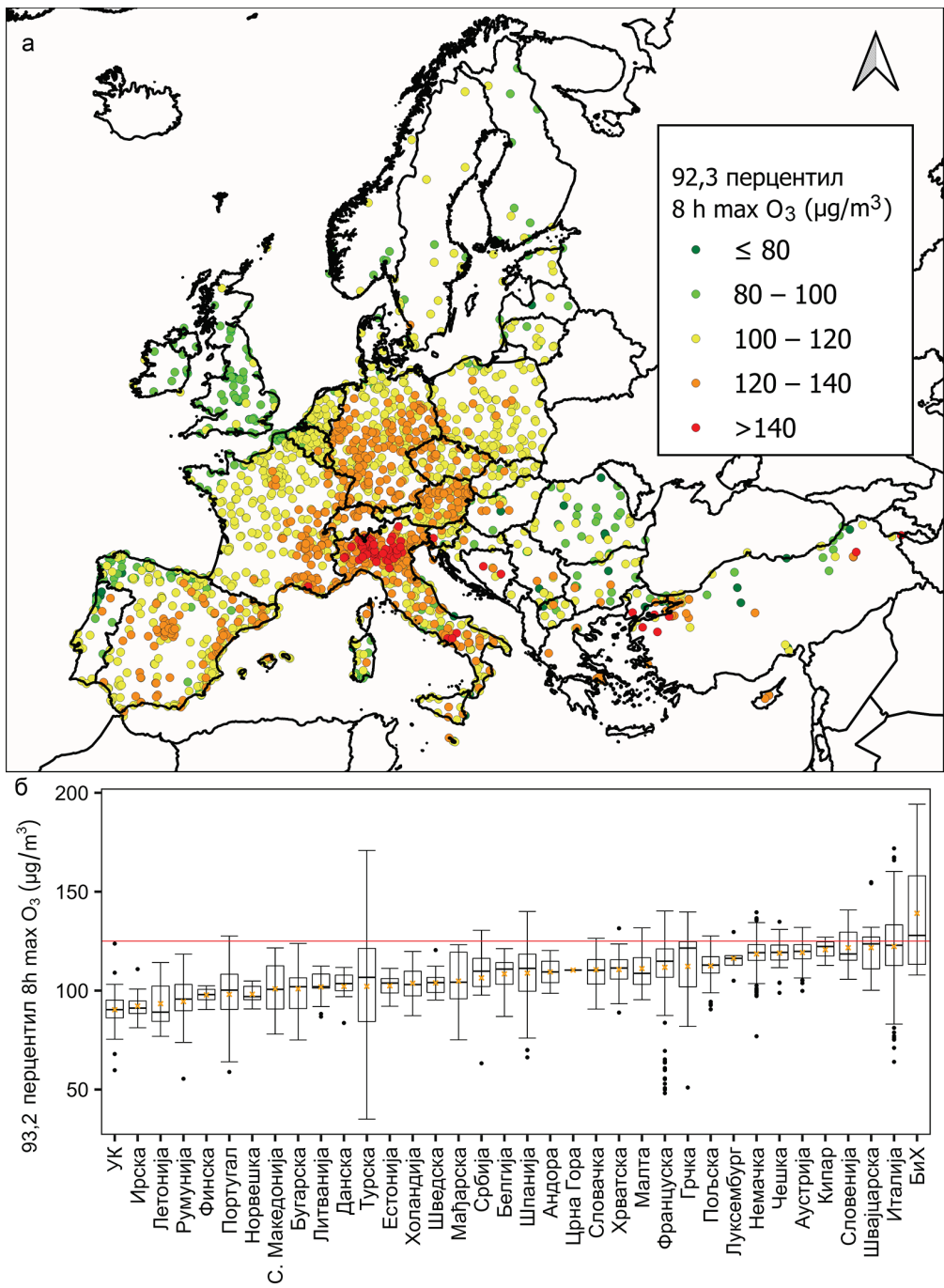
Концентрације приземног  $O_3$  су у већини случајева више у руралним него у урбаним подручјима, што се назива „озонски парадокс”. Ово не значи да је загађење ваздуха мање у градовима (у градовима су присутне и друге загађујуће материје, са већим концентрацијама него на селу), већ да не постоји линеарна веза између концентрације прекурсора приземног  $O_3$  и саме концентрације приземног  $O_3$ . У градовима се из издувних гасова аутомобила ослобађа велика количина NO који има веома кратак животни век јер у року од неколико минута оксидише и конвертује се у  $NO_2$ . Азот-диоксид има дужи животни век, од неколико сати до неколико дана, што омогућава да се ветром пренесе на веће удаљености, из града у рурална подручја, где представља извор за формирање приземног  $O_3$  кроз реакције 5.9 и 5.10. Због мањег интензитета саобраћаја, у руралним подручјима је мања и концентрација

NO, па је самим тим и мање уништавања приземног O<sub>3</sub> кроз реакцију 5.6. Поред тога, повећаним концентрацијама у ванградским областима доприноси и повећање стратосферског O<sub>3</sub> као и већа емисија CH<sub>4</sub> (Sicard, 2021). У урбаним подручјима смањење прекурсора приземног O<sub>3</sub> може чак довести до повећања његове концентрације. Током дана викенда, иако је интензитет саобраћаја смањен, долази до повећања концентрација приземног O<sub>3</sub>, нарочито лети када је интензитет Сунчевог зрачења који погодује стварању приземног O<sub>3</sub> већи. Ова ситуација се назива „викенд ефекат” и дешава се због мање концентрације NO викендом због смањеног интензитета саобраћаја, што утиче и на мање трошење приземног O<sub>3</sub> кроз реакцију 5.6.

Према Sicard (2021), од 1990-их, емисије антропогених прекурсора приземног O<sub>3</sub> су се смањиле у Северној Америци и Европи што је резултирало и смањењем концентрација приземног O<sub>3</sub> у руралним областима ових делова света (просечно  $-0.46 \mu\text{g}/\text{m}^3$  годишње). Међутим, у урбаним областима широм света концентрације приземног O<sub>3</sub> су значајно повећане (у просеку  $+0.62 \mu\text{g}/\text{m}^3$  годишње) што је резултат контроле емисије возила и последично смањених концентрација NO и мањег трошења приземног O<sub>3</sub> кроз реакцију 5.6.

Приземни O<sub>3</sub> је гас стаклене баште у атмосфери, што значи да доприноси глобалном загревању. Такође, пораст температуре погодује формирању и акумулацији O<sub>3</sub> у атмосфери углавном кроз два физичко-хемијска механизма. Прво, у одређеним деловима света, пораст температуре мења услове влажности и ветра, што доводи до смањења учесталости површинских циклона. Стабилни атмосферски услови смањују дисперзију прекурсора приземног O<sub>3</sub> и продужавају време реакција за његово формирање. Друго, при повишеним атмосферским температурама убрзане су реакције формирања приземног O<sub>3</sub>. На основу ових климатских индукованих промена атмосферске стабилности и температуре, предвиђа се да би до 2050. године број дана прекорачења стандарда O<sub>3</sub> у источним САД могао да повећа за 68% (Bell et al., 2007). Према Archer et al. (2019), повећање интензитета и броја дана са високим садржајем приземног O<sub>3</sub> могло би да се догоди не само током лета, већ и током јесени и пролећа, пошто ће повећање глобалних температура та годишња доба у просеку учинити топлијим.

*Утицај на животну средину и здравље људи.* Повишена изложеност приземном O<sub>3</sub> утиче на пољопривредне усеве и дрвеће. Према истраживању Канцеларије за технологију САД (U.S. Congress, Office of Technology Assessment [OTA], 1988), при просечним седмочасовним концентрацијама од  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  може доћи до смањења приноса памука у опсегу од 16–35%, пшенице 0,9–51%, соје 5,3–24%, и кукуруза 0,3–5,1%. Озон оштећује лишће и иглице, изазивајући видљиве промене као што су дефолијација и промена боје листова. Поред физиолошких оштећења, приземни O<sub>3</sub> може узроковати смањену отпорност на гљивице, бактерије, вирусе и инсекте, што за последицу има смањење раста и инхибирање приноса.



Слика 5.4.1. 93,2 перцентил 8-часовних средњих концентрација приземног O<sub>3</sub> (представља 26. највишу вредност у сету података и односи се на највећи дневни максимум 8-часовних средњих концентрација) у 2019. години (а) за сваку мерну станицу и (б) за сваку државу у односу на циљну вредност (црвена линија; ЕЕА, 2023б).

Због ниске растворљивости у води,  $O_3$  који се удише има способност да продре дубоко у плућа (Hatch et al., 1994). Токсични ефекти изазвани приземном  $O_3$  могу да узрокују биохемијске, морфолошке, функционалне и имунолошке поремећаје (Lippmann, 1989). Основни здравствени проблем при изложености повишеним концентрацијама приземног  $O_3$  је његов утицај на респираторни систем, посебно на функцију плућа. Према СЗО (WHO, 1979, 1987) краткотрајно излагање приземном  $O_3$  у концентрацијама од 200–500  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  може довести до благе привремене иритације ока и дисајних путева на шта указују симптоми као што су кашаљ, суво грло, нелагодност у очима и грудима, бол у грудима и главобоља. Студије на животињама су показале инфламаторни одговор респираторног тракта након излагања приземном озону у концентрацији од 1000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  током четири сата (WHO, 1987). Поред краткорочног утицаја, уочен је и потенцијал приземног  $O_3$  да неповратно оштети плућа уколико дође до поновљања излагању у дужем временском периоду. СЗО (WHO, 1987) тврди да је продужено акутно излагање концентрацијама приземног  $O_3$  у опсегу 240–360  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  резултирало прогресивно већим променама у респираторној функцији и закључује да дужина периода опоравка између узастопних епизода високих концентрација приземног  $O_3$  и броја епизода у сезони могу бити важни фактори у природи и величини утицаја на здравље. Gruparis et al. (2004) је проучавао везу између дневних концентрација приземног  $O_3$  и броја смртних случајева у различитим европским градовима током периода од три године и закључио да је током топлог периода године повећање концентрација повезано са повећањем дневног морталитета (0,33%), повећањем морталитета од респираторних (1,13%) и кардиоваскуларних болести (0,45%).

*Концентрације приземног  $O_3$  у Европи.* На основу званично пријављених валидираних података за 2170 мерних станица у Европи у току 2019. године у 24 државе забележено је да су концентрације биле изнад ГВ (120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) више од дозвољеног броја прекорачења (слика 5.4.16). Укупно је 29% станица забележило концентрације изнад ГВ за људско здравље. Поред тога, само 12% (258) станица испунило је дугорочни циљ. 86% станица са вредностима изнад дугорочног циља биле су позадинске станице. Строжа СЗО смерница за  $O_3$  (8-часовна средња вредност 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), постављена ради заштите здравља људи, није премашена на само 3% (66) свих станица (Targa et al., 2021).

## 5.5. Угљен-моноксид (CO)

*Опште карактеристике.* Угљен-моноксид је гас без боје, мириса и укуса који је слабо растворљив у води. Не може се детектовати без специјалне опреме. Запаљив је и може служити као извор горива и може формирати експлозивне смеше са ваздухом. Релативно је нереактивно једињење, тако да не представља велику опасност за биљке или изложене материјале, међутим прилично је отрован за људе и друга створења која дишу ваздух и којима је потребан кисеоник, јер када доспе

у крвоток утиче на смањује капацитета за ношење кисеоника крви што се може завршити и фаталним исходом. Угљен-моноксид индиректно доприноси нагомилавању неких гасова стаклене баште у тропосфери. Реагује са одређеним хемикалијама које би иначе уништиле метан и озон, помажући на тај начин да се повећају концентрације метана и озона (Colls, 2002).

Глобалне концентрације CO мерене на позадинским станицама крећу се између 0,06 и 0,14 mg/m<sup>3</sup>. Током раних 1980-их, концентрације CO мерене у тропосфери изван градова расле су за 1–2% годишње, али су између 1989. и 1992. године почеле нагло да опадају (WHO, 2000). Према Zheng et al. (2019), негативан тренд у глобалним концентрацијама од 2000. године резултат је смањења антропогених емисија у Европи, САД и Кини. Амбијенталне концентрације мерене у урбаним срединама у великој мери зависе од густине саобраћаја, а на њих утичу и топографија и временски услови. Концентрација је највећа на заветрини кањонских улица и опада са порастом висине (Rudolf, 1994). У урбаним саобраћајним срединама великих европских градова, 8-часовне просечне концентрације CO су ниже од 20 mg/m<sup>3</sup> са краткотрајним пиковима испод 60 mg/m<sup>3</sup>. На аутопутевима и у тунелима могу да достигну већу и од 100 mg/m<sup>3</sup>. Концентрације CO у возилима су генерално веће од оних измерених у спољашњем ваздуху (WHO, 2000).

*Извори.* Угљен-моноксид се емитује из бројних антропогених и природних извора. Годишња глобална емисија CO у атмосферу процењена је на чак 2600 милиона тона, од чега је око 60% од људских активности и око 40% од природних процеса (EPA, 1991). У природном окружењу CO се ослобађа ерупцијом вулкана, шумским пожарима, као и из мочварних гасова и морских алги. Антропогено настаје непотпуним сагоревањем угљеничних горива као што су дрво, бензин, угаљ, природни гас и керозин. Највећи део емисије CO долази од издувних гасова мотора са унутрашњим сагоревањем, посебно од моторних возила са бензинским моторима. Индустрија такође у великој мери доприноси емисији CO. Значајне количине CO се ослобађају у производњи метала, рударству руде и угља, производњи електричне енергије, производњи хране, хемијској производњи, преради нафте и производњи бетона. Такође, у атмосфери се формира и процесом оксидације CH<sub>4</sub> и NMVOCs (Popescu & Ionel, 2010).

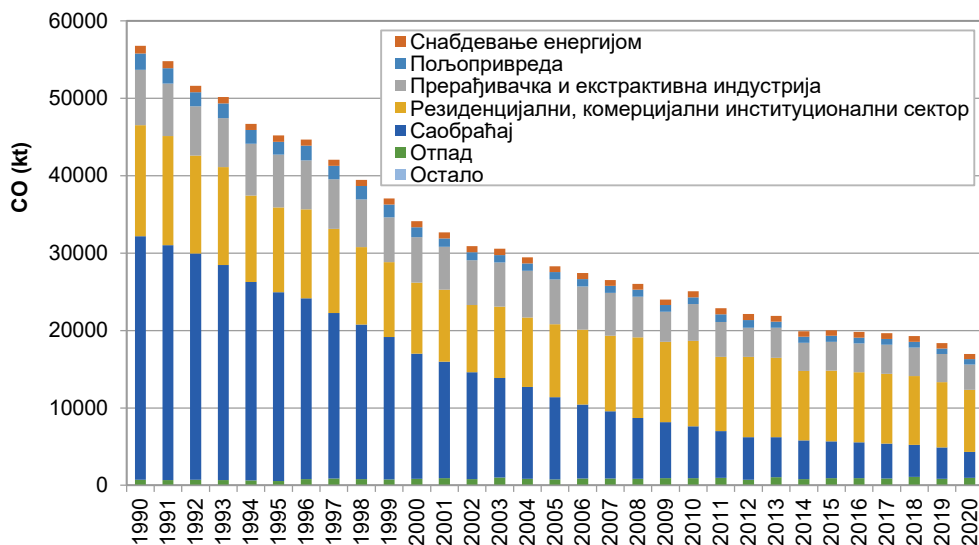
Угљен-моноксид је међупроизвод у оксидацији горива и биомасе сагоревањем:



Ако је O<sub>2</sub> недовољно присутан, сагоревање је непотпуно и стварају се значајне количине CO. Иако је присутан у атмосфери у траговима, игра виталну улогу у атмосферској хемији. Угљен-моноксид је део низа фотохемијских реакција коју покреће OH· који повезује CH<sub>4</sub>, HCHO, O<sub>3</sub> и CO<sub>2</sub>. Реакција CO са OH· уклања 40 % OH· у тропосфери



(Lelieveld et al., 2016) и управља оксидационим капацитетом Земљине атмосфере. Ова реакција такође чини СО важним прекурсором  $O_3$  и утиче на животни век и распрострањеност  $CH_4$  (Muhre et al., 2013b).

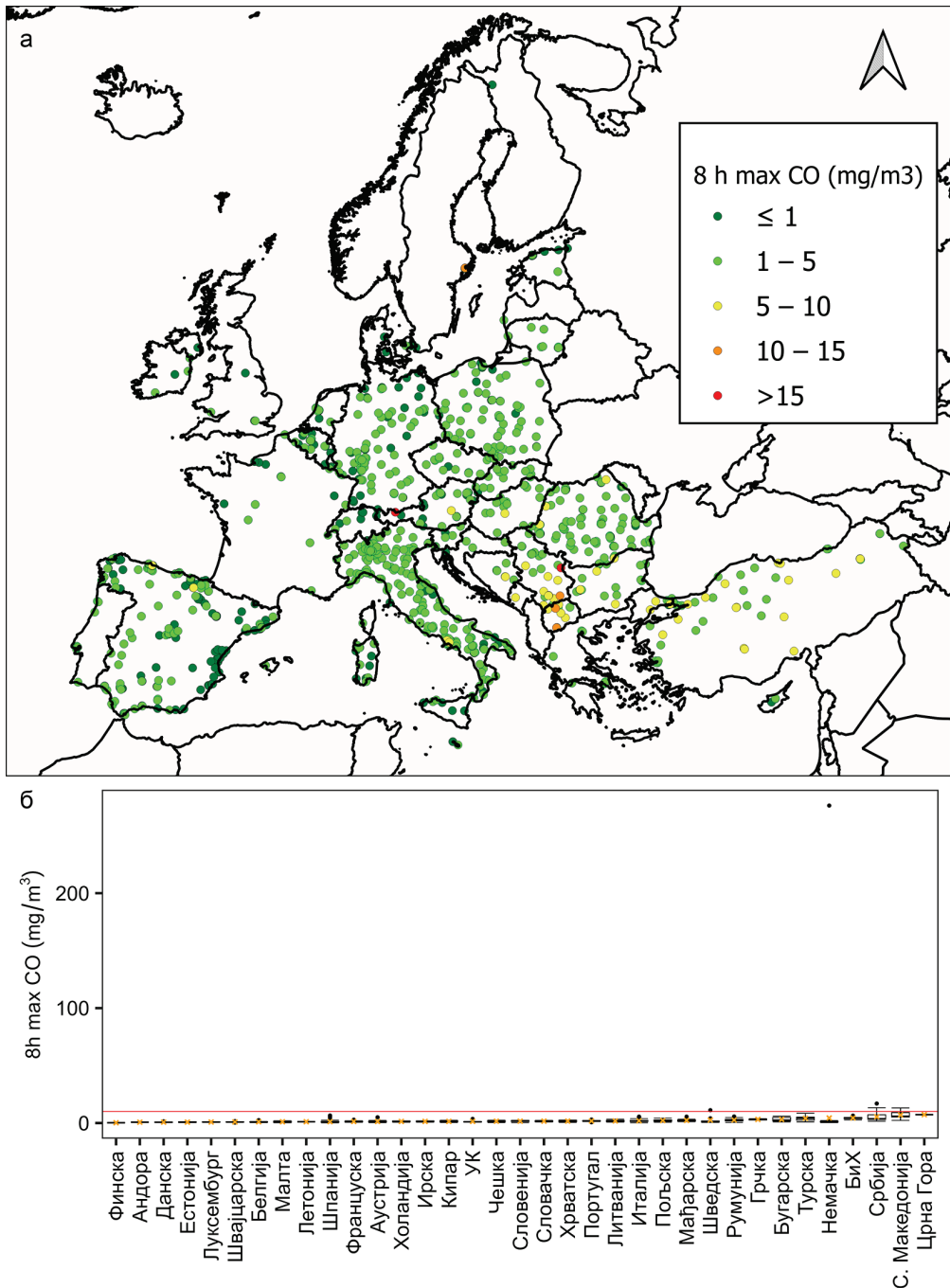


Слика 5.5.1. Укупне годишње емисије и расподела угљен-моноксида по секторима на простору ЕУ за период 1990–2020. година (ЕЕА, 2023а).

На слици 5.5.1. представљене су укупне годишње концентрације СО и секторски доприноси емисијама у ЕУ у периоду 1990–2020. година. У посматраном периоду дошло је до пада укупних емисија за 64,63%. Највећи допринос у емисијама имају саобраћај са 42,61%, затим резиденцијални, комерцијални и институционални сектор са 32,07% и прерађивачка и екстрактивна индустрија са 16,45%. Остали сектори доприносе са по неколико процената.

*Утицај на животну средину и здравље људи.* Угљен-моноксид је изузетно опасан по људско здравље. Лако се везује за хемоглобин и формира карбоксихемоглобин (СОНб). Чак и мале количине СО могу у великој мери смањити способност хемоглобина да преноси кисеоник (Bahng et al., 2021), што може резултирати локалном хипоксијом и поремећајем у функционисању ћелија органа и система органа. Органи који имају велику потребу за кисеоником, као што су срце и мозак, посебно су осетљиви на овај ефекат (Diaz-Canestro et al., 2022). У зависности од нивоа изложености, здравствени ефекти угљен-моноксида могу се разликовати. При ниским нивоима изложености СО може изазвати главобољу, умор, кратак дах или оштећење моторичких функција, што може довести до потешкоћа у ходању. При високим нивоима или дугорочном излагања, СО може изазвати вртоглавицу, бол у грудима, замагљен вид и потешкоће у размишљању. Дуготрајно излагање СО може довести до погоршања астме, хроничног бронхитиса и повећане осетљивости на респираторне болести (Chen et al., 2021a). Chen et al. (2021a) откривају да се ризик од укупне смртности повећава

за 0,91% са повећањем концентрације CO од  $1 \text{ mg/m}^3$  у току претходног дана, што је много ниже од тренутних ГВ у ЕУ за максималне дневне 8-часовне средње концентрације и СЗО смерница.



Слика 5.5.2. Максималне дневне 8-часовне средње концентрације CO у 2019. години (а) за сваку мерну станицу и (б) за сваку државу у односу на годишњу граничну вредност (црвена пуна линија; ЕЕА, 2023б).

*Концентрације CO у Европи.* На основу званично пријављених валидираних података за 963 мерне станице у Европи у току 2019. године, на само 5 станица максималне дневне 8-часовне средње концентрације CO су биле изнад ГВ ( $10 \text{ mg/m}^3$ ), и то две станице у Србији и по једна у Северној Македонији, Немачкој и Шведској (слика 5.5.2а). Највиша максималне дневне 8-часовне средње концентрације CO од  $276,21 \text{ mg/m}^3$  измерена је на руралној позадинској станици у Немачкој (слика 5.5.2б). На 919 станица (95 % локација), максималне дневне 8-часовне средње концентрације CO биле су испод доње границе оцењивања од  $5 \text{ mg/m}^3$  (прве две категорије боја на слици 5.5.2а).

## 6. Утицај метеорологије на загађење ваздуха

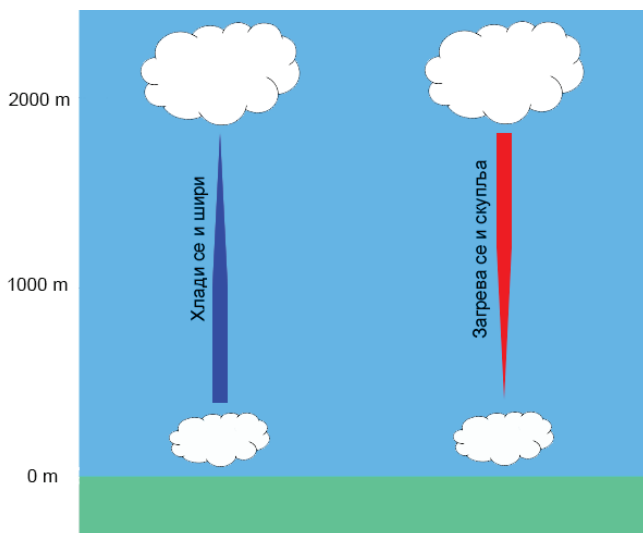
Изложеност становништва загађењу ваздуха јавља се углавном близу површине Земље где се налази и већина извора загађења ваздуха. Стога су метеоролошки феномени нижих слојева атмосфере најрелевантнији за разумевање и анализу загађења ваздуха. Део атмосфере који је у контакту са површином Земље и који је под њеним утицајем назива се гранични слој атмосфере (ГСА) или планетарни гранични слој. Загађујуће материје емитоване у ваздух из различитих извора се мешају са околним ваздухом, чиме се транспортују и разблажују у атмосфери пре него што прођу кроз различите физичке и фотохемијске трансформације и на крају стигну до својих рецептора. У супротном, концентрације загађујућих материја достижу опасан ниво у близини извора емисије. Због тога је важно да разумемо природне процесе који су одговорни за њихову дисперзију. Дисперзија и концентрација загађујућих материја у ваздуху зависи од емисије, карактеристика извора загађујућих материја, метеоролошких услова и рељефа. Метеоролошки услови у граничном слоју у великој мери утичу на то шта се дешава са облаком загађујућих материја од тренутка када се емитују из извора до тренутка када је детектован на некој другој локацији. Брзина ветра, турбуленција и стабилност утичу на транспорт, разблаживање и дисперзију загађујућих материја, док Сунчева светлост утиче на фотохемијску производњу оксиданата. Стабилност атмосфере одређује дисперзију у вертикалном правцу, брзина и правац ветра одређују хоризонтални транспорт загађујућих материја, турбуленција утиче на дисперзију загађујућих материја у свим правцима, док висина граничног слоја одређује до које висине загађујуће материје могу бити пренесене. Падавине имају ефекат чишћења у испирању честица у атмосфери, док је влажност ваздуха чест и важан фактор у одређивању утицаја који концентрације загађујућих материја имају на вегетацију и здравље. У овом поглављу описани су динамички процеси који се одвијају унутар граничног слоја, као што су турбулентни атмосферски токови и процеси преноса топлоте, који утичу на загађење ваздуха близу површине.

## 6.1. Вертикални транспорт загађујућих материја

Вертикална кретања ваздуха утичу и на временске прилике и на процесе мешања који су значајни за загађење ваздуха. Вертикална кретања највише могу бити узрокована подизањем ваздуха преко терена, подизањем преко ваздушних фронта и конвергенцијом према центрима ниског притиска. Вертикална кретања надоле могу бити узрокована тоњењем ваздуха да би се надокнадила дивергенција у близини центара високог притиска. Важно је знати да ли атмосфера појачава или потискује ова вертикална кретања. Када се атмосфера опире вертикалним покретима, назива се стабилном, док када атмосфера појачава вертикална кретања, назива се нестабилном (Boubel et al., 1994). Услови стабилности у атмосфери повезани су са способношћу атмосфере да меша и шири загађујуће материје. Стабилна атмосфера изразито је неповољна са становишта загађења ваздуха и веома је изражена приликом температурне инверзије (порастан температурне са висином) која се обично јавља као последица интензивног хлађења тла. У условима стабилне атмосфере отежано је вертикално кретање ваздуха, а ако је услед присуства планина отежано и хоризонтално кретање ваздуха, услови су идеални за нагомилавање загађујућих материја.

### 6.1.1. Стабилност атмосфере

Да би разумели зашто се ваздух у одређеним условима подиже, а у другим не, неопходно је познавати адијабатске процесе и концепт стабилности атмосфере. Адијабатски процеси су они у којима не долази до размене енергије између одређеног система и његове околине. Односе се на промену температуре делића сувог ваздуха, односно оног који није засићен воденом паром. У условима интеракције одређене запремине ваздуха са хладнијим и гушћим околним ваздухом јавиће се сила потиска која ће присилити делић ваздуха да се диже све док је топлији и ређи у односу на околни ваздух. Како се тај делић ваздуха подиже, постаје окружен са све нижим атмосферским притиском што доводи до његовог ширења, а самим тим и до хлађења (слика 6.1.1.1). У условима ниже температуре, ваздух ће постајати све засићенији воденом паром. Док год је релативна влажност ваздуха испод 100%, уздизање ваздуха се назива сувоадијабатско, а промена температуре услед сувоадијабатског уздизања је  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$  на 100 m што се назива сувоадијабатски температурни градијент. Ако се услед уздизања и хлађења ваздух засити воденом паром (релативна влажност достигне 100%) уздизање се назива влажноадијабатско. У том случају се доћи до кондензације водене паре, ослободиће се латентна топлота кондензације и делић ваздуха ће се загрејати што ће смањити његов температурни градијент. Влажноадијабатски температурни градијент увек је мањи од сувоадијабатског и износи од 0,3 до 0,7  $^{\circ}\text{C}$ .

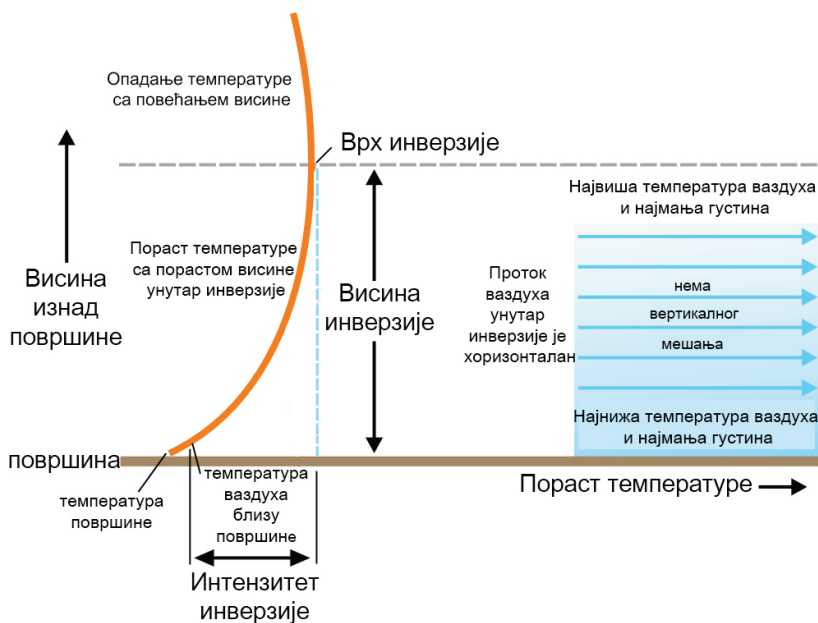


Слика 6.1.1.1. Уздизање и спуштање делића ваздуха у атмосфери адијабатским процесима.

Стабилност атмосфере зависи од вертикалног профила температуре и влажности амбијенталног ваздуха. Топлао ваздух има мању густину од хладног и самим тим је лакши. Слична ситуација је са влажним ваздухом који има мању густину од сувог и самим тим је лакши. Сходно томе, топлија или влажнија запремина ваздуха од околног ваздуха окарактерисана је као нестабилна и уздићи ће се у атмосферу. У условима у којима је је градијент температуре околног ваздуха нижи од сувоадијабатског у једном тренутку делић ваздуха постаје хладнији од околног ваздуха и почиње да се спушта. Атмосфера која не подстиче узлазна кретања и у којој после одређене висине престаје уздизање назива се стабилна.

### 6.1.2. Температурне инверзије

Атмосферска инверзија утиче на дисперзију загађујућих материја ограничавањем вертикалног мешања узрокујући њихово нагомилавање близу површине. У условима температурне инверзије густина ваздуха континуирано опада са повећањем висине јер се температура ваздуха повећава са повећањем висине изнад површине. Ово узрокује стратификацију густине ваздуха, при чему је најгушћи или најтежи ваздух близу површине, а густина се смањује са повећањем висине. Као резултат, унутар инверзије се ваздух може кретати само хоризонтално. Висина инверзије је укупна дебљина или висина слоја охлађеног инверзивног ваздуха. Пошто у инверзији температура ваздуха расте са висином, врх инверзије је висина на којој температура ваздуха престаје да расте. Изнад овог слоја температура ваздуха почиње да опада са повећањем висине (слика 6.1.2.1).



Слика 6.1.2.1. Температурна инверзија. Прилагођено из Enz et al. (2019).

Постоје три главна фактора који могу довести до појаве топлотних инверзија:

1. Хлађење нижих атмосферских слојева (површинска или радијациона инверзија);
2. Адијабатско загревање ваздуха који се спушта (инверзија слегања);
3. Хоризонтални транспорт топлог или хладног ваздуха.

*Површинске или радијационе инверзије* настају услед хлађења Земљине површине током ноћи. Познато је да током ноћи Земљина површина емитује зрачење великих таласних дужина у атмосферу и као резултат тога се хлади. Молекули ваздуха који су близу Земљине површине преносе топлоту проводљивошћу и као резултат тога се хладе нижи слојеви ваздуха. Због мале топлотне проводљивости ваздуха, хлађење се врши на малим висинама у односу на површину Земље. Кроз овај процес формира се инверзиони температурни слој са основом на површини Земље и врхом који достиже висине обично од 100 до 400 m. Идеални временски услови који погодују формирању површинске инверзије су ведро време (без облака) током ноћи и мала брзина ветра ( $< 3 \text{ m/s}$ ). Ове инверзије су интензивније током зимског периода јер ноћи имају дуже трајање. Када Сунчева светлост током дана загреје тло, део енергије се проводљивошћу преноси са површине у доњи слој ваздуха који се загрева и уздиже. На тај начин, неколико сати након изласка Сунца, нестаје површински инверзиони слој. Како се топао ваздух уздиже он истискује хладан ваздух надоле и на тај начин долази до мешања ваздуха што је повољно са становишта загађења. Површинска инверзија се може формирати и током дана, посебно у

подручјима која су прекривена снегом. У тим случајевима ваздушне масе које су у контакту са снегом прекривеним површинама користе велике количине топлоте за топљење снега. Као резултат тога, нижи слојеви ваздуха постају хладнији од ваздуха на висини што погодује стварању температурне инверзије током дана (Lazaridis, 2011).

*Инверзије слегања* узроковане су силазним кретањем хладних ваздушних маса из виших слојева атмосфере до површине Земље. Могу настати на великим географским подручјима као резултат слегања ваздуха у системима високог притиска (инверзија слегања великих размера) и под утицајем топографије терена (инверзија слегања малих размера). За разлику од површинских инверзија које трају неколико сати, инверзије слегања могу да трају неколико дана или дуже. Из тог разлога, инверзије слегања су повезане са епизодама загађења ваздуха.

При силазном кретању ваздуха у системима високог притиска ваздух се компресује и адијабатски загрева, чиме постаје све стабилнији што за последицу има формирање инверзије која као поклопац ограничава дисперзију загађујућих материја. Слој у ком су загађујуће материје заробљене назива се слој мешања и најдебљи је касно поподне, а најтањи током ноћи и раног јутра. Због тањег слоја мешања ујутро концентрација загађујућих материја током јутарњих шпицева емисија виша је од оних у слепоподневним шпицевима када је слој мешања дебљи. Међутим, упркос најдебљим поподневним дубинама мешања, неке секундарне загађујуће материје, као што су приземни  $O_3$  и секундарне честице, достижу свој максимум мешања у поподневним сатима када њихове стопе хемијског формирања су на врхунцу. Ноћу изнад копна, ваздух у систему високог притиска може да се спусти и загреје изнад ваздуха близу површине који је зрачењем охлађен чиме се ствара комбинована инверзија радијације и слегања. Између јутра и поднева ова комбинована инверзија се смањује и у поподневним часовима остаје само инверзија слегања великих размера.

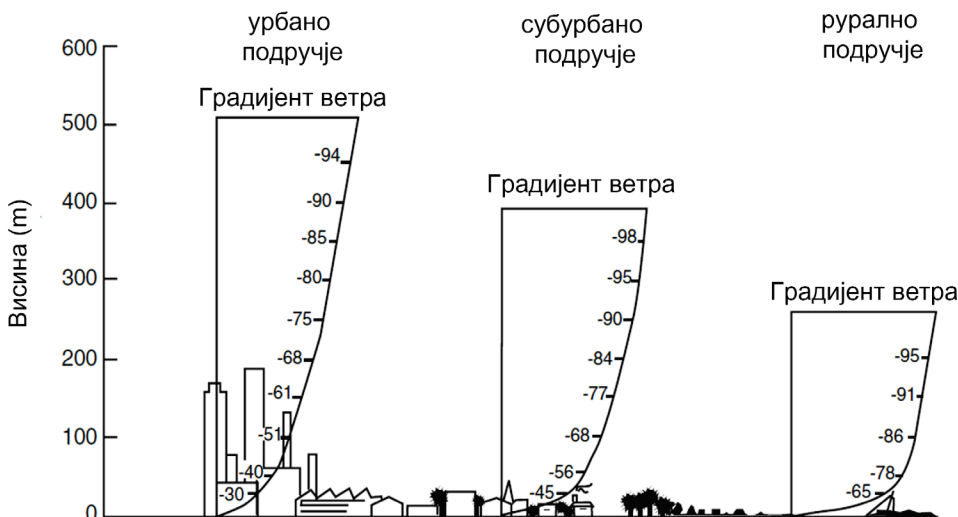
Инверзија слегања малих размера формира се када ваздух струји низ планинску падину. Он се адијабатски сабија и загрева, баш као у инверзији спуштања великих размера. Када се ваздух сабије и загреје изнад хладног ваздуха, формира се инверзија слегања малих размера (Jacobson, 2002).

*Фронталне инверзије* настају услед хоризонталног транспорта топлог ваздуха изнад слоја хладнијег ваздуха (топли фронт), као и због транспорта хладног ваздуха испод топлог слоја (хладни фронт). Пошто се фронталне инверзије јављају у системима ниског притиска, где се ваздух углавном диже и формирају се облаци, обично нису повезане са нагомилавањем загађења (Jacobson, 2002). Ове инверзије могу да значајније утичу на загађење ваздуха једино у случају топлих фронтова, пошто се топли фронтови крећу споро и имају мали градијент фронталне површине са површином Земље, не дозвољавајући вертикални транспорт загађујућих материја (Lazaridis, 2011).

## 6.2. Хоризонтални транспорт загађујућих материја

### 6.2.1. Ветар

Хоризонтално кретање ваздуха карактеришу правац и брзина. Правац ветра у слободној тропосфери је резултат равнотеже између две силе: силе градијента притиска и Кориолисове силе (која је последица Земљине ротације). У граничном слоју присутна је и сила трења, која је пропорционална храпавости Земљине површине. Према томе, правац ветра на површини је резултат равнотеже између ове три силе: силе градијента притиска, Кориолисове силе и силе трења. Сила трења је супротна смеру ветра док је Кориолисова сила пропорционална брзини ветра. Однос између храпавости површине и брзине ветра различит је за урбана, субурбана и рурална подручја, као и максимална висина сваког профила ветра која показује где се завршавају површински ефекти и где почиње градијент ветра (ветар на који утичу разлике притиска и Кориолисов ефекат). Са слике 6.2.1.1 се може видети да у урбаном подручју са високим грађевинским објектима, површински ефекти ветра губе утицај на висини од око 500 m, у субурбаном на око 300 m, а у руралном подручју на око 250 m висине (Godish, 2004). Правац и променљивост ветра могу имати значајан утицај на квалитет ваздуха. Области низ ветар од тачкастих извора где су ветрови релативно постојани могу имати релативно високе концентрације на површини у поређењу са другим областима на сличним растојањима. Ако је ветар променљивији, загађујуће материје ће бити распршене у већој запремини ваздуха и равномерније распоређени око извора, док приземне концентрације ће стога вероватно бити ниже.



Слика 6.2.1.1. Утицај храпавости површине на брзину ветра у функцији висине у урбаним, субурбаним и руралним подручјима. Прилагођено из Davenport (1963).



Један од ефеката брзине ветра је смањење концентрације загађујућих материја на месту емисије. Без обзира да ли је извор близу површине или на висини, смањење концентрације се одвија у правцу пружања перјанице дима. Ветрови веће брзине имају тенденцију да брже очисте атмосферу од загађујућих материја од спорих, али ресуспендују више честица него спори ветрови. Брзина ветра такође утиче на време транспорта загађујуће материје од извора до рецептора тако што ће преполовљење брзине ветра удвостручити време транспорта (Boubel et al., 1994). Ветрови око површинских система ниског притиска су генерално бржи него они око површинских система високог притиска, делимично зато што су градијенти притиска у систему ниског притиска генерално јачи од оних у систему високог притиска.

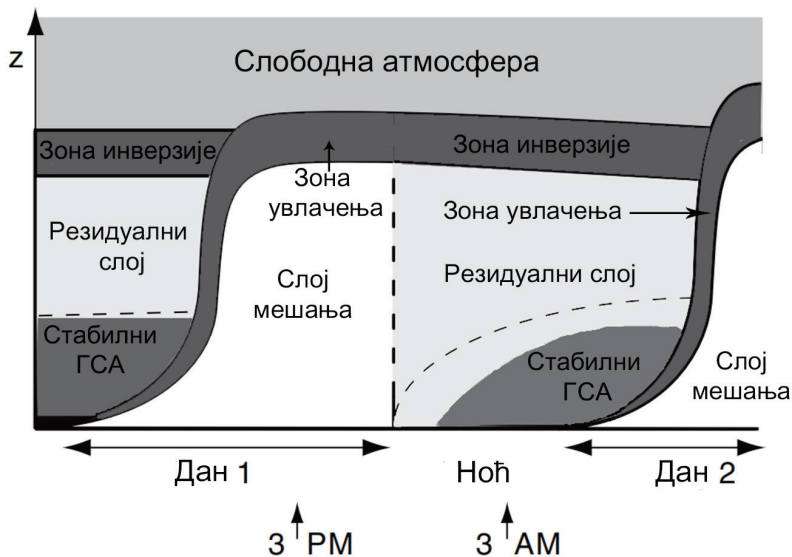
### 6.2.2. Турбуленција

Турбуленцију карактеришу кружни вртлози ваздуха различитих величина који могу бити вертикални и хоризонтални. Ови вртлози представљају кретање ваздуха у краћим временским размацима од оних који одређују средње брзине ветра. Турбулентне вртлоге производе и механичке и топлотне силе. Механичка турбуленција је изазвана ветром који се креће преко неравне површине. Повећава се са брзином ветра и хрпавости површине. Такође се производи ефектом смицања ваздуха који се брзо креће док тече преко ваздуха успореног трењем. Топлотна турбуленција је резултат загревања или хлађења ваздуха близу површине Земље. Топао ваздух изнад загрејане површине се диже, док се онај изнад хладније површине спушта што резултира топлотном турбуленцијом. Вртлози настали топлотном турбуленцијом су и већи и променљивије величине од оних насталих услед механичке турбуленције. И механичка и топлотна турбуленција се јављају дању, а ноћу су пригушена радијативним хлађењем тла и ваздуха поред њега. И механичка и топлотна турбуленција побољшавају атмосферско мешање и дисперзију загађујућих материја. Атмосферски вртлози изазивају разбијање ваздушних маса које мешају загађени ваздух са релативно незагађеним ваздухом, узрокујући да загађен ваздух у све нижим концентрацијама заузима сукцесивно веће количине ваздуха. Као последица тога, концентрације загађујућих материја су значајно смањене. Мањи вртлози су ефикасни само на ивицама масе загађеног ваздуха, док већи вртлози обично транспортују масу загађеног ваздуха у целини (Boubel et al., 1994).

### 6.3. Дебљина граничног слоја атмосфере

Гранични слој се уобичајено простире од површине до између 100 и 3000 m надморске висине. На његову дебљину снажно утичу топографија, тло, температура и ветрови, па сходно томе она значајно варира у времену (доба дана и годишња доба) и простору. Састоји од

компоненти представљених на слици 6.3.1. Током дана постоји нестабилни слој мешања, док се ноћу стабилан слој формира испод резидуалног (заосталог). Резидуални слој садржи загађиваче и влагу из слоја мешања који му је претходио, али није много турбулентан. Доњих од 20 до 200 m ГСА назива се површински слој, у којем отпор трења, проводљивост топлоте и испаравање изазивају значајне промене брзине ветра, температуре и влажности са висином. Међутим, турбулентни токови су релативно уједначени са висином и стога је површински слој познат и као слој константног флукса.



Слика 6.3.1. Структура граничног слоја током дневног циклуса у области високог притиска изнад копна. Прилагођено из Stull (2011).

Током дана Сунчева светлост загрева тло па се део енергије проводљивошћу преноси са површине у доњи слој ваздуха који се загрева и уздиже. Како се топао ваздух уздиже он истискује хладан ваздух надоле и на тај начин долази до мешања ваздуха што је повољно са становишта загађења. Конвективни слој мешања је често ограничен температурном инверзијом која спречава подизање топлот ваздуха. Између инверзије и слоја мешања долази до извесног мешања (увлачења) па се инверзиони слој назива и зона увлачења. Инверзиони слој заробљава загађујуће материје испод или унутар инверзије. Што је инверзија ближа тлу, то су веће концентрације загађујућих материја. Дебљина ГСА зависи од интензитета овог површинског загревања и количине воде која је испарила у ваздух из биосфере. Генерално, што је јаче загревање површине, то је ГСА дебљи. Изнад пустиња, ГСА може достићи дебљину и до 5000 m, док је изнад окена тањи од 1000 m.

Ноћни ГСА се често састоји од површинског слоја, ноћног стабилног слоја, резидуалног (заосталог) слоја и повишеног инверзионог слоја. Ноћу ће дебљина ГСА обично достићи свој дневни минимум јер се тло хлади излучивањем, што доводи до повећања температуре ваздуха

са повећањем висине од тла, стварајући површинску инверзију. Једном када се формира ноћна површинска инверзија, емитоване загађујуће материје су ограничене на површински слој. Овај стабилни површински слој ће постепено постајати све дебљи како температура површине опада. Слој који се налази изнад стабилног слоја назива се резидуални или заостали слој и загађујуће материје које се налазе унутар њега изоловане су од површине. Међутим, током преподнева, како Сунчево зрачење загрева површину, долази до постепеног нестанка површинског стабилног слоја, претходно стабилни и заостали слојеви се спајају и формирају нови слој мешања.

#### 6.4. Локални метеоролошки и топографски услови

##### 6.4.1. Температура земљишта

Температура земљишта утиче на локалне метеоролошке услове и загађење ваздуха на неколико начина. Топла подлога узрокује да основа инверзије буде висока, дубине мешања велике, а концентрација загађујућих материја снижена. Насупрот томе, хладна подлога доводи до мале дубине мешања и повишене концентрације загађујућих материја у ваздуху.

Топле површине повећавају конвекцију, узрокујући мешање површинског ваздуха са ваздухом у висини и обрнуто. Пошто су хоризонталне брзине ветра при тлу једнаке нули, а оне изнад су веће, вертикално мешање хоризонталних ветрова убрзава ветрове близу површине и успорава их у висини. Бржи ветрови близу површине доводе до веће дисперзије загађујућих материја близу површине, али такође могу повећати ресуспендовање растресите прашине из земље и других честица са земље. Ниже температуре тла имају супротан ефекат, успоравајући ветрове близу површине и повећавајући накупљање загађења близу површине.

Промена температуре земљишта мења температуру ваздуха близу површине, која утиче на одређене процесе као што су стопе емисија биогених гасова из дрвећа, емисије CO из возила, хемијске реакције и конверзија гаса у честице (Jacobson, 2002).

##### 6.4.2. Ваздушни притисак

У условима високог ваздушног притиска време је „лепо“, што подразумева слаб ветар, изостанак падавина и малу облачност. Међутим, висок атмосферски притисак негативно утиче на загађење јер временски услови које он доноси обично спречавају кретање у атмосфери, како вертикално тако и хоризонтално. Овакви временски услови утичу на пораст концентрација загађујућих материја у ваздуху (Jacobson, 2002).

### 6.4.3. Садржај воде у земљишту

Вода у земљишту хлади тло на два главна начина: а) испаравање је процес који доводи до губитка топлоте па испаравање течне воде у земљишту хлади тло, тако да земљиште које има више течне воде, више испарава и хлади се током дана, б) течна вода у земљишту повећава просечну специфичну топлоту мешавине земља-ваздух-вода, па што је земљиште влажније, то се мање може загрејати под утицајем Сунчевог зрачења. Jacobson (1999) је показао да повећање воде у земљишту од само 4% смањује максималну температуру ваздуха близу површине до 6 °C, смањује брзину ветра до 1,5 m/s, одлаже време максималног односа мешања озона за до два сата и значајно повећава величину максималне концентрације честица у Лос Анђелесу током дводневног периода. Резултати ове студије указују да падавине, наводњавање и климатске промене значајно утичу на концентрацију загађујућих материја. Земљиште са повећаним садржајем воде је хладније што утиче на смањену конвекцију и дубину мешања и успорава ветрове близу површине, повећавајући загађење ваздуха. Насупрот томе, смањена количина течне воде у земљишту повећава конвекцију, повећава дубину мешања и убрзава ветрове близу површине, смањујући загађење (Jacobson, 2002).

### 6.4.4. Топографија и локални ветрови

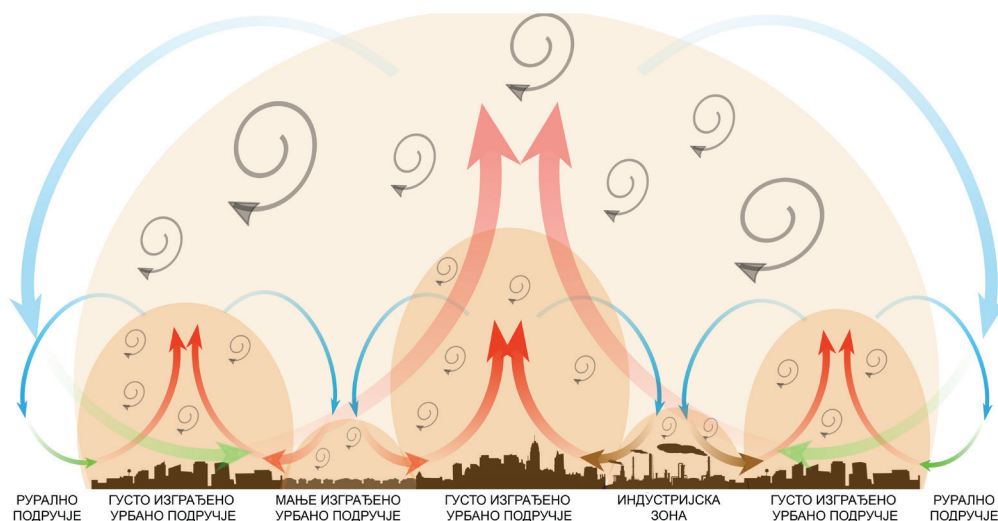
Топографија може имати значајан утицај и на кретање ваздуха и на нивое загађујућих материја у ваздуху. Долине имају тенденцију да концентришу проток ваздуха повећавајући брзину ветра и продужавајућу његово временско трајање. Такође, услед различитог загревања различитих страна долине у њима се може створити конвективна циркулација у којој се ваздух уз релативно топлију падину уздиже, а низ хладнију падину спушта. Дневно-ноћни планинско-долински ветрови утичу на концентрацију загађујућих материја у долини. Током дана се, услед загревања планинских падина, долински ваздух уздиже чиме се смањује загађење. Током ноћи, када планински врхови постају хладни, сила градијента притиска уз помоћ гравитације условљава дување хладног ветра низ падину појачавајући површинску инверзију и повећавајући концентрације загађујућих материја. Међутим, топлотна турбуленција може успорити дневни ток ветра узбрдо тако да није тако јак као ноћни ток низ падину.

На додиру копнених и водених површина због и различитих топлотних капацитета стварају се дневно-ноћни ветрови. Водене површине се много спорије загревају и хладе од копнених и из тог разлога је лети током дана ваздух изнад мора хладнији него изнад копна, а ноћу је топлији. Изнад хладније површине ваздух је хладнији и гушћи, а атмосферски притисак виши. Разлика у притиску током дана условљава да ветар дува са водене на копнену површину, а током ноћи са копна ка води. Овај систем локалних ветрова је обично ограничен на

надморске висине од неколико стотина метара, где се емитују загађујуће материје. Температурна разлика изнад водених и копнених површина може изазвати адвективне инверзије, које се обично јављају у касно пролеће када су велике водене површине још увек хладне у односу на суседна копна што негативно утиче на загађење вазуа.

#### 6.4.5. Урбано-рурална циркулација

Термалне карактеристике и храпавост површине урбаних и руралних подручја се разликују условљавајући специфичну циркулацију ваздуха између ових подручја. Иако повећана храпавост урбаних подручја утиче на вертикалне профиле ветра и температуре, ефекти услед термичких карактеристика су доминантни. Урбане грађевинске површине (асфалт, бетон, челик, и друге) се дању брже загревају него околна подручја са више вегетације због мањег садржаја влаге и велике способности складиштења топлоте. Када је смањен садржај влаге у подлози, брзине испаравања и одговарајући губици енергије са површине су спорији него када је површина влажнија, што повећава површинску температуру. Као последица тога, дању урбано подручје постаје топлије од околине и складишти довољно топлоте коју зрачи током ноћи и на тај начин, током мирних ноћи, одржава урбану атмосферу знатно топлијом од руралне. Када нема ветра, или су ветрови слаби ( $< 1,5 \text{ m/s}$ ), а облачност ниска тако да погодује загревању дању и дуготаласном хлађењу ноћу, стварају се погодни услови за индуковану урбано-руралну циркулацију.



Слика 6.4.5.1. Схематски приказ урбано-руралне циркулације.  
Прилагођено из Kulmala et al. (2021).

Изнад најтоплијег дела градског језгра ваздух се диже и шири па конвективни слој мешања постаје дебљи формирајући урбану куполу.

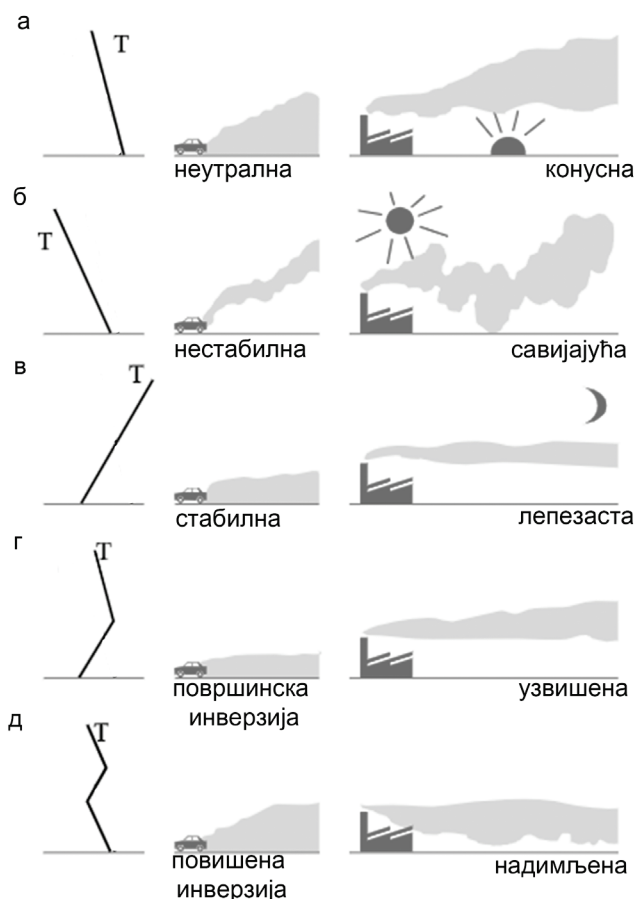
На врху урбане куполе ваздух се одлива у свим правцима. Одливање узрокује пад притиска на површини урбаног подручја, док прилив ваздуха изнад околних руралних подручја доводи до повећаног ваздушног притиска. Створени градијент притиска на површини условљава појаву хладнијих ветрова усмерених са руралног ка урбаном подручју који се називају „сеоски поветарац” (слика 6.4.5.1.). Када се у великим градовима циркулација одвија на великим дистанцама, раздаљина коју ваздух прелази је довољно велика да буде подложна деловању Кориолисове силе формирајући циклонско спирално кретање у централном градском подручју близу површине и антициклонско изливајуће кретање на висини (није приказано на слици 6.4.5.1) (Oke et al., 2017). Овај термички индуковани проток ваздуха у условима слабог ветра и компактне урбане површине има тенденцију да над градом створи масу ваздуха замућеног прашином (Godish, 2004).

### 6.5. Дисперзија загађујућих материја из тачкастих извора загађења

Тачкасти извори загађујућих материја могу се налазити на површини али је чешћи случај да се загађујуће материје испуштају из димњака који варирају по висини. Гасови који напуштају врхове димњака подижу се више од врха димњака када су или мање густине од околног ваздуха (пораст потиска) или избачени довољно високим брзинама да излазним гасовима да кинетичку енергију усмерену навише (пораст момента). Пораст потиска се понекад назива и топлотним порастом јер је најчешћи узрок мање густине виша температура (Boubel et al., 1994). Шта ће се дешавати са облаком загађујућих материја након изласка из димњака зависиће од (1) физичке и хемијске природе загађујућих материја, (2) метеоролошких фактора као што су брзина ветра и стабилност атмосфере, (3) локације извора у односу на физичке препреке и (4) топографских фактора који утичу на кретање ваздуха. Ови фактори утичу на пораст облака загађујућих материја, његово хоризонтално и вертикално ширење и транспорт, максималне концентрације на нивоу земље и удаљеност максималних концентрација од извора загађења (Godish, 2004).

Загађујуће материје испуштене из тачкастих извора су углавном мешавина гасова и честица. Честице великог пречника се брзо таложу релативно близу самог извора, док се честице малог пречника таложу споро и показују дисперзионо ширење слично гасовима и испарењима. Гасовите загађујуће материје могу се ширити дифузијом при чему насумично кретање молекула доводи до тога да загађујуће материје мигрирају из подручја високе концентрације (центар перјанице) у подручја ниске концентрације (периферија перјанице). Дифузија узрокује да се перјанице шире и хоризонтално и вертикално. Као последица, може се видети да се ефекат дифузије повећава са растојањем низ ветар (Colls, 2002).

Облик и понашање димне перјанице зависи од стабилности атмосфере. Главни типови димне перјанице илустровани су на слици 6.5.1.



Слика 6.5.1. Изглед димне перјанице у различитим условима стабилности атмосфере. Прилагођено из Liptak (1974).

У условима нестабилне атмосфере димна перјаница се подиже на изласку из димњака, а затим се, у зависности од степена турбуленције, наизменично спушта и подиже попримајући кривудава кретање (слика 6.5.1а). Турбулентни вртлози могу да однесу део перјанице до површине и тако узрокују тренутне високе концентрације у близини извора (Lazaridis, 2011). Оваква перјаница се назива савијајућа, а обично се јавља током топлих дана са ведрим небом и малом брзином ветра.

Када је атмосфера неутрална до благо стабилна димна перјаница поприма облик конуса (слика 6.5.1б). Загађујуће материје у перјаници се подједнако распршују и у хоризонталном и у вертикалном правцу па је облик перјанице релативно симетричан. Само у случају ниских димњака у оваквим условима стабилности може доћи до повишених концентрација на површини (Schnelle & Dey, 1999).

Стабилни атмосферски услови спречавају вертикално мешање загађујућих материја па се перјаница шири само хоризонтално. Перјаница поприма облик лепезе (слика 6.5.1в) и у случају емисије из високих димњака сматра се повољном са становишта изложености људи позиционираних у близини извора у правцу низ ветар јер загађујуће материје не стижу до површине.

У условима стабилне атмосфере када се загађујуће материје емитују изнад инверзионог слоја, оне се распршују на горе јер врх инверзионог слоја делује као препрека њиховом кретању ка површини (слика 6.5.1г). Оваква перјаница се назива узвишена и веома је неповољна са становишта изложености људи позиционираних у близини извора у правцу низ ветар. Јавља се на отвореном терену при заласку Сунца у ведрим ноћима (Godish, 2004).

Неповољни метеоролошки услови за изложеност становништва позиционираних у близини извора у правцу низ ветар настају када је атмосфера неутрална или нестабилна испод и стабилна изнад димњака. Нестабилни слој ваздуха изазива мешање загађујућих материја при чему их ветар усмерава према тлу формирајући тзв. надимљену перјаницу (слика 6.5.1д). Ова структура перјанице није примећена у временским интервалима већим од пола сата (Lazaridis, 2011), а погодује јој ведро небо и слаб ветар. Чешћа је у летњој сезони.

Када се инверзије јаве и изнад и испод димњака, перјаница је заробљена и по изгледу је донекле слична лепезастој перјаници, али нешто веће дебљине (није приказана на слици 6.5.1).

## 7. Загађење ваздуха у Србији

Загађење ваздуха из спољашњих и унутрашњих извора представља претњу која утиче на људско здравље и животну средину на глобалном нивоу. Изложеност загађењу ваздуха има значајне здравствене, економске и социјалне последице, па стога у последњим деценијама овај проблем све више окупира пажњу јавности. Према СЗО, изложеност загађујућим материјама у амбијенталном ваздуху и домаћинствима повезана је са 6,7 милиона превремених смрти годишње широм света, док је само у 2019. години загађење спољног ваздуха, како у урбаним, тако и у руралним подручјима, изазвало 4,2 милиона превремених смрти (WHO, 2022). Постоје неједнакости у изложености становништва загађењу ваздуха у свету. У земљама у развоју проблем је сложенији због пренасељености, неконтролисаних урбанизације и индустријализације (Manucci & Franchini, 2017). Људи који живе у земљама са ниским и средњим приходима су највише оптерећени јер се 89% (од 4,2 милиона) превремених смрти дешава у овим областима.

У Европи је квалитет ваздуха, упркос смањењу емисија и концентрација, и даље лош у многим областима. Регион Западног Балкана је једно од жаришта загађења ваздуха у Европи, првенствено из разлога што се у овом региону производња енергије још увек базира на употреби



фосилних горива. Главни извори загађења ваздуха су термоелектране, застарели производни погони са неадекватном контролом загађења, високе емисије из возила због старог возног парка, рударство и сагоревање угља за грејање домаћинства. Процењено је да је број превремених смртних случајева услед емисија из електрана на угаљ у региону Западног Балкана скоро 1250 у 2016. години, од којих је 570 смртних исхода у Србији. Према студији „Глобално оптерећење болестима” (Institute Health Metrics and Evaluation [IHME], 2024), у 2019. години, 12700 смртних случајева у Србији може се приписати изложености становништва загађењу ваздуха. По стопи смртности која се може приписати загађењу ваздуха од 145 умрлих на 100000 становника, Србија заузима четврто место у региону Југоисточне Европе и за 70% премашује глобалну стопу смртности која се приписује загађењу ваздуха (86,2 умрлих на 100000 становника). На основу моделованих емисија из 2016. године процењено је да су у 2016. години трошкови загађења ваздуха за Србију највиши у Европи и износили су 1,68 милијарди евра (Health and Environment Alliance [HEAL], 2019).

Преглед литературе о загађењу ваздуха у Србији указује на интересовање истраживачке заједнице за овај проблем. Заступљене студије се баве темама законодавних аспеката (Јовашевић-Stojanović & Матић-Besarabić, 2008; Пејић, 2015; Тодић & Дујић 2020; Varađanin & Stanković, 2022; итд.), изворима емисија, нивоима концентрација и моделирања (Arsić et al., 2011; Малиновић-Милићевић, 2012; Malinović-Milićević et al., 2015; Stojić et al., 2015; Vuković et al., 2015; Jacimovski et al., 2016; Lazić et al., 2016; Radojević et al., 2019; Đurić & Vujović, 2020; Ulniković et al., 2020; Malinović-Milićević et al., 2021; Dehghani et al., 2022; Nesterovic et al., 2023; итд.), изложености и утицајем на морталитет и здравље људи (Stanišić Stojić et al., 2015; Perišić et al., 2017; Petrovic et al., 2018; Stanojević et al., 2019; Ristić et al., 2022; Javorac et al., 2023; итд.), затим спрегама загађења ваздуха, нивоа УВ зрачења и климатских промена (Malinovic-Milicevic et al., 2013; Mihailovic et al., 2013; Bogdanović & Lazarević, 2015; итд.). Todorović et al. (2019) истичу да су студије процене здравственог ризика за Србију оскудне због недостатка података о дугорочном праћењу квалитета ваздуха и медицинске документације, као што су пријем у болницу и смрт због специфичних узрока на дневном ниову. Да би се превазишао недостатак везан за недовољну и лошу просторну покривеност мерних места (Vuković et al., 2015), неколико студија користи метод биомониторинга за процену квалитета ваздуха (Aničić et al., 2011; Stamenković et al., 2016; итд.). Одређене студије анализирају квалитет нискобуџетних технологија за праћење квалитета ваздуха и процену изложености (Јовашевић-Stojanović et al., 2015; Tasić, 2017). За време пандемије корона вируса 2019 (COVID-19), због значајног смањења емисија загађујућих материја услед ограничења људских активности, научници су добили прилику да процене утицај ограничених антропогених емисија на квалитет ваздуха, што је резултирало са неколико истраживања за подручје Србије (Dragić et al., 2021; Davidović

et al., 2021; Bežanović et al., 2022; Malinović-Milićević et al. 2022b; Dmitrašinović et al., 2023). Упркос све већем броју студија на глобалном нивоу које се фокусирају на то како појединци перципирају загађење ваздуха и начине да минимизирају изложеност и побољшају јавно здравље, за Србију су урађене само две студије на ту тему (Stanojević et al., 2023, Madjar et al., 2023). Поред истраживања домаћих аутора постоји и неколико међународних процена које такође анализирају утицај загађења ваздуха на здравље у Србији (WHO, 2019a; Health Effects Institute, 2022; ЕЕА, 2015–2022). Ове процене и анализе користе међународно доступне скупове података, али своје прорачуне заснивају на различитим претпоставкама, те се стога процене за Србију донекле разликују.

Ова студија има за циљ да сагледа тематику загађења ваздуха на простору Србије из више аспеката обухватајући анализу концентрација загађујућих материја у десетогодишњем периоду (2011–2020.) и утицај метеоролошких услова, затим доприносе извора емисија, анализу здравствених ефеката и перцепцију становништва о проблему загађења ваздуха. Сличне монографске публикације до сада нису рађене, док актуелност проблема загађења ваздуха у Србији намеће потребу за научном студијом чији резултати могу имати примену у бројним областима и пружити основу за даља научна истраживања, примењене студије и креирање стратегија и јавних политика у области смањења загађења и негативних утицаја на животну средину и јавно здравље.

## 7.1. Подаци и методологија истраживања

У студији су коришћени јавно доступни подаци Агенције за заштиту животне средине Републике Србије и то дневне верификоване концентрације следећих загађујућих материја (Агенција за заштиту животне средине, 2011–2020):

- дневне  $PM_{10}$  концентрације ( $\mu g/m^3$ ),
- дневне  $PM_{2.5}$  концентрације ( $\mu g/m^3$ ),
- дневне  $SO_2$  концентрације ( $\mu g/m^3$ ),
- дневне  $NO_2$  концентрације ( $\mu g/m^3$ ),
- максималне дневне 8-сатне концентрације приземног  $O_3$  ( $\mu g/m^3$ ),
- максималне дневне 8-сатне  $CO$  концентрације ( $mg/m^3$ ).

Студијом је обухваћен десетогодишњи период 2011–2020. година, осим у случају  $PM_{2.5}$  за које су доступни подаци за период од пет година, 2016–2020. година. Подаци су доступни на нивоу мерних станица, док временске серије на годишњем нивоу садрже више од 75% дневних вредности загађујућих материја. Разматране су само станице за које су доступни подаци за три и више година у посматраном периоду, односно минимум две године у случају  $PM_{2.5}$  због мањег обима у броју доступних станица и краћег периода.

Табела 7.1.1. Граничне вредности загађујућих материја ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , осим за које су исказане у  $\text{mg}/\text{m}^3$ ) према Уредби и СЗО смерницама за 2021. годину

Загађујућа материја	Период усредњавања	Уредба	СЗО смерница
$\text{PM}_{10}$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	1 дан	50	45
$\text{PM}_{2.5}$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	1 дан	/	15
$\text{SO}_2$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	1 дан	125	40
$\text{NO}_2$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	1 дан	85	25
Приземни $\text{O}_3$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	8 сати*	120	100
$\text{CO}$ ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	8 сати*	10	10

\* Просечне дневне максималне 8-сатне концентрације

Студија је обухватила следеће анализе:

- преглед доступности податка на нивоу станица за сваку годину за посматран период. За сваку годину је представљен број станица за које је доступно 75–90% и више од 90% података. Такође, урађен је преглед станица према типу подручја (урбано, субурбано и рурално подручје) и типу станице (позадинске, саобраћајне и индустријске станице).
- израчунате су и анализирани просечне дневне вредности концентрација загађујућих материја за посматран период. Издвојене су станице са највишим и најнижим вредностима, анализирана је расподела вредности у односу на подручје и тип станице.
- израчунате су и анализирани просечне дневне вредности концентрација загађујућих материја на месечном нивоу за посматран период. За одабране станице дат је приказ расподеле концентрација на месечном нивоу, док су за све станице приказане просечне јануарске и јулске вредности концентрација загађујућих материја.
- израчунате су и анализирани просечне дневне вредности за грејну и вангрејну сезону у току године за посматран период. За све станице су представљене просечне вредности за грејну (период октобар–април) и вангрејну (период мај–септембар) сезону. У већини случајева, градске топлане у оквиру јавних комуналних предузећа у Србији, дефинишу грејну сезону са почетком од 15. октобра и завршно са 15. априлом. У зависности од временских услова, грејна сезона може почети и/или завршити се раније/касније. Због тога је у овој студији за грејну сезону дефинисан период од 1. октобра до 30. априла.
- израчунат је и анализиран број дана у току године када су дневне вредности концентрација загађујућих материја биле изнад одређеног прага за посматран период. Утврђен је број дана у току године за све станице када су дневне концентрације биле изнад граничних вредности према Уредби (2010, 2010, 2013) и изнад смерница СЗО о граничним вредностима за одређене загађујуће материје у циљу очувања јавног здравља за 2021. годину (WHO, 2021; табела 7.1.1.).

- за одабране станице су издвојени и анализирани сви догађаји у посматраном периоду са вредностима изнад граничне вредности. За сваки догађај је приказан датум почетка, датум завршетка, трајање у данима, просечна дневна концентрација у данима догађаја и сума концентрација изнад граничне вредности за време трајања догађаја.
- моделовање утицаја изабраних метеоролошких варијабли на варијабилност дневних вредности загађујућих материја у посматраном периоду за одабране станице на основу претходне анализе расподеле просечних вредности, унутаргодишње варијабилности концентрација и броја дана са прекорачењима изнад посматраних граничних вредности. Одабране метеоролошке варијабле су дневне вредности температуре ваздуха ( $t$ ), релативне влажности ваздуха ( $rh$ ), брзине ветра ( $ws$ ), правца ветра ( $wd$ ) и ваздушног притиска ( $p$ ). Због недостатка података за ваздушни притисак за станице Копаоник и Ужице овај параметар није обухваћен моделовањем за та мерна места. Као додатне предикторске варијабле разматрани су сезоналитет (унутаргодишња варијабилност) и варијабилност на седмичном нивоу. Због непотпуних временских серија у највећем броју случајева, тренд компонента није анализирана. Коришћени модел се заснива на примени машинског метода учења заснованог на регресионом стаблу одлучивања (енг. *boosted regression tree*).
- Анализа извора емисија загађујућих материја у периоду 1990–2020. година, укупне годишње емисије и секторски доприноси.
- Промене у концентрацијама загађујућих материја током рестриктивних мера за време пандемије болести корона вируса.
- Анализа утицаја загађујућих материја на јавно здравље и перцепција становништва у Србији о утицају загађујућих материја на здравље.

За прорачуне и графичку интерпретацију резултата коришћени су програми Microsoft Excel, R и QGIS.

### 7.1.1. Моделирање утицаја предикторских варијабли на варијабилност концентрација загађујућих материја

На основу анализе просечних вредности и унутаргодишње варијабилности загађујућих материја, као и броја дана са прекорачењима изнад граничних вредности, издвојене су станице за које је урађена анализа утицаја метеоролошких услова на варијабилност концентрација. Такође, анализиран је и утицај предикторских варијабли, унутаргодишња расподела вредности (сезоналитет) и варијабилност на седмичном нивоу. Коришћене метеоролошке варијабле обухватају дневне вредности температуре ваздуха ( $^{\circ}C$ ), релативне влажности ваздуха (%), ваздушног притиска ( $mbar$ ), и правца (степени) и брзине ( $m/s$ ) ветра. Извор податка је база Climate Data Online, сет података Global Historical Climatology

Network daily (GHCNd) (National Centers for Environmental Information, National Oceanic and Atmospheric Administration [NOAA], 2011–2020). Наведена база садржи вредности метеоролошких параметара са великог броја метеоролошких станица широм света, укључујући и станице из Србије, интегрисаних у јединствени сет података (Menpe et al., 2012). За највећи број одабраних станица и загађујућих материја које су биле предмет анализе, доступни су подаци из GHCNd базе, односно коришћени су подаци са метеоролошких станица које су у непосредној близини, односно у истом месту као и станице мониторинга квалитета ваздуха. У случајевима у којима изостају подаци за одређена места, као извор података коришћен је сет података CERRA sub-daily regional reanalysis data for Europe on single levels from 1984 to present (Schimanke et al., 2021; Copernicus Climate Data Store, 2011–2020). Наведени сет података садржи гридиране податке просторне резолуције ~5,5 km.

За моделовање је коришћен *deweather* пакет у оквиру програмског језика R (Carslaw, 2020) који се заснива на алгоритму машинског учења у циљу изоловања утицаја метеоролошких услова на расподелу вредности и детектовању тренда у серијама података о квалитету ваздуха користећи модел регресионих стабала одлучивања (енг. *boosted regression tree*). Математички модел користи функције *gbm* пакета (Ridgeway, 2017) и не захтева претходну трансформацију улазних варијабли, елеминисање одступања и непрекидност у серијама. Такође, представља моћан алат за моделирање података о квалитету ваздуха, узимајући у обзир нелинеарност и сложене интеракције између зависне и независних варијабли (Grange & Carslaw, 2019). Иницијално, серија података се дели на тренинг сет података (80% од укупних података) и тест сет података (20% од укупних података у циљу валидације модела). Предиктивне способности модела се одређују на основу вредности  $r$  статистике уз могућност визуелизације односа између улазних података и предикција модела (за вредности  $r^2$  ниже од 0,50 предиктивне способности модела су сматране slabим, за вредности  $r^2$  0,50–0,75 предиктивне способности модела су сматране умерено добрим и за вредности више од 0,75 добрим). За евалуацију перформанси модела коришћено је неколико показатеља: средње одступање (енг. *mean bias* [MB]), *средња бруто грешка* (енг. *mean gross error* [MGE]), нормализовано средње одступање (енг. *normalized mean bias* [NMB]), корен средње квадратне грешке (енг. *root mean square error* [RMSE]) и нормализована средња бруто грешка (енг. *normalized mean gross error* [NMGE]). Модел омогућава добијање информација о процењеном релативном утицају (у %) појединачно за сваку од предикторских варијабли на концентрације загађујућих материја. Такође, омогућена је и визуелизација интеракција између варијабли. За визуелизације коришћен је део функција пакета *openair* у R-у (Carslaw & Ropkins, 2012).

## 7.2. Извори загађења ваздуха у Србији

Поред података о концентрацијама загађујућих материја, за управљање квалитетом ваздуха важно је и прикупљати податке о емисијама загађујућих материја у ваздух из различитих извора. У складу са Законом о заштити животне средине (2004, 2009, 2009-др.закон, 2011, 2016, 2018, 2018-др. закон, у даљем тексту: Закон) Агенција за заштиту животне средине води Национални регистар извора загађивања, док надлежни органи јединица локалне самоуправе воде Локалне регистре извора загађивања. Прикупљање и обрада података о емисијама загађујућих материја у ваздух врши се на основу следећих докумената: Правилник о методологији за израду Националног и локалног регистра извора загађивања, као и методологији за врсте, начине и рокове прикупљања података (2016); Уредба о граничним вредностима емисије загађујућих материја у ваздуху из постројења за сагоревање (2016); Уредба о граничним вредностима емисије загађујућих материја у ваздуху из стационарних извора загађивања осим из постројења за сагоревање (2015); Уредба о мерењима емисија загађујућих материја у ваздух из стационарних извора загађивања (2016); и Уредба о методологији за израду инвентара емисија загађујућих материја у ваздух (2016).

Република Србија је потписница Конвенције о прекограничном загађивању ваздуха на великим удаљеностима (CLRTAP; 1991. година), а такође је и ратификовала три протокола произашла из ове конвенције: ЕМЕП (2001. година), Протокол о постојаним органским загађујућим материјама (2012. година), Протокол о тешким металима и Протокол о сузбијању закисељавања, еутрофикације и приземног озона (2012. година). Потписивањем CLRTAP и пратећих протокола Србија је у обавези да извештава о емисијама у ваздух у складу са смерницама за извештавање о емисијама и методологијом садржаном у Упутству за инвентар емисија загађивача ваздуха (енг. *EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook*).

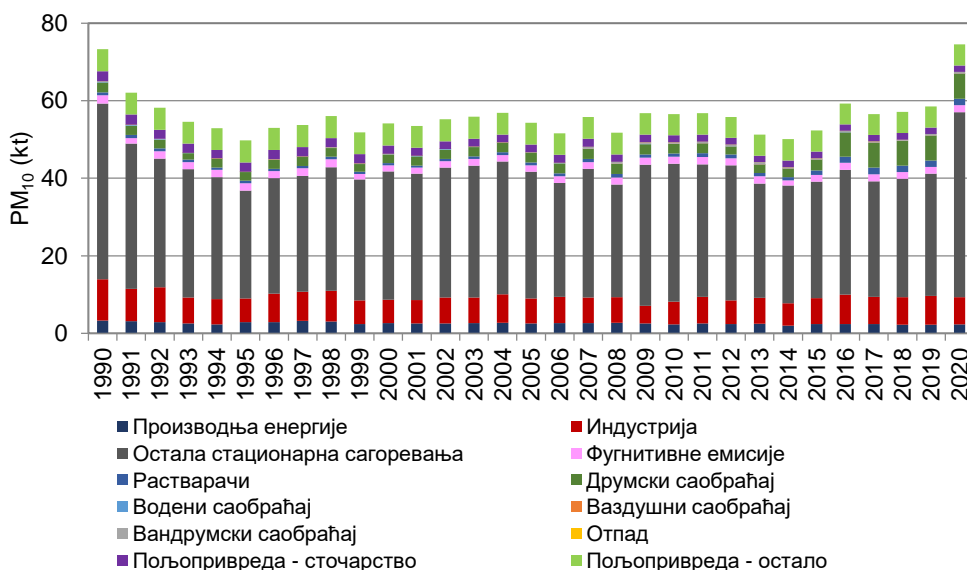
Агенција за заштиту животне средине сваке године припрема Национални извештај о инвентару емисија добијених применом прописане методологије и доставља га Центру за емисије и пројекције (енг. *Centre on Emission Inventories and Projections [CEIP]*) CLRTAP. Инвентар емисија представља секторски организовану базу података о изворима емисија према делатностима која садржи све податке, информације и претпоставке који су неопходни за прорачун емисија загађујућих материја које се емитују на великим удаљеностима. Инвентар емисија обухвата период од референтне године (1990. година) до године  $N-2$ , где  $N$  представља текућу годину у којој се врши извештавање и ажурира се сваке године. Главни званични извори података о активностима за попис емисија загађивача су: Републички завод за статистику који на основу програма статистичког истраживања прикупља податке о количинама сировина и производа који се односе на активности утврђене Националном класификацијом пословних активности и Министарство унутрашњих послова које води базе података о путничким и теретним возилима и подаци о активностима који се

пружају путем упитника који су директно испуњени од стране појединих извора емисије или других специјализованих институција користе се у изради инвентара за израчунавање и проверу података пружених у службеним публикацијама (Агенција за заштиту животне средине, н.д.).

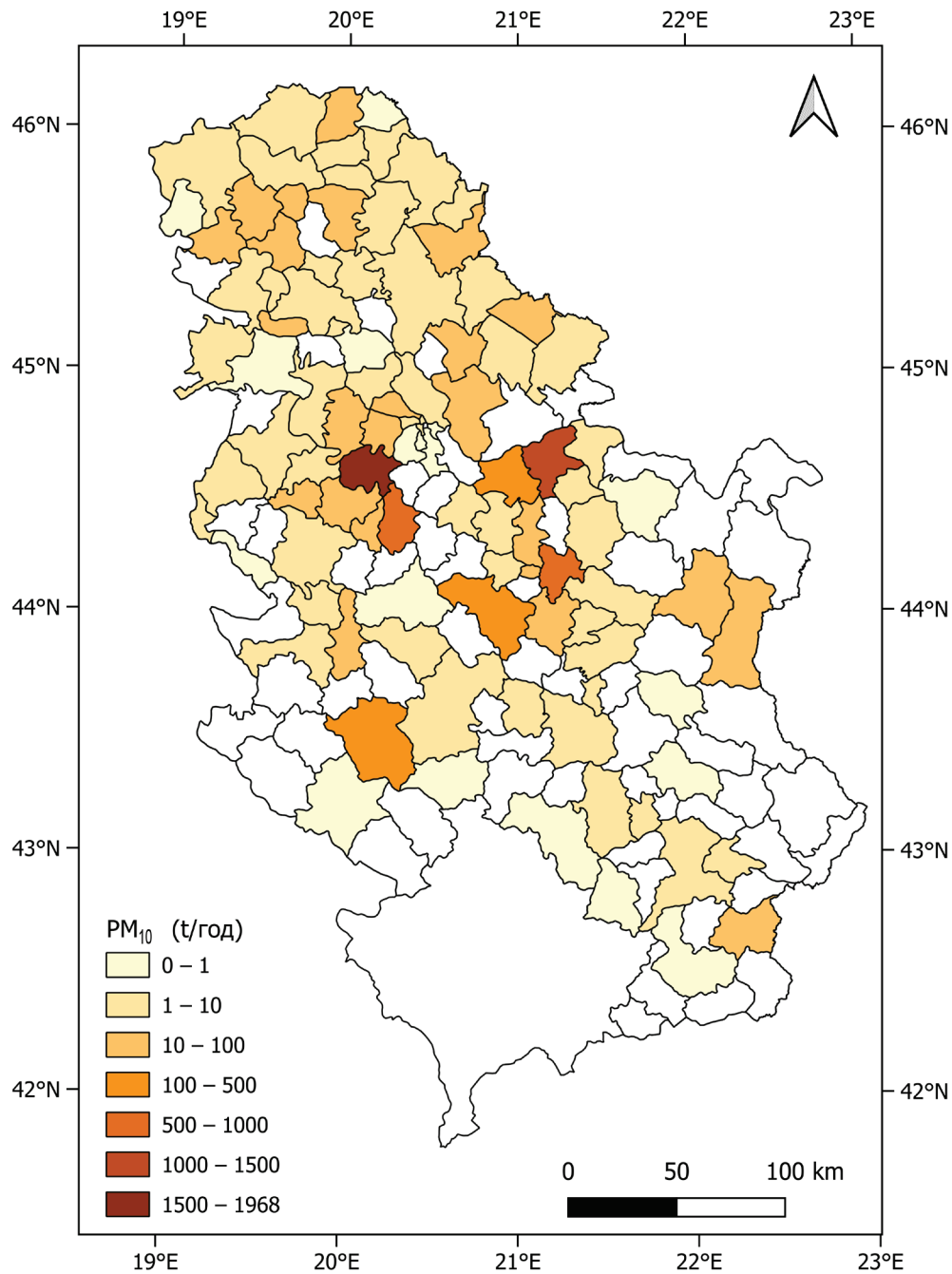
Приказ и анализа емисија загађујућих материја у Србији који следе у наставку овог поглавља урађени су на основу отворених података који су део Националног инвентара емисија загађујућих материја, а који су доступни на сајту Агенције за заштиту животне средине (Агенција за заштиту животне средине, н.д.). Према примењеној методологији извори емисија сврстани су у 12 сектора: производња електричне и топлотне енергије, индустрија, остало стационарно сагоревање (топлане снаге мање од 50 MW и индивидуална ложишта), фугитивне емисије, употреба растварача, друмски саобраћај, речни саобраћај, вандрумски саобраћај (железнички), отпад, пољопривреда-сточарство и пољопривреда-остало. Дванаести сектор—остало није обухваћен анализом зато што није допринио укупним националним емисијама у посматраном периоду.

### 7.2.1. Емисије суспендованих честица (PM<sub>10</sub>)

На слици 7.2.1.1 представљене су укупне годишње емисије суспендованих честица PM<sub>10</sub> и секторски доприноси емисијама у периоду 1990–2020. година. Укупна емисија ове загађујуће материје у периоду 2011–2020. година кретала се између 50,19 kt и 75,55 kt. У поређењу са базном 1990. годином, у периоду 2011–2020. година емисија је смањена у просеку за 22,51%, слично као и на пордучју ЕУ (21,73%).



Слика 7.2.1.1. Укупне годишње емисије и расподела суспендованих честица PM<sub>10</sub> по секторима за период 1990–2020. година.



Слика 7.2.1.2. Просторна расподела емисија суспендованих честица PM<sub>10</sub> по општинама, у t/год, упросечених за период 2011–2020. година.

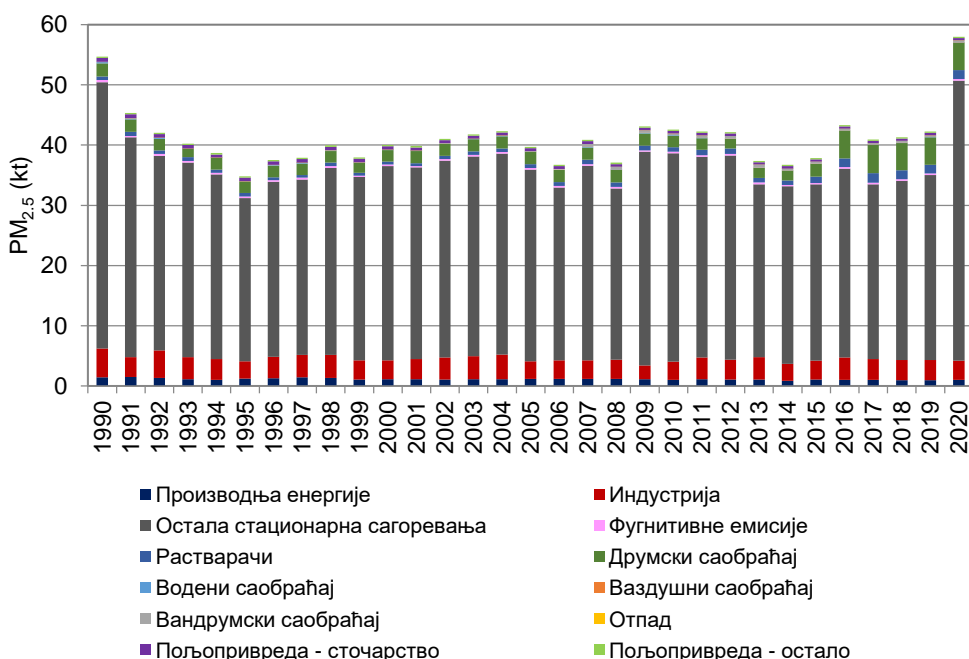


По подацима које је прикупио и обрадио Национални регистар извора загађивања, секторске активности које су највише допринеле емисијама суспендованих честица  $PM_{10}$  у ваздух су топлане снаге мање од 50 MW и индивидуално грејање (57,42%), индустрија (11,98%), пољопривреда без сточарства (9,58%), и друмски саобраћај (7,51%; слика 7.2.1.1).

На основу података достављених у Национални регистар извора загађивања утврђено је да се укупна емисија ове загађујуће материје из посматраних тачкастих извора у посматраном периоду кретала између 10,35 kt и 24,52 kt. Највећи тачкасти извори били су: Термоелектране Никола Тесла (ТЕНТ А и Б, Морава) у градској општини Обреновац и Термоелектране и копови Костолац (ТЕ Костолац А и Б) у истоименој општини Костолац (Слика 7.2.1.2).

## 7.2.2. Емисије суспендованих честица ( $PM_{2,5}$ )

На слици 7.2.2.1 представљене су укупне годишње емисије суспендованих честица  $PM_{2,5}$  и секторски доприноси емисијама у периоду 1990–2020. година. Укупна емисија ове загађујуће материје у периоду 2011–2020. година кретала се између 36,81 kt и 58,01 kt. У поређењу са базном 1990. годином, у периоду 2011–2020. година емисија је смањена у просеку за 23,53%.



Слика 7.2.2.1. Укупне годишње емисије и расподела суспендованих честица  $PM_{2,5}$  између сектора за период 1990–2020. година.

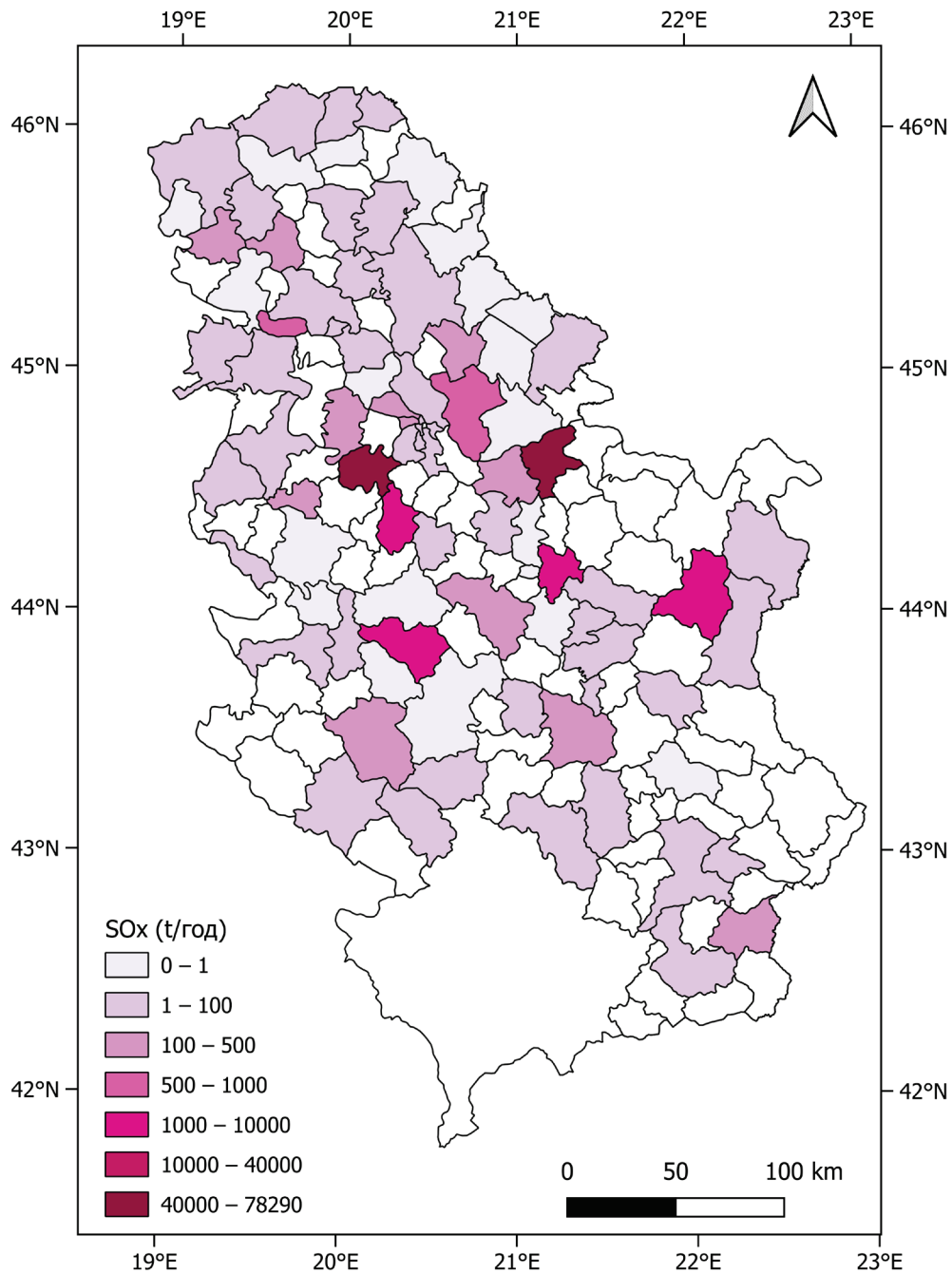
По подацима које је прикупио и обрадио Национални регистар извора загађивања, секторске активности које су највише допринеле емисијама суспендованих честица  $PM_{2.5}$  у ваздух су топлане снаге мање од 50 MW и индивидуално грејање (75,89%), индустрија (8,05%), и друмски саобраћај (7,45%), док су други извори били занемарљиви (слика 7.2.2.1). Увидом у Национални регистар извора загађивања утврђено је да подаци о доприносу тачкастих извора у укупној емисији ове загађујуће материје нису праћени у посматраном периоду.

### 7.2.3. Емисије оксида сумпора ( $SO_x$ )

На слици 7.2.3.1 представљене су укупне годишње емисије оксида сумпора и секторски доприноси емисијама у периоду 1990–2020. година. Укупна емисија ове загађујуће материје у периоду 2011–2020. година кретала се између 342,75 kt и 456,41 kt. У поређењу са базном 1990. годином, емисија оксида сумпора у периоду 2011–2020. година смањена је у просеку за 32,01%, што је троструко мање у поређењу са ЕУ. Производња електричне и топлотне енергије је, са просечно 90,30%, доминантни извор емисија оксида сумпора. Сектор индустрије и остало стационарно сагоревање учествовали су са 5,36% односно 3,04%, док су други извори били занемарљиви.



Слика 7.2.3.1. Укупне годишње емисије и расподела оксида сумпора ( $SO_x$ ) по секторима за период 1990–2020. година.

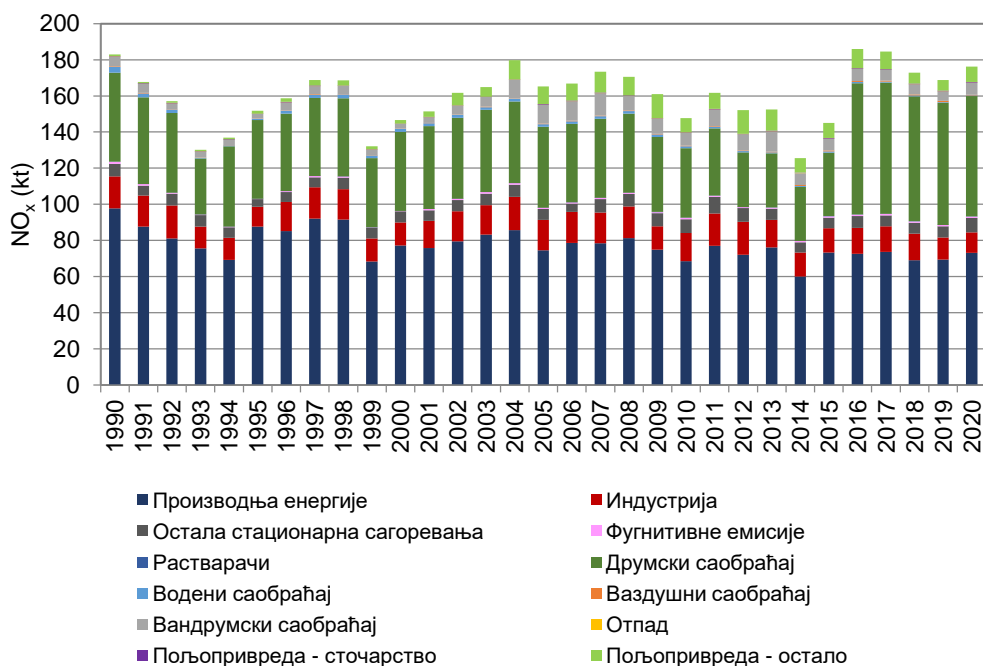


Слика 7.2.3.2. Просторна расподела емисија оксида сумпора (SO<sub>x</sub>) по општинама, у t/год, упросечених за период 2011–2020. година.

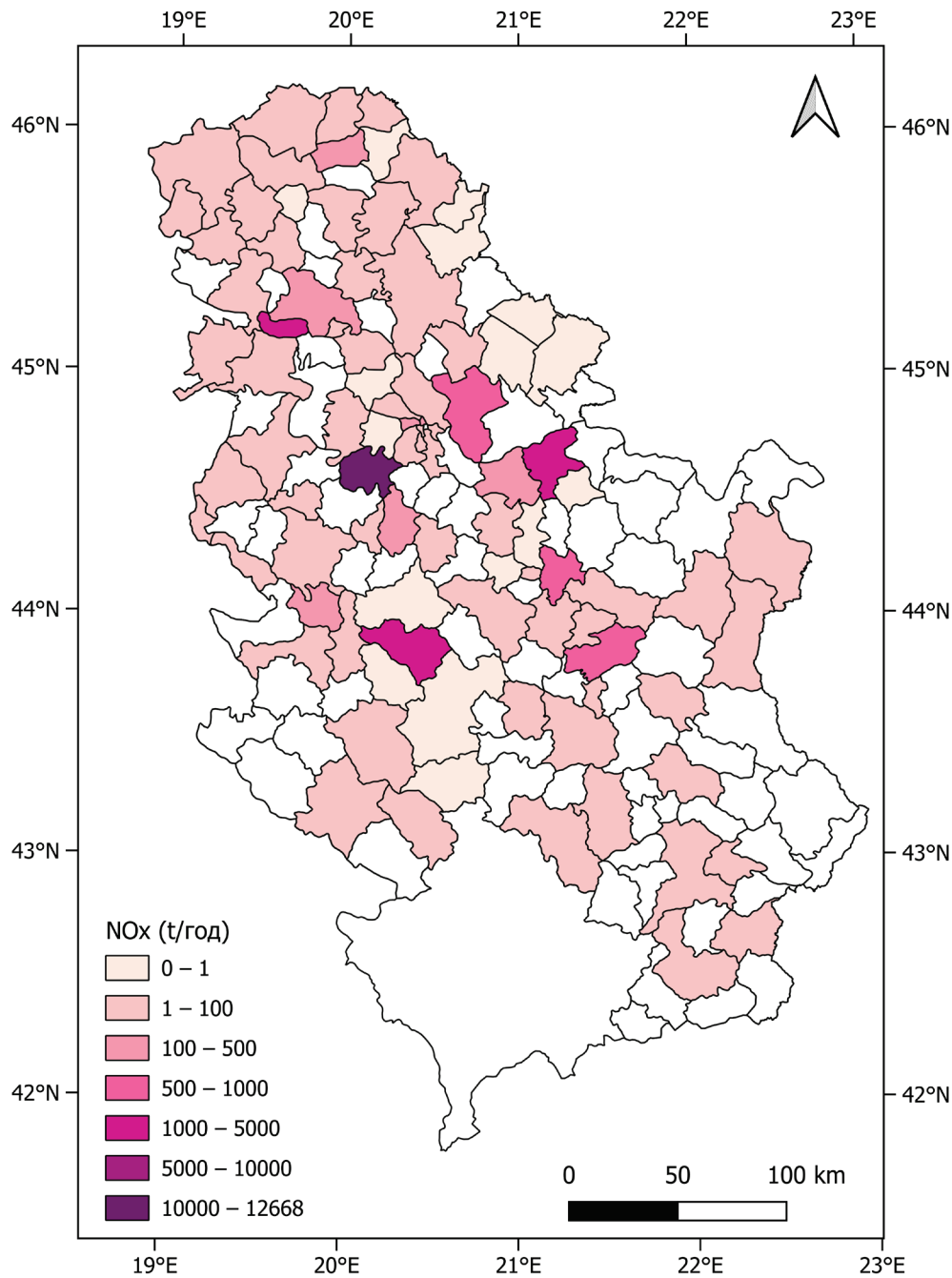
На основу података достављених у Национални регистар извора загађивања утврђено је да се укупна емисија оксида сумпора из посматраних тачкастих извора у Србији у посматраном периоду кретала између 320,91 kt и 408,80 kt годишње. Највећи извори ове загађујуће материје били су: Термоелектране Никола Тесла (ТЕНТ А и Б, Морава) у општинама Обреновац и Свилајнац и Термоелектране и копови Костолац (ТЕ Костолац А и Б), затим Топионица и рафинација бабра Бор и Слобода АД Чачак у истоименим општинама (слика 7.2.3.2).

#### 7.2.4. Емисије оксида азота ( $\text{NO}_x$ )

Укупна емисија оксида азота у периоду 2011–2020. година кретала се између 126,23 kt и 177,13 kt (слика 7.2.4.1). У поређењу са базном 1990. годином, емисија оксида азота у периоду 2011–2020. година смањена је у просеку за 12,64%, што је значајно мање у поређењу са ЕУ (53,03%). Производња електричне и топлотне енергије (44,25%) и друмски саобраћај (30,53%) су доминантни извори емисија оксида азота. Сектор индустрије и остало стационарно сагоревање учествовали су са 9,40%, односно 4,17% док су други извори били занемарљиви.



Слика 7.2.4.1. Укупне годишње емисије и расподела оксида азота ( $\text{NO}_x$ ) по секторима за период 1990–2020. година.

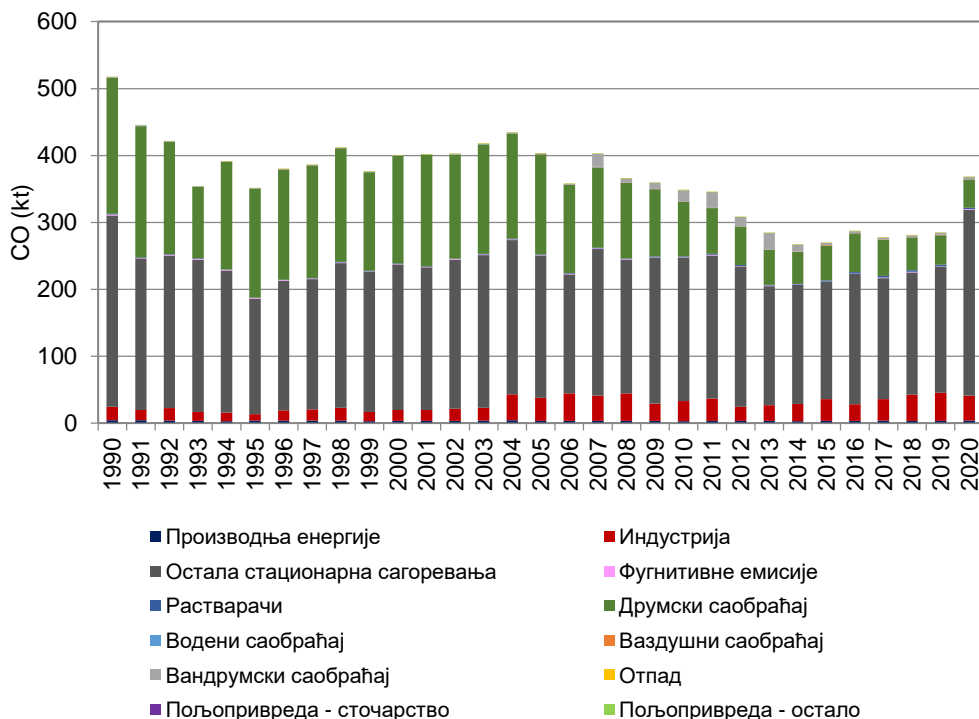


Слика 7.2.4.2. Просторна расподела емисија оксида азота (NO<sub>x</sub>) по општинама, у t/год, упросечених за период 2011–2020. година.

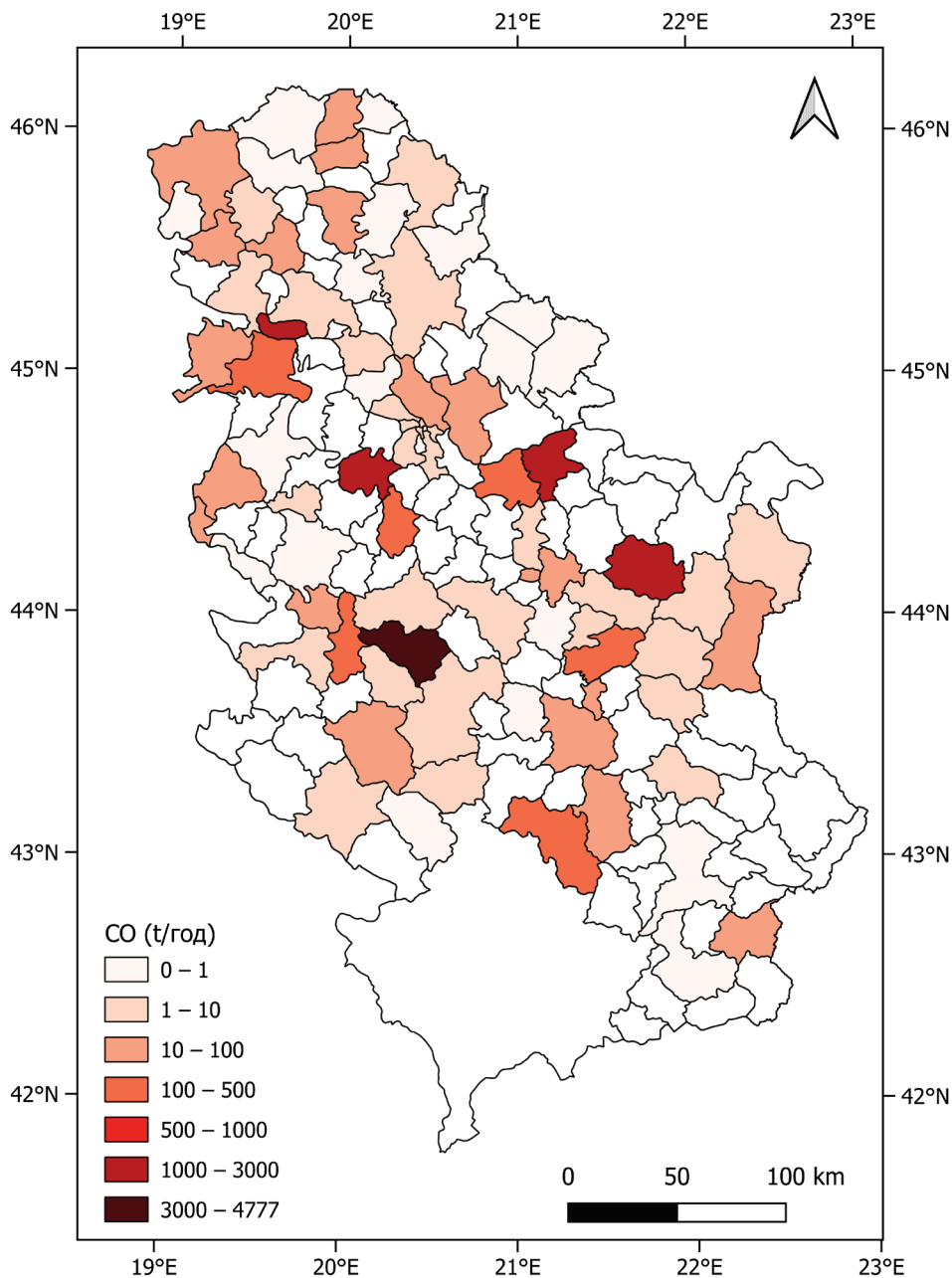
На основу података достављених у Национални регистар извора загађивања утврђено је да се укупна емисија ове загађујуће материје из посматраних тачкастих извора у посматраном периоду кретала између 48,36 kt и 83,13 kt. Највећи тачкасти извори били су: Термоелектране Никола Тесла (ТЕНТ А и Б) у градској општини Обреновац, Термоелектране и копови Костолац—ТЕ Костолац Б у истоименој општини, Слобода АД Чачак у истоименој општини и Фабрика цемента Лафарж у општини Беоцин (слика 7.2.4.2).

### 7.2.5. Емисије угљен-монооксида (CO)

Укупна емисија угљен-монооксида у периоду 2011–2020. година кретала се између 268,44 kt и 382,12 kt (слика 7.2.5.1). У поређењу са базом 1990. годином, емисија угљен-монооксида у периоду 2011–2020. година смањена је у просеку за 42,00%. Доминантни извори емисија су топлане снаге мање од 50 MW и индивидуално грејање (64,94%), друмски саобраћај (17,41%) и индустрија (10,34%).



Слика 7.2.5.1. Укупне годишње емисије и расподела угљен-монооксида (CO) по секторима за период 1990–2020. година.



Слика 7.2.5.2. Просторна расподела емисија угљен-моноксида (CO) по општинама, у t/год, упросечених за период 2011–2020. година.

На основу података достављених у Национални регистар извора загађивања утврђено је да се укупна емисија ове загађујуће материје из посматраних тачкастих извора у посматраном периоду кретала између 6,68 kt и 71,42 kt. Највећи тачкасти извори били су: Компанија Слобода АД Чачак у истоименој општини, Термоелектране Никола Тесла (ТЕНТ

А и Б) у градској општини Обреновац, Фабрика цемента Лафарж у општини Беочин, Јавно предузеће ПЕУ Ресавица у општини Жагубица и Термоелектране и копови Костолац (ТЕ Костолац А и Б) у истоименој општини (слика 7.2.5.2).

### 7.3. Концентрације загађујућих материја

Анализа концентрација загађујућих материја у десетогодишњем (петогодишњем) периоду 2011–2020. (2016–2020.) година је урађена на основу јавно доступних података о дневним вредностима загађујућих материја за станице у Србији. За сваку анализирану загађујућу материју дат је преглед доступности података, вишегодишњих просечних дневних концентрација, унутаргодишња и сезонска расподела концентрација, анализа броја дана са прекорачењима граничних вредности и резултати анализе утицаја предикторских варијабли на дневне концентрације. Део резултата, у табеларној форми, приказан је у Прилогу.

#### 7.3.1. Дневне $PM_{10}$ концентрације

Број станица са 75–90% и више од 90% доступних дневних  $PM_{10}$  концентрација на годишњем нивоу за период 2011–2020. је представљен на слици 7.3.1.1. Године за које је доступно највише података су 2013. са серијама података за 15 станица, 2019. са 14 станица и 2020. година са 15 станица, док је свега неколико станица доступно за 2016. и 2017. годину. Значајно је и учешће станица код којих је доступност података на годишњем нивоу 75–90%. Доминирају станице из урбаног подручја са највећом учесталашћу позадинских станица (слика 7.3.1.2). Приказ доступности података за сваку станицу на годишњем нивоу је дат у Прилогу у табели П1, док је просторна расподела станица представљена на слици 7.3.1.3.

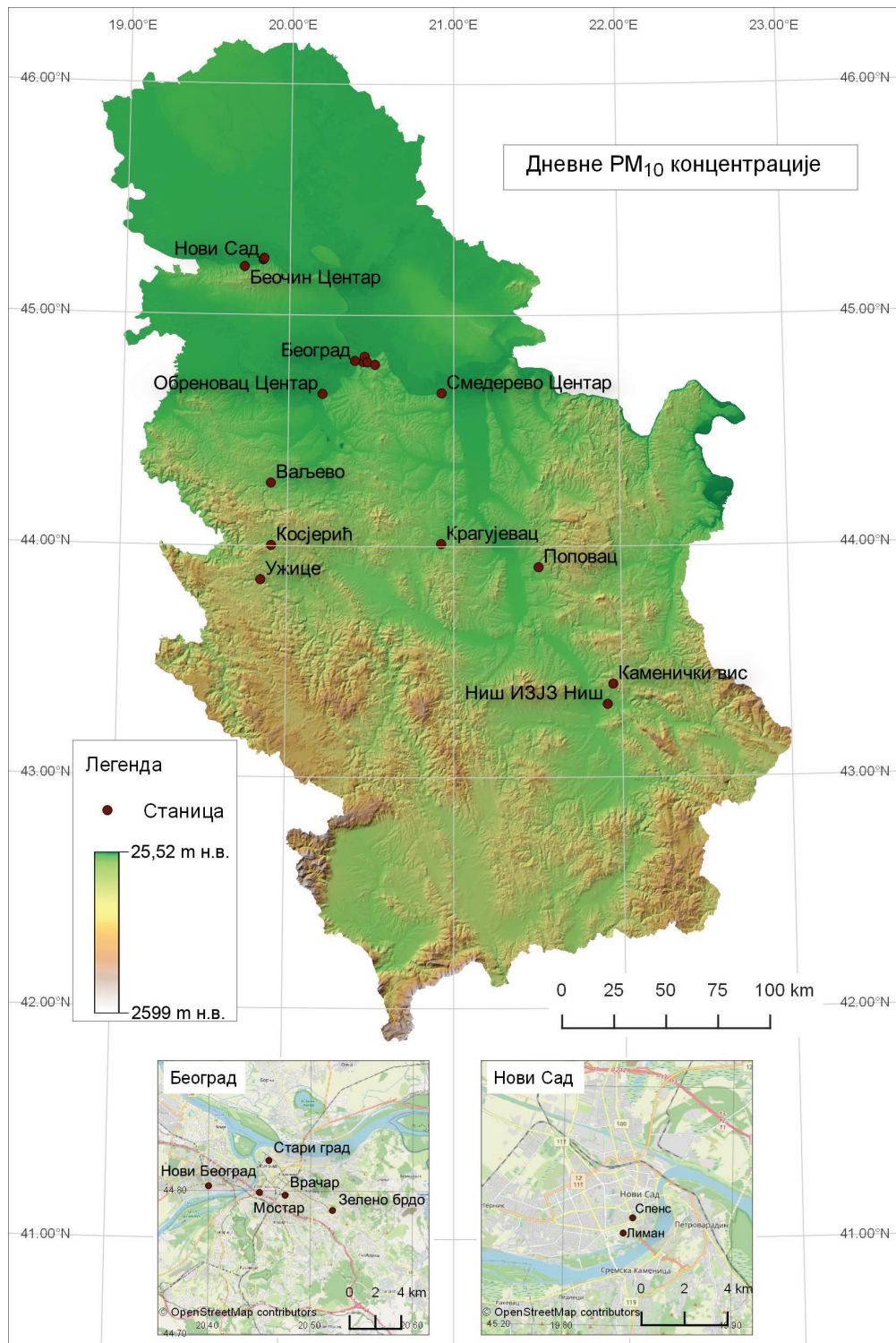


Слика 7.3.1.1. Број станица за које су расположиви подаци за дневне  $PM_{10}$  концентрације на годишњем нивоу у периоду 2011–2020. година.



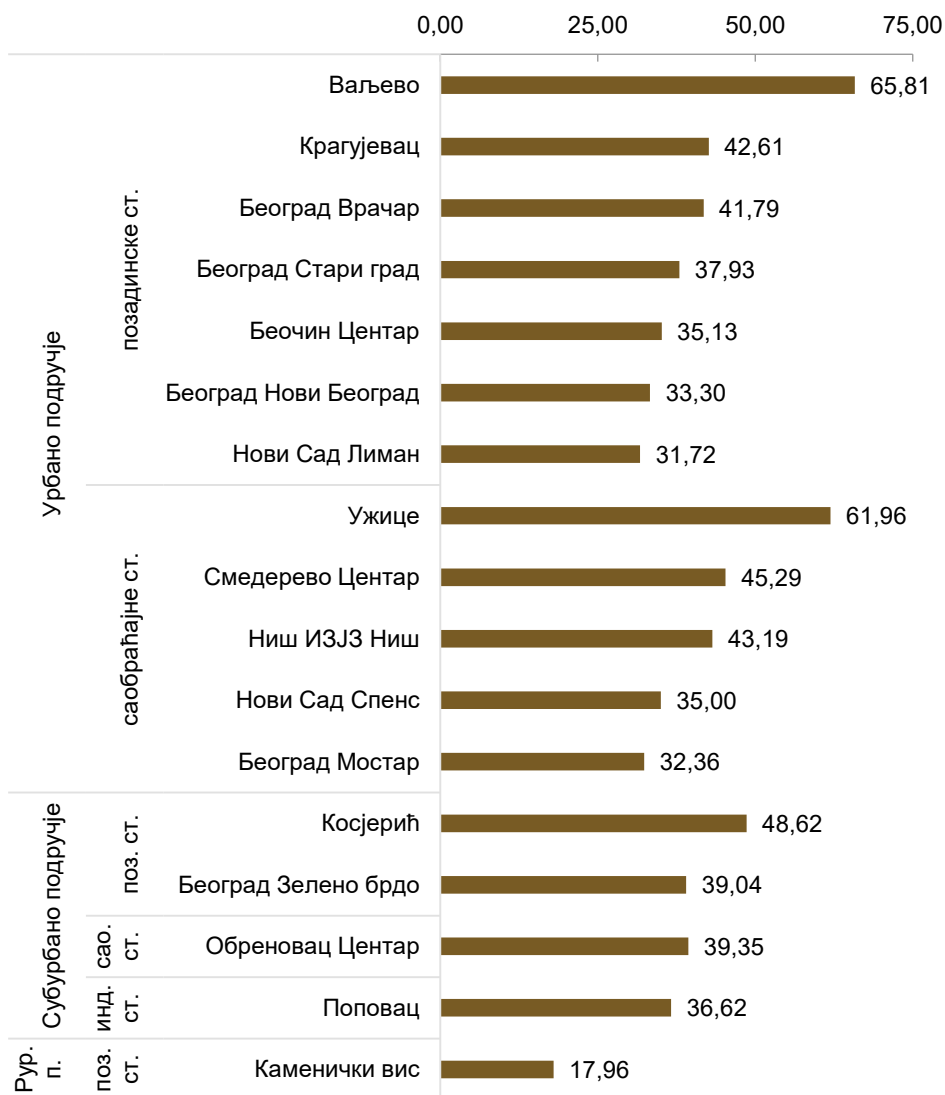
Слика 7.3.1.2. Број позадинских (П), саобраћајних (С) и индустријских (И) станица у урбаном подручју (У.П.), субурбаном подручју (СУ.П.) и руралном подручју (Р.П.) за које су доступне дневне  $PM_{10}$  концентрације у периоду 2011–2020. година.





Слика 7.3.1.3. Просторна расподела станица за дневне  $PM_{10}$  концентрације.

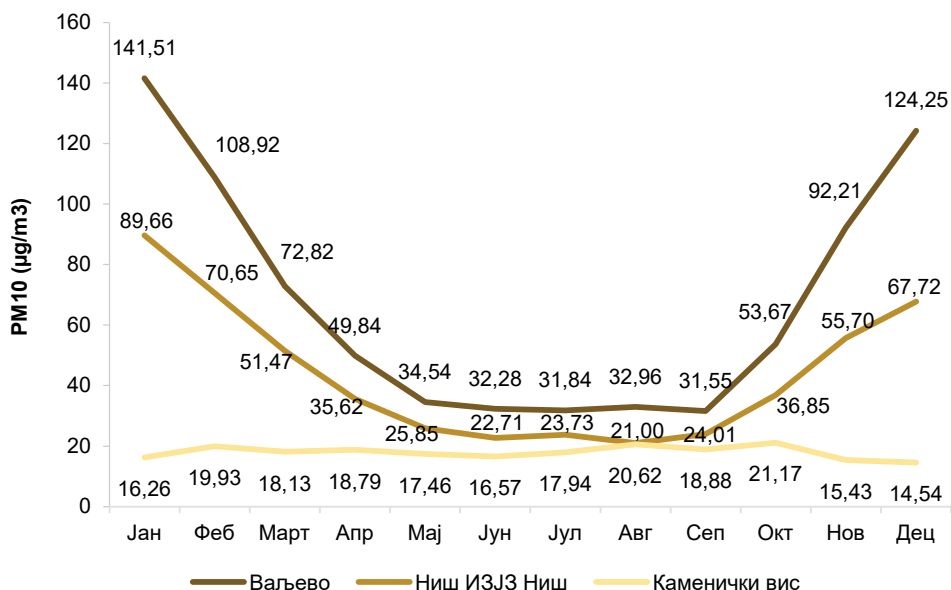
Годишња и унутаргодишња расподела дневних  $PM_{10}$  концентрација и прекорачења. На основу расположивих података, у посматраном десетогодишњем периоду (2011–2020.), израчунате су просечне дневне  $PM_{10}$  концентрације ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Преглед добијених вредности је представљен на слици 7.3.1.4.



Слика 7.3.1.4. Просечне дневне  $PM_{10}$  концентрације ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) на станицама у Србији на основу расположивих података у периоду 2011–2020. година.

Највиша просечна дневна  $PM_{10}$  концентрација од  $65,81 \mu\text{g}/\text{m}^3$  је утврђена за станицу Ваљево (позадинска станица у урбаном подручју), док је најнижа вредност од  $17,96 \mu\text{g}/\text{m}^3$  утврђена за станицу Каменички вис (позадинска станица у руралном подручју). У урбаном подручју за позадинске станице вредности су у опсегу од  $31,72 \mu\text{g}/\text{m}^3$  за станицу

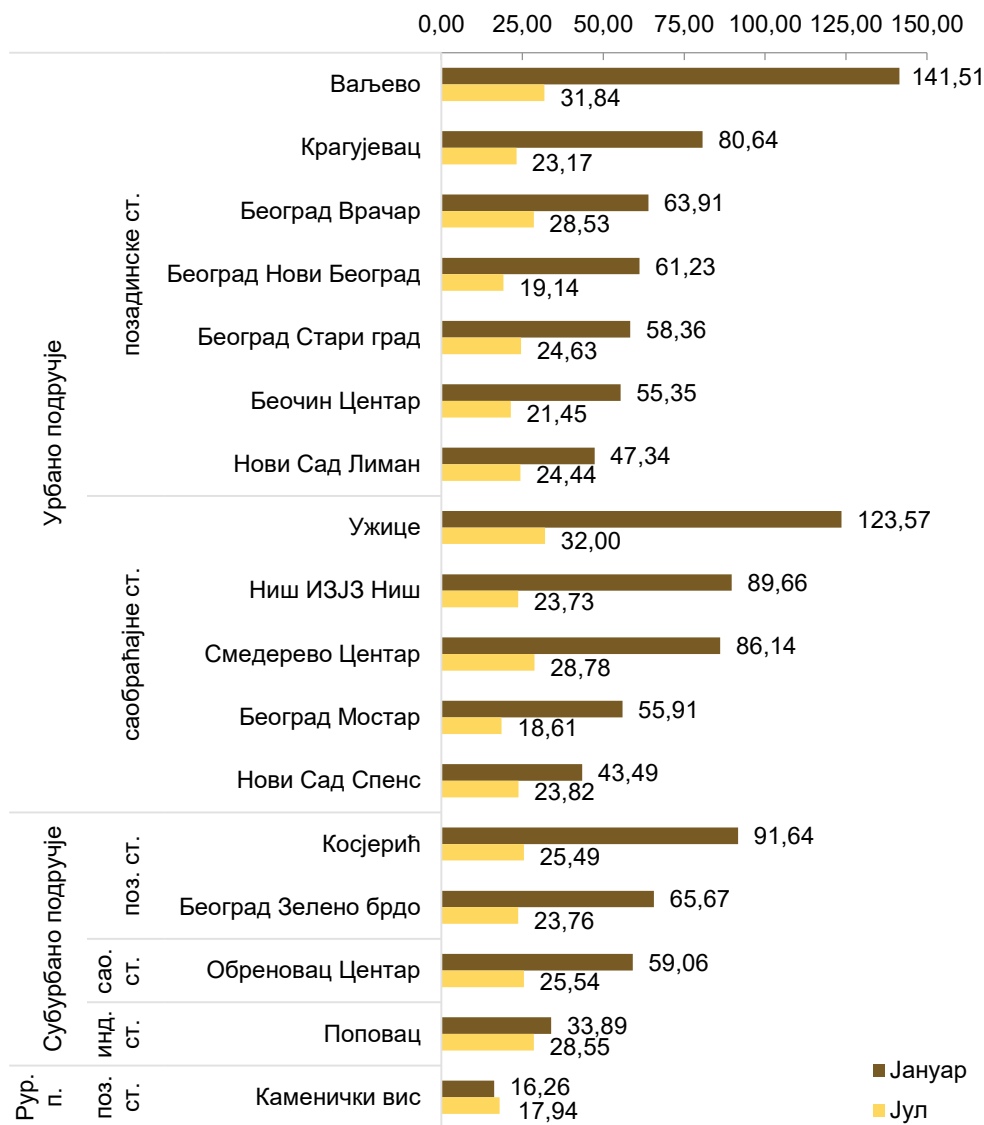
Нови Сад Лиман до  $65,81 \mu\text{g}/\text{m}^3$  за станицу Ваљево, за саобраћајне станице од  $32,36 \mu\text{g}/\text{m}^3$  за Београд Мостар до  $61,96 \mu\text{g}/\text{m}^3$  за станицу Ужице. У субурбаном подручју, за позадинске станице добијене су вредности од  $48,62 \mu\text{g}/\text{m}^3$  за станицу Косјерић и  $39,04 \mu\text{g}/\text{m}^3$  за станицу Београд Зелено брдо. За највећи број станица је утврђен сезоналитет у расподели просечних месечних вредности са највишим концентрацијама током зимских месеци и најнижим у најтоплијем делу године. Међутим, за одређене станице није могуће уочити било какву правилност у унутаргодишњој расподели концентрација. На слици 7.3.1.5 су приказане просечне месечне  $\text{PM}_{10}$  концентрације за станице Ваљево (станција која се истиче са највишом јануарском вредношћу у поређењу са другим анализираним станицама), а затим и за две станице које се налазе на релативно малој просторној удаљености ( $\sim 10 \text{ km}$ ), станица Ниш ИЗЈЗ Ниш у урбаном подручју и станица Каменички вис у непосредном руралном окружењу. Вредности за станицу Ваљево указују на изразит сезоналитет са највишом вредношћу просечних концентрација за јануар од  $141,51 \mu\text{g}/\text{m}^3$  и најнижим вредностима за период јун–септембар ( $\sim 32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Вредности за станицу Ниш ИЗЈЗ Ниш такође указују на сезонски карактер унутаргодишње расподеле концентрација ( $89,66 \mu\text{g}/\text{m}^3$  за јануар и  $23,73 \mu\text{g}/\text{m}^3$  за јул), међутим за станицу Каменички вис утврђена је релативно мала амплитуда у разликама просечних концентрација на месечном нивоу од  $6,08 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .



Слика 7.3.1.5. Просечне дневне  $\text{PM}_{10}$  концентрације ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) на месечном нивоу на станицама Ваљево, Ниш ИЗЈЗ Ниш и Каменички Вис на основу расположивих података у периоду 2011–2020. година.

Преглед јануарских и јулских вредности за анализирани станице приказан је на слици 7.3.1.6. За већину анализираних станица разлике између просечних дневних концентрација  $\text{PM}_{10}$  у јануару и јулу су

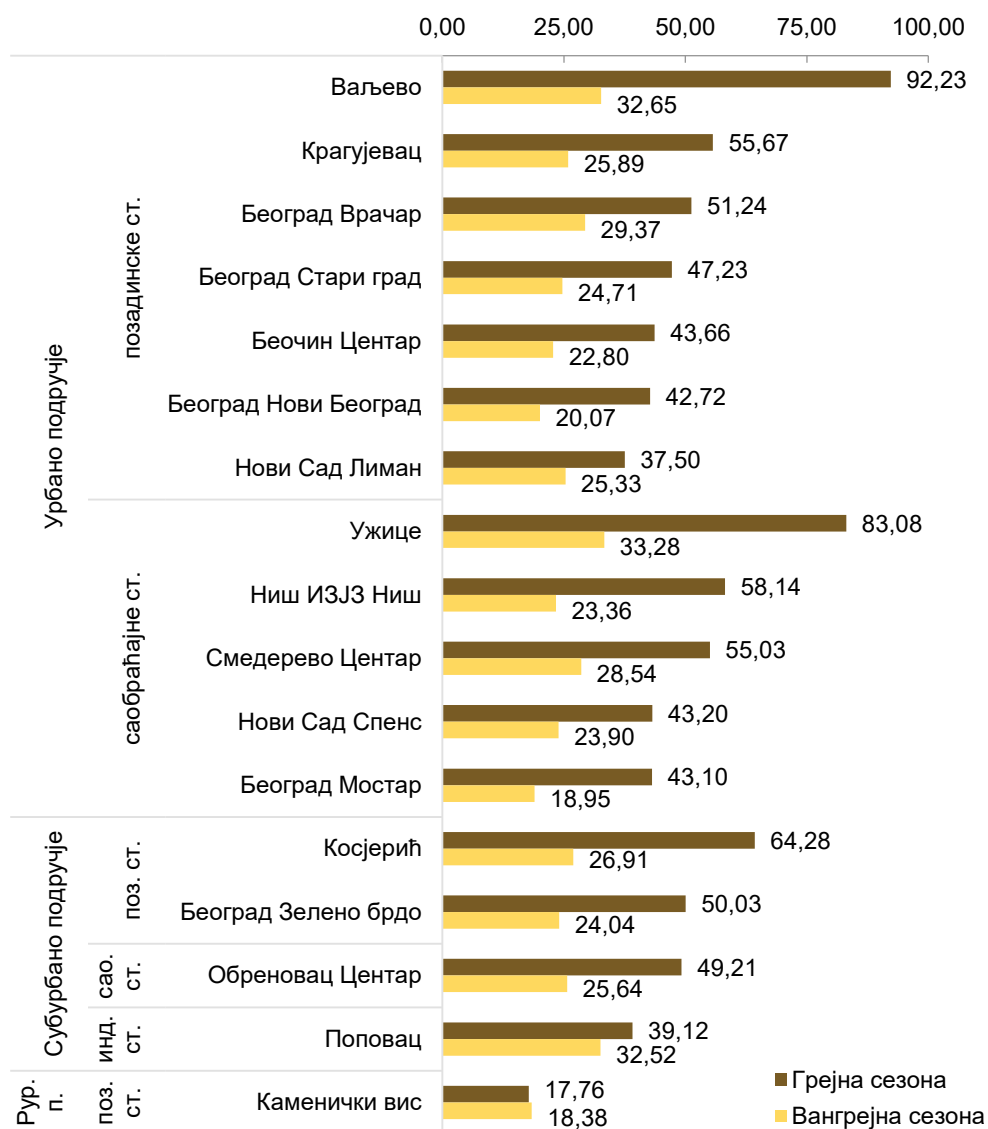
релативно високе, осим за станицу Поповац и већ поменути станицу Каменички вис. Такође, за већину станица су утврђене више вредности просечних дневних концентрација током грејне сезоне у поређењу са вангрејном сезоном, осим за наведене станице код којих изостаје сезонски карактер варијабилности месечних концентрација (слика 7.3.1.7).



Слика 7.3.1.6. Просечне дневне  $PM_{10}$  концентрације ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) у јануару и јулу на станицама у Србији на основу расположивих података у периоду 2011–2020. година.

Број дана на годишњем нивоу са прекорачењима дневних концентрација изнад вредности од  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (гранична вредност према домаћем законодавству) и  $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (гранична вредност према смерницама СЗО) приказан је у табелама 7.3.1.1 и 7.3.1.2. Изузев станице

Каменички вис у случају граничне вредности од  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , за остале посматране станице прекорачења су утврђена за све године за које постоје расположиви подаци. За позадинске станице у урбаном подручју, највећи број дана је утврђен за станицу Ваљево, 174 дана (дневне концентрације  $\text{PM}_{10} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) односно 198 дана (дневне концентрације  $\text{PM}_{10} > 45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) у 2015. години. За станицу Ужице утврђене су највише вредности међу саобраћајним станицама у урбаном подручју, са 154 односно 177 дана (дневне концентрације  $\text{PM}_{10} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  односно  $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) у 2018. години. За субурбано подручје, највећи број дана је утврђен за позадинску станицу Косјерић (159/179 дана у 2011. години).






Слика 7.3.1.7. Просечне дневне  $\text{PM}_{10}$  концентрације ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) у току грејне сезоне и ван грејне сезоне на станицама у Србији на основу расположивих података у периоду 2011–2020. година.

Табела 7.3.1.1. Број дана са прекорачењима граничне вредности од  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (домаће законодавство) за дневне  $\text{PM}_{10}$  концентрације на станицама у Србији, период 2011–2020. година

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<b>Урбано подручје</b>	<i>Позадинске станице</i>									
Београд Врачар		82	67	89	83		96	76		42
Београд Нови Београд	94	58	33	46		54			60	54
Београд Стари град	132	106	44			52		62	64	46
Беоцин Центар			79	45					51	48
Ваљево		153	118	162	174		114	171	132	150
Крагујевац				90	120		101	103	53	71
Нови Сад Лиман								35	31	37
	<i>Саобраћајне станице</i>									
Београд Мостар	129	40	78	48				35	41	32
Ниш ИЗЈЗ Ниш	167	52	52	73			74		65	106
Нови Сад Спенс	102	53	47	21	82	58				
Смедерево Центар			119					148	71	76
Ужице			110	146	146		122	154	122	134
<b>Субурбано подручје</b>	<i>Позадинске станице</i>									
Београд Зелено брдо	134	57	70		28					
Косјерић	159	142	83	80				86	103	128
	<i>Саобраћајне станице</i>									
Обреновац Центар	186	101	86						25	7
	<i>Индустријска станица</i>									
Поповац		96	76						37	79
<b>Рурално подручје</b>	<i>Позадинска станица</i>									
Каменички вис		12	1					1	6	2

**Легенда**

	Година у којој су утврђена прекорачења
	Година у којој нису утврђена прекорачења
	Нема података

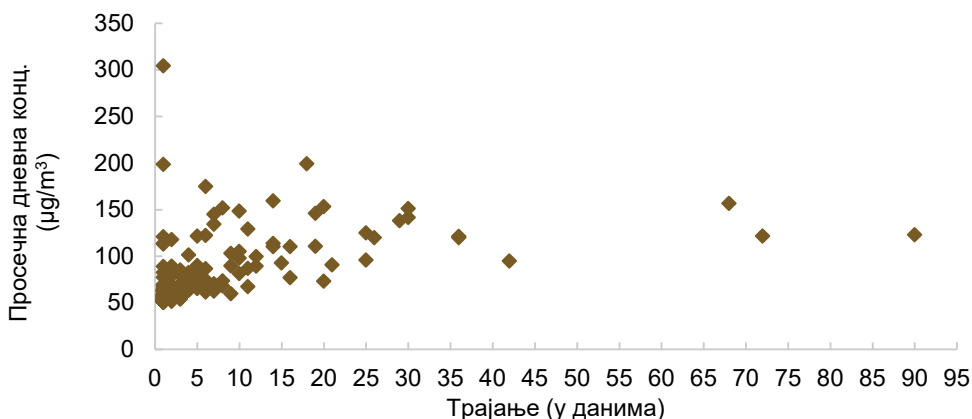
На слици 7.3.1.8 су приказани сви догађаји када су дневне  $\text{PM}_{10}$  концентрације биле изнад  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  за станицу Ваљево. У периоду од 1. јануара до 30. марта 2012. године (90 дана у континуитету) дневне  $\text{PM}_{10}$  концентрације су биле изнад наведене граничне вредности, док је просечна дневна концентрација имала вредност од  $122,97 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Највиша дневна концентрација од  $806,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  забележена је 22.11.2017. године. Укупан број догађаја за анализирани период је 177. Детаљан преглед свих издвојених догађаја је приказан у Прилогу у табели П2.

Табела 7.3.1.2. Број дана са прекорачењима граничне вредности од  $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (СЗО смерница) за дневне  $\text{PM}_{10}$  концентрације на станицама у Србији, период 2011–2020. година

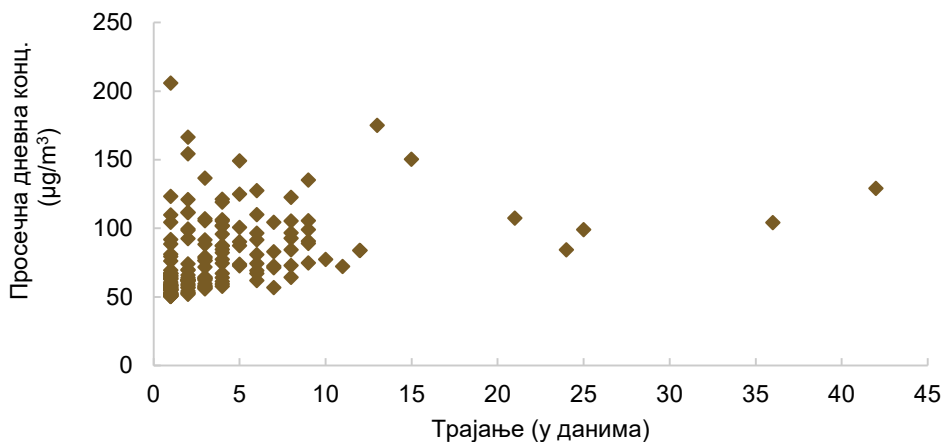
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<b>Урбано подручје</b>	<i>Позадинске станице</i>									
Београд Врачар		103	81	110	103		126	92		65
Београд Нови Београд	117	74	41	53		66			82	61
Београд Стари град	152	137	52			60		81	75	54
Беочин Центар			96	54					65	61
Ваљево		174	129	179	198		132	191	146	161
Крагујевац				106	139		116	129	61	91
Нови Сад Лиман								44	37	52
	<i>Саобраћајне станице</i>									
Београд Мостар	150	51	102	57				45	53	40
Ниш ИЗЈЗ Ниш	196	59	60	93			82		78	115
Нови Сад Спенс	124	74	64	24	113	71				
Смедерево Центар			141					175	86	88
Ужице			128	167	160		143	177	141	153
<b>Субурбано подручје</b>	<i>Позадинске станице</i>									
Београд Зелено брдо	151	84	82		40					
Косјерић	179	167	100	93				101	117	150
	<i>Саобраћајне станице</i>									
Обреновац Центар	205	120	102						33	9
	<i>Индустријска станица</i>									
Поповац		123	97						48	92
<b>Рурално подручје</b>	<i>Позадинска станица</i>									
Каменички вис		19	2	2	1			3	7	3

**Легенда**

Година у којој су утврђена прекорачења  
 Нема података


 Слика 7.3.1.8. Догађаји са дневним  $\text{PM}_{10}$  концентрацијама изнад  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  за станицу Ваљево према дужини трајања у данима и просечној дневној концентрацији, 2011–2020. година.





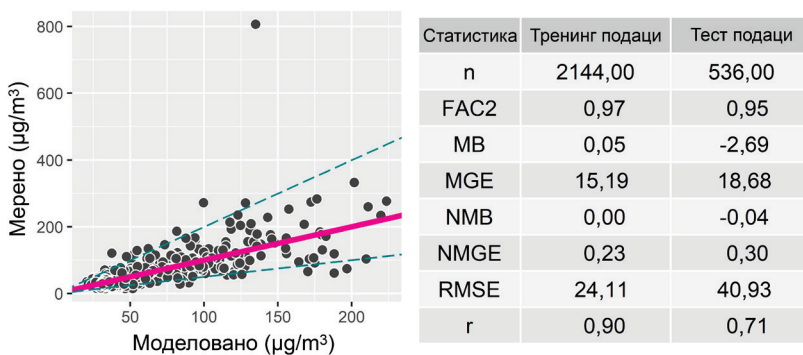
Слика 7.3.1.9. Догађаји са дневним  $PM_{10}$  концентрацијама изнад  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  за станицу Косјерић према дужини трајања у данима и просечној дневној концентрацији, 2011–2020. година.

Преглед догађаја за станицу Косјерић дат је на слици 7.3.1.9. Најдужи догађај има трајање од 42 дана (од 25. октобра до 5. децембра 2011.) и просечну дневну концентрацију од  $129,11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , док је 27. августа 2019. забележено  $205,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Највиша дневна концентрација од  $247,18 \mu\text{g}/\text{m}^3$  забележена је 11. јануара 2020. године. Укупан број догађаја је 167 у анализираном периоду. Детаљан преглед свих издвојених догађаја је приказан у Прилогу у табели ПЗ.

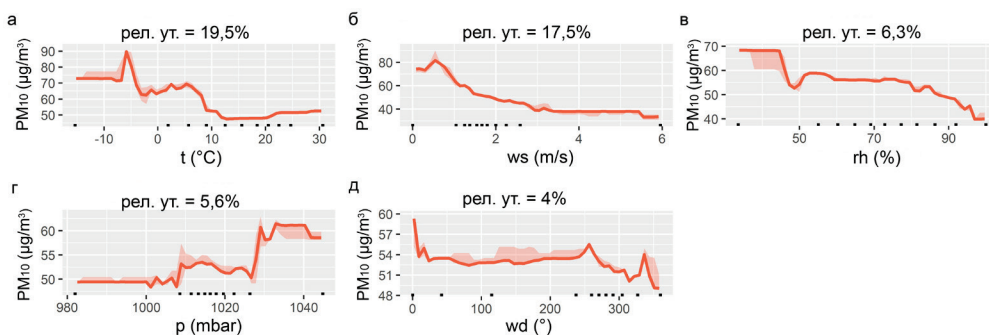
*Утицај метеоролошких услова на дневне  $PM_{10}$  концентрације.* Моделовање утицаја метеоролошких услова на дневне  $PM_{10}$  концентрације је урађено на примеру временских серија за неколико станица: Ваљево, Косјерић, Ужице, Београд Стари Град, Нови Сад Спенс и Ниш ИЗЈЗ Ниш. Станице Ваљево и Косјерић, позадинске станице у урбаном и субурбаном подручју, и Ужице саобраћајна станица у субурбаном подручју, су издвојене због високог нивоа у  $PM_{10}$  концентрацијама и великог броја дана са прекорачењима граничних вредности. За анализу утицаја метеоролошких услова на  $PM_{10}$  концентрације у урбаним срединама, одабране су станице из три највећа урбана подручја у Србији, Београд Стари Град, Нови Сад Спенс и Ниш ИЗЈЗ Ниш.

*Ваљево.* За коришћену серију дневних  $PM_{10}$  концентрација за станицу Ваљево и предикторске варијабле, вредност  $r$  статистике за трениране податке износи 0,90 (RMSE = 24,11, NMGE = 0,23), док за тест податке износи 0,71 (RMSE = 40,93, NMGE = 0,30). Предиктивне способности модела опадају са порастом вредности дневних  $PM_{10}$  концентрација изнад  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ( $r^2 = 0,50$ , слика 7.3.1.10).

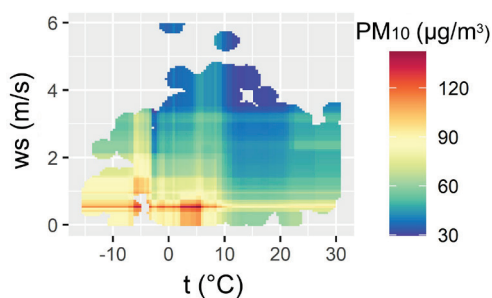




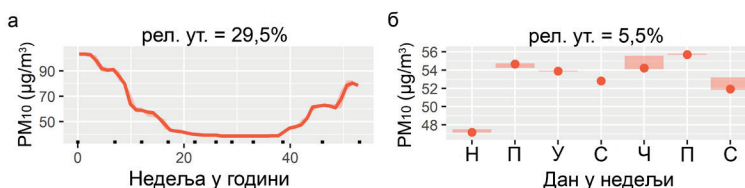
Слика 7.3.1.10. Перформансе модела, станица Ваљево.



Слика 7.3.1.11. Моделовани релативни утицај (у %) метеоролошких предиктора t (а), ws (б), rh (в), p (г) и wd (д), станица Ваљево.



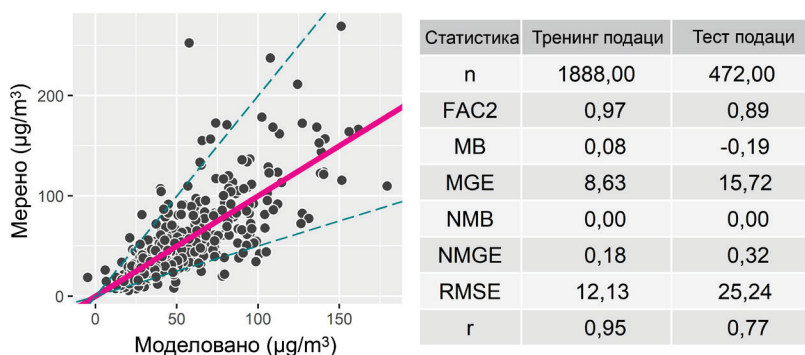
Слика 7.3.1.12. Распореда дневних PM<sub>10</sub> концентрација у односу на температуру ваздуха и брзину ветра, станица Ваљево.



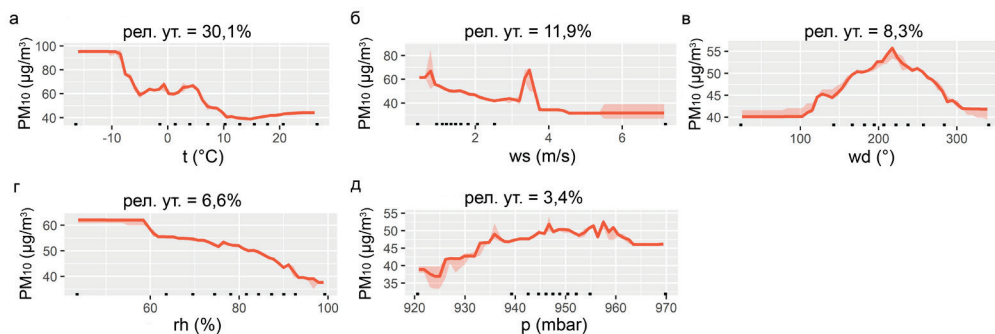
Слика 7.3.1.13. Моделовани релативни утицај (у %) предикторских варијабли недеља у години (а) и дан у недељи (б), станица Ваљево.

У погледу метеоролошких варијабли, највећи утицај на расподелу дневних  $PM_{10}$  концентрација има температура ваздуха (процењени релативни утицај је 19,5%) и брзина ветра (релативни утицај од 17,5%). Мањи значај имају релативна влажност ваздуха (6,3%), ваздушни притисак (5,6%) и правац ветра (4%). Расподела  $PM_{10}$  концентрација у односу на посматране метеоролошке варијабле је приказана на слици 7.3.1.11а-д. Дневне концентрације више од  $50 \mu g/m^3$  су најчесталије при дневним температурама ваздуха нижим од  $10 \text{ }^\circ\text{C}$ , са највећим пиком у концентрацијама при температурама ваздуха од  $-7,0 \text{ }^\circ\text{C}$  (опсег варијабилности концентрација је  $45 \mu g/m^3$ ). Смањењем брзине ветра (нарочито при брзинама мањим од  $2 \text{ m/s}$ ) повећавају се  $PM_{10}$  концентрације са пиком у вредностима када је брзина ветра  $0,5 \text{ m/s}$  и мање (опсег варијабилности концентрација више од  $50 \mu g/m^3$ ). Расподела дневних  $PM_{10}$  концентрација у односу дневне вредности температуре ваздуха и брзине ветра је приказана на слици 7.3.1.12. Значајније смањење у концентрацијама је при највишим вредностима релативне влажности (85% и више), док су више концентрације при порасту ваздушног притиска изнад  $1010 \text{ mbar}$ , односно  $1025 \text{ mbar}$ . Значајније смањење у концентрацијама је утврђено за време ваздушних струјања из западног и северозападног квадранта. Предикторска варијабла недеља у години има највиши процењени релативни утицај од 29,5% указујући на веома изражен сезонитет у расподели концентрација у току године (опсег варијабилности концентрација више од  $60 \mu g/m^3$ , слика 7.3.1.13а). Утицај варијабле дан у недељи је 5,5%, са највишим концентрацијама за дане понедељак–петак и најниже за суботу односно недељу (7.3.1.13б).

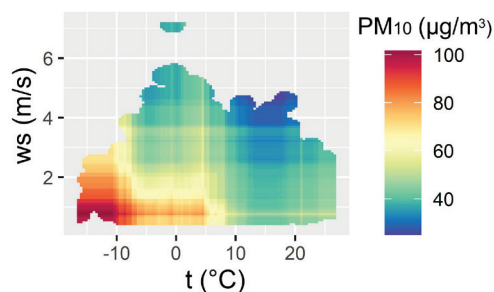
**Косјерић.** За коришћену серију дневних  $PM_{10}$  концентрација за станицу Косјерић и предикторске варијабле, вредност  $r$  статистике за трениране податке износи 0,95 (RMSE = 12,13, NMGE = 0,18), док за тест податке износи 0,77 (RMSE = 25,24, NMGE = 0,32). Предиктивне способности модела значајно опадају са порастом вредности дневних  $PM_{10}$  концентрација изнад  $100 \mu g/m^3$  ( $r^2 = 0,61$ , слика 7.3.1.14).



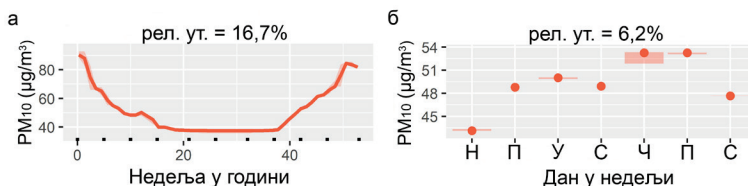
Слика 7.3.1.14. Перформансе модела, станица Косјерић.



Слика 7.3.1.15. Моделовани релативни утицај (у %) метеоролошких предиктора  $t$  (а),  $ws$  (б),  $wd$  (в),  $rh$  (г) и  $p$  (д), станица Косјерић.



Слика 7.3.1.16. Распореда дневних  $PM_{10}$  концентрација у односу на температуру ваздуха и брзину ветра, станица Косјерић.

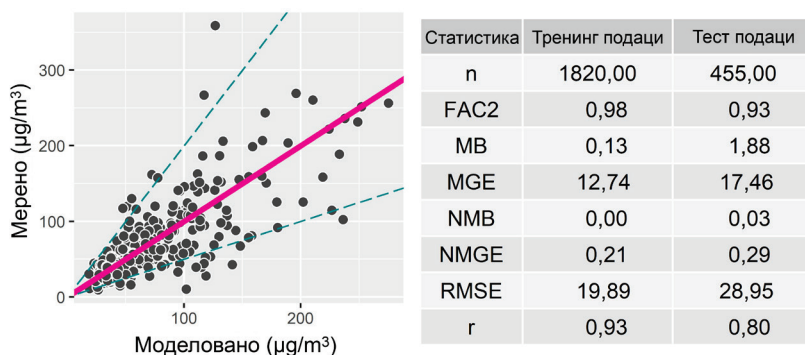


Слика 7.3.1.17. Моделовани релативни утицај (у %) предикторских варијабли недеља у години (а) и дан у недељи (б), станица Косјерић.

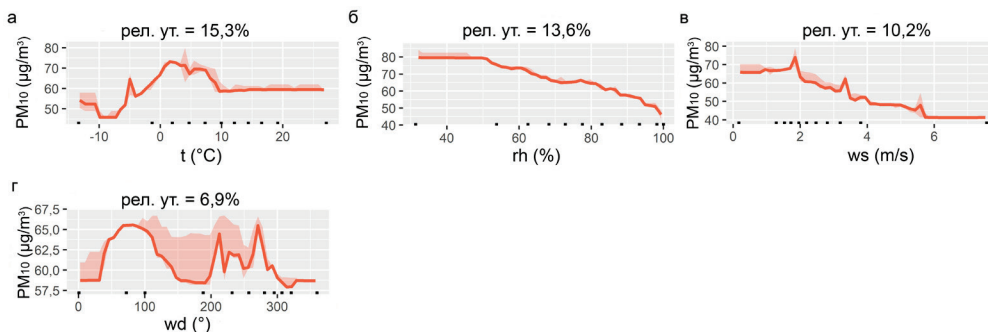
Од метеоролошких варијабли, највећи утицај на расподелу дневних  $PM_{10}$  концентрација има температура ваздуха (процењени релативни утицај је 30,1%), брзина ветра (релативни утицај од 11,9%) и правац ветра (релативни утицај од 8,3%). Мањи значај имају релативна влажност ваздуха (6,6%) и ваздушни притисак (3,4%). Распореда  $PM_{10}$  концентрација у односу на коришћене метеоролошке варијабли је приказана на слици 7.3.1.15а-д. До пораста концентрација долази при дневним температурама ваздуха нижим од  $6-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ , са значајнијим скоком са падом температура ваздуха испод  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  (укупно опсег варијабилности у концентрацијама од  $60\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). У погледу брзине ветра, пад концентрација испод  $50\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$  дешава се при брзинама ветра већим од  $2\text{ m/s}$  (са опсегом варијабилности и концентрацијама од  $40\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Међутим, присутно је постојање извесног пика у концентрацијама при

брзинама ветра у опсегу 3,2–3,8 m/s. Расподела концентрација у односу на температурне услове и брзину ветра је приказана на слици 7.3.1.16. Генерално, највише концентрације су при најнижим температурама ваздуха и брзинама ветра. У односу на правац ветра, највише вредности су при струјању ваздуха из правца југозапада. Ваздушни притисак има релативно мали утицај на  $PM_{10}$  концентрације, са генералним трендом раста са повећањем ваздушног притиска. Варијабле недеља у години и дан у недељи имају релативне утицаје од 16,7% и 6,2% (слика 7.3.1.17) указујући на сезоналитет у расподели концентрација у току године (опсег варијабилности у концентрацијама од  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) и највишим вредностима за дане понедељак–петак односно најнижим концентрација за дане викенда (суботу и недељу).

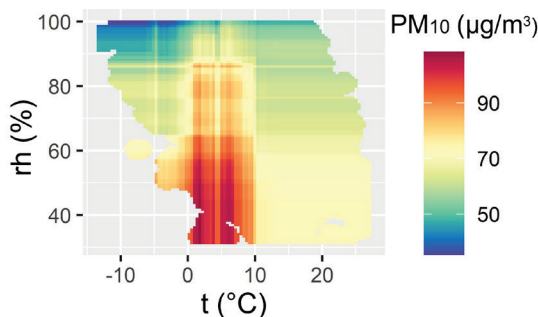
**Ужице.** За коришћену серију дневних  $PM_{10}$  концентрација за станицу Ужице и предикторске варијабле, вредност  $r$  статистике за трениране податке износи 0,93 (RMSE = 19,89, NMGE = 0,21), док за тест податке износи 0,80 (RMSE = 28,95, NMGE = 0,29). Предиктивне способности модела су најслабије у опсегу највиших концентрација ( $r^2 = 0,74$ , 7.3.1.18).



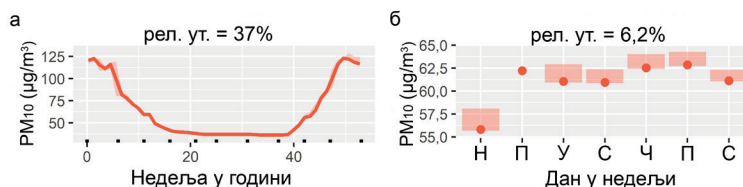
Слика 7.3.1.18. Перформансе модела, станица Ужице.



Слика 7.3.1.19. Моделовани релативни утицај (у %) метеоролошких предиктора  $t$  (а),  $rh$  (б),  $ws$  (в) и  $wd$  (г), станица Ужице.



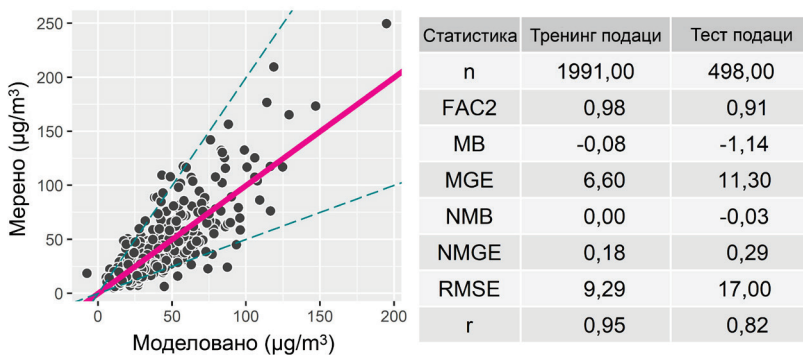
Слика 7.3.1.20. Распореда дневних  $PM_{10}$  концентрација у односу на температуру ваздуха и релативну влажност ваздуха, станица Ужице.



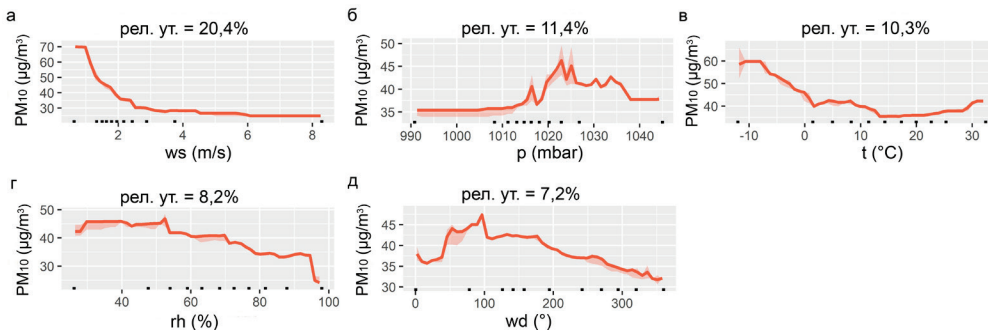
Слика 7.3.1.21. Моделовани релативни утицај (у %) предикторских варијабли недеља у години (а) и дан у недељи (б), станица Ужице.

Од метеоролошких варијабли, највише вредности процењеног релативног утицаја су добијене за температуру ваздуха—15,3% (опсег варијабилности до  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Следи релативна влажност са 13,6%, затим брзина ветра са 10,2% и правац ветра са 6,9% (слика 7.3.1.19а-д). Највећи скок у концентрацијама је при температурама ваздуха од 0 до  $10 \text{ }^\circ\text{C}$ . При порасту релативне влажности опадају концентрације, нарочито при вредностима изнад 80%. Распореда  $PM_{10}$  вредности у односу на температуре ваздуха и релативну влажност приказана је на слици 7.3.1.20. При брзинама ветра нижим од  $6 \text{ m/s}$  долази до пораста концентрација, са највишим вредностима при брзинама нижим од  $2 \text{ m/s}$  и струјањима из правца истока и запад-југозапада. Варијабла недеља у години одликује се релативним утицајем од 37% (опсег варијабилности у концентрацијама од  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), указујући на веома изражен сезоналитет у унутаргодишњој расподели, док је за варијаблу дан у недељи процењени релативни утицај од 6,2% (опсег варијабилности у концентрацијама до  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) и указује на више вредности у данима понедељак–петак и најнижим вредностима за недељу (слика 7.3.1.21).

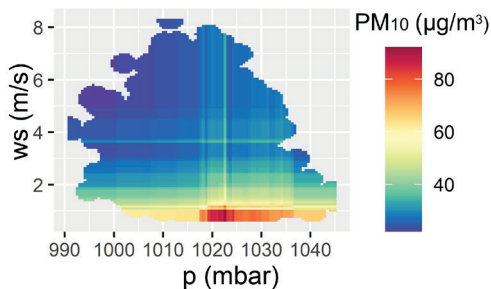
*Београд Стари град.* За коришћену серију дневних  $PM_{10}$  концентрација за станицу Београд Стари град и предикторске варијабле, вредност  $r$  статистике за трениране податке износи 0,95 (RMSE = 9,29, NMGE = 0,18), док за тест податке износи 0,82 (RMSE = 17,00, NMGE = 0,29). Модел показује умерено добре предиктивне способности ( $r^2 = 0,67$ , слика 7.3.1.22), које опадају у опсегу највиших вредности.



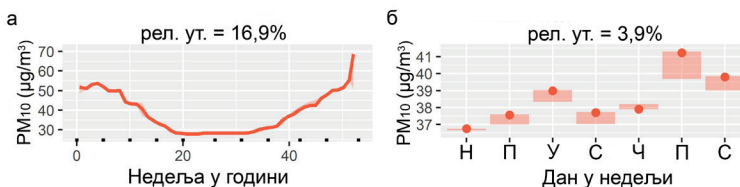
Слика 7.3.1.22. Перформансе модела, станица Београд Стари град.



Слика 7.3.1.23. Моделовани релативни утицај (у %) метеоролошких предиктора ws (а), p (б), t (в), rh (г) и wd (д), станица Београд Стари Град.



Слика 7.3.1.24. Распореда дневних PM<sub>10</sub> концентрација у односу на ваздушни притисак и брзину ветра, станица Београд Стари Град.



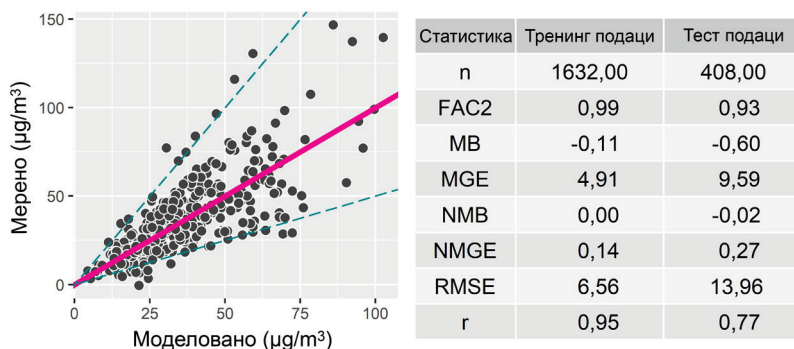
Слика 7.3.1.25. Моделовани релативни утицај (у %) предикторских варијабли недеља у години (а) и дан у недељи (б), станица Београд Стари Град.

У погледу метеоролошких варијабли, највиши процењени релативни утицај од 20,4% је добијен за брзину ветра, а затим 11,4% за

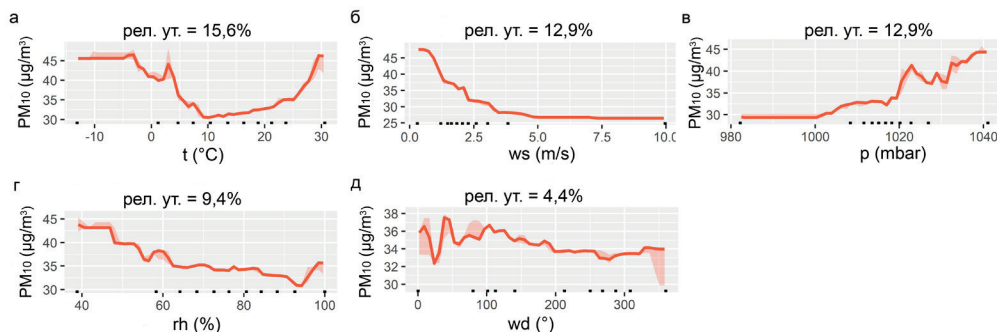


ваздушни притисак, 10,3% за температуру ваздуха, 8,2% за релативну влажност ваздуха и 7,2% за правац ветра (слика 7.3.1.23а-д). Највише вредности дневних  $PM_{10}$  концентрација су при најнижим брзинама ветра (опсег варијабилности концентрација је око  $40 \mu g/m^3$ ). Расподела  $PM_{10}$  у односу на вредности брзине ветра и ваздушног притиска је приказана на слици 7.3.1.24. Највише концентрације су у условима када су брзине ветра ниже од  $2 \text{ m/s}$  и при вредностима ваздушног притиска од  $1015\text{--}1035 \text{ mbar}$ . У погледу температуре ваздуха, са падом вредности испод  $15^\circ\text{C}$  долази до пораста у концентрацијама, са пиком при најнижим просечним дневним температурама ваздуха. При највишим вредностима релативне влажности су и најниже дневне  $PM_{10}$  концентрације, као и при приземном струјању ваздуха из правца истока. Присутан је изражен сезоналитет у унутаргодишњој расподели концентрација (релативни утицај од 16,9%, опсег варијабилности концентрација је  $\sim 40 \mu g/m^3$ ). Варијабла дан у недељи се одликује релативно малим утицајем од 3,9%, при чему су најниже вредности добијене за недељу, а највише за дане петак и суботу (слика 7.3.1.25).

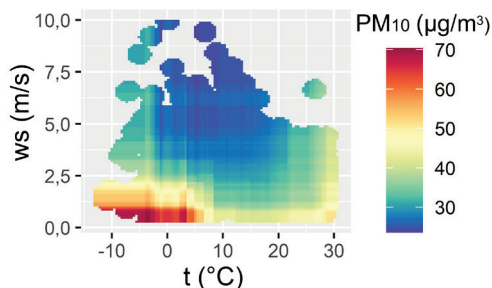
**Нови Сад Спенс.** За коришћену серију дневних  $PM_{10}$  концентрација за станицу Нови Сад Спенс и предикторске варијабле, вредност  $r$  статистике за трениране податке износи 0,95 (RMSE = 6,56, NMGE = 0,14), док за тест податке износи 0,77 (RMSE = 13,96, NMGE = 0,27). Предиктивне способности модела су најслабије у опсегу највиших вредности ( $r^2 = 0,59$ , слика 7.3.1.26).



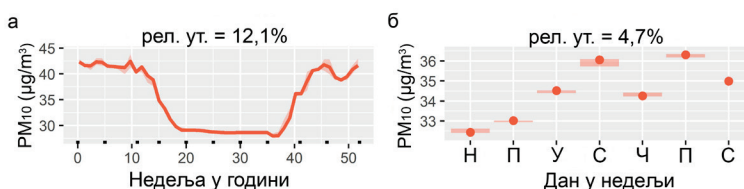
Слика 7.3.1.26. Перформансе модела, станица Нови Сад Спенс.



Слика 7.3.1.27. Моделовани релативни утицај (у %) метеоролошких предиктора  $t$  (а),  $ws$  (б),  $p$  (в),  $rh$  (г) и  $wd$  (д), станица Нови Сад Спенс.



Слика 7.3.1.28. Расподела дневних  $PM_{10}$  концентрација у односу на температуру ваздуха и брзину ветра, станица Нови Сад Спенс.

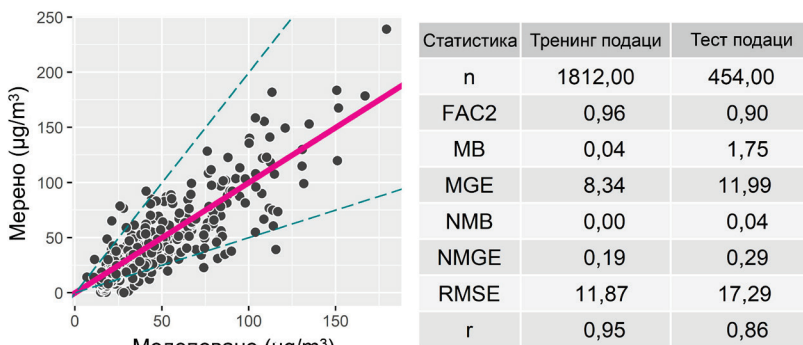


Слика 7.3.1.29. Моделовани релативни утицај (у %) предикторских варијабли недеља у години (а) и дан у недељи (б), станица Нови Сад Спенс.

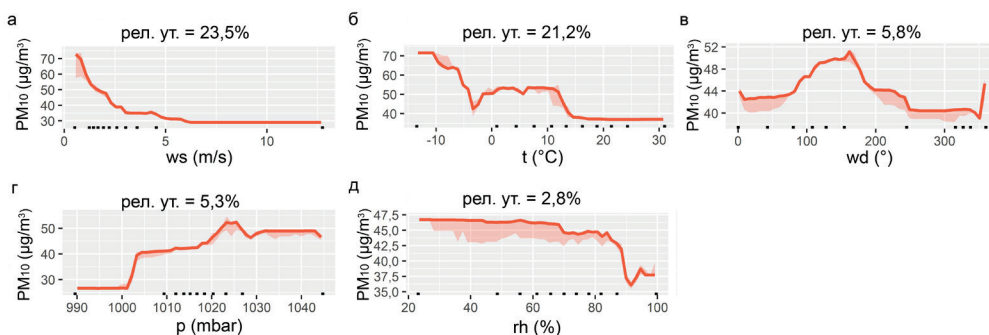
У погледу метеоролошких варијабли највиша процењена вредност релативног утицаја од 15,6% добијена је за температуру ваздуха (опсеге варијабилности концентрација од  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , слика 7.3.1.27а). При температурама ваздуха нижим од  $10 \text{ }^\circ\text{C}$  долази до пораста концентрација, са највишим вредностима када су дневне температуре ваздуха ниже од  $0 \text{ }^\circ\text{C}$ . Међутим, до пораста концентрација долази и при највишим дневним температурама ваздуха, изнад  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ . Друга по значају је брзина ветра са процењеним утицајем од 12,9% (опсег у варијацијама до  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , слика 7.3.1.27б). Највећи пораст у концентрацијама је са смањењем брзине ветра испод  $2,5 \text{ m/s}$ . Расподела дневних  $PM_{10}$  концентрација у односу на температуре ваздуха и брзине ветра приказана је на слици 7.3.1.28. По висини релативног утицаја следи ваздушни притисак са 12,9%, релативна влажност ваздуха са 9,4% и правац ветра са 4,4% (слика 7.3.1.27в-д). Са порастом ваздушног притиска, нарочито при вредностима вишим од  $1020 \text{ mbar}$  долази до највишег пораста у концентрацијама, док са растом релативне влажности долази њиховог пада. Варијабла недеља у години има релативни утицај од 12,1% (осег варијабилности у концентрацијама око  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) и указује на присуство сезоналитета у унутаргодишњој расподели, док се варијабла дан у недељи одликује малим вредностима релативног утицаја од 4,7% (слика 7.3.1.29).

*Ниш ИЗЈЗ Ниш.* За коришћену серију дневних  $PM_{10}$  концентрација за станицу Ниш ИЗЈЗ Ниш и предикторске варијабле, вредност  $r$  статистике за трениране податке износи 0,95 (RMSE = 11,87, NMGE = 0,19), док за тест податке износи 0,86 (RMSE = 17,29, NMGE = 0,29). Предиктивне способности модела су умерено добре ( $r^2 = 0,74$ ), међутим опадају у опсегу највиших концентрација, изнад  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (слика 7.3.1.30).

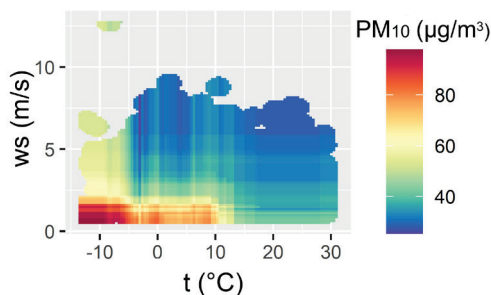




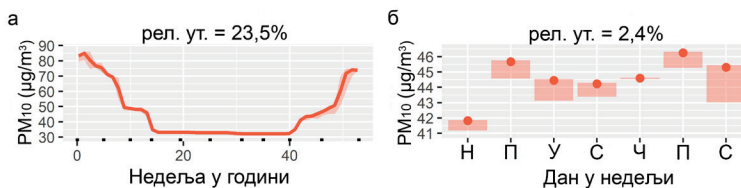
Слика 7.3.1.30. Перформансе модела, станица Ниш ИЗЈЗ Ниш.



Слика 7.3.1.31. Моделовани релативни утицај (у %) метеоролошких предиктора ws (а), t (б), wd (в), p (г) и rh (д), станица Ниш ИЗЈЗ Ниш.



Слика 7.3.1.32. Распореда дневних  $PM_{10}$  концентрација у односу на температуру ваздуха и брзину ветра, станица Ниш ИЗЈЗ Ниш.



Слика 7.3.1.33. Моделовани релативни утицај (у %) предикторских варијабли недеља у години (а) и дан у недељи (б), станица Ниш ИЗЈЗ Ниш.

Највиши процењени релативни утицај имају брзина ветра са 23,5% и температура ваздуха са 21,2% (са опсегом варијаблости концентрација до  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , слика 7.3.1.31а-б). Значајно мањи итицај имају правац ветра (5,8%), ваздушни притисак (5,3%) и релативна влажност ваздуха (2,8%) (слика 7.3.1.31в-д). При брзинама ветра 2,5 m/s и мање нагло расту  $\text{PM}_{10}$  концентрације, док у погледу расподела у зависности од температуре ваздуха уочавају се два пика, први при температурама између  $0^\circ\text{C}$  и  $12^\circ\text{C}$ , док је највећи скок при температурама ваздуха нижим од  $-5^\circ\text{C}$  односно  $-10^\circ\text{C}$ . Расподела концентрација у односу вредности брзине ветра и температуре ваздуха је приказан на слици 7.3.1.32. У погледу правца ветра највише вредности концентрација су при приземном струјању ваздуха из правца југоистока и са порастом ваздушног притиска изнад 1000 mbar. Варијабла недеља у години има процењени утицај од 23,5% и указује на изразит сезоналитет у унутаргодишњој расподели вредности (са варијабилношћу у концентрацијама до  $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), док варијабла дан у недељи има мали утицај од свега 2,4% (највише вредности концентрација за дане понедељак-субота и најнижим вредностима за недељу, са опсегом у варијабилности до  $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , слика 7.3.1.33).

### 7.3.2. Дневне $\text{PM}_{2.5}$ концентрације

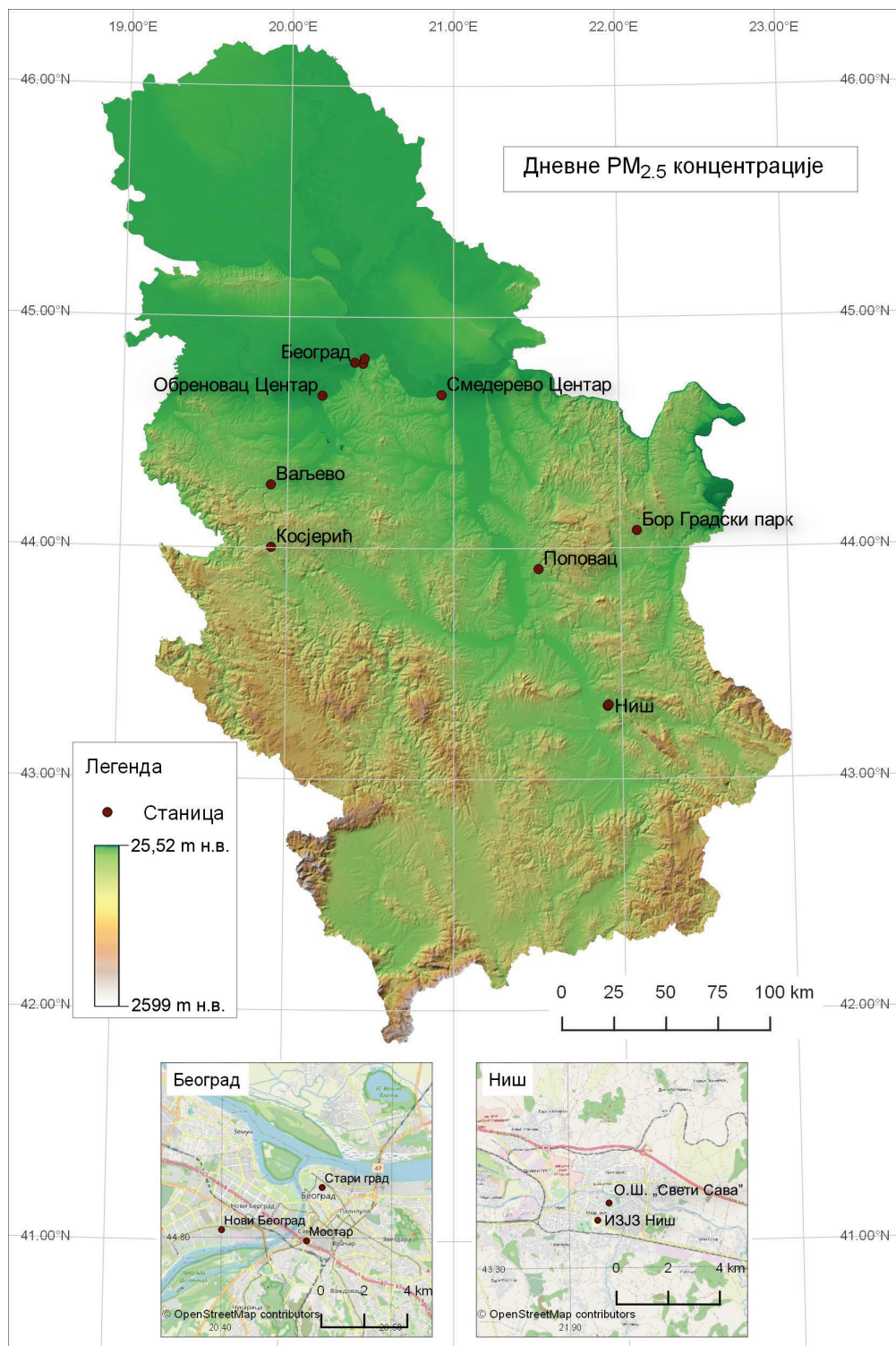
Дневне  $\text{PM}_{2.5}$  концентрације су расположиве за период од пет година (2016–2020.) и за значајно мањи број станица у поређењу са другим загађујућим материјама. Број станица за које су расположиви подаци је приказан на слици 7.3.2.1. Најмањи број расположивих података је за 2016. (за две станице) и 2017. годину (за једну станицу), док су за 2019. годину доступни подаци за 11 станица, односно за девет станица за 2020. годину. За већину станица доступно је више од 90% података на годишњем нивоу. Од укупног броја станица, осам станица припада урбаном подручју и три станице субурбаном подручју (слика 7.3.2.2). Приказ доступности података за сваку станицу на годишњем нивоу је дат у Прилогу у табели П4, док је просторна расподела станица представљена на слици 7.3.2.3.



Слика 7.3.2.1. Број станица за које су расположиви подаци за дневне  $\text{PM}_{2.5}$  концентрације на годишњем нивоу у периоду 2016–2020. година.

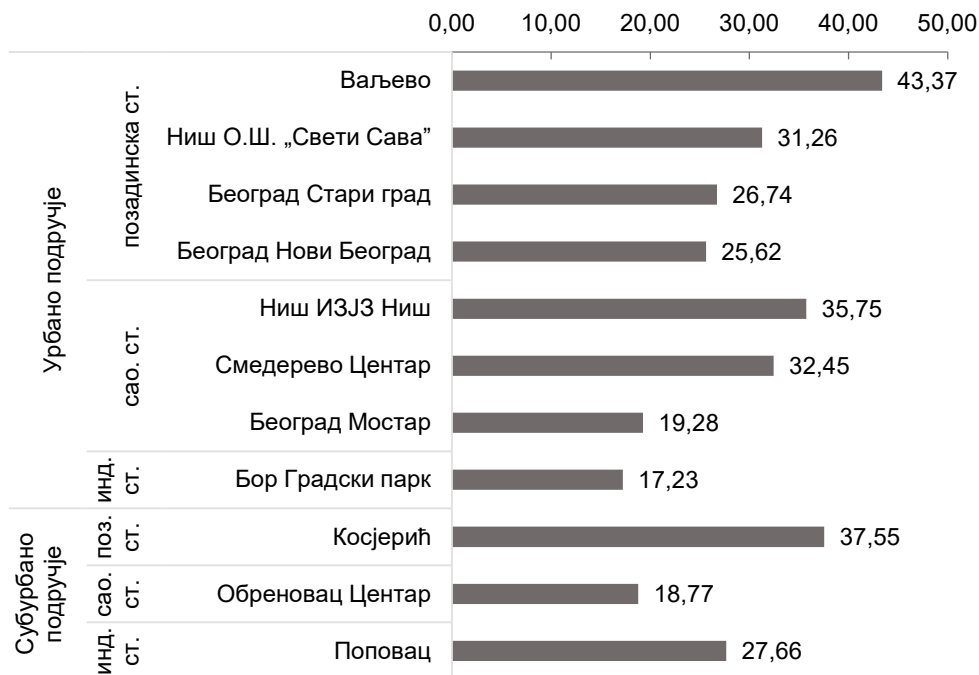


Слика 7.3.2.2. Број позадинских (П), саобраћајних (С) и индустријских (И) станица у урбаном подручју (У.П.) и субурбаном подручју (Субр.П.) за које су доступне дневне  $\text{PM}_{2.5}$  концентрације у периоду 2016–2020. година.



Слика 7.3.2.3. Просторна расподела станица за дневне PM<sub>2.5</sub> концентрације.

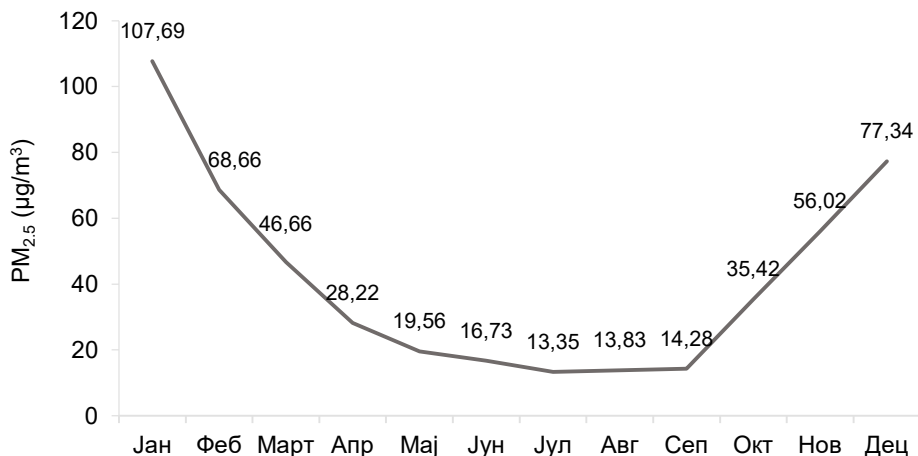
Годишња и унутаргодишња расподела дневних  $PM_{2.5}$  концентрација и прекорачења. На основу расположивих података, у посматраном петогодишњем периоду (2016–2020.), израчунате су просечне дневне  $PM_{2.5}$  концентрације ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Преглед добијених вредности је приказан на слици 7.3.2.4.



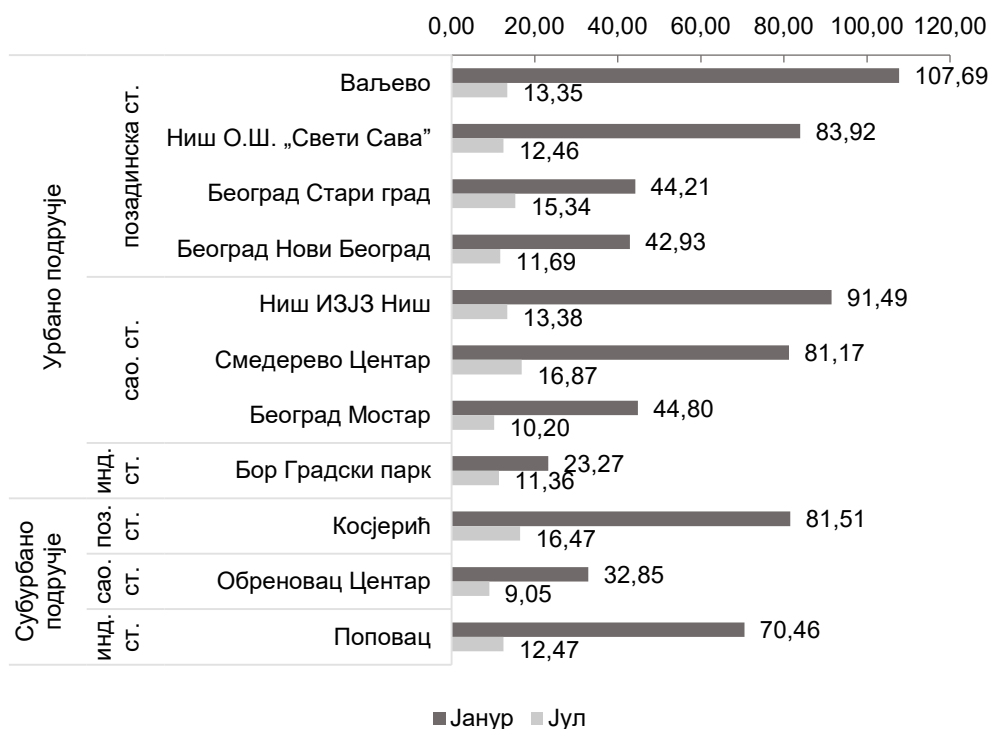
Слика 7.3.2.4. Просечне дневне  $PM_{2.5}$  концентрације ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) на станицама у Србији на основу расположивих података у периоду 2016–2020. година.

Највиша просечна дневна концентрација  $PM_{2.5}$  од  $43,37 \mu\text{g}/\text{m}^3$  је утврђена за станицу Ваљево (позадинска станица у урбаном подручју), док је најнижа вредност од  $17,23 \mu\text{g}/\text{m}^3$  утврђена за станицу Бор Градски парк (индустријска станица у субурбаном подручју). У урбаном подручју, саобраћајне станице Ниш ИЗЈЗ Ниш и Смедерево Центар имају релативно више вредности од  $35,75 \mu\text{g}/\text{m}^3$  и  $32,45 \mu\text{g}/\text{m}^3$  у односу на станицу Београд Мостар са  $19,28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . У субурбаном подручју највиша вредност од  $37,55 \mu\text{g}/\text{m}^3$  је утврђена за станицу Косјерић која припада позадинском типу станица.

Просечне дневне концентрације  $PM_{2.5}$  на месечном нивоу указују на сезоналитет са највишим вредностима у зимским месецима и најнижим током летњих месеци. На слици 7.3.2.5 је приказана расподела вредности на месечном нивоу за станицу Ваљево; највиша вредност од  $107,69 \mu\text{g}/\text{m}^3$  је утврђена за месец јануар, док је просечна дневна вредност за јул  $13,35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .



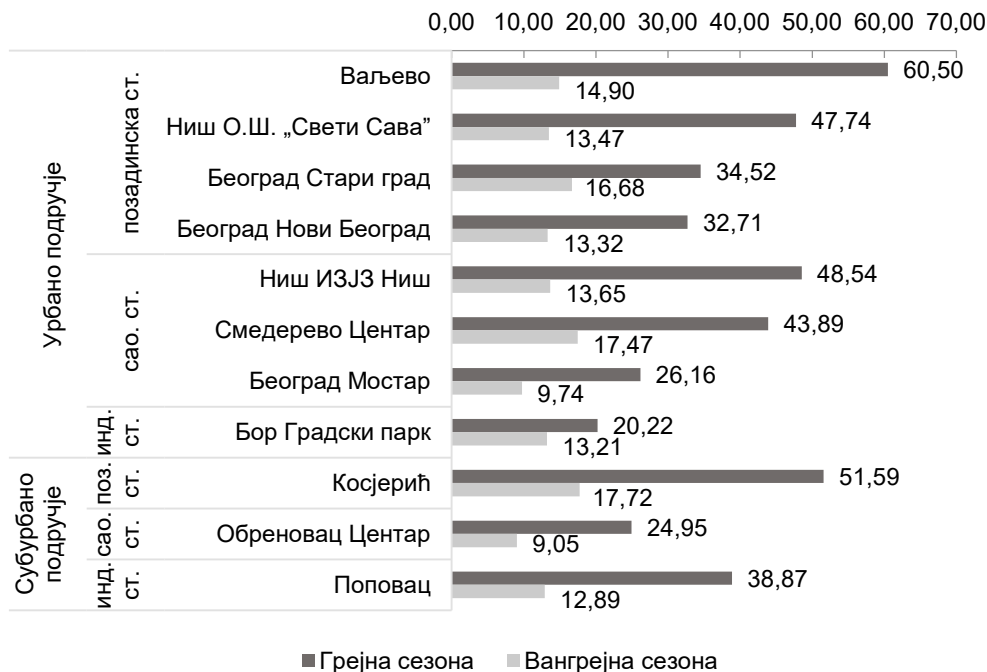
Слика 7.3.2.5. Средње дневне PM<sub>2.5</sub> концентрације (µg/m<sup>3</sup>) на месечном нивоу за станицу Ваљево на основу расположивих података у периоду 2016–2020. година.



Слика 7.3.2.6. Просечне дневне PM<sub>2.5</sub> концентрације PM<sub>2.5</sub> (µg/m<sup>3</sup>) у јануару и јулу на станицама у Србији на основу расположивих података у периоду 2016–2020. година.

Расподела просечних дневних PM<sub>2.5</sub> концентрација у јулу и јануару за анализиране станице је приказана на слици 7.3.2.6. Јануарске вредности су више у односу на јулске у случају свих посматраних станица, међутим разлика између утврђених вредности за ова два месеца је највећа у случају станица са највишим просечним вредностима

PM<sub>2.5</sub> концентрација у посматраном периоду (јулске и јануарске вредности за Ваљево се разликују за ~88%, док за Бор Градски парк разлика је ~49%). Слична расподела вредности се уочава и за грејну сезону и ван грејне сезоне у току године (слика 7.3.2.7).



Слика 7.3.2.7. Просечне дневне PM<sub>2.5</sub> концентрације (µg/m<sup>3</sup>) у току грејне сезоне и ван грејне сезоне на станицама у Србији на основу расположивих података у периоду 2016–2020. година.

Број дана у току године када су дневне концентрације PM<sub>2.5</sub> биле више од 15 µg/m<sup>3</sup> (гранична вредност према смерницама СЗО) приказан је у табели 7.3.2.1. За све станице, у свим годинама за које постоје расположиви подаци утврђена су прекорачења, у већини случајева током већег дела године. Највећи број прекорачења од 306 дана у 2018. години је утврђен за станицу Београд Стари град, 293 дана у 2018. години за Смедерево Центар, затим 289 дана у 2017. години за Косјерић и 276 дана за станицу Ваљево у 2019. години. Најмањи број дана са прекорачењима је утврђен за станицу Обреновац Центар у 2020. години—38 дана.

На слици 7.3.2.8, дат је преглед догађаја када су дневне вредности PM<sub>2.5</sub> концентрација биле изнад 15 µg/m<sup>3</sup> за станицу Ваљево. Најдужи догађај је од 110 дана у континуитету (од 8. јануара до 27. априла 2019.) и то са просечном дневном концентрацијом у том периоду од 63,29 µg/m<sup>3</sup>. Највиша просечна дневна концентрација од 116,51 µg/m<sup>3</sup> је утврђена за догађај у трајању од 21 дана (од 30. децембра 2019. до 18. јануара 2020. године). Најчесталији су догађаји са трајањем до седам дана, а укупан број догађаја је 51. Максимална дневна концентрација за анализирани период износи 214,1 µg/m<sup>3</sup> (14 пута више од посматраног


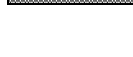


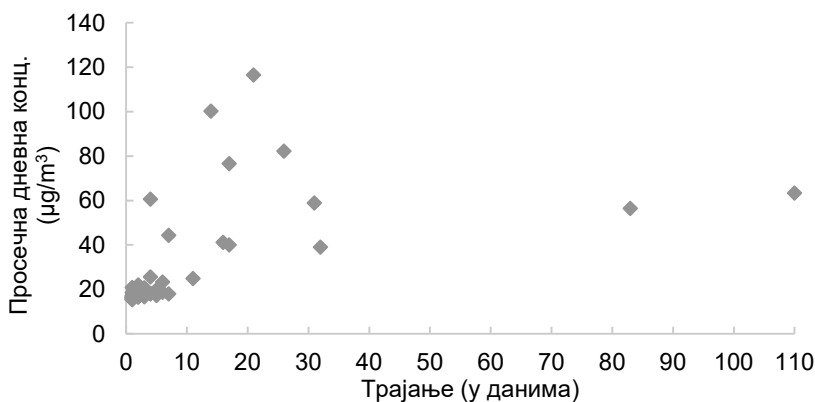
прага од  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) и забележена је 7. децембра 2019. године. Детаљан преглед свих догађаја за станицу Ваљево је дат у Прилогу у табели П5.

Табела 7.3.2.1. Број дана са прекорачењима граничне вредности од  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (СЗО смерница) за дневне  $\text{PM}_{2.5}$  концентрације на станицама у Србији, период 2016–2020. година

	2016	2017	2018	2019	2020
<b>Урбана подручја</b>	<i>Позадинска станица</i>				
Београд Нови Београд	173			199	
Београд Стари град	190		306	208	
Ваљево				276	211
Ниш О.Ш. „Свети Сава”				251	144
	<i>Саобраћајне станице</i>				
Београд Мостар				160	146
Ниш ИЗЈЗ Ниш		184		215	231
Смедерево Центар			293	208	258
	<i>Индустријска станица</i>				
Бор Градски парк				251	144
<b>Субурбана подручја</b>	<i>Позадинска станица</i>				
Косјерић			289	215	236
	<i>Саобраћајна станица</i>				
Обреновац Центар				215	38
	<i>Индустријска станица</i>				
Поповац				130	235

Легенда

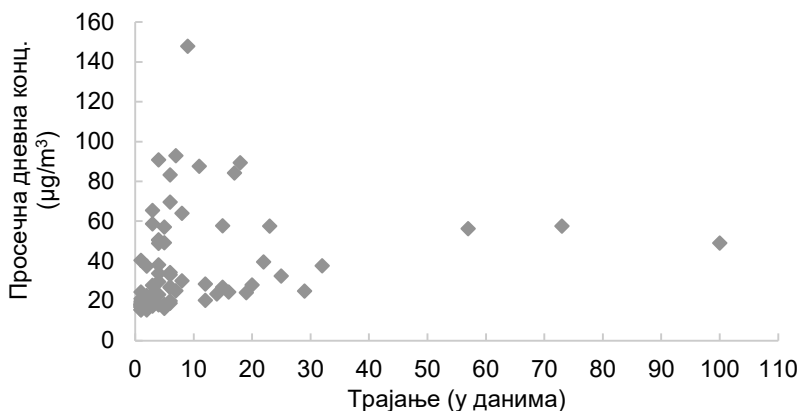
 Година у којој су утврђена прекорачења  
 Нема података



Слика 7.3.2.8. Догађаји са дневним  $\text{PM}_{2.5}$  концентрацијама изнад  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$  за станицу Ваљево према дужини трајања у данима и просечној дневној концентрацији, 2016–2020. година.

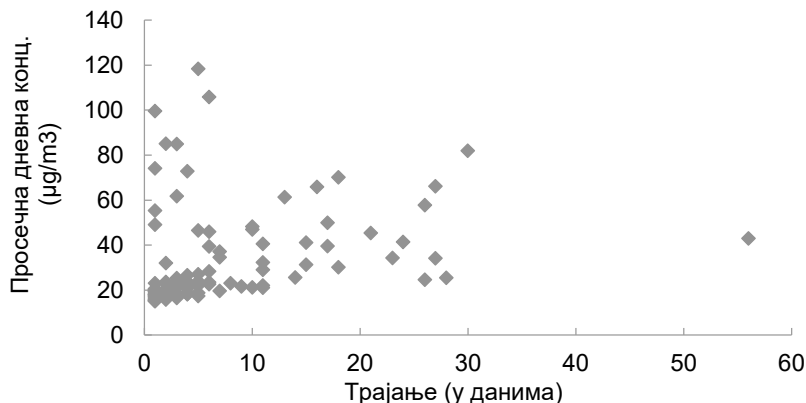
Догађаји са дневним  $\text{PM}_{2.5}$  концентрацијама изнад  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$  за станицу Косјерић су представљени на слици 7.3.2.9. Најдужи догађај је у трајању од 100 дана у континуитету (од 14. јануара до 23. априла 2018. године), са просечним дневним концентрацијама од  $48,95 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Највиша просечна дневна концентрација од  $147,74 \mu\text{g}/\text{m}^3$  је утврђена за догађај у

трајању од девет дана, од 8. до 16. јануара 2020. године. Максимална дневна концентрација за анализирани период износи  $245,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (16 пута више од посматраног прага од  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) и забележена је 11. јануара 2020. године. Укупан број догађаја је 80. Детаљан преглед свих догађаја за станицу Косјерић је дат у Прилогу у табели П6.



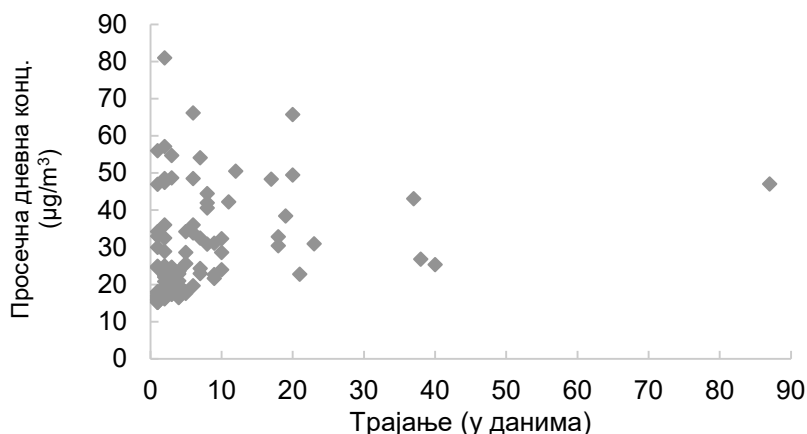
Слика 7.3.2.9. Догађаји са дневним  $\text{PM}_{2,5}$  концентрацијама изнад  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$  за станицу Косјерић према дужини трајања у данима и просечној дневној концентрацији, 2016–2020. година.

Преглед догађаја са дневним  $\text{PM}_{2,5}$  концентрацијама изнад  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$  за станицу Смедерево Центар детаљно је приказан у Прилогу у табели П7, док је расподела према трајању и данима и просечној дневној концентрацији приказана на слици 7.3.2.10. Најдужи догађај је у трајању од 56 дана у континуитету (од 26. септембра до 20. новембра 2019.), са утврђеном просечном дневном концентрацијом од  $42,93 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Догађај са највишим просечним дневним вредностима од  $118,31 \mu\text{g}/\text{m}^3$  утврђен је током пет дана од 19. до 23. децембра 2019. године. Укупан број издвојених догађаја је 110, док највиша дневна  $\text{PM}_{2,5}$  концентрација од  $166,98 \mu\text{g}/\text{m}^3$  је забележена 5. фебруара 2018. године.

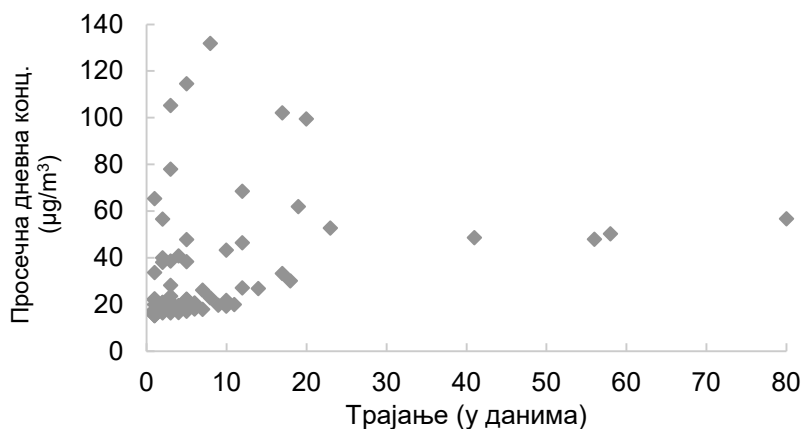


Слика 7.3.2.10. Догађаји са дневним  $\text{PM}_{2,5}$  концентрацијама изнад  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$  за станицу Смедерево Центар према дужини трајања у данима и просечној дневној концентрацији, 2016–2020. година.





Слика 7.3.2.11. Догађаји са дневним  $\text{PM}_{2.5}$  концентрацијама изнад  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$  за станицу Београд Стари град према дужини трајања у данима и просечној дневној концентрацији, 2016–2020. година.

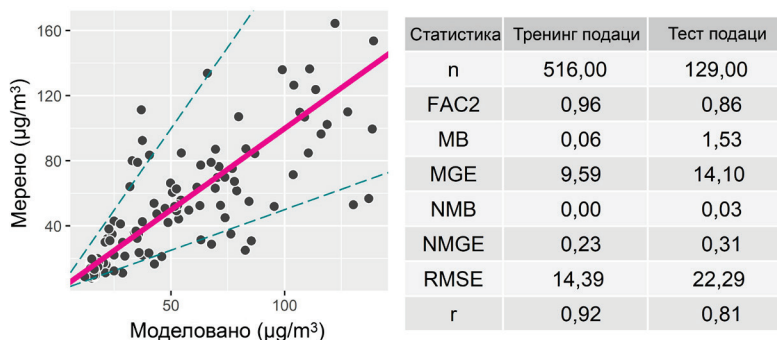


Слика 7.3.2.12. Догађаји са дневним  $\text{PM}_{2.5}$  концентрацијама изнад  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$  за станицу Ниш ИЗЈЗ Ниш према дужини трајања у данима и просечној дневној концентрацији, 2016–2020. година.

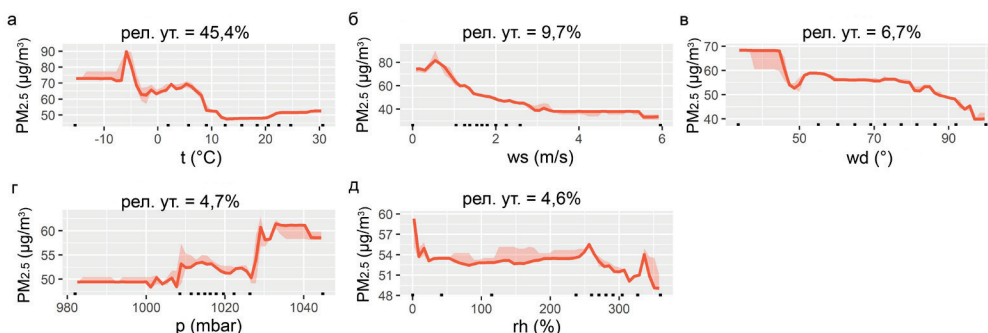
За станице Београд Стари град и Ниш ИЗЈЗ Ниш на сликама 7.3.2.11 и 7.3.2.12 дат је преглед догађаја са дневним  $\text{PM}_{2.5}$  концентрацијама изнад  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . За станицу Београд Стари град најдужи догађај је у трајању од 87 дана (од 13. септембра до 8. децембра 2018., просечна дневна концентрација  $47,06 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), док је највиша просечна дневна концентрација од  $81,00 \mu\text{g}/\text{m}^3$  утврђена за догађај од два дана, за 21. и 22. јануар 2016. године. Укупан број догађаја за ову станицу је 106. За станицу Ниш ИЗЈЗ Ниш, најдужи догађај је у трајању од 80 дана (од 1. јануара до 21. марта 2017., просечна дневна концентрација  $56,60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), док је највиша просечна дневна концентрација од  $131,73 \mu\text{g}/\text{m}^3$  утврђена за догађај од осам дана, од 11. до 18. јануара 2019. године. Укупан број догађаја за станицу Ниш ИЗЈЗ Ниш је 80. Детаљан преглед догађаја за обе станице је приказан у Прилогу у табелама П8 и П9.

Утицај метеоролошких услова на  $PM_{2.5}$  концентрације. У анализи утицаја метеоролошких услова на концентрације  $PM_{2.5}$  честица су коришћени подаци за неколико станица: Ваљево, Косјерић, Смедерево Центар, Београд Стари Град и Ниш ИЗЈЗ Ниш. Наведене станице су издвојене због релативно високих вредности  $PM_{2.5}$  концентрација и броја дана са прекорачењима дневних концентрација изнад посматране горње граничне вредности.

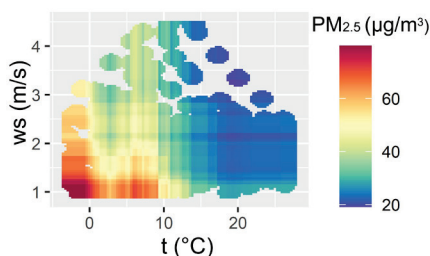
**Ваљево.** За коришћену серију дневних  $PM_{2.5}$  концентрација за станицу Ваљево и предикторске варијабле, вредност  $r$  статистике за трениране податке износи 0,92 (RMSE = 14,39; NMGE = 0,23), док за тест податке износи 0,81 (RMSE = 22,29; NMGE = 0,31). Модел показује умерено добре предиктивне способности ( $r^2 = 0,66$ ) које опадају са повећањем концентрација, нарочито за вредности изнад  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (слика 7.3.2.13).



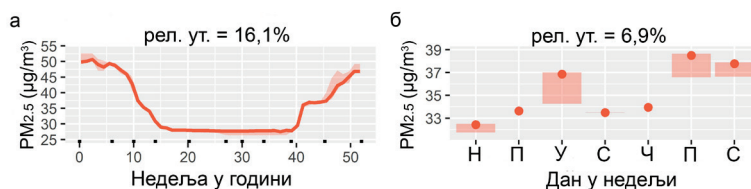
Слика 7.3.2.13. Перформансе модела, станица Ваљево.



Слика 7.3.2.14. Моделовани релативни утицај (у %) метеоролошких предиктора  $t$  (а),  $ws$  (б),  $wd$  (в),  $p$  (г) и  $rh$  (д), станица Ваљево.



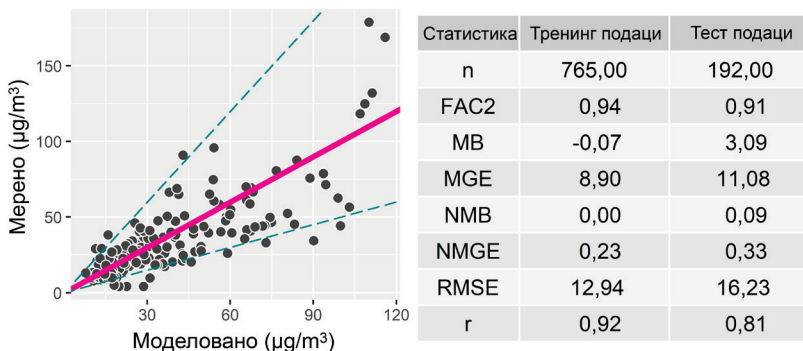
Слика 7.3.2.15. Распредела дневних  $PM_{2.5}$  концентрација у односу на дневне температуре ваздуха и брзине ветра, станица Ваљево.



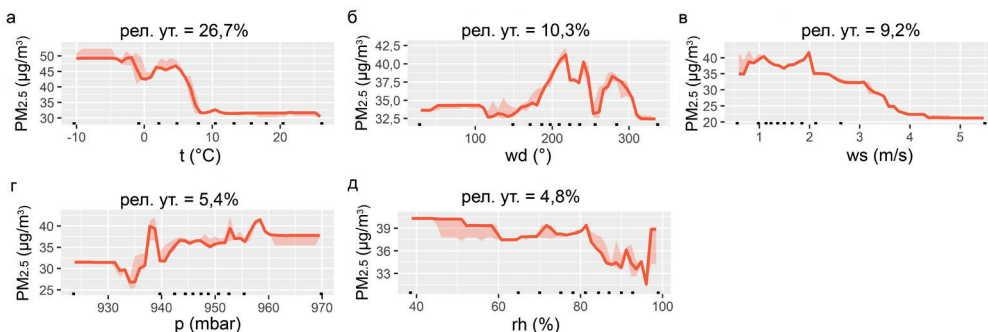
Слика 7.3.2.16. Моделовани релативни утицај (у %) предикторских варијабли недеља у години (а) и дан у недељи (б), станица Ваљево.

Процењене вредности релативног утицаја су највише за температуру ваздуха (45,4%). У погледу других метеоролошких варијабли добијају се значајно мање вредности; 9,7% за брзину ветра, 6,7% за релативну влажност ваздуха и најмање за ваздушни притисак и правац ветра, 4,7% и 4,6% (слика 7.3.2.14а-д). Значајнији раст концентрација је при температурама ваздуха нижим од 15 °С, са најнижим вредностима у данима када су средње дневне температуре ваздуха испод 0 °С. Значајнији пораст концентрација се догађа при брзинама ветра мањим од 2,8 m/s, односно са падом брзина испод 2 m/s. Расподела PM<sub>2.5</sub> концентрација у односу на температуре ваздуха и брзину ветра је приказана на слици 7.3.2.15. У погледу правца ветра, најниже концентрације су при струјању из северног, северозадног и западног правца (опсег варијабилности концентрација од 10 µg/m<sup>3</sup>). Ваздушни притисак и релативна влажност имају мали релативни утицај при чему се тешко може утврдити правилност варијабилности PM<sub>2.5</sub> у односу на ове метеоролошке параметре. У погледу недеље у години, процењен је релативни утицај од 16,1%, док дан у години има релативни утицај од 6,9%; унутаргодишња расподела концентрација показује изразит сезонитет (као и у случају температуре ваздуха са највишим опсегом утицаја на варијабилност концентрација до 40 µg/m<sup>3</sup>), док на недељном нивоу највише вредности су утврђене за петак и суботу, а најниже за недељу (слика 7.3.2.16).

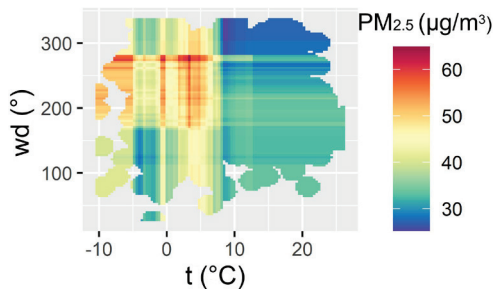
*Косјерић.* За коришћену серију дневних PM<sub>2.5</sub> концентрација за станицу Косјерић и предикторске варијабле, вредност  $r$  статистике за трениране податке износи 0,92 (RMSE = 12,94; NMGE = 0,23), док за тест податке износи 0,81 (RMSE = 16,23; NMGE = 0,33). Предиктивне способности модела су добре, са најбољим могућностима предикције у опсегу најнижих концентрација ( $r^2 = 0,65$ , слика 7.3.2.17), док највећи процењени релативни утицај имају температуре ваздуха са 26,7% (са опсегом промена у концентрацијама од више од 30 µg/m<sup>3</sup>). Мање вредности су добијене за правац ветра (10,3%), брзину ветра (9,2%), ваздушни притисак (5,4%) и релативну влажност ваздуха (4,8%; слика 7.3.2.18).



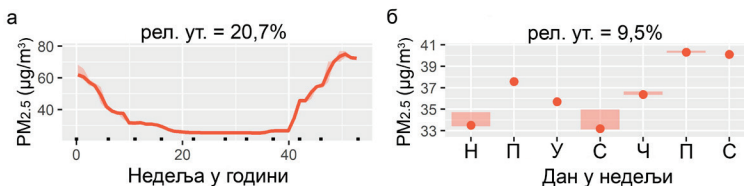
Слика 7.3.2.17. Перформансе модела, станица Косјерић.



Слика 7.3.2.18. Моделовани релативни утицај (у %) метеоролошких предиктора t (а), wd (б), ws (в), p (г) и rh (д), станица Косјерић.



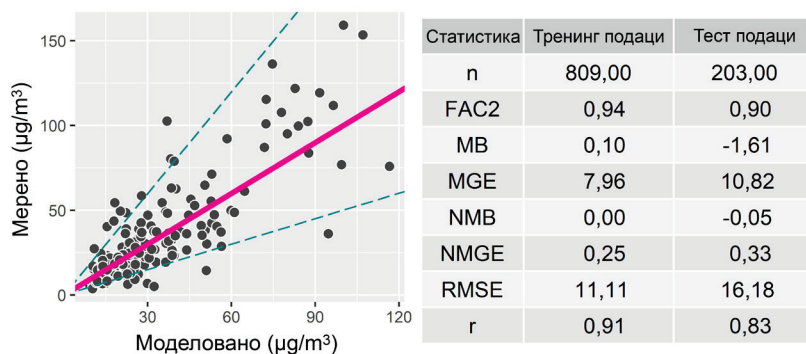
Слика 7.3.2.19. Расподела дневних PM<sub>2.5</sub> концентрација у односу на температуру ваздуха и правац ветра, станица Косјерић.



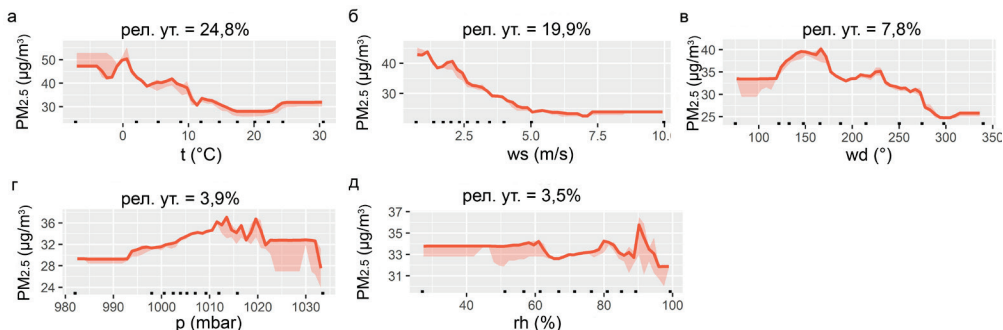
Слика 7.3.2.20. Моделовани релативни утицај (у %) предикторских варијабли недеља у години (а) и дан у недељи (б), станица Косјерић.

Расподела концентрација  $PM_{2.5}$  у односу на расподелу дневних температура ваздуха и правац ветра је приказана на слици 7.3.2.19. При температурама ваздуха нижим од  $8^{\circ}C$  долази до пораста концентрација, са скоком при дневним температурама нижим од  $-5^{\circ}C$ . Највиши скокови у  $PM_{2.5}$  су при струјању ваздуха из југозападног и северозападног правца, док у погледу брзине ветра, до повећања концентрација долази при брзинама нижим од  $4\text{ m/s}$ , са највишим вредностима при брзинама нижим од  $2\text{ m/s}$ . У поређењу са другим метеоролошким варијаблама, ваздушни притисак и релативна влажност ваздуха имају најмањи утицај на расподелу  $PM_{2.5}$  концентрација, са генералним порастом концентрација при порасту (паду) вредности ваздушног притиска (релативне влажности ваздуха). Унутаргодишња расподела вредности указује на изразит сезоналитет (утврђени релативни утицај за недељу у години је  $20,7\%$ , са интервалом варијабилности више од  $40\text{ }\mu\text{g/m}^3$ ), док у погледу дана у недељи ( $9,5\%$ ) највише концентрације су утврђене за петак и суботу, а најниже за недељу (слика 7.3.2.20).

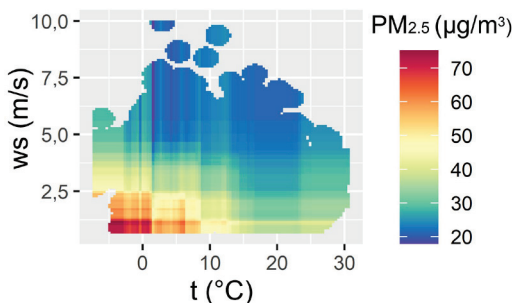
**Смедерево Центар.** За коришћену серију дневних  $PM_{2.5}$  концентрација за Смедерево Центар и предикторске варијабле, вредност  $r$  статистике за трениране податке износи  $0,91$  ( $RMSE = 11,11$ ;  $NMGE = 0,25$ ), док за тест податке износи  $0,83$  ( $RMSE = 16,18$ ;  $NMGE = 0,33$ ). Предиктивне способности модела су умерено добре ( $r^2 = 0,69$ ), али слабе са повећањем вредности концентрација (слика 7.3.2.21).



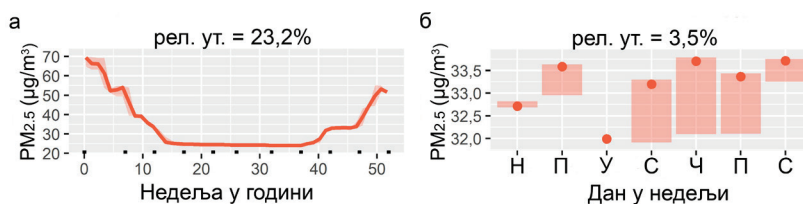
Слика 7.3.2.21. Перформансе модела, станица Смедерево Центар.



Слика 7.3.2.22. Моделовани релативни утицај ( $y\%$ ) метеоролошких предиктора  $t$  (а),  $ws$  (б),  $wd$  (в),  $p$  (г) и  $rh$  (д), станица Смедерево Центар.



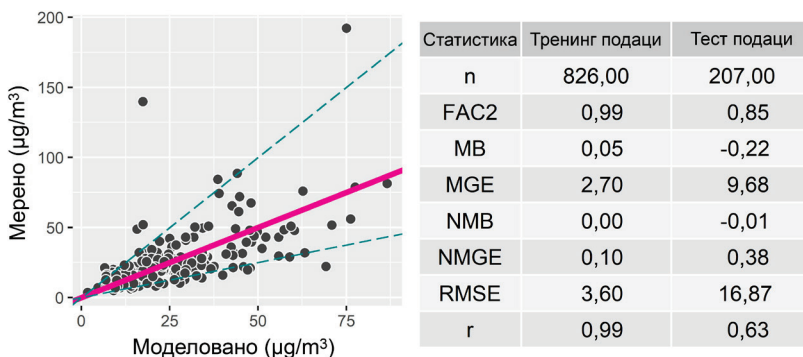
Слика 7.3.2.23. Распореда дневних  $PM_{2.5}$  концентрација у односу на температуру ваздуха и брзине ветра, станица Смедерево Центар.



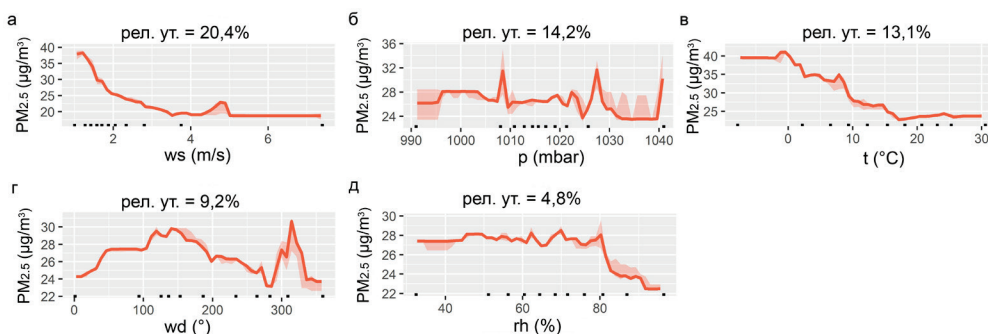
Слика 7.3.2.24. Моделовани релативни утицај ( $\gamma$  %) предикторских варијабли недеља у години (а) и дан у недељи (б), станица Смедерево Центар.

У погледу метеоролошких варијабли температура ваздуха и брзина ветра се одликују највишим вредностима процењеног релативног утицаја од 24,8% и 19,9%, а затим следи правац ветра са 7,8%, и најмање ваздушни притисак и релативна влажност ваздуха са по 3,9% и 3,7% (слика 7.3.2.22а-д). Значајнији раст у концентрацијама је при температурама ваздуха нижим од 10 °C и пиком при средњим дневним температурама ваздуха од 0 °C (опсег у варијабилности концентрација до 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Највећи раст у концентрацијама се дешава при брзинама ветра нижим од 2,5 m/s. Распореда дневних  $PM_{2.5}$  концентрација у односу на вредности температуре ваздуха и брзине ветра приказана је на слици 7.3.2.23. Највише вредности концентрација су при ваздушним струјањима из јужног квадранта, док у односу на ваздушни притисак, највише концентрације су при вредностима 1010–1020 mbar. Варијабла недеља у години има релативни утицај од 23,2% и указује на сезонитет у унутаргодишњој расподели концентрација (опсег варијабилности до 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), док дан у недељи се одликује са малим процењеним утицајем од 3,5% (слика 7.3.2.24).

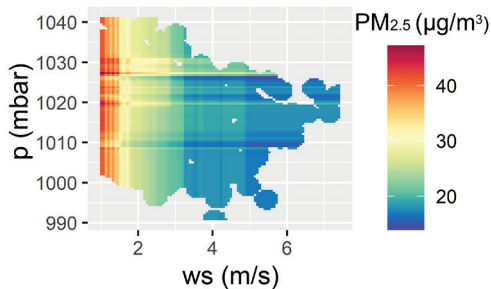
**Београд Стари град.** За коришћену серију дневних  $PM_{2.5}$  концентрација за станицу Београд Стари град и предикторске варијабле, вредност  $r$  статистике за трениране податке износи 0,99 (RMSE = 3,60; NMGE = 0,10), док за тест податке износи 0,63 (RMSE = 16,87; NMGE = 0,38). Предиктивне способности модела су у домену слабих ( $r^2 = 0,40$ , слика 7.3.2.25).



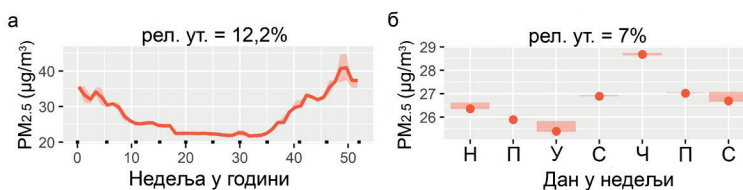
Слика 7.3.2.25. Перформансе модела, станица Београд Стари град.



Слика 7.3.2.26. Моделовани релативни утицај (у %) метеоролошких предиктора ws (а), р (б), t (в), wd (г) и rh (д), станица Београд Стари град.



Слика 7.3.2.27. Распoдела дневних PM<sub>2.5</sub> концентрација у односу на дневне брзину ветра и ваздушни притисак, станица Београд Стари град.

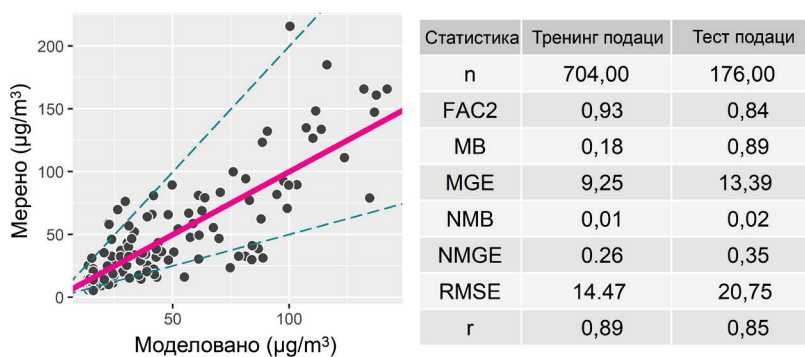


Слика 7.3.2.28. Моделовани релативни утицај (у %) предикторских варијабли недеља у години (а) и дан у недељи (б), станица Београд Стари град.



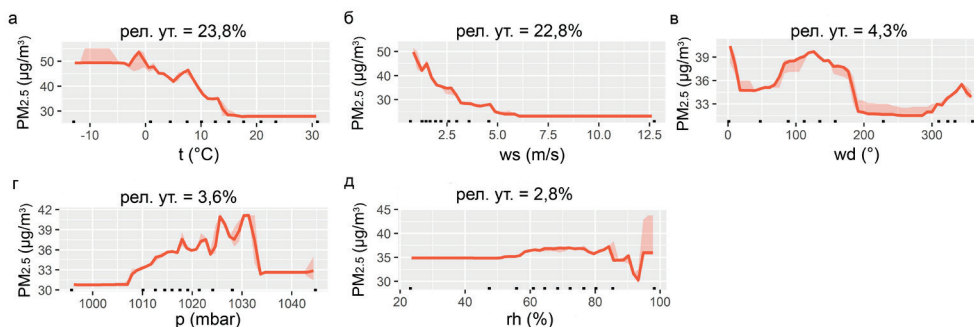
За метеоролошке варијабле, највиши процењени релативни утицај од 20,4% је добијен за брзину ветра (слика 7.3.2.26а); са смањењем врзине ветра, при вредностима нижим од 4 m/s, долази до пораста концентрација, са највећим скоком у вредностима при брзинама нижим од 2 m/s (промене у концентрацијама достижу и до  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Процењени релативни утицај за ваздушни притисак износи 14,2%, температуру ваздуха 13,1%, правац ветра 9,2% и релативну влажност 4,8% (слика 7.3.2.26б-д). За ваздушни притисак није могуће издвојити општи образац расподеле вредности; релативно више коцентрације су утврђене за вредности ваздушног притиска изнад 1000 mbar са мањим бројем пикова при вредностима од 1020–1030 mbar. Расподела дневних  $\text{PM}_{2.5}$  концентрација у односу на вредности брзине ветра и ваздушног притиска дата је на слици 7.3.2.27. Са падом температура вадуха испод  $15^\circ\text{C}$  долази до раста  $\text{PM}_{2.5}$  концентрација, са највишим вредностима при температурама од  $0^\circ\text{C}$  и нижим (опсег варијабилности је до  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Расподела вредности у зависности од правца ветра показује мала одступања, али са највишим вредностима при ваздушним струјањима из правца истока, југоистока и северозапада. Сезоналитет у унутаргодишњој расподели је изражен (12,2% је вредности утврђеног релативног утицаја за недељу у години, са истим оспегом у концентрацијама као и за температуру ваздуха и брзину ветра), док у погледу расподеле вредности по данима у години највише вредности су добијене за петак, а најмање за понедељак и уторак (слика 7.3.2.28).

*Ниш ИЗЈЗ Ниш.* За коришћену серију дневних  $\text{PM}_{2.5}$  концентрација за станицу Ниш ИЗЈЗ Ниш и предикторске варијабле, вредност  $r$  статистике за трениране податке износи 0,89 (RMSE = 14,47; NMGE = 0,26), док за тест податке износи 0,85 (RMSE = 20,75; NMGE = 0,35). Предиктивне способности модела су добре ( $r^2 = 0,72$ , слика 7.3.2.29), али опадају са порастом концентрација.

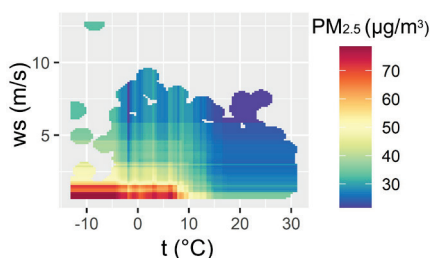


Слика 7.3.2.29. Перформансе модела, станица Ниш ИЗЈЗ Ниш.

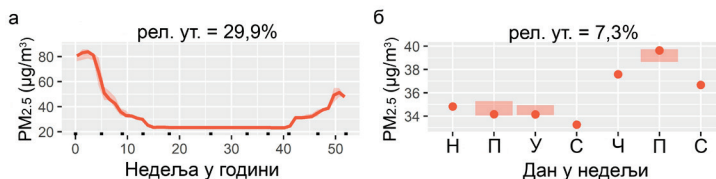




Слика 7.3.2.30. Моделовани релативни утицај (у %) метеоролошких предиктора  $t$  (а),  $ws$  (б),  $wd$  (в),  $p$  (г) и  $rh$  (д), станица Ниш ИЗЈЗ Ниш.



Слика 7.3.2.31. Распореда дневних  $PM_{2.5}$  концентрација у односу на температуру ваздуха и брзине ветра, станица Ниш ИЗЈЗ Ниш.

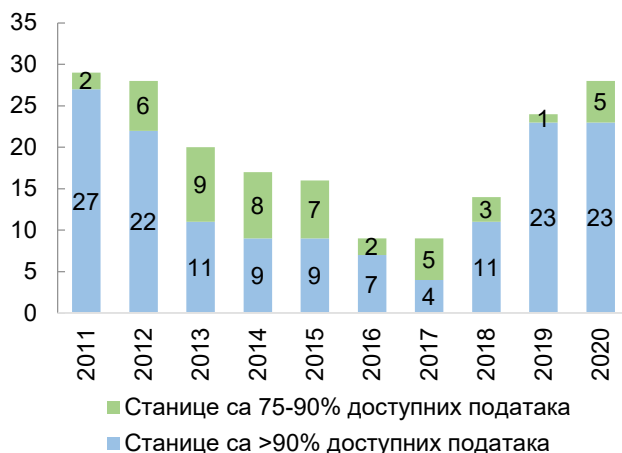


Слика 7.3.2.32. Моделовани релативни утицај (у %) предикторских варијабли недеља у години (а) и дан у недељи (б), станица Ниш ИЗЈЗ Ниш.

Температура ваздуха и брзина ветра имају највиши процењени релативни утицај од 23,8% и 22,8% (слика 7.3.2.30а). На слици 7.3.2.30 је приказана расподела  $PM_{2.5}$  концентрација у односу на дневне вредности температура ваздуха и брзине ветра. До пораста концентрација долази већ при температурама ваздуха нижим од 15 °C, са пиком при вредностима нижим од 8 °C, односно од ~0 °C. При паду брзина ветра испод 5 m/s расту концентрације, са највишим вредностима при брзинама нижим од 2,5 m/s (7.4.6.2.31). Остале анализирани метеоролошке варијабли имају мали процењени релативни утицај; правац ветра 4,3%, ваздушни притисак 3,6% и релативна влажност 2,8% (7.3.2.30б-д). За недељу у години процењени релативни утицај износи 29,9% и указује на изразит сезоналитет у унутаргодишњој расподели вредности (са опсегом варијаблности концентрација од ~60  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), док је релативни утицај за дан у недељи процењен на 7,3% са релативно малим разликама у концентрацијама током недеље, али највишим вредностима за дане четвртак, петак и суботу (слика 7.3.2.32).

### 7.3.3. Дневне SO<sub>2</sub> концентрације

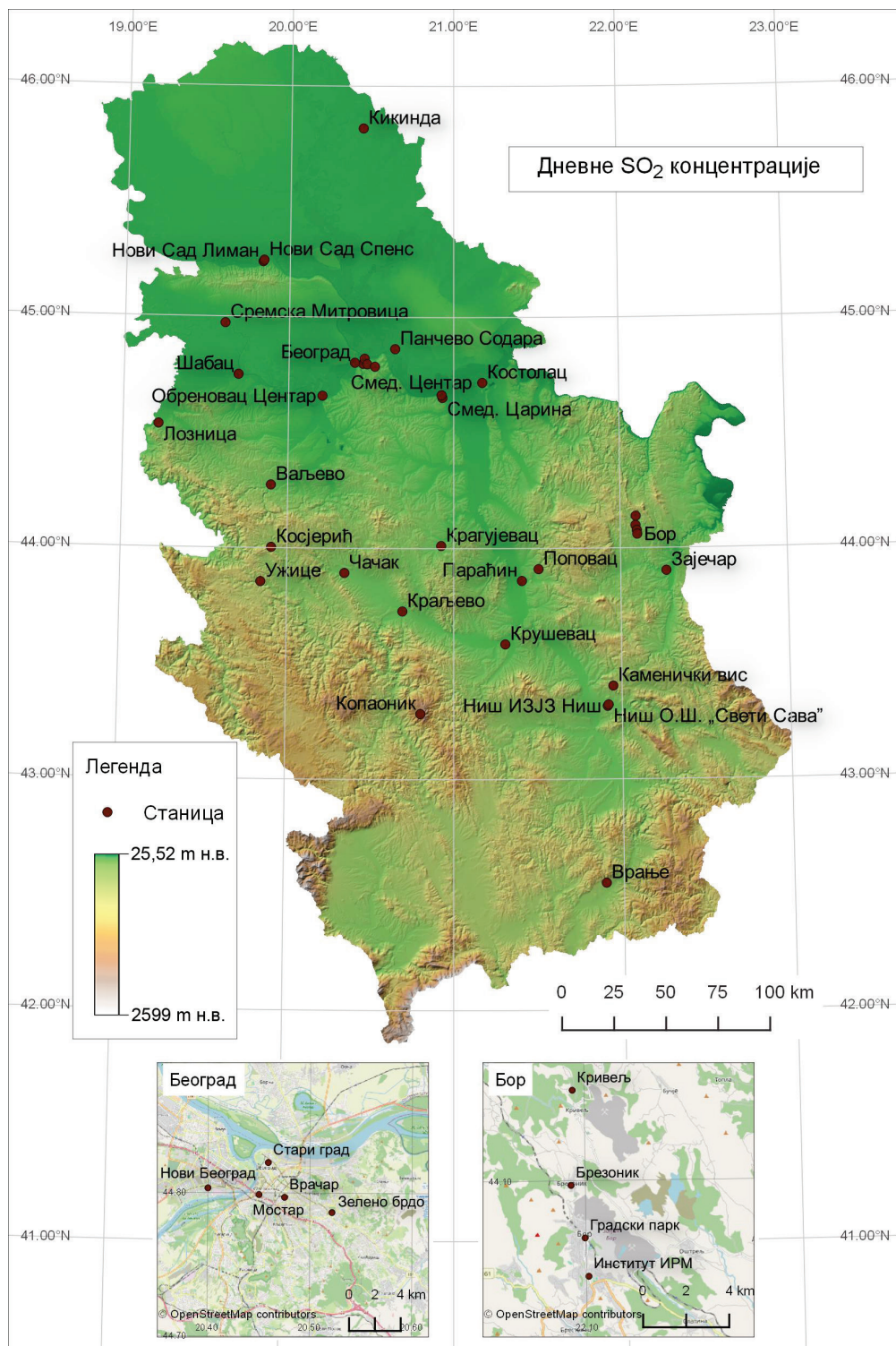
Број станица са 75–90% и више од 90% доступних дневних SO<sub>2</sub> концентрација на годишњем нивоу за период 2011–2020. је представљен на слици 7.3.3.1. Највише података је доступно за прве две (29 станица за 2011. и 28 станица 2012.) и последње две (24 станице за 2019. и 28 станица за 2020.) године посматраног периода, док је најмање за 2016. и 2017. годину са по девет станица. Генерално, више су заступљене станице за које је доступно више од 90% података на годишњем нивоу. Најзаступљеније су станице из урбаног подручја, док је најмање станица из руралног подручја, а према типу, најзаступљеније су позадинске станице (слика 7.3.3.2). Приказ доступности података за сваку станицу на годишњем нивоу је дат у Прилогу у табели П10, док је просторна расподела станица представљена на слици 7.3.3.3.



Слика 7.3.3.1. Број станица за које су расположиви подаци за дневне SO<sub>2</sub> концентрације на годишњем нивоу у периоду 2011–2020. година.

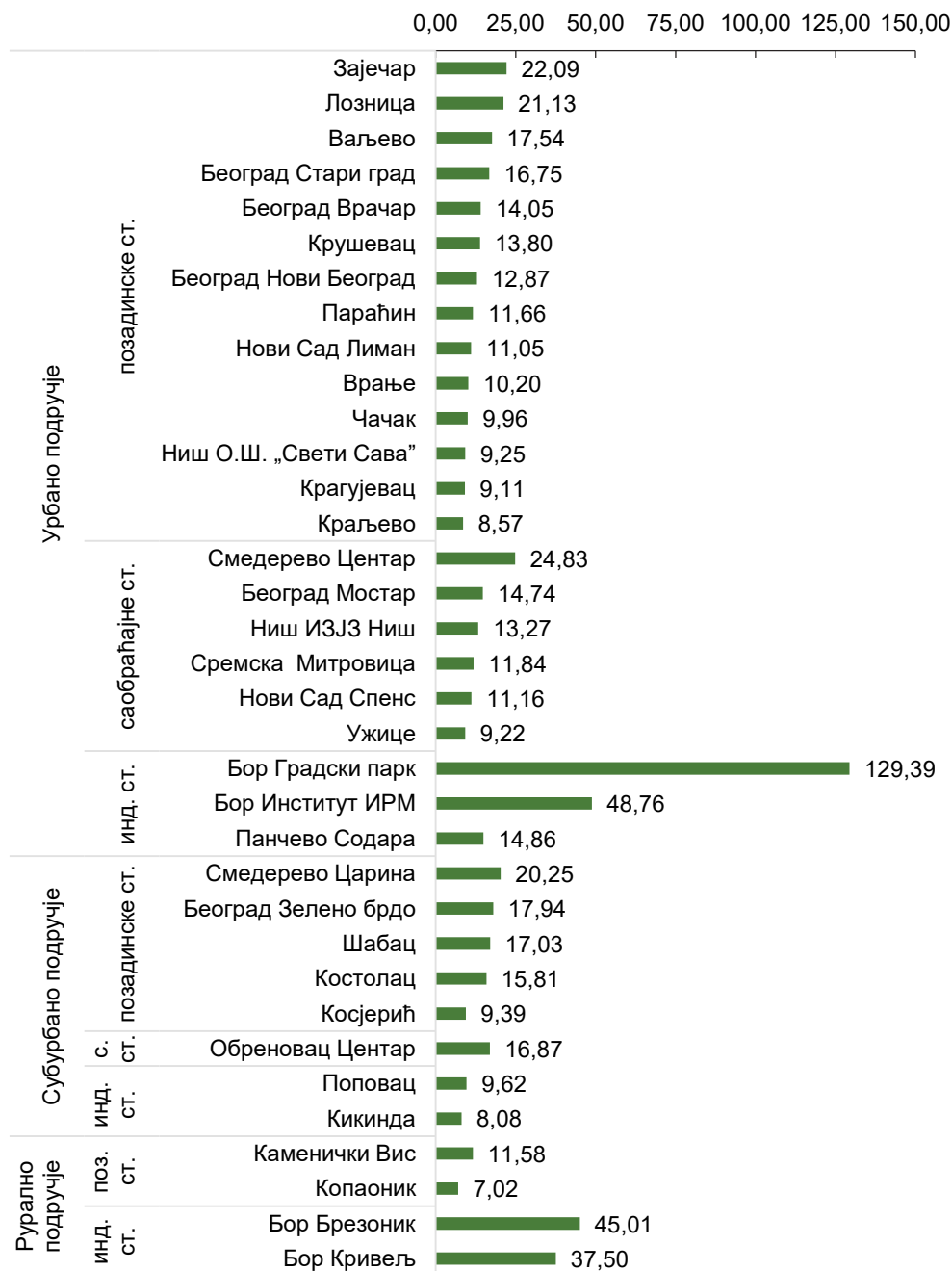


Слика 7.3.3.2. Број позадинских (П), саобраћајних (С) и индустријских (И) станица у урбаном подручју (У.П.), субурбаном подручју (СУ.П.) и руралном подручју (Р.П.) за које су доступне дневне SO<sub>2</sub> концентрације у периоду 2011–2020. година.



Слика 7.3.3.3. Просторна расподела станица за дневне SO<sub>2</sub> концентрације.

*Годишња и унутаргодишња расподела дневних SO<sub>2</sub> концентрација и прекорачења.* На основу расположивих података, у посматраном десетогодишњем периоду (2011–2020.), израчунате су просечне дневне концентрације SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>). Преглед добијених вредности је дат на слици 7.3.3.4.

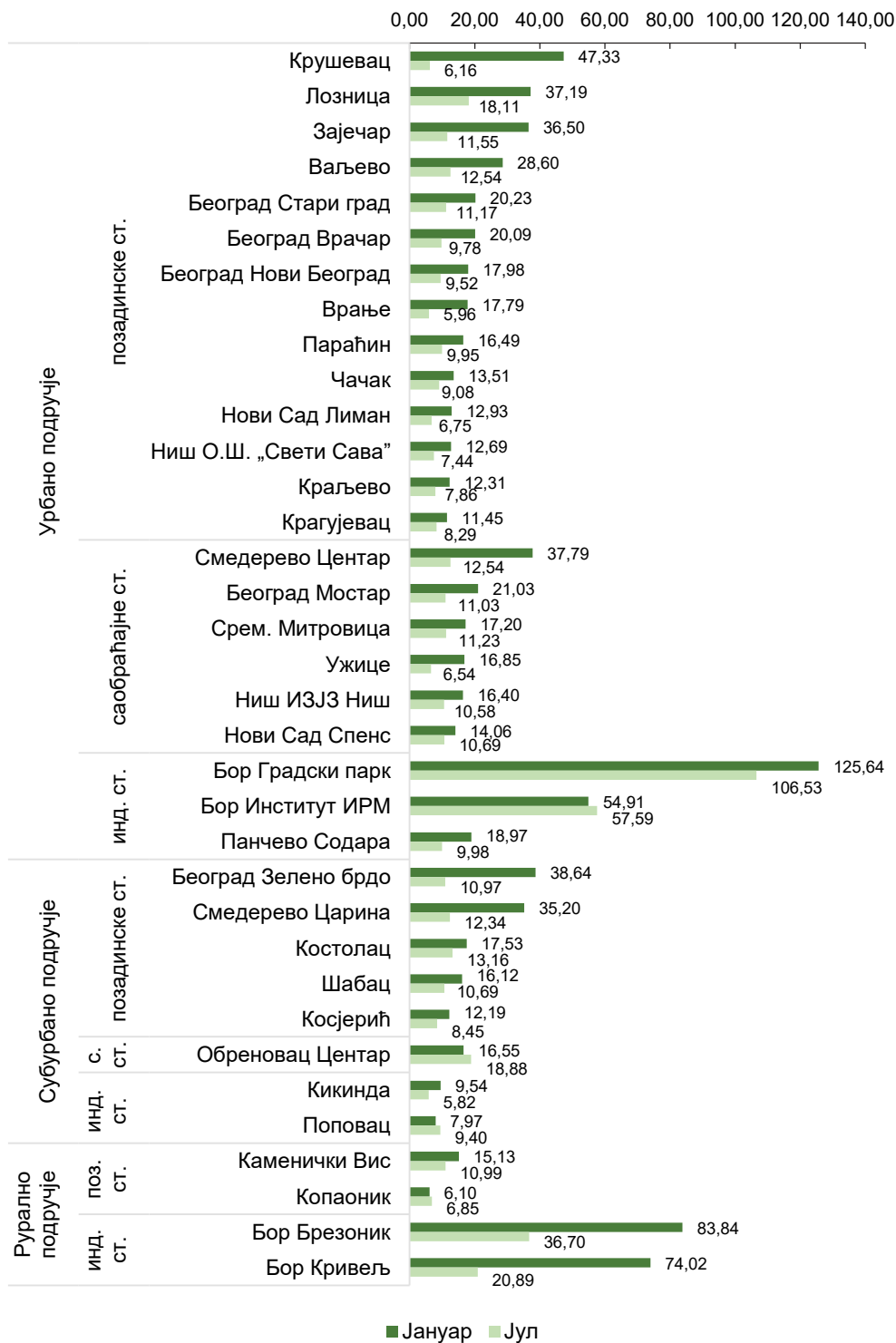


Слика 7.3.3.4. Просечне дневне SO<sub>2</sub> концентрације (µg/m<sup>3</sup>) на станицама у Србији на основу расположивих података у периоду 2011–2020. година.

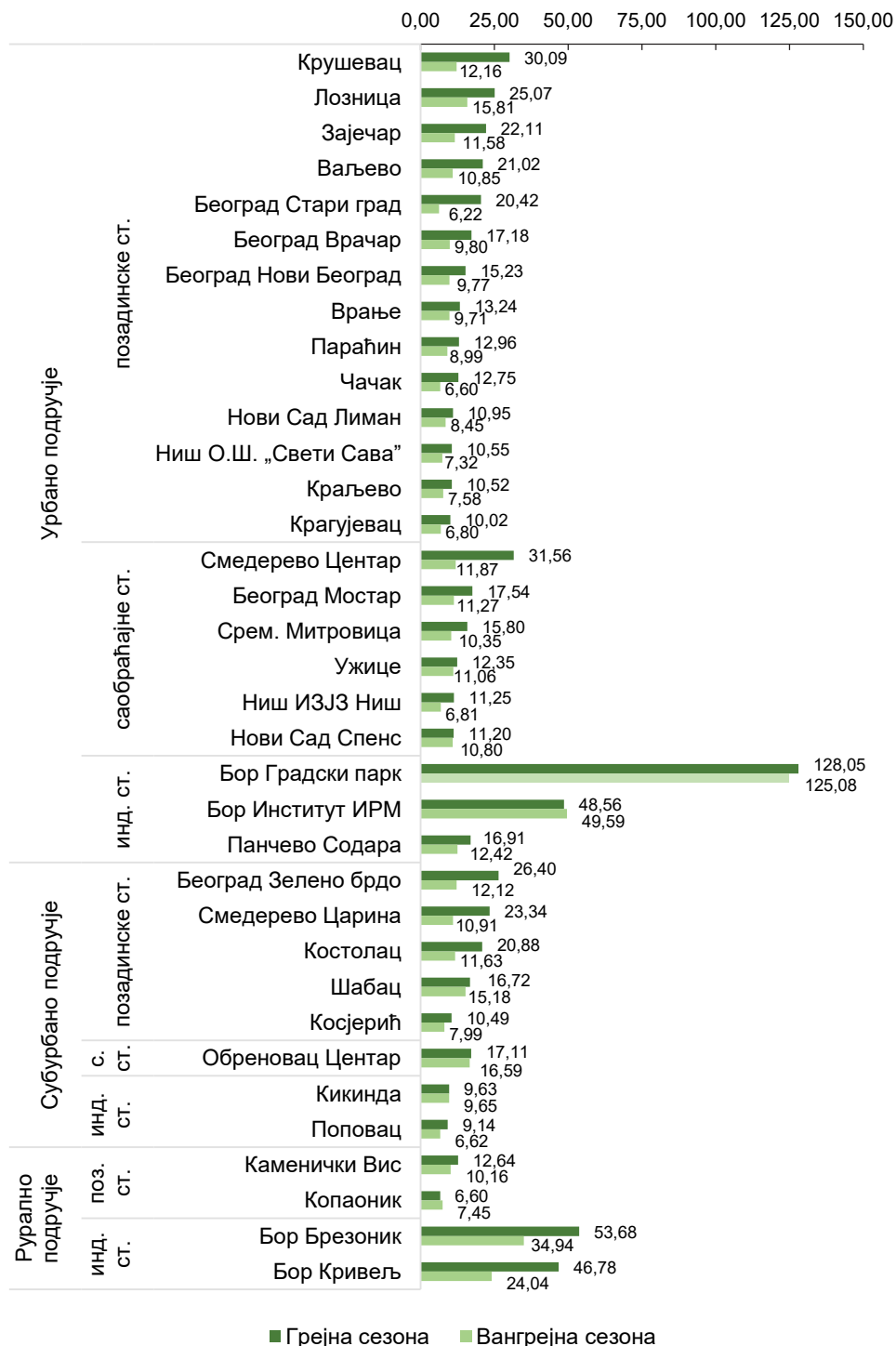
Највише вредности просечних дневних  $\text{SO}_2$  концентрација су утврђене за индустријске станице у урбаном подручју, Бор Градски парк  $129,39 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , за станицу Бор Институт ИРМ  $48,76 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , а затим и индустријске станице у руралном подручју Бор Брезоник  $45,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$  и Бор Кривељ  $37,50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Најнижа вредност од  $7,02 \mu\text{g}/\text{m}^3$  је утврђена позадинску станицу Копаоник у руралном подручју. За позадинске станице у урбаном подручју вредности се крећу од  $8,57 \mu\text{g}/\text{m}^3$  за станицу Краљево до  $22,09 \mu\text{g}/\text{m}^3$  за станицу Зајечар, док за позадинске станице у субурбаном подручју вредности су од  $9,39 \mu\text{g}/\text{m}^3$  за станицу Косјерић до  $20,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  за станицу Смедерево Царина. На саобраћајним станицама у урбаном подручју вредности су од  $9,22 \mu\text{g}/\text{m}^3$  за станицу Ужице до  $24,83 \mu\text{g}/\text{m}^3$  за станицу Смедерево Центар; саобраћајна станица Обреновац Центар у субурбаном подручју бележи вредност од  $16,87 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Анализом средњих дневних концентрација  $\text{SO}_2$  на месечном нивоу у посматраном периоду (2011–2020. година), није могуће уочити унутаргодишњу расподелу која одражава јединствен тренд на нивоу свих посматраних станица. На сликама 7.3.3.5 и 7.3.3.6 је дат приказ просечних дневних јануарских и јулских вредности  $\text{SO}_2$  концентрација и вредности за грејну сезону и ван грејне сезоне. За индустријске станице Бор Институт ИРМ и Бор Градски парк у урбаном подручју утврђена је релативно мала разлика између јануарских и јулских вредности (као и између вредности за грејну и вангрејну сезону). Међутим, у случају индустријских станица у руралном подручју Бор Брезоник и Бор Кривељ разлике су веће; јануарске и вредности за грејну сезону су више у односу на јулске и вредности ван грејне сезоне. Слично је утврђено и за остале станице, осим за станицу Поповац и Копаоник, за које су утврђене приближно исте вредности или незнатно више вредности за јул (у случају станице Копаоник и за вангрејну сезону).

Број дана када су прекорачене граничне вредности од  $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (гранична вредност према домаћем законодавству) и  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (смерница СЗО) на годишњем нивоу за анализирани станице приказан је у табелама 7.3.3.1 и 7.3.3.2. За највећи број станица у годинама за које постоје расположиви подаци гранична вредност од  $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$  није прекорачена, док је смерница СЗО од  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  прекорачена на већини станица. Такође, уочава се да је код већине станица број дана са прекорачењима највећи у почетним годинама посматраног периода (2011. и 2012.). Највећи број дана током којих је прекорачена гранична вредност од  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  утврђен је за станице Бор Градски парк, Бор Институт ИРМ, Бор Брезоник и Бор Кривељ. Када је у питању прекорачење смернице СЗО, у Бору су измерене вредности у појединим годинама током већег дела године биле изнад  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (до 249 дана у 2011. години на станици Бор Градски парк и до 180 дана у 2011. и 2012. години на станици Бор Институт ИРМ). За станицу Београд Зелено Брдо за све године у посматраном периоду су утврђена прекорачења дневних вредности изнад  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .



Слика 7.3.3.5. Просечне дневне SO<sub>2</sub> концентрације (µg/m<sup>3</sup>) у јануару и јулу на станицама у Србији на основу расположивих података у периоду 2011–2020. година.






Слика 7.3.3.6. Просечне дневне SO<sub>2</sub> концентрације (µg/m<sup>3</sup>) у току грејне сезоне и ван грејне сезоне на станицама у Србији на основу расположивих података у периоду 2011–2020. година.

Табела 7.3.3.1. Број дана са прекорачењима граничне вредности од 125 µg/m<sup>3</sup> (домаће законодавство) за дневне SO<sub>2</sub> концентрације на станицама у Србији, период 2011–2020. година

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<b>Урбана подручја</b>	<i>Позадинска</i>									
Београд Врачар	2									1
Београд Нови Београд	1									1
Београд Стари град	1									
Ваљево										
Врање										
Зајечар	19	1								
Крагујевац										
Краљево										
Крушевац	2									
Лозница										
Ниш О.Ш. „Свети Сава”										
Нови Сад Лиман										
Параћин										
Чачак										
	<i>Саобраћајна</i>									
Београд Мостар	1									1
Ниш ИЗЈЗ Ниш	6									
Нови Сад Спенс										
Срем. Митровица										
Смедерево Центар										
Ужице										
	<i>Индустријска</i>									
Бор Градски парк	162	144	137	156	139	21	21	13	41	58
Бор Институт ИРМ	77	89	73			5	3			10
Панчево Содара										
<b>Субурбана подручја</b>	<i>Позадинска</i>									
Београд Зелено брдо	8									
Косјерић										
Костолац	10									
Смедерево Царина	2									
Шабац	3	21								
	<i>Саобраћајна</i>									
Обреновац Центар	5									2
	<i>Индустријска</i>									
Киkinда										
Поповац										
<b>Рурална подручја</b>	<i>Позадинска</i>									
Каменички Вис										
Копаоник										
	<i>Индустријска</i>									
Бор Брезоник	65	115					1	1	11	17
Бор Кривељ		14	36	30						

**Легенда**




	Година у којој су утврђена прекорачења
	Година у којој нису утврђена прекорачења
	Нема података

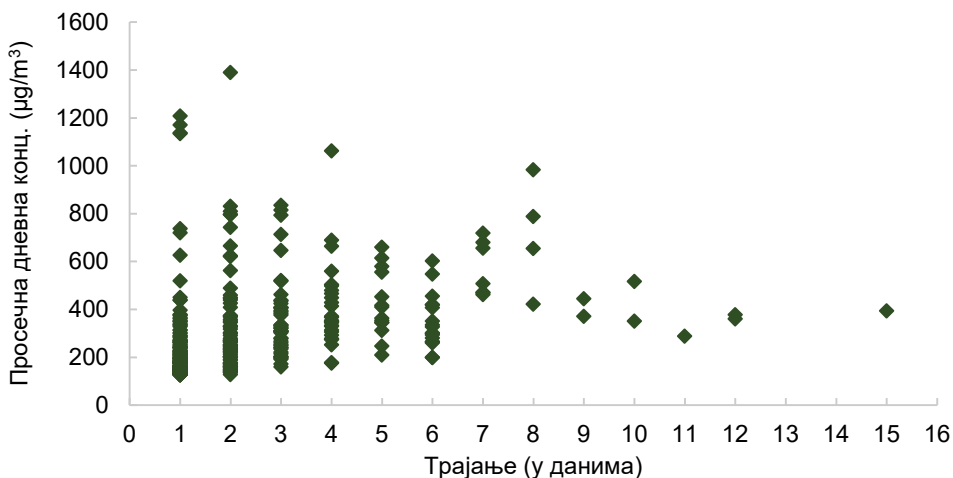


Табела 7.3.3.2. Број дана са прекорачењима граничне вредности од  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (СЗО смерница) за дневне  $\text{SO}_2$  концентрације на станицама у Србији, период 2011–2020. година

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<b>Урбана подручја</b>	<i>Позадинска</i>									
Београд Врачар	70	22		5						2
Београд Нови Београд	39	13		10			1		2	4
Београд Стари град	38	24		9						
Ваљево	73	47								
Врање	5	10			1				3	
Зајечар	114	80				16	21	24	19	34
Крагујевац	4	8								2
Краљево	13			1						
Крушевац	54	26	11							
Лозница	36	41	44							
Ниш О.Ш. „Свети Сава”		10								
Нови Сад Лиман	11		1							
Параћин	5	6	1							
Чачак	2				1					
	<i>Саобраћајна</i>									
Београд Мостар	69	23	13	10	6	2	4	1	2	2
Ниш ИЗЈЗ Ниш	29	4								2
Нови Сад Спенс	1				1					
Срем. Митровица		15	2						1	4
Смедерево Центар			87						54	29
Ужице	41	9								
	<i>Индустријска</i>									
Бор Градски парк	249	195	198	232	236	115	103	150	160	153
Бор Институт ИРМ	180	180	177			87	55	30	71	75
Панчево Содара	26	22	2					2	5	
<b>Субурбана подручја</b>	<i>Позадинска</i>									
Београд Зелено брдо	87	34	51	9	13	15	14	2	8	5
Косјерић	1	1								
Костолац	77		29	6	12			5	11	13
Смедерево Царина	95	50	38	3						
Шабац	59	65								2
	<i>Саобраћајна</i>									
Обреновац Центар	32	29	7		6			12	9	13
	<i>Индустријска</i>									
Кикинда	1	2								
Поповац		1		3						
<b>Рурална подручја</b>	<i>Позадинска</i>									
Каменички Вис	11	1			3	2	1			
Копаоник										
	<i>Индустријска</i>									
Бор Брезоник	127	190				17	17	21	80	78
Бор Кривељ		64	91	80						11

## Легенда

	Година у којој су утврђена прекорачења
	Година у којој нису утврђена прекорачења
	Нема података

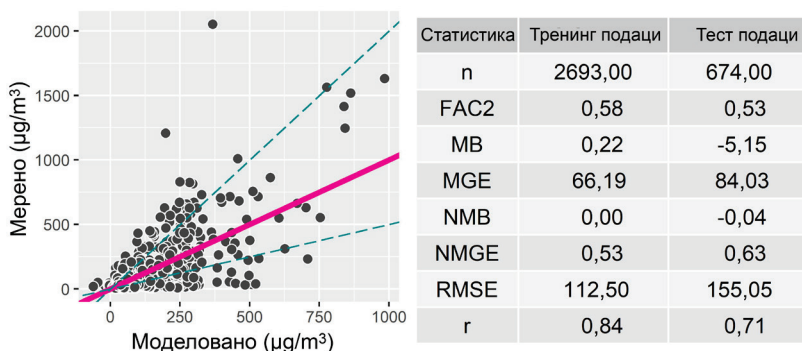


Слика 7.3.3.7. Догађаји са дневним  $\text{SO}_2$  концентрацијама изнад  $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$  за станицу Бор Градски парк према дужини трајања у данима и просечној дневној концентрацији, 2011–2020. година.

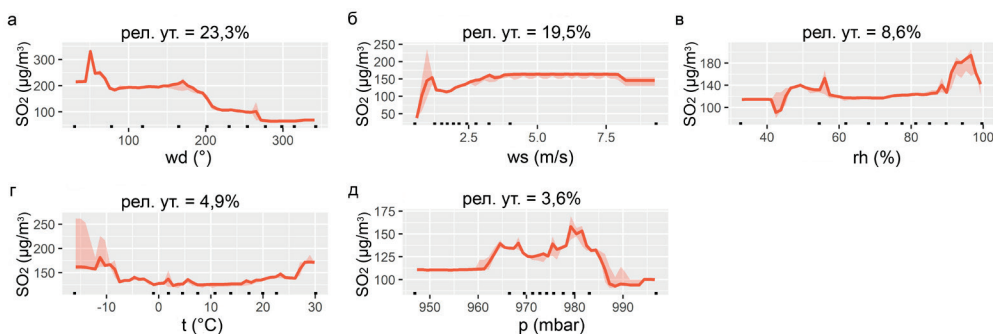
На слици 7.3.3.7, дат је преглед догађаја када су дневне вредности биле изнад  $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$  за станицу Бор Градски парк. Догађај са најдужим трајањем од 15 дана у континуитету догодио се у периоду од 19. августа до 2. септембра 2015. са просечним дневним концентрацијама од  $394,04 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , док је просечна дневна концентрација од  $1390,42 \mu\text{g}/\text{m}^3$  утврђена за 3. и 4. јануар 2014. године. Највише је догађаја када су дневне  $\text{SO}_2$  концентрације изнад  $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$  биле у трајању од једног до шест дана у континуитету. Највише просечне дневне концентрације (изнад  $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) су управо утврђене за ове релативно краће епизоде. Укупан број догађаја у посматраном периоду је 350. Детаљан преглед свих издвојених догађаја је приказан у Прилогу у табели П11.

*Утицај метеоролошких услова на дневне  $\text{SO}_2$  концентрације.* Моделовање утицаја метеоролошких услова на дневне  $\text{SO}_2$  концентрације је урађено на примеру временских серија за станице Бор Градски парк и Београд Зелено брдо. Обе станице се одликују комплетним серијама података за анализирани период. Станица Бор Градски парк одликује се значајно вишим концентрацијама и бројем дана са дневним вредностима изнад одређене граничне вредности у односу на остале станице у Србији. Станица Београд Зелено брдо се одликује релативно великим бројем дана са прекорачењима дневних  $\text{SO}_2$  концентрација изнад  $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

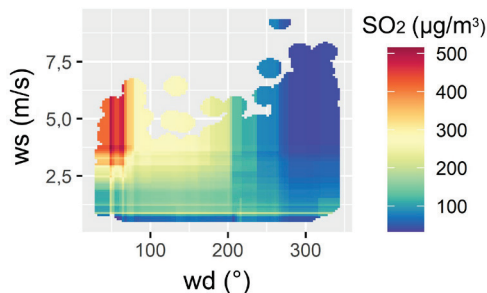
*Бор Градски парк.* За коришћену серију дневних  $\text{SO}_2$  концентрација за станицу Бор Градски парк и метеоролошке варијабле, вредност  $r$  статистике за трениране податке износи 0,84, док за тест податке износи 0,71. Добијени модел показује умерене способности предикције  $\text{SO}_2$  концентрација са коришћеним сетом предикторских варијабли ( $r^2 = 0,50$ ), са најбољим перформансама у опсегу концентрација до  $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (слика 7.3.3.8).



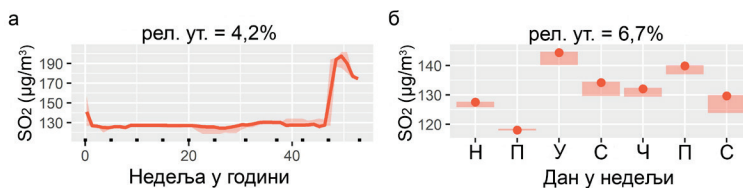
Слика 7.3.3.8. Перформансе модела, станица Бор Градски парк.



Слика 7.3.3.9. Моделовани релативни утицај (у %) метеоролошких предиктора wd (а), ws (б), rh (в), t (г) и p (д), станица Бор Градски парк.



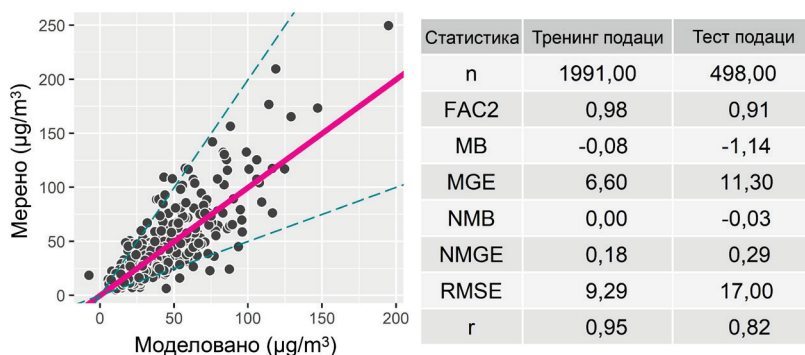
Слика 7.3.3.10. Распореда дневних SO<sub>2</sub> концентрација у односу правац и брзину ветра, станица Бор Градски парк.



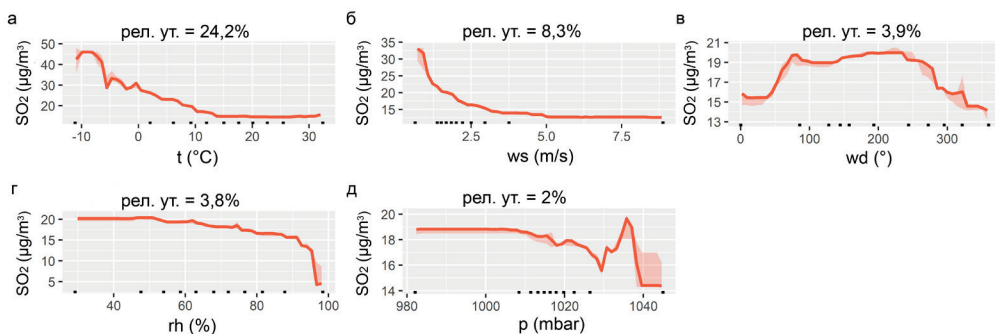
Слика 7.3.3.11. Моделовани релативни утицај (у %) предикторских варијабли недеља у години (а) и дан у недељи (б), станица Бор Градски парк.

Значајан проблем представљају екстремно високе концентрације (највиша дневна вредност од  $2051,16 \mu\text{g}/\text{m}^3$  од 28. новембра 2012. године, док је просечна дневна вредност у анализираном периоду  $129,39 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) у чијој предикцији се јављају значајна одступања моделованих вредности (RMSE = 112,50 за тренинг податке, односно 155,05 за тест податке и NMGE = 0,53 за тренинг податке, односно 0,63 за тест податке), указујући на постојање предиктора који нису обухваћени овом анализом. У погледу метеоролошких варијабли, највећи процењени релативни утицај је добијен за правац ветра (23,3%, са опсегом у варијабилности концентрација од  $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) и брзину ветра (19,5%, са опсегом у варијабилности концентрација од  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) (слика 7.3.3.9а-б). Значајно мање вредности се добијају за релативну влажност (8,6%), температуру ваздуха (4,9%) и најмање за ваздушни притисак (3,6%) (слика 7.3.3.9в-д). Највећи скок у концентрацијама је при струјању ваздуха из правца североистока, а најмањи при струјању ветра из правца запада и северозапада. Већ при брзинама ветра вишим од 1 m/s, односно 2,5 m/s долази до пораста  $\text{SO}_2$  концентрација. Расподела дневних концентрација у зависности од правца и брзине ветра је приказана на слици 7.3.3.10, где се јасно уочава да су највише концентрације при струјању ваздуха из правца североистока и истока и при брзинама ветра већим од 2,5 m/s. Наведене вредности указују на значај извора загађења у односу на положај станице, односно на изложеност емисијама при ваздушним струјањима из одређеног правца и са одређеним вредностима брзине ветра. Расподела концентрација у зависности од доба у години или дана у недељи показује релативно мали утицај од 4,2% и 6,7%. Скок у концентрацијама током новембра, децембра и јануара (слика 7.3.3.11а) може се објаснити екстремним догађајима нарочито из 2012. и 2013. године у овом периоду године. Међутим, расподела концентрација у зависности од дана у недељи (слика 7.3.3.11б) указује да постоји одређена правилност, односно пораст концентрација од другог дана у недељи (уторак) закључно са крајем радне недеље (петак) и најнижим вредностима у недељу односно понедељак што потенцијално указује на активност извора емисија  $\text{SO}_2$ .

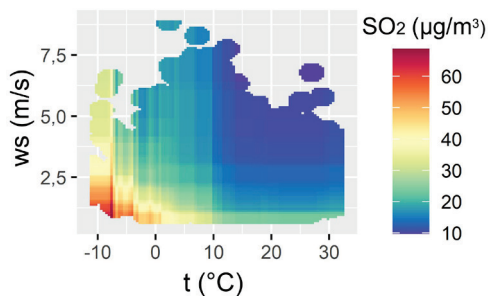
*Београд Зелено брдо.* За коришћену серију дневних  $\text{SO}_2$  концентрација за станицу Београд Зелено брдо и метеоролошке варијабле, вредност  $r$  статистике за трениране податке износи 0,95, док за тест податке износи 0,82. Добијени модел има релативно добре предиктивне способности ( $r^2 = 0,69$ ) које опадају са растом концентрација (слика 7.3.3.12). У поређењу са станицом Бор Градски парк, перформансе модела су значајно боље (NMGE = 0,18 за тренинг податке, односно 0,29 за тест податке). У погледу метеоролошких варијабли, највећи утицај од 24,2% има температура ваздуха, затим брзина ветра са 8,3%, док за остале варијабле су добијене мале вредности—правац ветра са 3,9%, релативана влажност са 3,8% и ваздушни притисак са 2% (слика 7.3.3.13а-д).



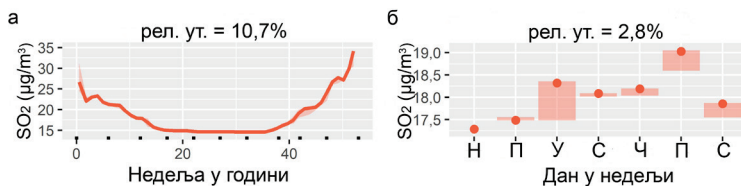
Слика 7.3.3.12. Перформансе модела, станица Београд Зелено брдо.



Слика 7.3.3.13. Моделовани релативни утицај (у %) метеоролошких предиктора t (а), ws (б), wd (в), rh (г) и p (д), станица Београд Зелено брдо.



Слика 7.3.3.14. Распореда дневних SO<sub>2</sub> концентрација у односу на температуру ваздуха и брзину ветра, станица Београд Зелено брдо.



Слика 7.3.3.15. Моделовани релативни утицај (у %) предикторских варијабли недеља у години (а) и дан у недељи (б), станица Београд Зелено брдо.

Са падом температура ваздуха расту концентрације са највишим вредностима при најнижим температурама ваздуха. Већ при средњим дневним температурама изнад  $15^{\circ}\text{C}$  нема пораста у  $\text{SO}_2$  концентрацијама што указује на сезонску расподелу са највишим вредностима у најхладнијем делу године (процењени утицај недеље у години је  $10,7\%$ , обе варијабле са опсегом у варијабилности концентрација од око  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , слика 7.3.3.15а). У погледу брзине ветра значајнији раст у концентрацијама је при брзинама мањим од  $2,5 \text{ m/s}$ . Однос расподеле дневних вредности  $\text{SO}_2$  концентрација у зависности од температуре ваздуха и брзине ветра је приказан на слици 7.3.3.14. Дан у недељи се одликује малим процењеним релативним утицајем од  $2,8\%$ , међутим одређена правилност у расподели концентрација се ипак уочава (слика 7.3.3.15б). Пораст концентрација се дешава током радне недеље (од понедељака до петка), док су релативно ниже вредности у данима викенда (субота и недеља).

#### 7.3.4. Дневне $\text{NO}_2$ концентрације

Број станица са  $75\text{--}90\%$  и више од  $90\%$  доступних дневних  $\text{NO}_2$  концентрација на годишњем нивоу за период  $2011\text{--}2020$ . је представљен на слици 7.3.4.1. Подаци за више од 20 станица су доступни за прве три и последње две године посматраног периода (највише 28 станица за 2020. годину), док је најмање станица (седам) расположиво за 2017. годину. Доминирају станице код којих је расположивост података на годишњем нивоу већа од  $90\%$ . Највише је доступних станица за урбано подручје и то позадински тип станица (слика 7.3.4.2). Приказ доступности података за сваку станицу на годишњем нивоу је дат у Прилогу у табели П12, док је просторна расподела станица представљена на слици 7.3.4.3.

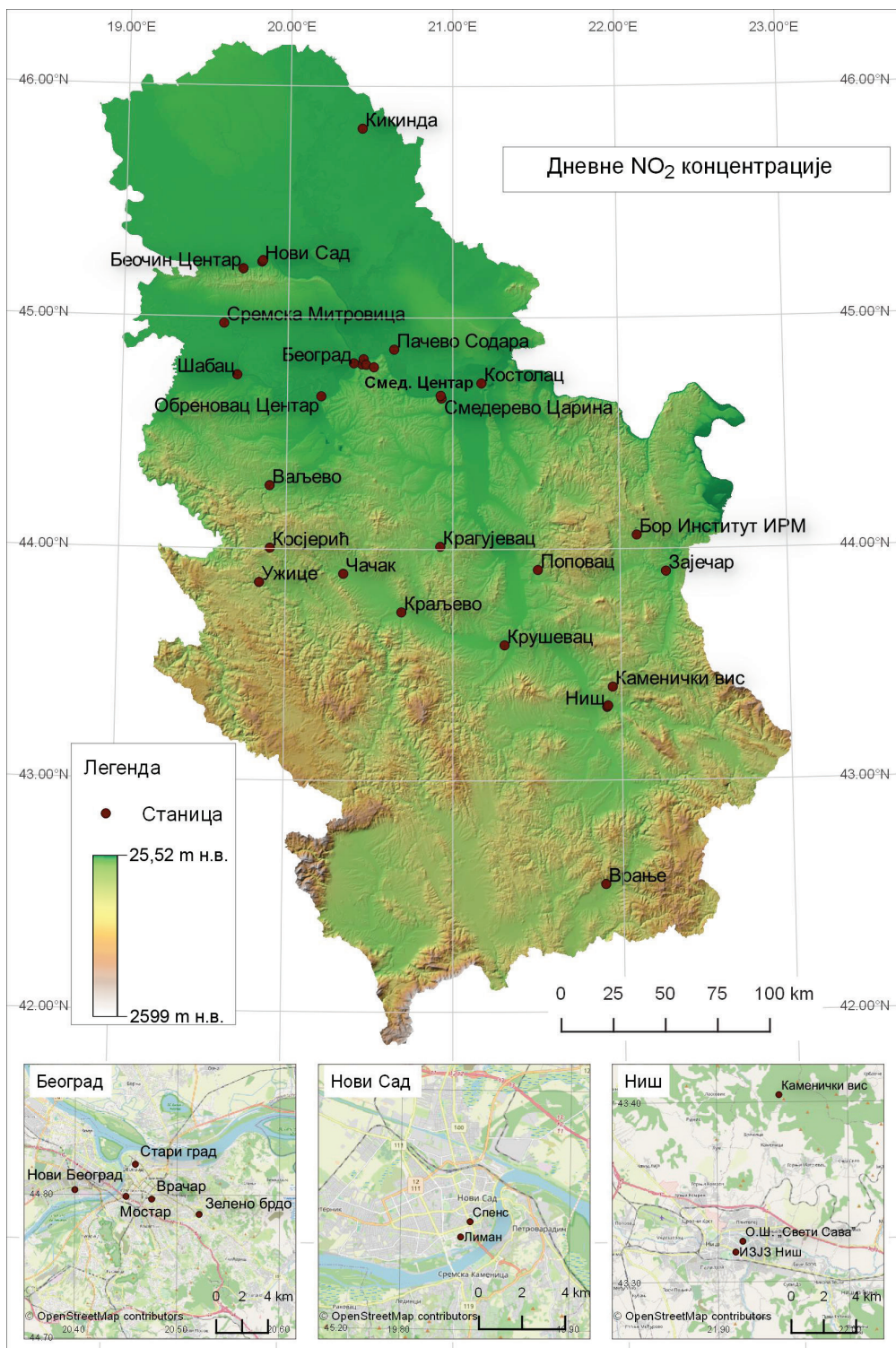


Слика 7.3.4.1. Број станица за које су расположиви подаци за дневне  $\text{NO}_2$  концентрације на годишњем нивоу у периоду  $2011\text{--}2020$ . година.



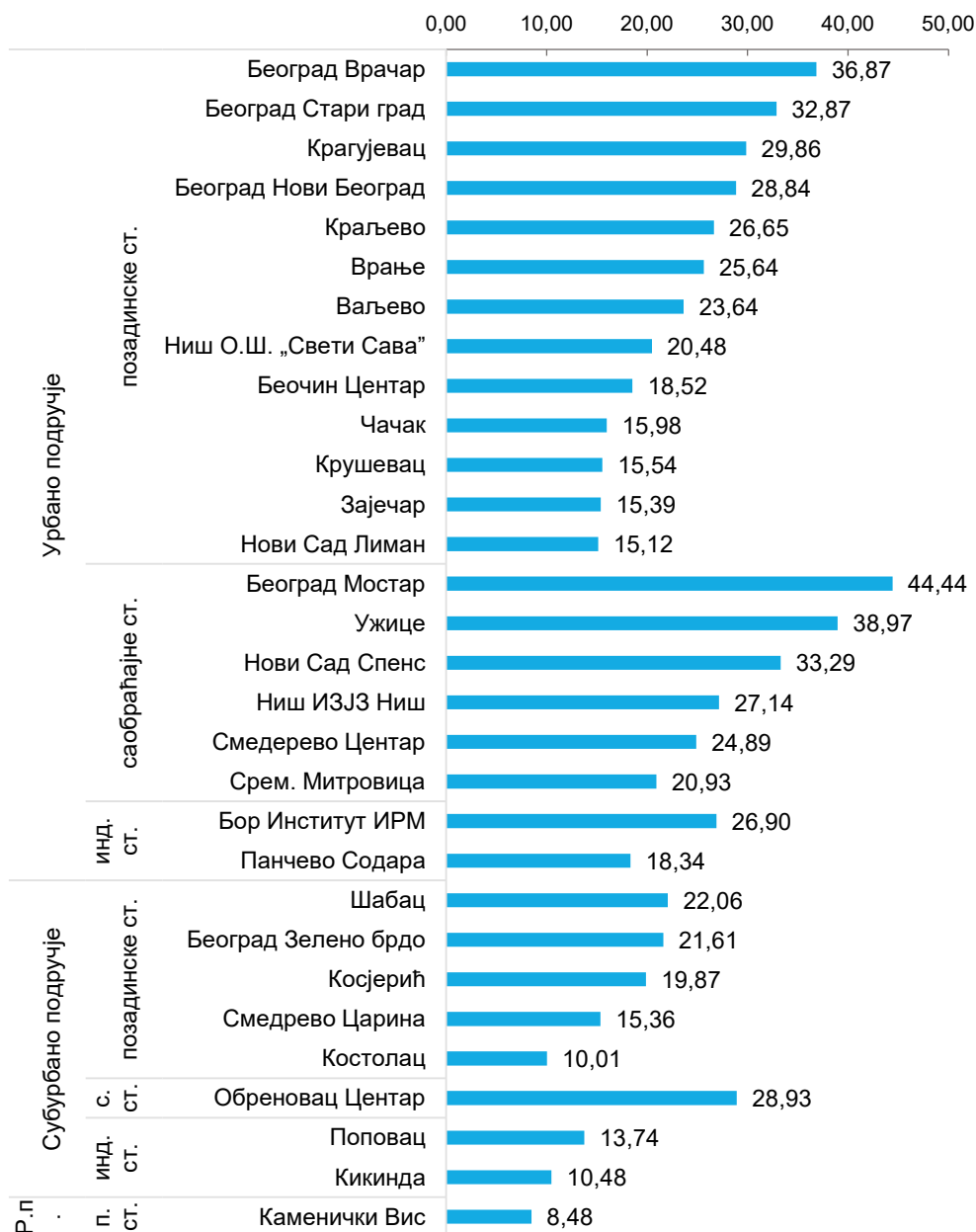
Слика 7.3.4.2. Број позадинских (П), саобраћајних (С) и индустријских (И) станица у урбаном подручју (У.П.), субурбаном подручју (СУ.П.) и руралном подручју (Р.П.) за које су доступне дневне  $\text{NO}_2$  концентрације у периоду  $2011\text{--}2020$ . година.





Слика 7.3.4.3. Просторна расподела станица за дневне NO<sub>2</sub> концентрације.

Годишња и унутаргодишња расподела дневних  $\text{NO}_2$  концентрација и прекорачења. На основу расположивих података, у посматраном десетогодишњем периоду (2011–2020.), израчунате су просечне дневне  $\text{NO}_2$  концентрације ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), а преглед добијених вредности је дат на слици 7.3.4.4.

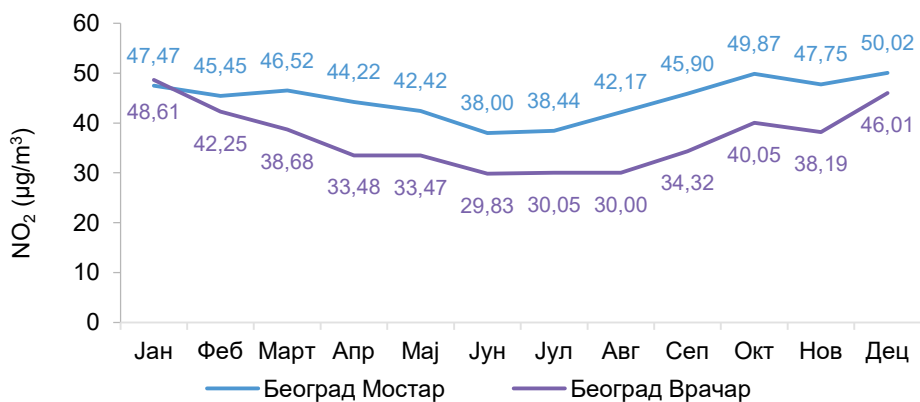


Слика 7.3.4.4. Просечне дневне  $\text{NO}_2$  концентрације ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) на станицама у Србији на основу расположивих података у периоду 2011–2020. година.



Највиша просечна дневна  $\text{NO}_2$  концентрација од  $44,44 \mu\text{g}/\text{m}^3$  утврђена је за станицу Београд Мостар (саобраћајна станица у урбаном подручју), док је најнижа вредност од  $8,48 \mu\text{g}/\text{m}^3$  утврђена за станицу Каменички вис (позадинска станица у руралном подручју). Више вредности утврђене су за станице у урбаном подручју у поређењу са субурбаним подручјем, са највишим вредностима за саобраћајне станице. У урбаном подручју, вредности на позадинским станицама крећу се од  $15,12 \mu\text{g}/\text{m}^3$  за станицу Нови Сад Лиман до  $36,87 \mu\text{g}/\text{m}^3$  за станицу Београд Врачар; на саобраћајним станицама најнижа вредност од  $20,93 \mu\text{g}/\text{m}^3$  је утврђена за станицу Сремска Митровица док су највише вредности од  $38,97 \mu\text{g}/\text{m}^3$  и  $44,44 \mu\text{g}/\text{m}^3$  утврђене за станице Ужице и Београд Мостар; за индустријске станице Бор Институт ИРМ и Панчево Содара утврђене су вредности од  $26,90 \mu\text{g}/\text{m}^3$  и  $18,34 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . У субурбаном подручју, саобраћајна станица Обреновац Центар бележи највишу вредност од  $29,83 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

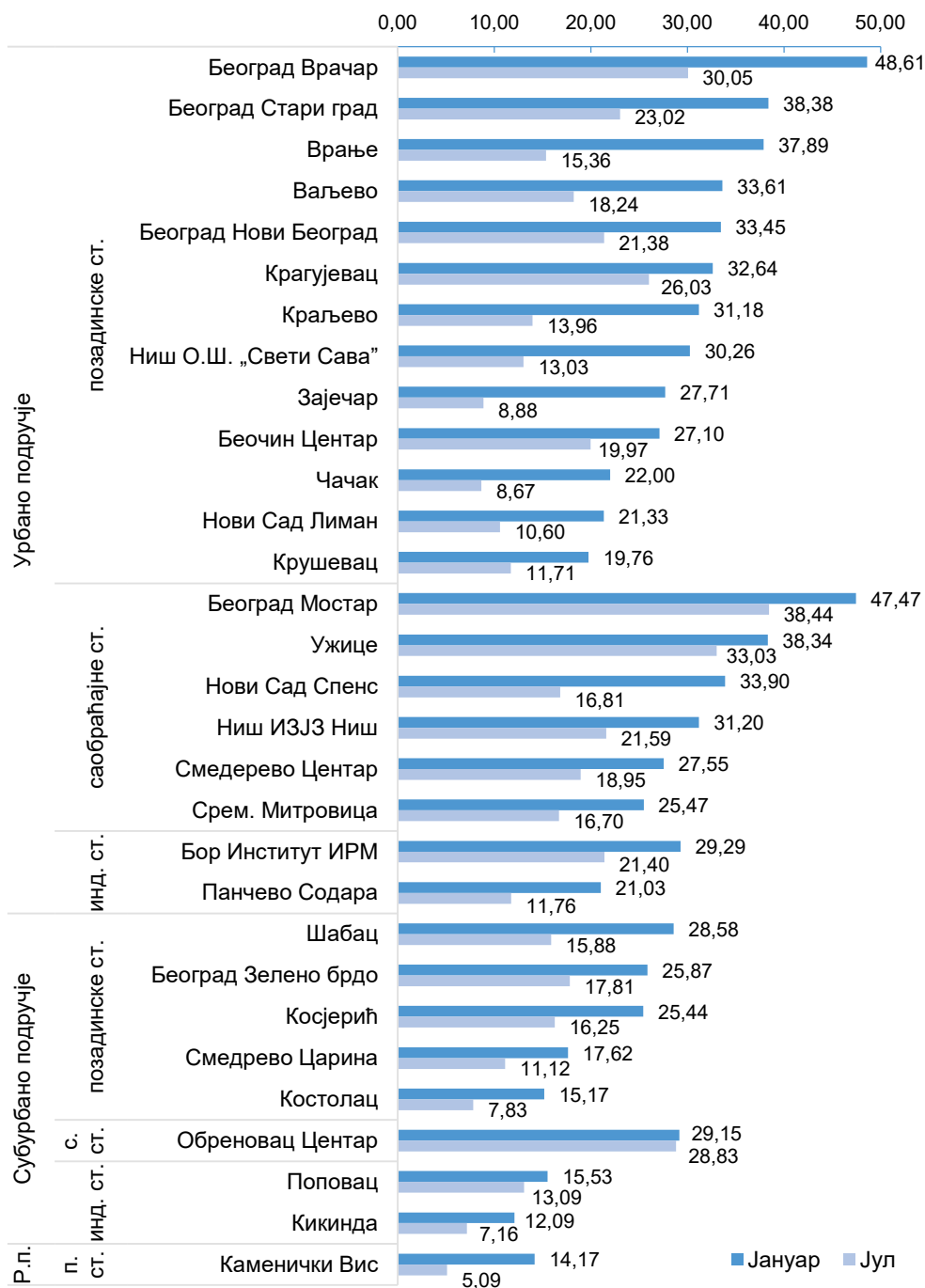
Анализа просечних дневних  $\text{NO}_2$  концентрација на месечном нивоу у посматраном периоду (2011–2020.), указује на ниже вредности током топлијег дела године у поређењу са хладнијим периодом. На слици 7.3.4.5 су приказане просечне дневне вредности концентрација  $\text{NO}_2$  на месечном нивоу за две станице са највишим вредностима у урбаном подручју, саобраћајну станицу Београд Мостар и позадинску станицу Београд Врачар. Највише вредности су утврђене за јануар ( $44,47 \mu\text{g}/\text{m}^3$  за Мостар и  $48,61 \mu\text{g}/\text{m}^3$  за Врачар) и децембар ( $50,02 \mu\text{g}/\text{m}^3$  за Мостар и  $46,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$  за Врачар), док су најниже за јун ( $38,00 \mu\text{g}/\text{m}^3$  за Мостар и  $29,83 \mu\text{g}/\text{m}^3$  за Врачар) и јул ( $38,44 \mu\text{g}/\text{m}^3$  за Мостар и  $30,05 \mu\text{g}/\text{m}^3$  за Врачар).



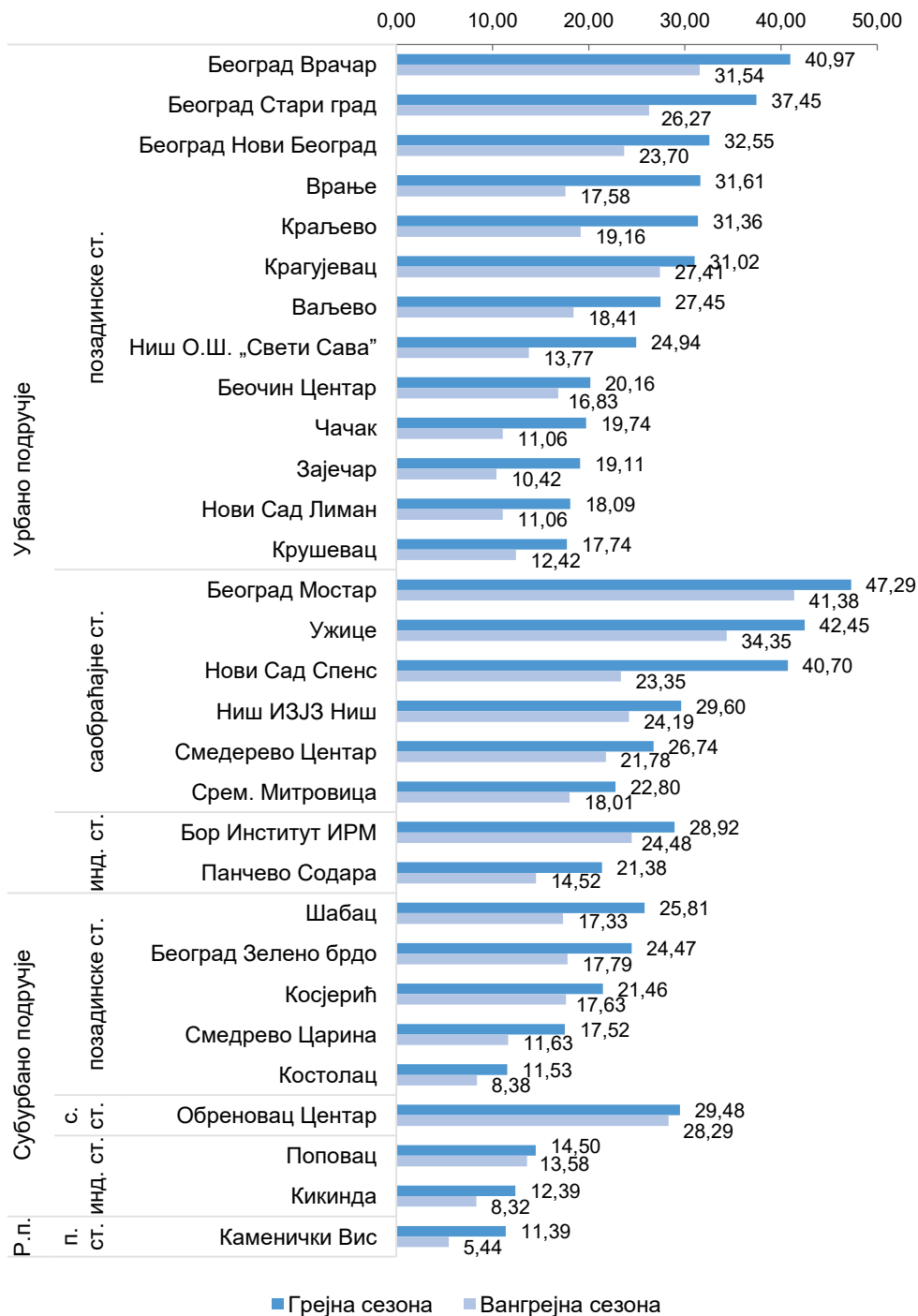
Слика 7.3.4.5. Просечне дневне  $\text{NO}_2$  концентрације ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) на месечном нивоу на станицама Београд Мостар и Београд Врачар на основу расположивих података у периоду 2011–2020. година.

Расподела просечних дневних  $\text{NO}_2$  концентрација у јулу и јануару за анализирани станице је приказана на слици 7.3.4.6. Јануарске вредности су више у односу на јулске у случају свих станица, међутим разлика између утврђених вредности за ова два месеца је

већа у случају позадинских станица у односу на саобраћајне станице. Слична расподела вредности се уочава и за утврђене вредности у току грејне и ван грејне сезоне у току године (слика 7.3.4.7).



Слика 7.3.4.6. Просечне дневне NO<sub>2</sub> концентрације (µg/m<sup>3</sup>) у јануару и јулу на станицама у Србији на основу расположивих података у периоду 2011–2020. година.



Слика 7.3.4.7. Просечне дневне NO<sub>2</sub> концентрације (µg/m<sup>3</sup>) у току грејне сезоне и ван грејне сезоне на станицама у Србији на основу расположивих података у периоду 2011–2020. година.

Табела 7.3.4.1. Број дана са прекорачењима граничне вредности од 85  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (домаће законодавство) за дневне  $\text{NO}_2$  концентрације на станицама у Србији, период 2011–2020. година

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<b>Урбано дручје</b>	<i>Позадинске станице</i>									
Београд Врачар	13	3			11	94	35			1
Београд Нови Београд	2	3	1	1	2					1
Београд Стари град	4	3	1		18	24				
Беоцин Центар								1		
Ваљево		5	7							
Врање										
Зајечар										
Крагујевац	46									
Краљево		34	15							
Крушевац										
Ниш О.Ш. „Свети Сава”					2				1	
Нови Сад Лиман										
Чачак										
	<i>Саобраћајне станице</i>									
Београд Мостар	21	17	3	3	24	15	1	4	2	1
Ниш ИЗЈЗ Ниш		2					1			
Нови Сад Спенс	59								1	
Сремска Митровица									1	
Смедерево Центар										
Ужице		10	16		9		5	11		
	<i>Индустријске станице</i>									
Бор Институт ИРМ		1	2							
Панчево Содара										
<b>Субурбано подручје</b>	<i>Позадинске станице</i>									
Београд Зелено брдо										
Косјерић										
Костолац										
Смедрево Царина										
Шабац	1									
	<i>Саобраћајне станице</i>									
Обреновац Центар								5		
	<i>Индустријске станице</i>									
Кикинда										
Поповац										
<b>Рурално подручје</b>	<i>Позадинске станице</i>									
Каменички Вис										

**Легенда**

	Година у којој су утврђена прекорачења
	Година у којој нису утврђена прекорачења
	Нема података

Табела 7.3.4.2. Број дана са прекорачењима граничне вредности од  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (СЗО смерница) за дневне  $\text{NO}_2$  концентрације на станицама у Србији, период 2011–2020. година

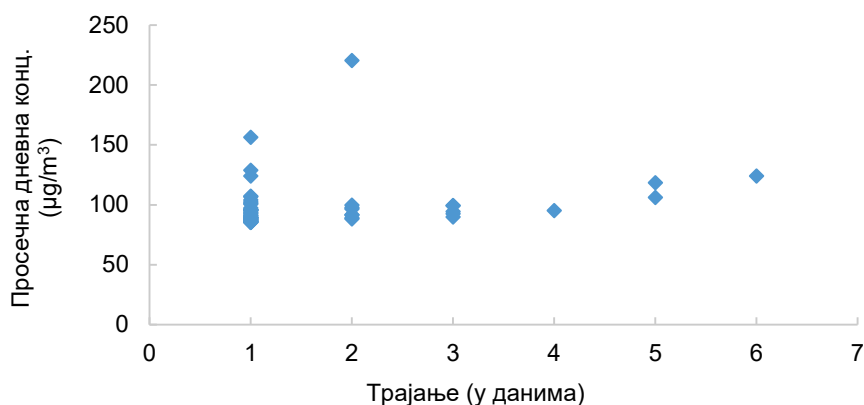
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<b>Урбано подручје</b>	<i>Позадинске станице</i>									
Београд Врачар	300	288	195	184	238	342	202	168	212	237
Београд Нови Београд	259	242	221	200	172	251			143	116
Београд Стари град	244	253	235	209	217	262			163	135
Беоцин Центар			151	39				18	40	29
Ваљево	66	183	219	93	77	47		163	134	124
Врање	107	139	223							58
Зајечар			41						40	49
Крагујевац	278	129	202		196		293	319	100	58
Краљево	111	159	259						82	36
Крушевац		85	35							15
Ниш О.Ш. „Свети Сава”		123	55		117				95	67
Нови Сад Лиман			64					33	24	15
Чачак	55	24	45	9	17	18		68	317	122
	<i>Саобраћајне станице</i>									
Београд Мостар	353	337	348	338	301	309	121	322	334	249
Ниш ИЗЈЗ Ниш	127	341	323	76		177	136	194	80	92
Нови Сад Спенс	311	48				172	172		1	
Сремска Митровица	243	184	162	36				138	154	97
Смедерево Центар	69	31		180				223	257	151
Ужице		325	337	235	279	228	327	284	303	251
	<i>Индустријске станице</i>									
Бор Институт ИРМ	159	151	152		112				203	184
Панчево Содара	104	85	72	31						
<b>Субурбано подручје</b>	<i>Позадинске станице</i>									
Београд Зелено брдо			73	30	65	77	131	109	141	177
Косјерић	56	65	13						166	159
Костолац	33		13	4						5
Смедрево Царина			7		32			40	110	3
Шабац	164	171	125	91	66					81
	<i>Саобраћајне станице</i>									
Обреновац Центар	192	81			139			277	243	321
	<i>Индустријске станице</i>									
Кикинда	17	7	5	1						
Поповац									38	114
<b>Рурално подручје</b>	<i>Позадинске станице</i>									
Каменички Вис			5						64	16

## Легенда

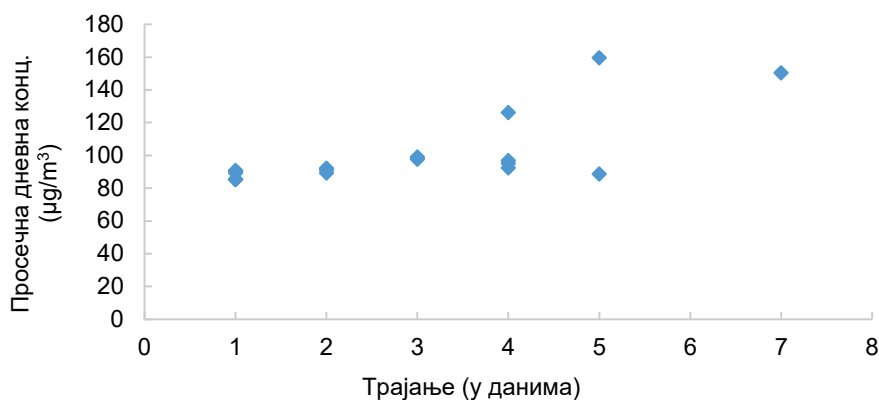
	Година у којој су утврђена прекорачења
	Година у којој нису утврђена прекорачења
	Нема података

Број дана у току године када су забележена прекорачења дневних концентрација  $\text{NO}_2$  изнад граничних вредности од  $85 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (гранична вредност према домаћем законодавству) и  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (смерница СЗО) на основу расположивих података на станицама у

Србији у периоду 2011–2020. је приказан у табелама 7.3.4.1 и 7.3.4.2. Станице за које су утврђена прекорачења изнад  $85 \mu\text{g}/\text{m}^3$  за најмање две године у посматраном периоду су Београд Врачар, Београд Нови Београд, Београд Стари град, Ваљево, Краљево, Београд Мостар, Ниш ИЗЈЗ Ниш, Нови Сад Спенс, Ужице и Бор Институт ИРМ. Највећи број прекорачења је утврђен за станице у Београду (до 94 дана у 2016. години за станицу Врачар). Међутим када су у питању прекорачења смернице СЗО од  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , готово у свим случајевима ова вредност је прекорачена. Највећи број дана са прекорачењима је утврђен за позадинске и саобраћајне станице у урбаном подручју и то током већег дела године; за станицу Београд Мостар, са преко 300 дана у години за осам од десет посматраних година. За станицу Ужице, број дана у којима су забележена прекорачења креће се од 235 дана у 2014. до 337 дана у 2013. години.



Слика 7.3.4.8. Догађаји са дневним  $\text{NO}_2$  концентрацијама изнад  $85 \mu\text{g}/\text{m}^3$  за станицу Београд Мостар према дужини трајања у данима и просечној дневној концентрацији, 2011–2020. година.

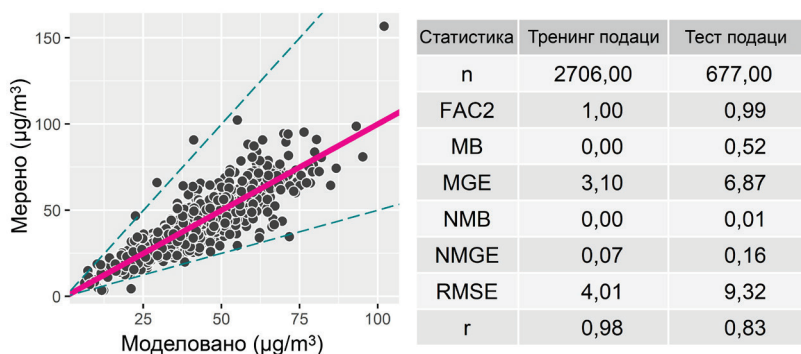


Слика 7.3.4.9. Догађаји са дневним  $\text{NO}_2$  концентрацијама изнад  $85 \mu\text{g}/\text{m}^3$  за станицу Ужице према дужини трајања у данима и просечној дневној концентрацији, 2011–2020. година.

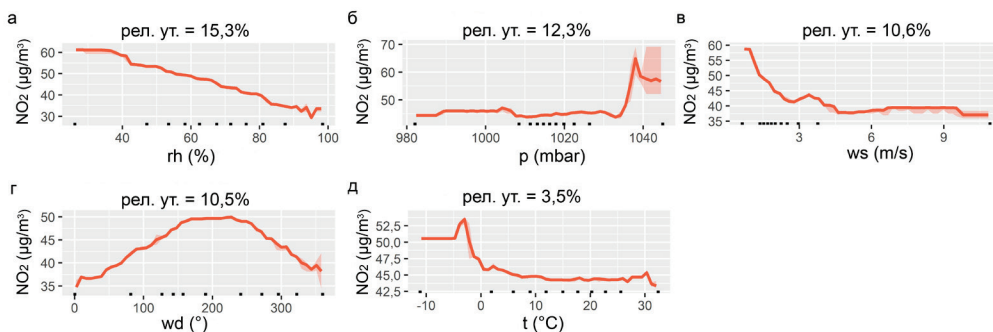
Приказ догађаја када су дневне вредности прекорачиле граничну вредност од  $85 \mu\text{g}/\text{m}^3$  за станице Београд Мостар и Ужице, дат је у Прилогу у табелама П13 и П14, док је преглед свих догађаја приказан на сликама 7.3.4.8 и 7.3.4.9. За станицу Београд Мостар, најдужи догађај је у трајању од 6 дана, односно 7 дана за станицу Ужице. Највише просечне дневне вредности током догађаја за ове две станице забележене су током 7. и 8. децембра 2015. године на станици Београд Мостар ( $220,20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) и у периоду од 13. до 17. децембра на станици Ужице ( $159,36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

*Утицај метеоролошких услова на дневне  $\text{NO}_2$  концентрације.* На основу представљених просечних вредности, унутаргодишње расподеле концентрација и броја прекорачења изнад посматраних граничних вредности, одабране су станице за које је урађено моделовање утицаја метеоролошких услова на измерене концентрације. То су станице Београд Мостар и Ужице.

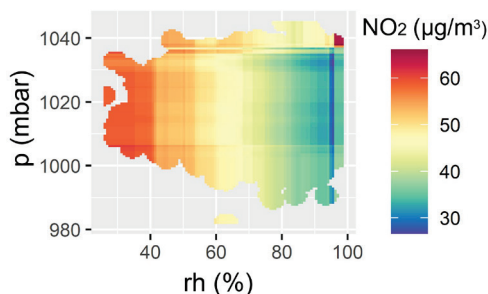
*Београд Мостар.* За коришћену серију дневних  $\text{NO}_2$  концентрација за станицу Београд Мостар и предикторске варијабле, вредност  $r$  статистике за трениране податке износи 0,98 (RMSE = 4,01; NMGE = 0,07), док за тест податке износи 0,83 (RMSE = 9,32; NMGE = 0,16). Предиктивне способности модела су добре ( $r^2 = 0,68$ ), међутим опадају у опсегу највиших вредности (слика 7.3.4.10).



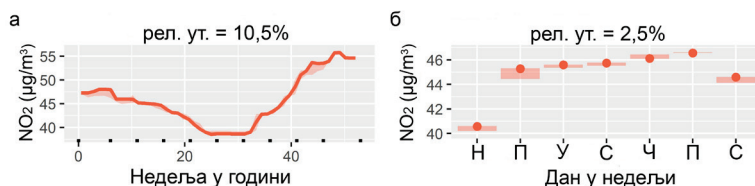
Слика 7.3.4.10. Перформансе модела, станица Београд Мостар.



Слика 7.3.4.11. Моделовани релативни утицај (у %) метеоролошких предиктора  $\text{rh}$  (а),  $p$  (б),  $ws$  (в),  $wd$  (г) и  $t$  (д), станица Београд Мостар.



Слика 7.3.4.12. Распореда  $\text{NO}_2$  концентрација у односу на релативну влажност ваздуха и ваздушни притисак, станица Београд Мостар.

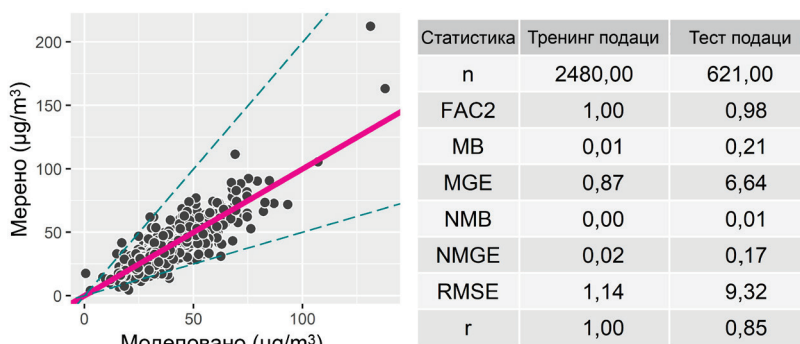


Слика 7.3.4.13. Моделовани релативни утицај ( $y$  %) предикторских варијабли недеља у години (а) и дан у недељи (б), станица Београд Мостар.

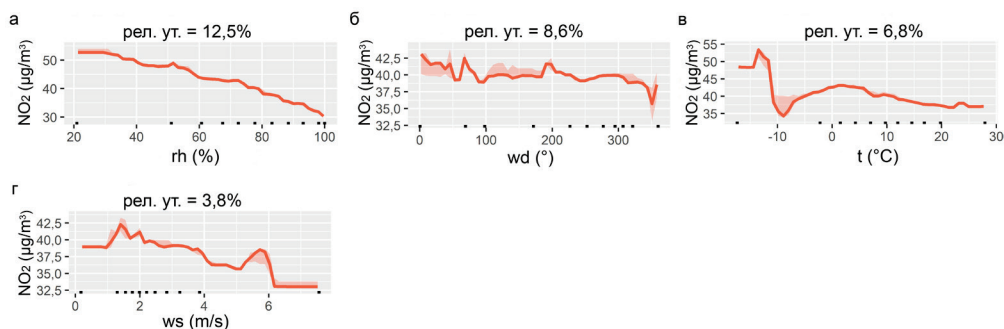
У погледу метеоролошких варијабли, вредности процењеног релативног утицаја су следеће: 15,3% за релативну влажност, 12,3% за ваздушни притисак, 10,6% за брзину ветра, 10,5% за ваздушни притисак и најмање за температуру ваздуха, 3,5% (слика 7.3.4.11а-д). Са смањењем релативне влажности смањују се концентрације (са опсегом варијабилности у вредностима преко  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Највећи скок у концентрацијама је при највишим вредностима ваздушног притиска. Распореда  $\text{NO}_2$  концентрација у односу на вредности релативне влажности и ваздушног притиска је приказана на слици 7.3.4.12. У највећем броју случајева, највише концентрације су при релативној влажности ваздуха нижој од 40% и при ваздушном притиску вишем од 1000 mbar, док само мањи број случајева са највишим концентрацијама је при највишим вредностима релативне влажности и ваздушног притиска. Смањење брзине ветра утиче на повећање концентрација (опсег промена у концентрацијама до  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), док је највећи пик у концентрацијама при струјању ваздуха из праваца југ-југозапад. Варијабла недеља у години указује на изражен сезоналитет (10,5%, опсег варијабилности концентрација од  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), док варијабла дан у недељи има мали значај у расподели концентрација (2,5%), међутим са значајно нижим вредностима концентрација за недељу у поређењу са осталим данима (слика 7.3.4.13).

*Ужице.* За коришћену серију дневних  $\text{NO}_2$  концентрација за станицу Ужице и предикторске варијабле, вредност  $r$  статистике за трениране податке износи 1,00 (RMSE = 1,14; NMGE = 0,02), док за тест податке износи 0,85 (RMSE = 9,32; NMGE = 0,17). Предиктивне способности модела су релативно добре, али опадају значајно у опсегу највиших концентрација ( $r^2 = 0,72$ , слика 7.3.4.14).

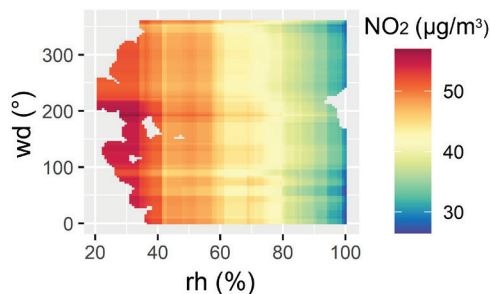




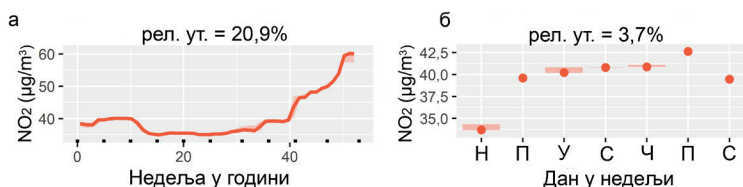
Слика 7.3.4.14. Перформансе модела, станица Ужице.



Слика 7.3.4.15. Моделовани релативни утицај (у %) метеоролошких предиктора rh (а), wd (б), t (в) и ws(г), станица Ужице.



Слика 7.3.4.16. Расподела NO<sub>2</sub> концентрација у односу на релативну влажност ваздуха и правац ветра, станица Ужице.



Слика 7.3.4.17. Моделовани релативни утицај (у %) предикторских варијабли недеља у години (а) и дан у недељи (б), станица Ужице.

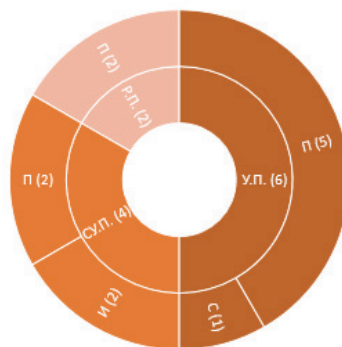
У погледу метеоролошких варијабли, највише вредности процењеног релативног утицаја су добијене за релативну влажност ваздуха 12,5% и правац ветра 8,6%, док су ниже вредности добијене за температуру ваздуха (6,8%) и брзину ветра (3,8%) (слика 7.3.4.15а-д). Највише концентрације су у опсегу најнижих вредности релативне влажности (опсег варијабилности  $\sim 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Једино при струјању ваздуха из правца северозапада су релативно ниже вредности концентрација. Распореда дневних  $\text{NO}_2$  концентрација у зависности од релативне влажности и правца ветра на слици 7.3.4.16 указује на повећање загађења при релативној влажности испод 60% без обзира на правац ветра. Највећи скок у концентрацијама је при најнижим вредностима средњих дневних температура ваздуха, док при паду брзине ветра испод 6 m/s долази до значајнијег пораста концентрација. Релативни утицај варијабле недеља у години износи 10,5% (слика 7.3.4.17а) са најзначајнијим растом концентрација током новембра и децембра. Варијабла дан у недељи има процењени релативни утицај од 2,5% (до  $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  у варијабилности концентрација) и указује на више вредности концентрација у данима понедељак–субота у односу на недељу (слика 7.3.4.17б).

### 7.3.5. Максималне дневне 8-сатне концентрације приземног $\text{O}_3$

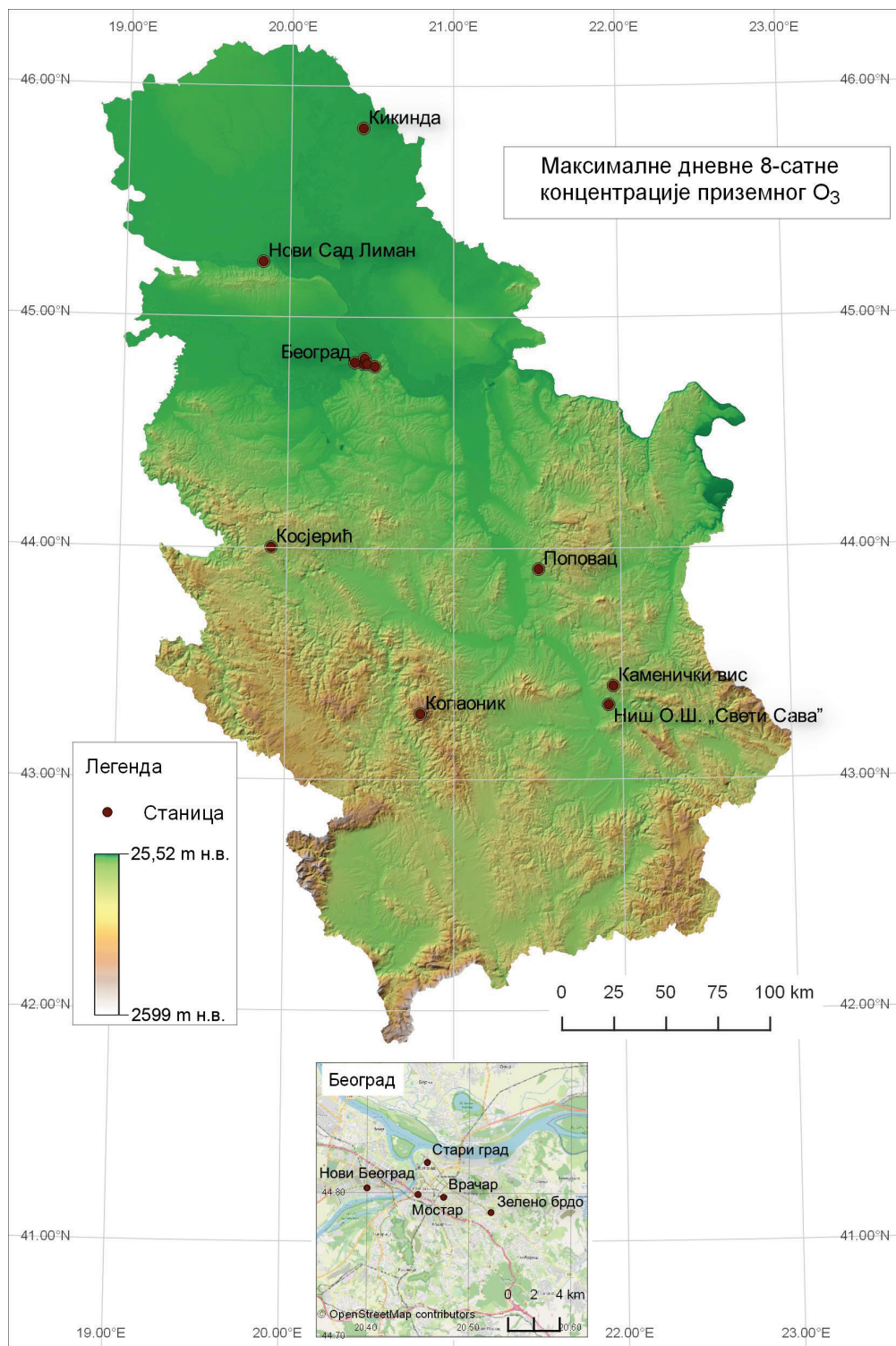
Број станица са 75–90% и више од 90% доступних максималних дневних 8-сатних концентрација приземног  $\text{O}_3$  на годишњем нивоу за период 2011–2020. је представљен на слици 7.3.5.1. У периоду 2015–2017. година за свега неколико станица су доступни подаци, док за 2014. нису доступни ни за једну станицу. Највише доступних података је за 2013., 2019. и 2020. годину са по 10 станица. Највише је доступних података за позадинске станице у урбаном подручју (слика 7.3.5.2). Приказ доступности података за сваку станицу на годишњем нивоу је дат у табели П15, док је просторна расподела станица представљена на слици 7.3.5.3.



Слика 7.3.5.1. Број станица за које су расположиви подаци за максималне дневне 8-сатне концентрације приземног  $\text{O}_3$  на годишњем нивоу у периоду 2011–2020. година.

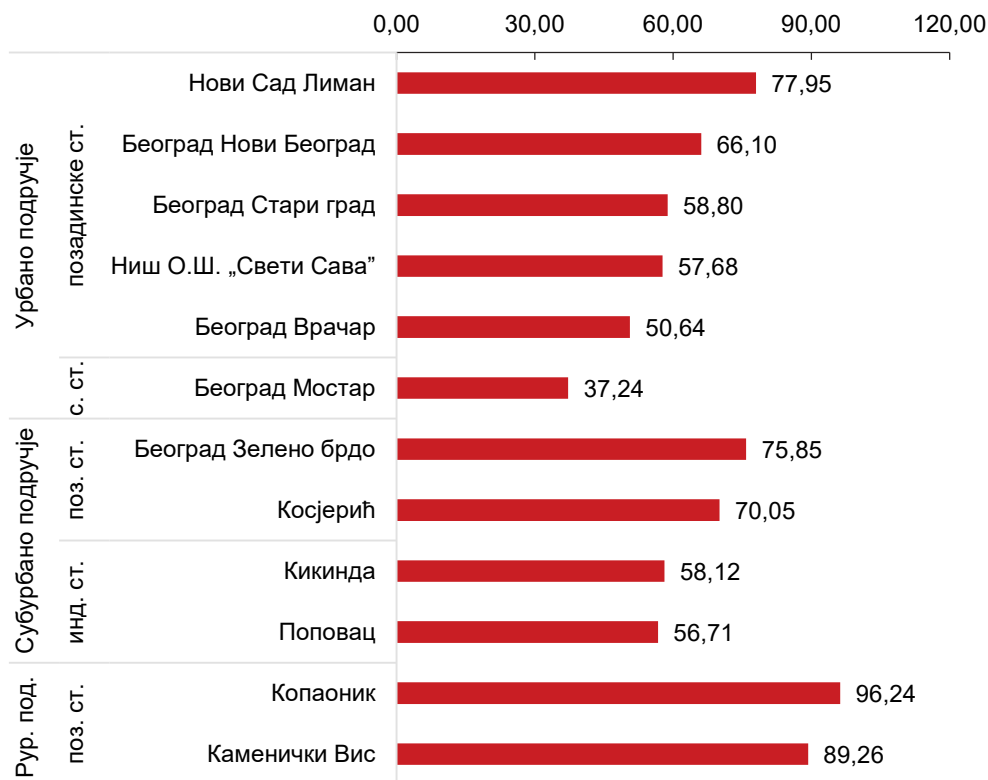


Слика 7.3.5.2. Број позадинских (П), саобраћајних (С) и индустријских (И) станица у урбаном подручју (У.П.), субурбаном подручју (СУ.П.) и руралном подручју (Р.П.) за које су доступне максималне дневне 8-сатне концентрације приземног  $\text{O}_3$  у периоду 2011–2020. година.



Слика 7.3.5.3. Просторна расподела станица максималне дневне 8-сатне концентрације приземног О<sub>3</sub>.

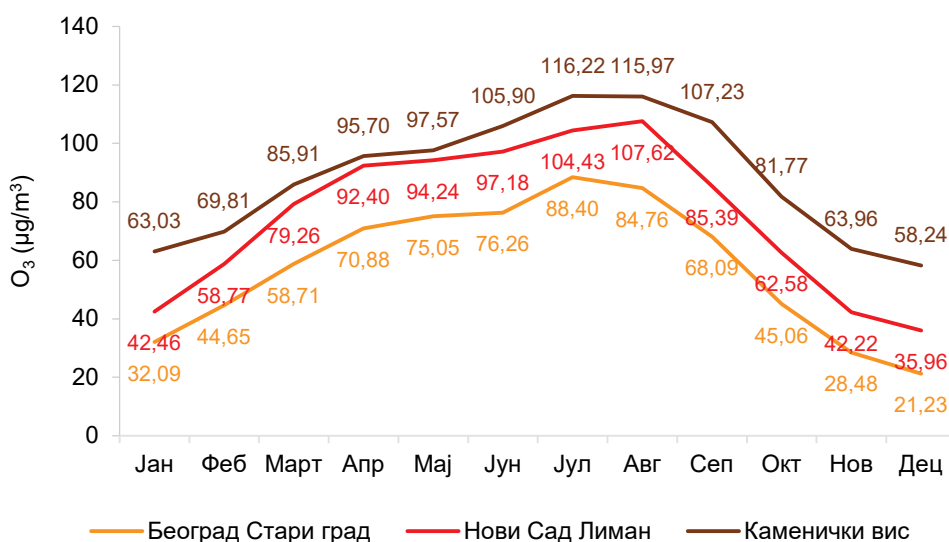
Годишња и унутаргодишња расподела максималних дневних 8-сатних концентрација приземног  $O_3$  и прекорачења. На основу расположивих података, у посматраном десетогодишњем периоду (2011–2020.), израчунате су просечне максималне дневне 8-сатне концентрације приземног  $O_3$  ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Преглед добијених вредности је приказан на слици 7.3.5.4.



Слика 7.3.5.4. Просечне максималне дневне 8-сатне концентрације приземног  $O_3$  ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) на станицама у Србији на основу расположивих података у периоду 2011–2020. година.

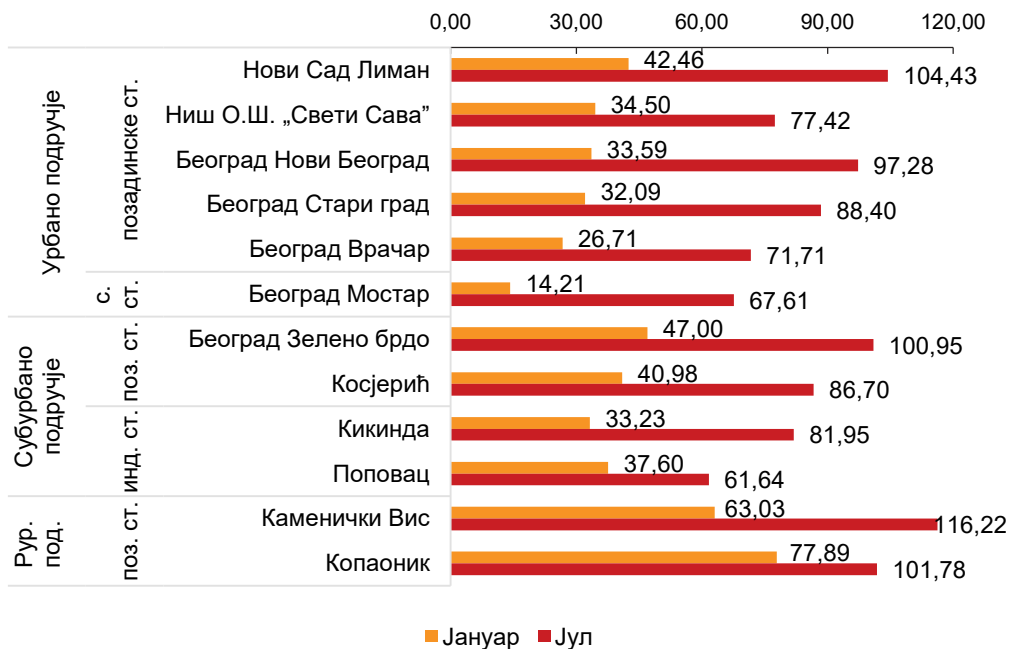
Највиша просечна максимална дневна 8-сатна концентрација приземног  $O_3$  у посматраном периоду од  $96,24 \mu\text{g}/\text{m}^3$  утврђена је за Копаоник, позадинску станицу у руралном подручју. Следи је вредност од  $89,26 \mu\text{g}/\text{m}^3$  за станицу Каменички вис, такође позадинску станицу у руралном подручју. У урбаном подручју, за позадинске станице, утврђене вредности су у опсегу од  $50,64 \mu\text{g}/\text{m}^3$  за станицу Београд Врачар до  $77,95 \mu\text{g}/\text{m}^3$  за станицу Нови Сад Лиман, док је за саобраћајну станицу Београд Мостар утврђена вредност од  $37,24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . У субурбаном подручју, више вредности су утврђене за позадинске станице ( $75,85 \mu\text{g}/\text{m}^3$  за Београд Зелено Брдо и  $70,05 \mu\text{g}/\text{m}^3$  за Косјерић) у поређењу са индустријским станицама ( $58,12 \mu\text{g}/\text{m}^3$  за Кикинду и  $56,71 \mu\text{g}/\text{m}^3$  за Поповац).

Расподела вредности на месечном нивоу указује на сезонски карактер са највишим вредностима у топлијем делу године и нижим вредностима током зимских месеци. На слици 7.3.5.5 су приказане просечне месечне вредности максималних дневних 8-сатних концентрација приземног  $O_3$  за станице Београд Стари град, Нови Сад Лиман и Каменички вис. За станицу Каменички вис, вредности од  $\sim 110 \mu\text{g}/\text{m}^3$  највише су током четири летња месеца (јун–септембар), а најниже су у периоду новембар–јануар ( $\sim 60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Оваква унутаргодишња расподела просечних месечних концентрација утврђена је и за станице Београд Стари град и Нови Сад Лиман, али са нижим вредностима: за станицу Београд Стари град вредности у летњим месецима достижу  $\sim 105 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , а у току зимских месеци  $\sim 40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , за станицу Нови Сад Лиман у току летњих месеци вредности су  $\sim 80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , а у зимским месецима  $\sim 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

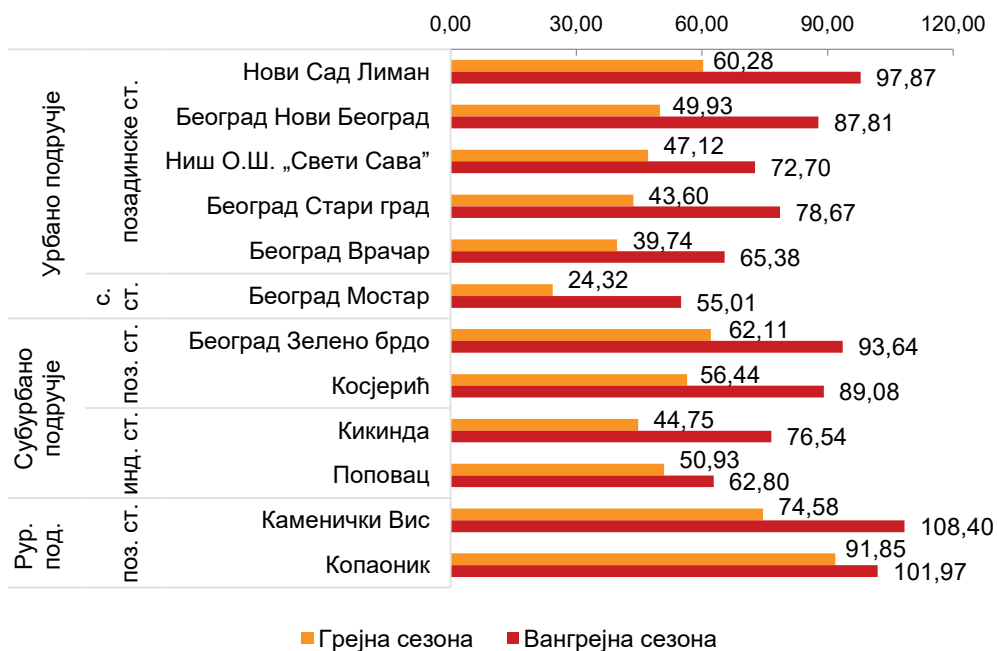


Слика 7.3.5.5. Просечне максималне дневне 8-сатне концентрације приземног  $O_3$  ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) на месечном нивоу на станицама Београд Стари Град, Нови Сад Лиман и Каменички вис на основу расположивих података у периоду 2011–2020. година.

Расподела јануарских и јулских вредности, као и расподела током грејне и вангрејне сезоне је приказана на сликама 7.3.5.6 и 7.3.5.7. За све станице јулске вредности су више од јануарских. Највише јулске вредности од  $116,22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $104,43 \mu\text{g}/\text{m}^3$  и  $101,78 \mu\text{g}/\text{m}^3$  су утврђене за станице Каменички вис, Нови Сад Лиман и Копаоник, а најниже од  $77,42 \mu\text{g}/\text{m}^3$  и  $71,71 \mu\text{g}/\text{m}^3$  за станице Ниш О.Ш. „Свети Сава” и Београд Врачар. Најнижа јануарска вредност од  $14,21 \mu\text{g}/\text{m}^3$  је добијена за станицу Београд Мостар. Расподела вредности за грејну и вангрејну сезону такође прати месечну расподелу концентрација са вишим вредностима ван грејне сезоне у поређењу са грејном сезоном.



Слика 7.3.5.6. Просечне максималне дневне 8-сатне концентрације приземног  $O_3$  ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) у јануару и јулу на станицама у Србији на основу расположивих података у периоду 2011–2020.



Слика 7.3.5.7. Просечне максималне дневне 8-сатне концентрације приземног  $O_3$  ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) у току грејне сезоне и ван грејне сезоне на станицама у Србији на основу расположивих података у периоду 2011–2020.






Број дана у току године када су максималне дневне 8-сатне концентрације приземног  $O_3$  биле изнад  $120 \mu g/m^3$  (гранична вредности према домаћем законодавству), односно  $100 \mu g/m^3$  (гранична вредност према смерницама СЗО) приказан је у табелама 7.3.5.1 и 7.3.5.2. Станице Каменички вис и Копаоник се издвајају по броју прекорачења; до 90 дана у 2012. години за граничну вредност од  $120 \mu g/m^3$  (до 190 дана за граничну вредност од  $100 \mu g/m^3$ ) за станицу Каменички вис и до 82 дана за граничну вредност од  $120 \mu g/m^3$  (до 240 дана за граничну вредност од  $100 \mu g/m^3$ ) за станицу Копаоник. Станица Београд Мостар се одликује најмањом учесталашћу дана са прекорачењима посматраних граничних вредности, док је за већину станица број дана са прекорачењима већи у почетним годинама анализираног периода. У урбаном подручју позадинска станица Нови Сад Лиман се одликује највећим бројем дана са прекорачењима, до 115 дана у 2012. години са вредностима максималних дневних 8-сатних концентрација приземног  $O_3$  изнад  $100 \mu g/m^3$ . За позадинску станицу у руралном подручју, Косјерић, број дана са концентрацијама изнад  $100 \mu g/m^3$  износио је 131 дан у 2012. години.

Табела 7.3.5.1. Број дана са прекорачењима граничне вредности од  $120 \mu g/m^3$  (домаће законодавство) за максималне дневне 8-сатне концентрације приземног  $O_3$  на станицама у Србији, период 2011–2020. година

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<b>Урбано подручје</b>	<i>Позадинске станице</i>									
Београд Врачар	5	27								
Београд Нови Београд	31	34	29					3	4	1
Београд Стари град	27	33	46						4	
Нови Сад Лиман		56	25			10	37	21	10	20
Ниш О.Ш. „Свети Сава”			6						5	1
	<i>Саобраћајна станица</i>									
Београд Мостар	4	3								
<b>Субурбано подручје</b>	<i>Позадинске станице</i>									
Београд Зелено брдо			59					2	22	10
Косјерић	27	54							3	4
	<i>Индустријске станице</i>									
Кикинда					34			5		
Поповац			9							
<b>Рурално подручје</b>	<i>Позадинске станице</i>									
Каменички Вис	54	90	41		78	36	31	21	28	34
Копаоник	35	62	33						82	9




**Легенда**

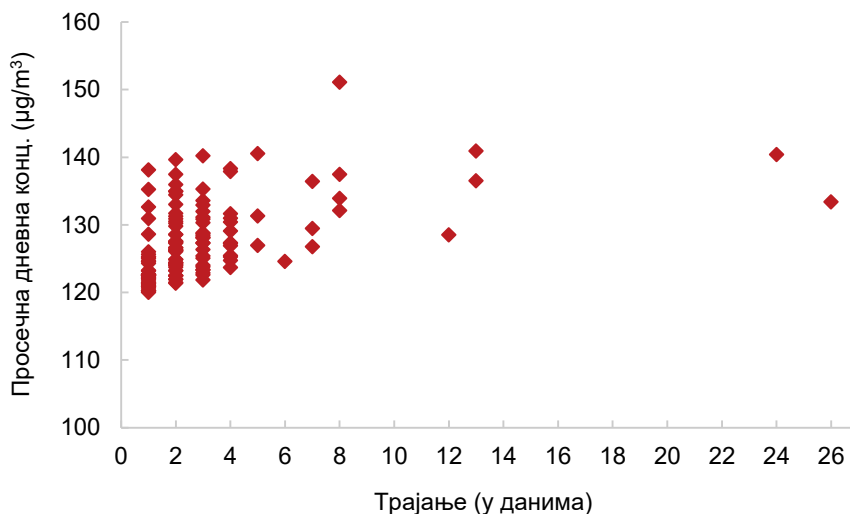
	Година у којој су утврђена прекорачења
	Година у којој нису утврђена прекорачења
	Нема података

Табела 7.3.5.2. Број дана са прекорачењима граничне вредности од  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (СЗО смерница) за максималне дневне 8-сатне концентрације приземног  $\text{O}_3$  на станицама у Србији, период 2011–2020

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<b>Урбано подручје</b>	<i>Позадинске станице</i>									
Београд Врачар	46	73	6							1
Београд Нови Београд	98	78	82					21	22	24
Београд Стари град	92	90	93			8			35	3
Нови Сад Лиман		115	79			54	96	98	69	94
Ниш О.Ш. „Свети Сава”			56					24	57	21
	<i>Саобраћајна станица</i>									
Београд Мостар	14	13	4		1					
<b>Субурбано подручје</b>	<i>Позадинске станице</i>									
Београд Зелено брдо			122					30	84	64
Косјерић	104	131							39	24
	<i>Индустријске станице</i>									
Кикинда					86	16		79		
Поповац			76					9	3	
<b>Рурално подручје</b>	<i>Позадинске станице</i>									
Каменички Вис	189	190	119		144	131	127	70	133	126
Копаноник	166	193	138						240	54

**Легенда**

	Година у којој су утврђена прекорачења
	Година у којој нису утврђена прекорачења
	Нема података



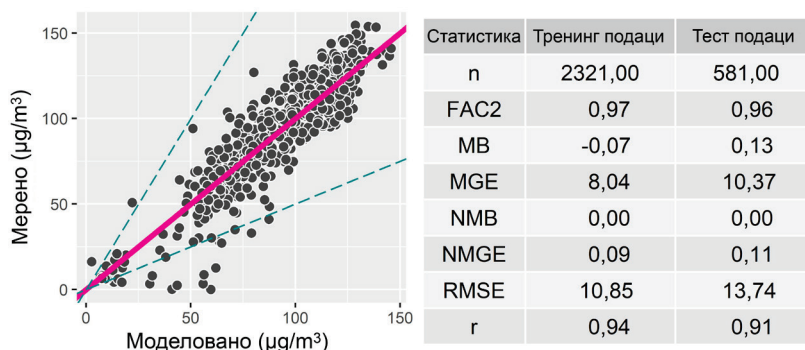
Слика 7.3.5.8. Догађаји са максималним дневним 8-сатним концентрацијама приземног  $\text{O}_3$  изнад  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  за станицу Каменички вис према дужини трајања у данима и просечној дневној концентрацији.



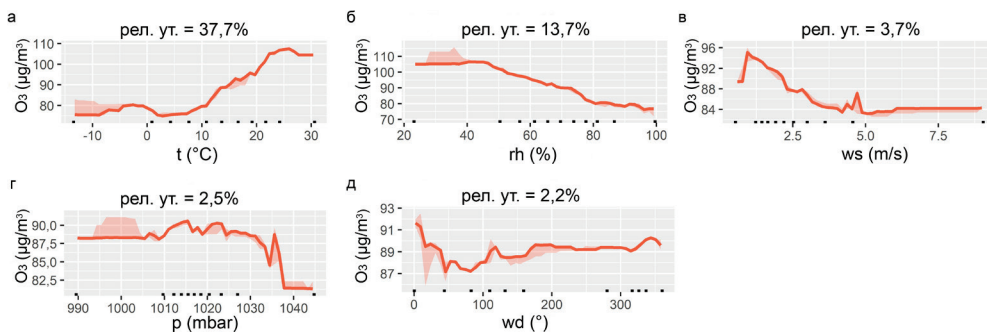
За станицу Каменички вис извојени су догађаји са максималним дневним 8-сатним концентрацијама приземног  $O_3$  ( $\mu g/m^3$ ) изнад граничне вредности од  $120 \mu g/m^3$  (табела П16 у Прилогу). Најдужи догађај у трајању од 26 дана и са просечном дневном концентрацијом од  $133,41 \mu g/m^3$  утврђен је за период од 5. до 30. јула 2015. године. У периоду од 23. до 30. јула 2013. године дневне концентрације су износиле у просеку  $151,09 \mu g/m^3$ , што је максимум за све извојене догађаје у периоду 2011–2020. година. Расподела свих извојених догађаја у зависности од трајања и просечних дневних вредности концентрација је приказана на слици 7.3.5.8. Најбројнији су догађаји у трајању до четири дана, док су највише просечне дневне концентрације утврђене за догађаје у трајању од осам и више дана. Преглед догађаја са прекорачењима максималних дневних 8-сатних концентрација приземног  $O_3$  за станице Копаоник, Београд Стари град и Косјерић приказан је у Прилогу у табелама П17, П18 и П19.

*Утицај метеоролошких услова на максималне 8-сатне концентрације приземног  $O_3$ .* У анализи утицаја метеоролошких услова на максималне дневне 8-сатне концентрације приземног  $O_3$  коришћени су подаци за неколико станица: Каменички вис, Копаоник, Београд Стари град и Нови Сад Лиман. Наведене станице су одабране на основу анализе расподеле вредности на годишњем и унутаргодишњем нивоу и броја дана са прекорачењима изнад граничних вредности. Такође, одабир је условљен и степеном доступности података у анализираном периоду.

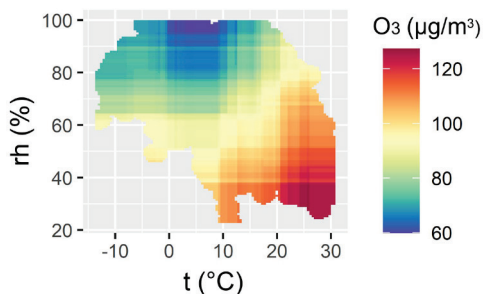
*Каменички вис.* За коришћену серију максималних дневних 8-сатних концентрација приземног  $O_3$  за станицу Каменички вис и предикторске варијабле, вредност  $r$  статистике за трениране податке износи 0,94 (RMSE = 10,85; NMGE = 0,09), док за тест податке износи 0,91 (RMSE = 13,74; NMGE = 0,11). Модел показује добре предиктивне способности ( $r^2 = 0,83$ ) осим у опсегу најнижих вредности ( $< 50 \mu g/m^3$ , слика 7.3.5.9). Највиша вредност процењеног релативног утицаја од 37,7% је добијена за дневне температуре ваздуха (слика 7.3.5.10а).



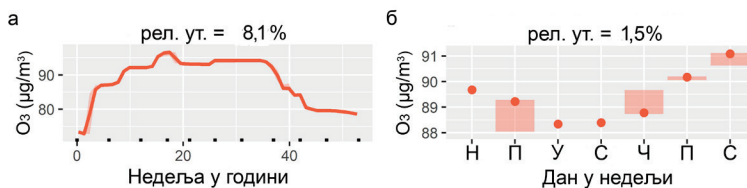
Слика 7.3.5.9. Перформансе модела, станица Каменички вис.



Слика 7.3.5.10. Моделовани релативни утицај (у %) метеоролошких предиктора  $t$  (а),  $rh$  (б),  $ws$  (в),  $p$  (г) и  $wd$  (д), станица Каменички вис.



Слика 7.3.5.11. Распореда максималних дневних 8-сатних концентрација приземног  $O_3$  у односу на температуру ваздуха и релативну влажност ваздуха, станица Каменички вис.

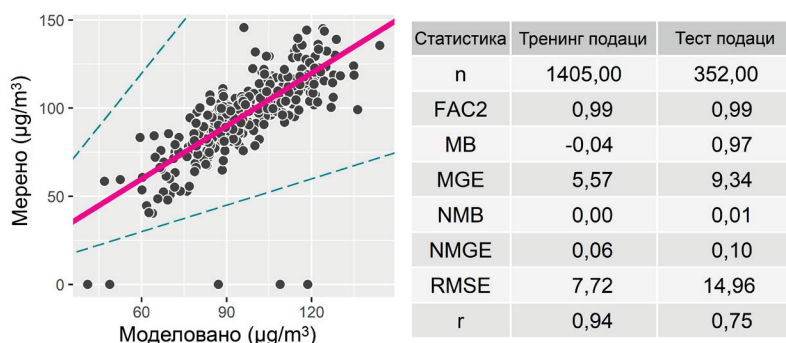


Слика 7.3.5.12. Моделовани релативни утицај (у %) предикторских варијабли недеља у години (а) и дан у недељи (б), станица Каменички вис.

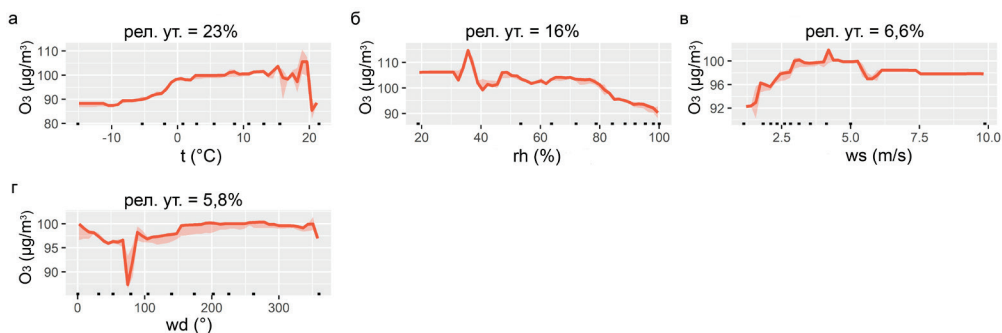
Значајнији раст концентрација се дешава при температурама ваздуха вишим од  $10\text{ }^\circ\text{C}$ , са највишим вредностима при температурама изнад  $20\text{ }^\circ\text{C}$ , односно  $25\text{ }^\circ\text{C}$  (опсег варијаблности концентрација до  $35\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). По висини релативног утицаја се издваја и релативна влажност са  $13,7\%$  (опсег варијаблности концентрација до  $30\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ , слика 7.3.5.10б). Најниже вредности концентрација су у данима са температурама ваздуха  $0\text{--}10\text{ }^\circ\text{C}$  и са релативном влажношћу од  $80\text{--}100\%$  (слика 7.3.5.11). Добијене вредности за друге посматране метеоролошке варијабли су значајно ниже и износе свега неколико процената: брзина ветра са  $3,7\%$ , ваздушни притисак са  $2,5\%$ , правац ветра са  $2,2\%$ , односно немају већи значај као предиктори у расподели максималних дневних 8-сатних концентрација приземног  $O_3$  за станицу Каменички вис (7.3.5.10в-д). У погледу других предикторских варијабли, за недељу у години процењен

је релативни утицај од 8,1%, док је за дан у недељи 1,5% (7.3.5.12). Први предиктор указује на изражен сезоналитет у унутаргодишњој расподели концентрација, док други, упркос малом утицају, указује да постоје извесне разлике у зависности од дана у недељи, са порастом концентрација од уторка до суботе.

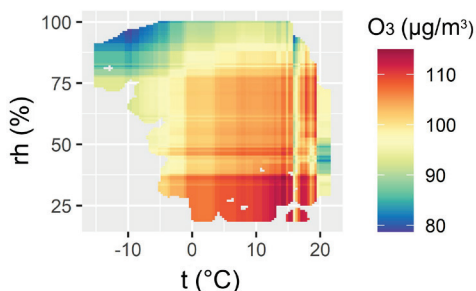
**Копаоник.** За коришћену серију максималних дневних 8-сатних концентрација приземног  $O_3$  за станицу Копаоник и предикторске варијабле, вредност  $r$  статистике за трениране податке износи 0,94 (RMSE = 7,72; NMGE = 0,06), док за тест податке износи 0,75 (RMSE = 14,96; NMGE = 0,10). Предиктивне способности модела су најслабије у опсегу најнижих и највиших вредности ( $r^2 = 0,56$ , слика 7.3.5.13).



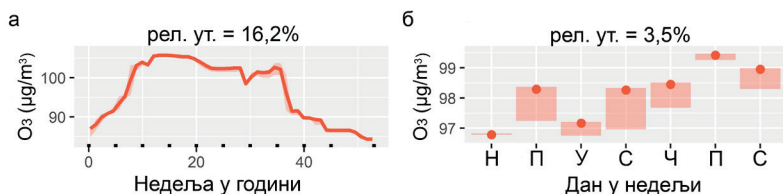
Слика 7.3.5.13. Моделовани релативни утицај (у %) метеоролошких предиктора, станица Копаоник.



Слика 7.3.5.14. Моделовани релативни утицај (у %) метеоролошких предиктора  $t$  (а),  $rh$  (б),  $ws$  (в) и  $wd$  (г), станица Копаоник.



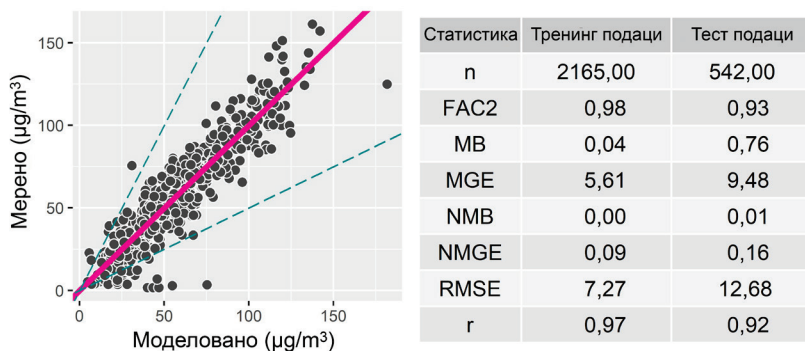
Слика 7.3.5.15. Распдела максималних дневних 8-сатних концентрација приземног  $O_3$  у односу на температуру ваздуха и релативну влажност ваздуха, станица Копаоник.



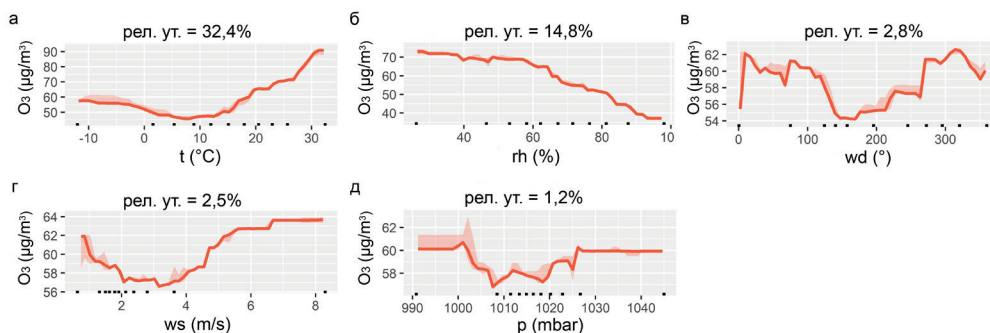
Слика 7.3.5.16. Моделовани релативни утицај (у %) предикторских варијабли недеља у години (а) и дан у недељи (в), станица Копаоник.

Највећи релативни утицај имају температура ваздуха и релативна влажност са 23% и 16% (7.3.5.14а-б). Распореда максималних дневних 8-сатних концентрација приземног  $O_3$  у односу на дневне температуре ваздуха и релативне влажности је дата на слици 7.3.5.15. Највише концентрације су већ при температурама ваздуха вишим од  $0\text{ }^\circ\text{C}$  и релативној влажности нижој од 35% (варијабилност концентрација је у опсегу до  $25\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). У погледу других метеоролошких варијабли, процењени релативни утицај за брзину ветра износи 6,6%, док је за правац ветра 5,8% (7.3.5.14в-д). Са повећањем брзине ветра повећавају се концентрације, док у погледу правца, за расподелу концентрација скоро сви правци имају значај осим ваздушних струјања из правца североистока. Варијабла недеља у години указује на присуство сезонитета у унутаргодишњој расподели концентрација (16,2% релативни утицај), док дан у недељи се одликује малим релативним утицајем од 3,5% (слика 7.3.5.16).

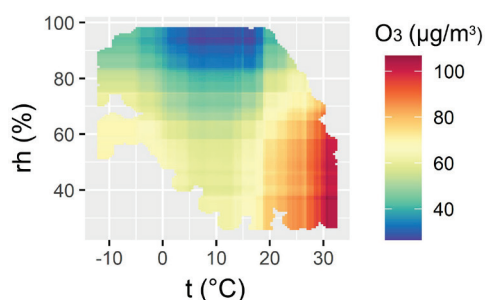
**Београд Стари Град.** За коришћену серију максималних дневних 8-сатних концентрација приземног  $O_3$  за станицу Београд Стари град и предикторске варијабле, вредност  $r$  статистике за трениране податке износи 0,97 (RMSE = 7,27; NMGE = 0,09), док за тест податке износи 0,92 (RMSE = 12,68; NMGE = 0,16). Модел показује добре предиктивне способности ( $r^2 = 0,85$ , слика 7.3.5.17), са изузетком одређеног дела опсервација у опсегу најнижих вредности.



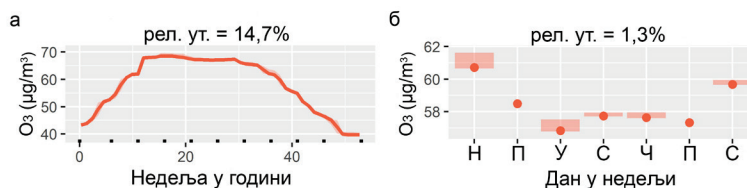
Слика 7.3.5.17. Моделовани релативни утицај (у %) метеоролошких предиктора, станица Београд Стари град.



Слика 7.3.5.18. Моделовани релативни утицај (у %) метеоролошких предиктора  $t$  (а),  $rh$  (б),  $wd$  (в),  $ws$  (г) и  $p$  (д), станица Београд Стари град.



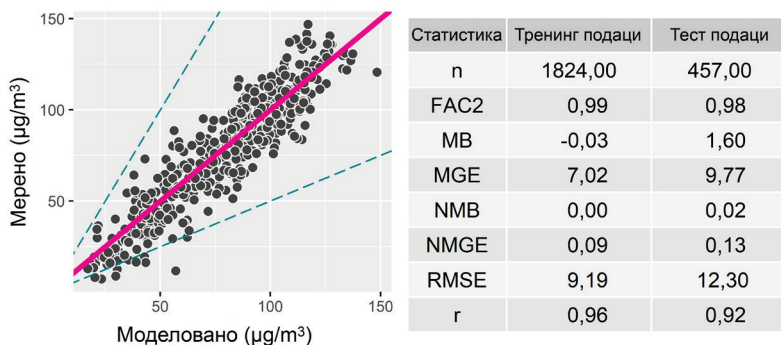
Слика 7.3.5.19. Расподела максималних дневних 8-сатних концентрација приземног  $O_3$  у односу на температуру ваздуха и релативну влажност ваздуха, станица Београд Стари град.



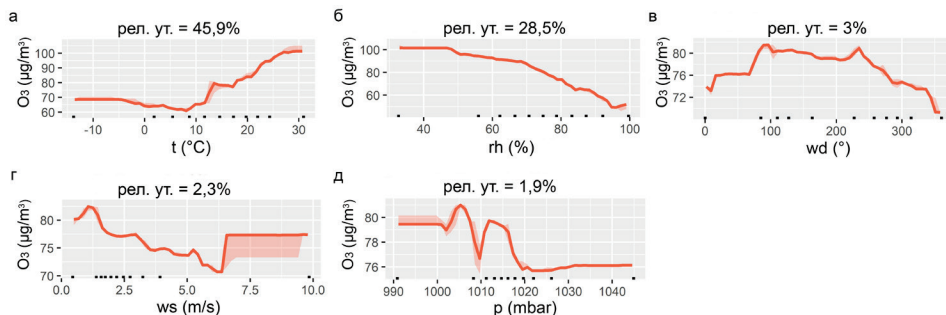
Слика 7.3.5.20. Моделовани релативни утицај (у %) предикторских варијабли недеља у години (а) и дан у недељи (б), станица Београд Стари град.

Процењени релативни утицај за температуру ваздуха је 32,4% (опсег варијабилности концентрација до  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), за релативну влажност 14,8% (опсег варијабилности концентрација до  $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), док је у случају осталих метеоролошких параметара свега неколико процената (правац ветра 2,8%, брзина ветра 2,5%, ваздушни притисак 1,2%; слика 7.3.5.18а-д) и нема већи значај. Највећи пораст концентрација је при температурама ваздуха вишим од  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  односно  $30 \text{ }^\circ\text{C}$  и при релативној влажности нижој од 60%. Међутим, део релативно високих концентрација се јавља у данима када су температуре ваздуха у минусу и при релативно високој релативној влажности ваздуха (60–80%, слика 7.3.5.19). Предикторска варијабла недеља у години показује изражен сезонски карактер (релативни утицај од 14,7%, опсег варијабилности концентрације од  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), док је дан у недељи без значајнијег утицаја (1,3%, слика 7.3.5.20).

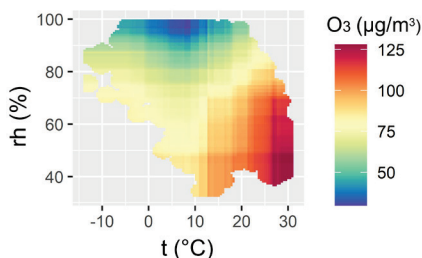
**Нови Сад Лиман.** За коришћену серију максималних дневних 8-сатних концентрација приземног  $O_3$  за станицу Нови Сад Лиман и предикторске варијабле, вредност  $r$  статистике за трениране податке износи 0,96 (RMSE = 9,19; NMGE = 0,09), док за тест податке износи 0,92 (RMSE = 12,30; NMGE = 0,13). Добијени модел показује добре предиктивне способности ( $r^2 = 0,85$ , 7.3.5.21).



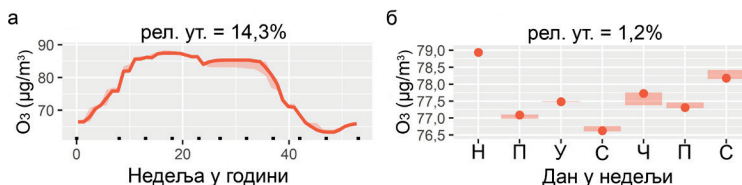
Слика 7.3.5.21. Моделовани релативни утицај (у %) метеоролошких предиктора, станица Нови Сад Лиман.



Слика 7.3.5.22. Моделовани релативни утицај (у %) метеоролошких предиктора  $t$  (а),  $rh$  (б),  $wd$  (в),  $ws$  (г) и  $p$  (д), станица Нови Сад Лиман.



Слика 7.3.5.23. Расподела максималних дневних 8-сатних концентрација приземног  $O_3$  у односу на температуру ваздуха и релативну влажност ваздуха, станица Нови Сад Лиман.



Слика 7.3.5.24. Моделовани релативни утицај (у %) предикторских варијабли недеља у години (а) и дан у недељи (б), станица Нови Сад Лиман.



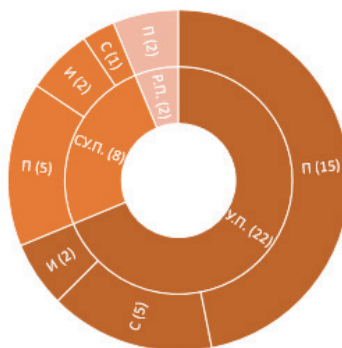
У погледу метеоролошких варијабли као предиктора, највећи релативни утицај од 45,9% има температура ваздуха (опсег варијабилности концентрација до  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , слика 7.3.5.22а). Најниже вредности концентрација су при температурама од 0–10 °С док при вишим температурама расту концентрације, са највишим вредностима када су средње дневне температуре ваздуха изнад 27 °С. Утицај релативне влажности ваздуха је процењен на 28,5% (варијабилност концентрација је у опсегу до  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , слика 7.3.5.22б). Занимљиво је да се релативно више вредности концентрација јављају при нижим температурама ваздуха (до 0 °С) и при релативној влажности од 60–80%. Расподела вредности максималних 8-сатних концентрација приземног  $\text{O}_3$  у зависности од температуре ваздуха и релативне влажности ваздуха је приказана на слици 7.3.5.23. У погледу правца и брзине ветра и ваздушног притиска, процењен је релативно мали утицај од неколико процената (слика 7.3.5.22в–д). Такође, предикторска варијабла дан у недељи има мали утицај (1,2%), док недеља у години има процењени релативни утицај од 14,3% и указује на изражен сезонитет (са утицајем на варијабилност у концентрацијама у опсегу до  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , слика 7.3.5.24).

### 7.3.6. Максималне дневне 8-сатне $\text{CO}$ концентрације

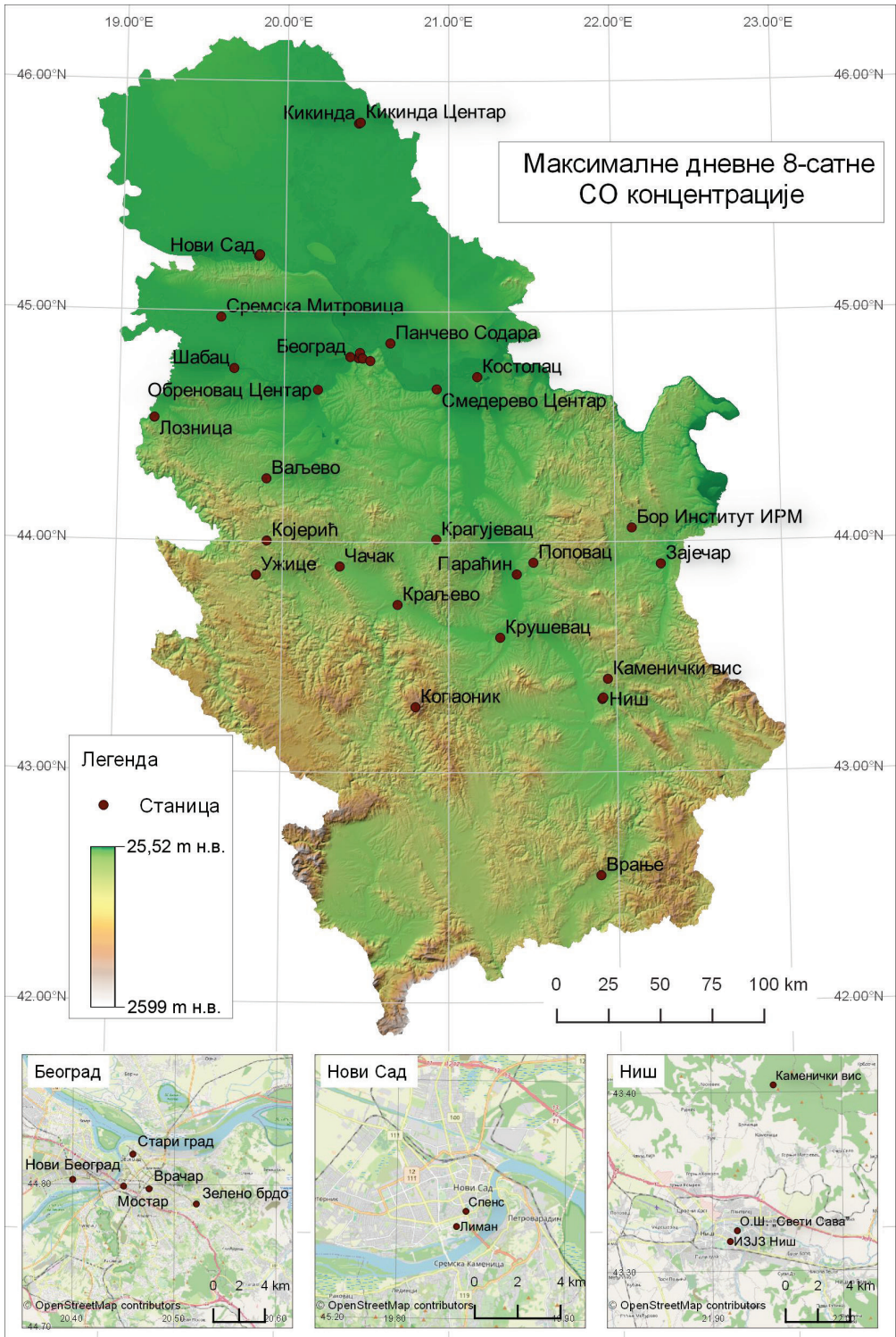
Број станица са 75–90% и више од 90% доступних максималних дневних 8-сатних  $\text{CO}$  концентрација на годишњем нивоу за период 2011–2020. година представљен је на слици 7.3.6.1. Најмање доступних података је у периоду 2015–2017. година (са по 17, 18 и 16 станица), док је највише за 2011. и 2013. годину, са по 30 станица. Заступљеније су станице код којих је више од 90% доступних података на годишњем нивоу. Највише доступних података је за станице у урбаном подручју и то позадински тип станица (укупно 22, слика 7.3.6.2). Приказ доступности података за сваку станицу на годишњем нивоу је дат у Прилогу у табели П20, док је просторна расподела станица представљена на слици 7.3.6.3.



Слика 7.3.6.1. Број станица за које су расположиви подаци за максималне дневне 8-сатне  $\text{CO}$  концентрације на годишњем нивоу у периоду 2011–2020. година.



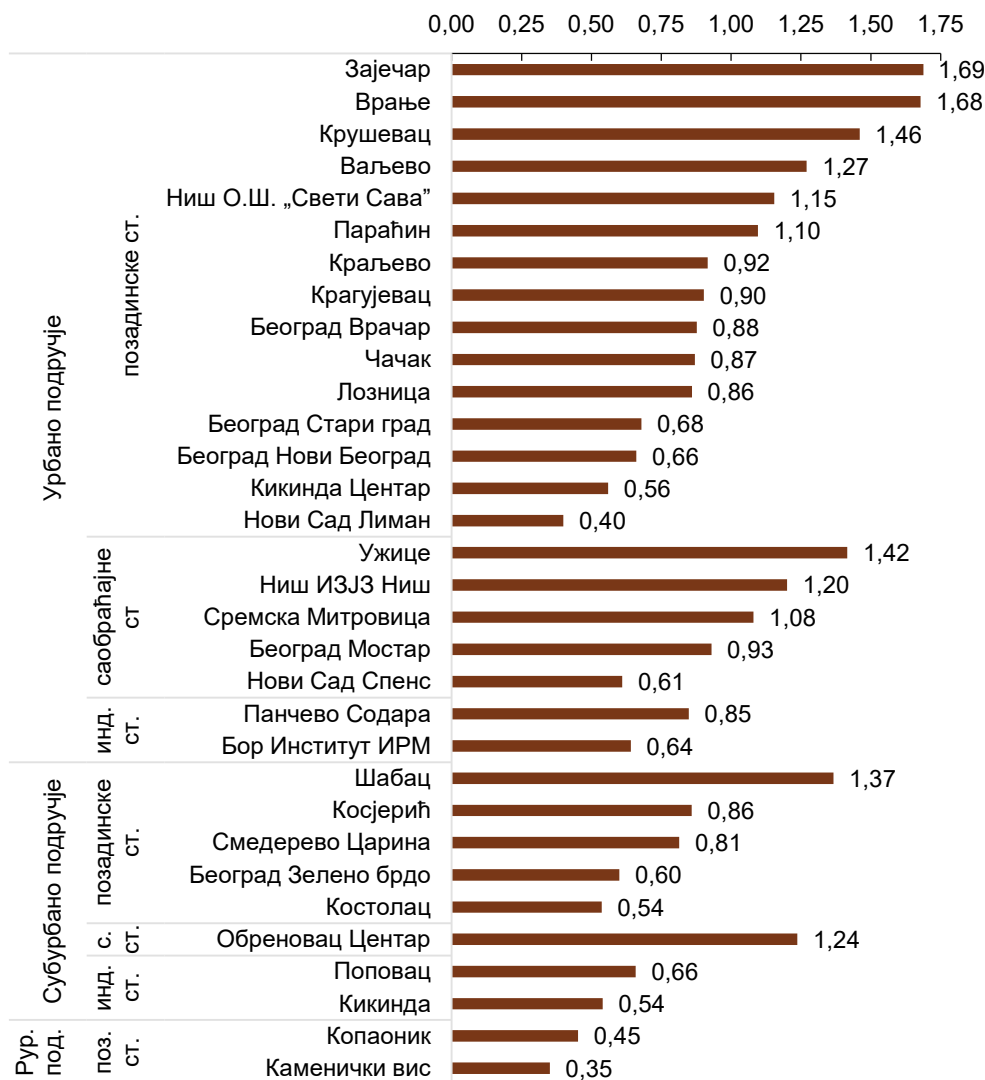
Слика 7.3.6.2. Број позадинских (П), саобраћајних (С) и индустријских (И) станица у урбаном подручју (У.П.), субурбаном подручју (СУ.П.) и руралном подручју (Р.П.) за које су доступне максималне дневне 8-сатне  $\text{CO}$  концентрације у периоду 2011–2020. година.



Слика 7.3.6.3. Просторна расподела станица за дневне CO концентрације.



Годишња и унутаргодишња расподела максималних дневних 8-сатних  $\text{CO}$  концентрација и прекорачења. На основу расположивих података, у посматраном десетогодишњем периоду (2011–2020.), израчунате су просечне максималне дневне 8-сатне концентрације  $\text{CO}$  ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ), а преглед добијених вредности је дат на слици 7.3.6.4.

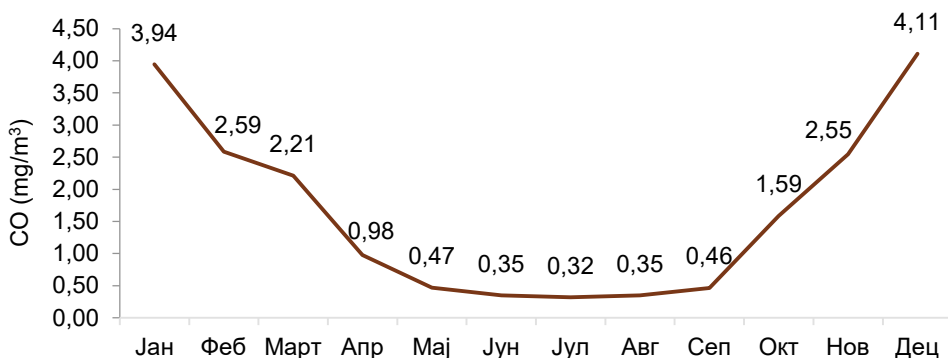


Слика 7.3.6.4. Просечне максималне дневне 8-сатне  $\text{CO}$  концентрације ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) на станицама у Србији на основу расположивих података у периоду 2011–2020. година.

Највиша просечна максимална дневна 8-сатна  $\text{CO}$  концентрација у посматраном периоду од  $1,69 \text{ mg}/\text{m}^3$  је утврђена за позадинску станицу у урбаном подручју Зајечар, док је најнижа вредност од  $0,35 \text{ mg}/\text{m}^3$  утврђена за позадинску станицу у руралном подручју Каменички вис. У урбаном подручју, за позадинске станице добијени вишегодишњи просеци максималних дневних 8-сатних  $\text{CO}$  концентрација се крећу од  $0,40 \text{ mg}/\text{m}^3$

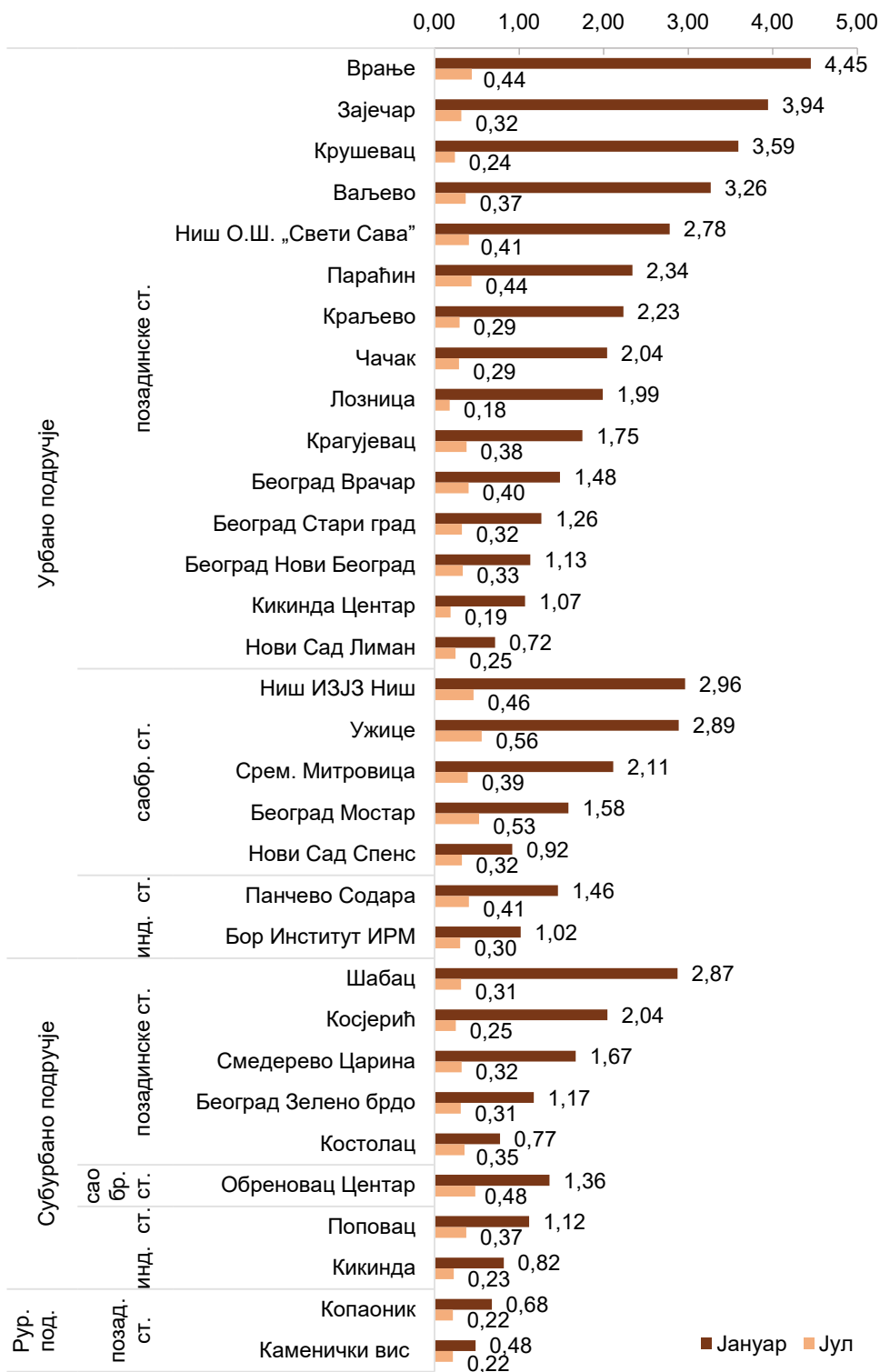
за станицу Нови Сад Лиман до  $1,68 \text{ mg/m}^3$  за станицу Врање и  $1,69 \text{ mg/m}^3$  за станицу Зајечар; за саобраћајне станице, од  $0,61 \text{ mg/m}^3$  за станицу Нови Сад Спенс до  $1,42 \text{ mg/m}^3$  за станицу Ужице; док за индустријске станице,  $0,64 \text{ mg/m}^3$  за станицу Бор Институт ИРМ и  $0,85 \text{ mg/m}^3$  за станицу Панчево Содара. У субурбаном подручју, на позадинским станицама, вишегодишњи просеци максималних дневних 8-сатних СО концентрација су од  $0,54 \text{ mg/m}^3$  за станицу Костолац до  $1,37 \text{ mg/m}^3$  за станицу Шабац; за саобраћајну станицу Обреновац Центар добијена је вредност од  $1,24 \text{ mg/m}^3$ ; за индустријске станице Поповац и Кикинда вредности су  $0,66 \text{ mg/m}^3$  и  $0,54 \text{ mg/m}^3$ . Две позадинске станице у руралном подручју бележе ниже вредности у поређењу са станицама у урбаном и субурбаном подручју.

Анализом просечних месечних вредности у вишегодишњем периоду (2011–2020.), утврђен је изразит сезонски карактер максималних дневних 8-сатних СО концентрација са најнижим вредностима током летњих месеци и највишим у зимском периоду године. На слици 7.3.6.5 су приказане просечне месечне вредности за станицу Зајечар; вредности од  $0,35 \text{ mg/m}^3$ ,  $0,32 \text{ mg/m}^3$  и  $0,35 \text{ mg/m}^3$  су добијене за јун, јул и август, док су јануарска и децембарска вредност  $3,94 \text{ mg/m}^3$  и  $4,11 \text{ mg/m}^3$ .

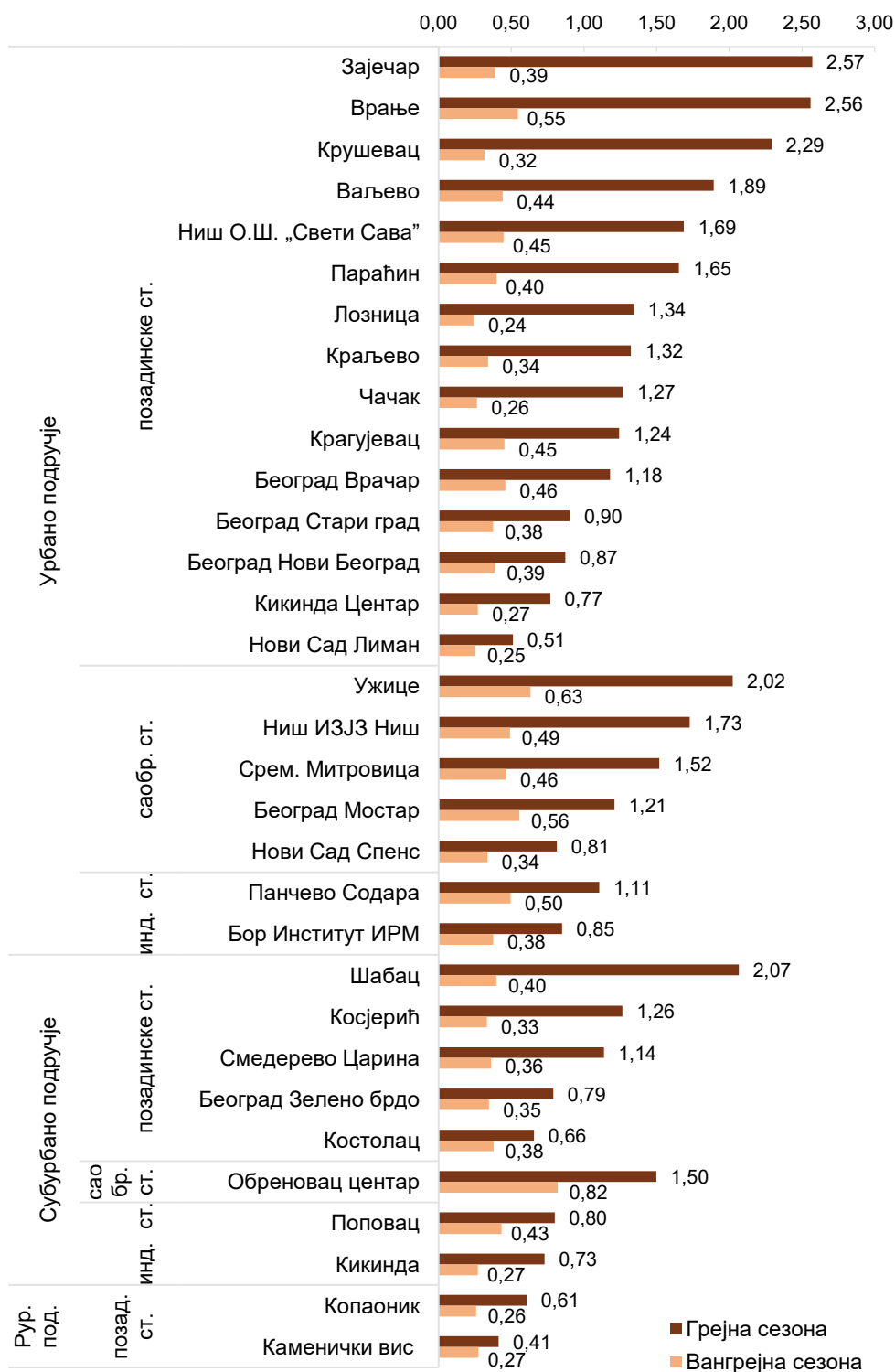


Слика 7.3.6.5. Просечне максималне дневне 8-сатне СО концентрације ( $\text{mg/m}^3$ ) на месечном нивоу на станици Зајечар на основу расположивих података у периоду 2011–2020. година.

Расподела просечних јануарских и јулских вредности максималних дневних 8-сатних СО концентрација за анализиране станице је приказана на слици 7.3.6.6. Значајно више вредности у јануару у односу на јул утврђене су на свим станицама, а нарочито за позадинске станице у поређењу са саобраћајним и индустријским станицама. Јануарске вредности на позадинским станицама у урбаном подручју биле су у распону од  $0,72 \text{ mg/m}^3$  за станицу Нови Сад Лиман до  $4,45 \text{ mg/m}^3$  на станици Врање, док су се у субурбаним подручјима кретале од  $0,77 \text{ mg/m}^3$  у Костолцу до  $2,87 \text{ mg/m}^3$  у Шапцу. Расподела просечних максималних дневних 8-сатних вредности СО у току грејне сезоне и ван грејне сезоне је приказана на слици 7.3.6.7. У складу са унутаргодишњом расподелом вредности, значајно су више вредности у току грејне сезоне у поређењу са вангрејном сезоном.



Слика 7.3.6.6. Просечне максималне дневне 8-сатне CO концентрације (mg/m<sup>3</sup>) у јануару и јулу на станицама у Србији на основу расположивих података у периоду 2011–2020. година.






Слика 7.3.6.7. Просечне максималне дневне 8-сатне CO концентрације (mg/m<sup>3</sup>) у току грејне сезоне и ван грејне сезоне на станицама у Србији на основу расположивих података у периоду 2011–2020. година.

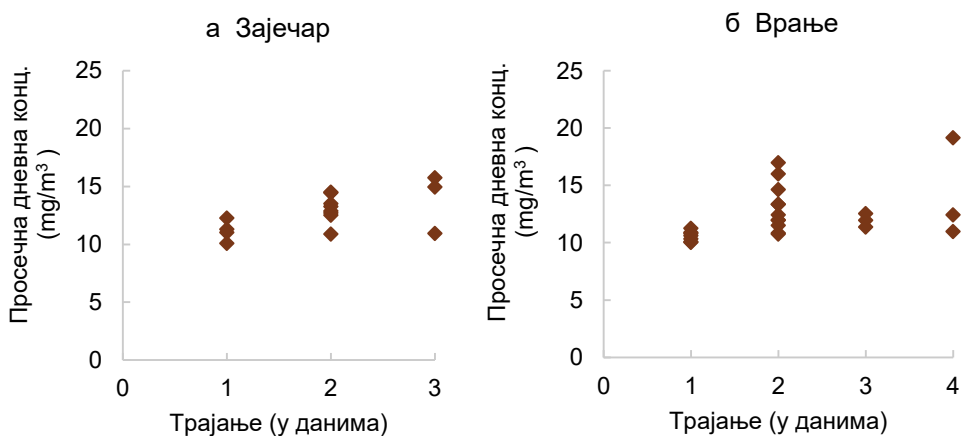
Табела 7.3.6.1. Број дана са прекорачењима граничне вредности од 10 mg/m<sup>3</sup> (домаће законодавство и СЗО смерница) за максималне дневне 8-сатне СО концентрације на станицама у Србији, период 2011–2020. година

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<b>Урбано подручје</b>	<i>Позадинске станице</i>									
Београд Врачар										
Београд Нови Београд										
Београд Стари град										
Ваљево	4									
Врање	19	1	3			4	10	9	4	
Зајечар	4		6		6	1		6	4	2
Киkinда Центар										
Крагујевац		1								
Краљево										
Крушевац	1							2		
Лозница										
Ниш О.Ш.„Свети Сава”	2									
Нови Сад Лиман										
Параћин										
Чачак										
	<i>Саобраћајне станице</i>									
Београд Мостар										
Ниш ИЗЈЗ Ниш	2									
Нови Сад Спенс										
Сремска Митровица										
Ужице	2	1	2							
	<i>Индустријске станице</i>									
Бор Институт ИРМ										
Панчево Содара										
<b>Субурбано подручје</b>	<i>Позадинске станице</i>									
Београд Зелено брдо										
Косјерић										
Костолац										
Смедрево Царина										
Шабац	6		3		3			2		
	<i>Саобраћајне станице</i>									
Обреновац Центар			43							
<i>Индустријске станице</i>										
Киkinда										
Поповац										
<b>Рурално подручје</b>	<i>Позадинске станице</i>									
Каменички вис										
Копаоник										

## Легенда

	Година у којој су утврђена прекорачења
	Година у којој нису утврђена прекорачења
	Нема података

Број дана у току године када су максималне дневне 8-сатне  $\text{CO}$  концентрације прекорачиле граничну вредност од  $10 \text{ mg/m}^3$  (домаће законодавство и  $\text{C3O}$  смерница), израчунат на основу расположивих података на станицама у Србији, у периоду 2011–2020. година је приказан у табели 7.3.6.1. За највећи број посматраних станица у годинама за које постоје расположиви подаци нису утврђена прекорачења, а граничне вредности су прекорачене на станицама Врање, Ваљево, Крушевац, Ниш О.Ш. „Свети Сава”, Ниш ИЗЈЗ Ниш, Ужице, Шабац и Обреновац Центар. За највећи број наведених станица прекорачења се јављају у једној или две године са малим бројем дана. Изузетак су станице Врање (укупно 50 дана у посматраном периоду), Зајечар (укупно 29 дана), Шабац (укупно 14 дана) и Ужице (укупно 5 дана). На станици Обреновац Центар утврђено је прекорачење од чак 43 дана у току само једне, 2013. године, када су дневни 8-сатни максимуми били изнад граничне вредности; у периоду од 6. априла до 19. маја 2013. године (са изузетком 9. априла) забележене су вредности од 10,12 до  $11,7 \text{ mg/m}^3$ .

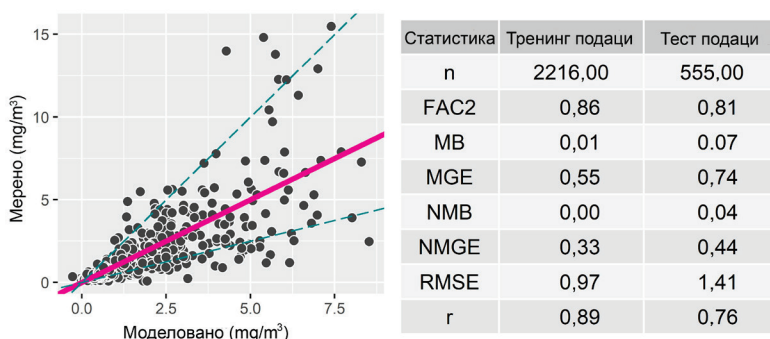


Слика 7.3.6.8. Догађаји са максималним дневним 8-сатним  $\text{CO}$  концентрацијама изнад  $10 \text{ mg/m}^3$  за станицу Зајечар (а) и Врање (б) према дужини трајања у данима и просечној дневној концентрацији, 2011–2020. година.

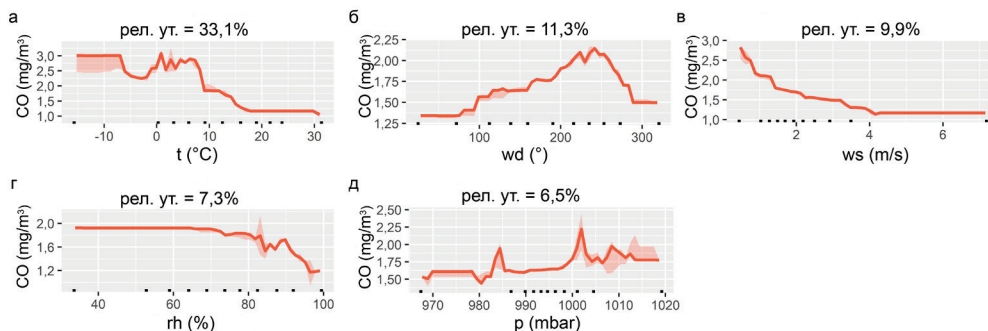
Догађаји са прекорачењима граничне вредности од  $10 \text{ mg/m}^3$  (гранична вредност према домаћем законодавству и смерници  $\text{C3O}$ ) за станице Зајечар и Врање су приказани у Прилогу у табелама П21 и П22. Број догађаја и просечна дневна концентрација за ове станице је приказана на слици 7.3.6.8а-б. Евидентно је да се ради о догађајима у трајању од највише 3 дана за станицу Зајечар, односно 4 дана за станицу Врање. Најекстремнији догађај за Зајечар забележен је од 17. до 19. децембра 2019. године када су просечне дневне максималне дневне 8-сатне  $\text{CO}$  концентрације износиле  $15,74 \text{ mg/m}^3$ , односно од 8. до 11. јануара 2011. године за Врање са просечним дневним концентрацијама од  $19,15 \text{ mg/m}^3$ .

Утицај метеоролошких услова на максималне дневне 8-сатне CO концентрације. На основу анализе расподеле вредности на годишњем и унутаргодишњем нивоу и броја дана са прекорачњима максималних дневних 8-сатних CO концентрација изнад граничне вредности, издвојене су станице са којих су подаци коришћени за моделовање утицаја метеоролошких услова. То су станице Зајечар, Врање, Шабац и Ужице.

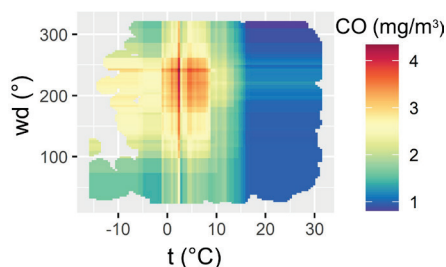
**Зајечар.** За коришћену серију максималних дневних 8-сатних CO концентрација за станицу Зајечар и предикторске варијабле, вредност  $r$  статистике за трениране податке износи 0,89 (RMSE = 0,97; NMGE = 0,33), док за тест податке износи 0,76 (RMSE = 1,41; NMGE = 0,44). Предиктивне способности модела су релативно добре, и то у опсегу најнижих концентрација ( $r^2 = 0,58$ , слика 7.3.6.9).



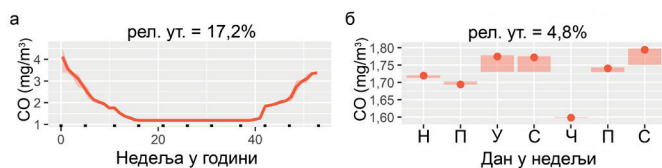
Слика 7.3.6.9. Перформансе модела, станица Зајечар.



Слика 7.3.6.10. Моделовани релативни утицај (у %) метеоролошких предиктора  $t$  (а),  $wd$  (б),  $ws$  (в),  $rh$  (г) и  $p$  (д), станица Зајечар.



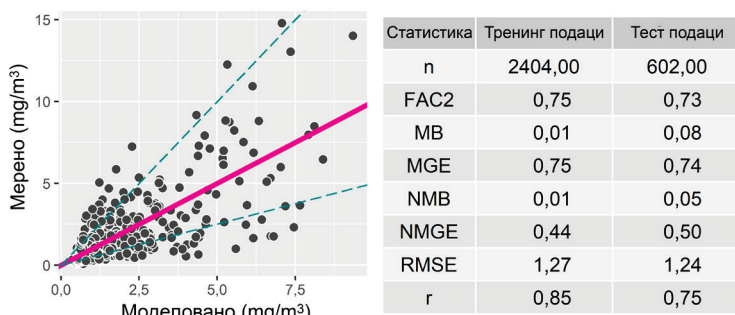
Слика 7.3.6.11. Распoдела максималних дневних 8-сатних CO концентрација у односу на температуру ваздуха и правац ветра, станица Зајечар.



Слика 7.3.6.12. Моделовани релативни утицај (у %) предикторских варијабли недеља у години (а) и дан у недељи (б), станица Зајечар.

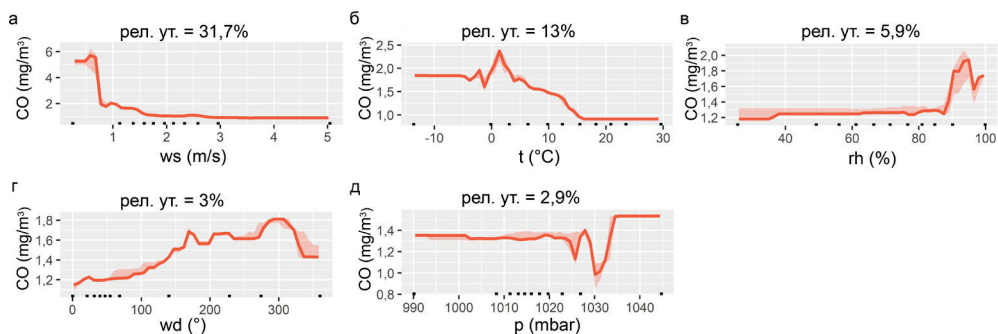
У погледу метеоролошких варијабли, највиша процењена вредност релативног утицаја од 33,1% је добијена за дневне температуре ваздуха (са утицајем на варијабилност концентрација у опсегу до  $2 \text{ mg/m}^3$ ), затим за правац ветра (11,3%) и брзину ветра (9,9%; слика 7.3.6.10а-в). Са падом температура ваздуха долази до пораста у концентрацијама, при чему су највећи пикови у вредностима при температурама у распону  $0\text{--}10 \text{ }^\circ\text{C}$  и нижим од  $-5 \text{ }^\circ\text{C}$ . Највећи пик у концентрацијама је при струјању ваздуха из правца југозапада, док са смањењем брзине ветра се повећавају концентрације, и то највише при брзинама нижим од  $2 \text{ m/s}$ . Расподела максималних 8-сатних  $\text{CO}$  концентрација у зависности од температуре ваздуха и правца ветра је приказана на слици 7.3.6.11. Друге метеоролошке варијабле се одликују нижим вредностима процењеног релативног утицаја; релативна влажност ваздуха са 7,3% (концентрације опадају са повећањем релативне влажности изнад 75%) и ваздушни притисак са 6,5% (генералан тренд повећања концентрација са порастом у вредностима ваздушног притиска, са највећим скоковима при вредностима од  $985 \text{ mbar}$  и  $\sim 1000 \text{ mbar}$ , слика 7.3.6.10г-д). За варијаблу недеља у години процењени релативни утицај је 17,2% (са опсегом варијабилности у концентрацијама до  $3 \text{ mg/m}^3$ ), што указује на изражен сезонитет у унутаргодишњој расподели. Дан у недељи има процењени релативни утицај од 4,8%, али са мањим опсегом у варијабилности максималних 8-сатних  $\text{CO}$  концентрација за станицу Зајечар ( $0,3 \text{ mg/m}^3$ , слика 7.3.6.12).

**Врање.** За коришћену серију максималних дневних 8-сатних  $\text{CO}$  концентрација за станицу Врање и предикторске варијабле, вредност  $r$  статистике за трениране податке износи 0,85 (RMSE = 1,27; NMGE = 0,44), док за тест податке износи 0,75 (RMSE = 1,24; NMGE = 0,50). Предиктивне способности опадају са растом концентрација ( $r^2 = 0,58$ , слика 7.3.6.13).

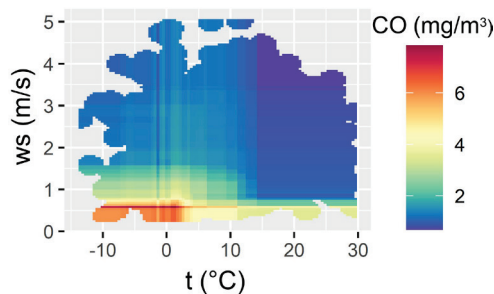


Слика 7.3.6.13. Перформансе модела, станица Врање.

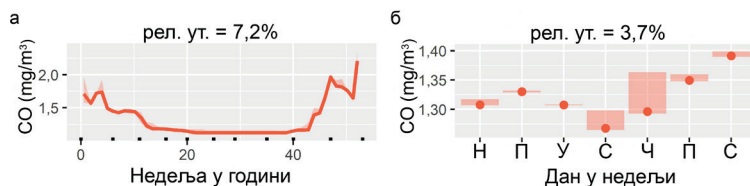




Слика 7.3.6.14. Моделовани релативни утицај (у %) метеоролошких предиктора ws (а), t (б), rh (в), wd (г) и p (д), станица Врање.



Слика 7.3.6.15. Расподела максималних дневних 8-сатних CO концентрација у односу на температуру ваздуха и брзину ветра, станица Врање.

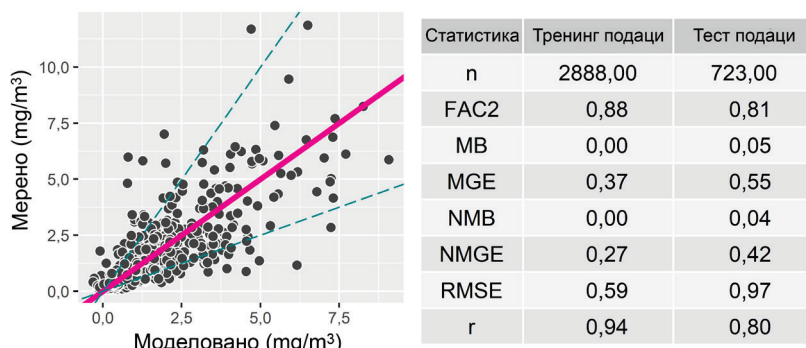


Слика 7.3.6.16. Моделовани релативни утицај (у %) предикторских варијабли недеља у години (а) и дан у недељи (б), станица Врање.

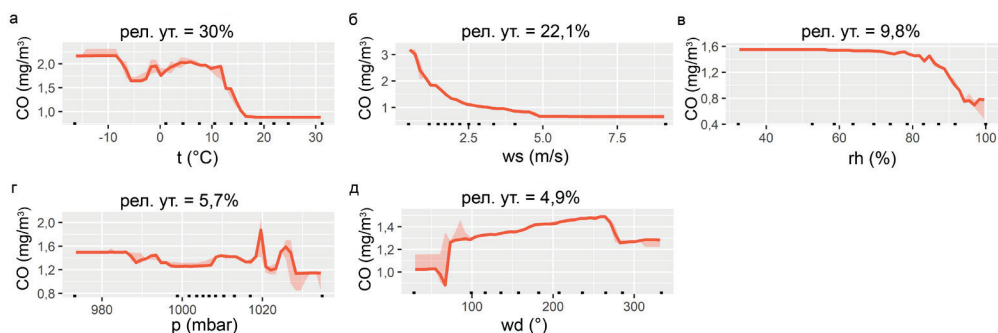
У погледу метеоролошких варијабли, највишим процењеним релативним утицајем се одликују брзина ветра са 31,7% (са опсегом у варијабилности концентрација и до  $5 \text{ mg/m}^3$ ), а затим и температура ваздуха са 13% (са опсегом у варијабилности концентрација и до  $2 \text{ mg/m}^3$ , слика 7.3.6.14а-б). Највише вредности максималних дневних 8-сатних CO концентрација јављају се у условима најнижих брзина ветра и тишина, док је њихов највећи скок при температурама ваздуха нижим од  $15 \text{ }^\circ\text{C}$ , са пиком при температури од  $\sim 0 \text{ }^\circ\text{C}$ . Расподела концентрација у односу на вредности брзине ветра и температуре ваздуха приказана је на слици 7.3.6.15. Друге метеоролошке варијабле имају ниже вредности процењеног релативног утицаја (релативна влажност са 5,8%, правац ветра са 3% и ваздушни притисак са 2,9%, слика 7.3.6.14в-д), а опсег утицаја на вредности концентрација није већи од  $0,8 \text{ mg/m}^3$ . Утицај варијабле недеља у години указује на сезонски карактер у унутаргодишњој

расподели концентрација (7,2%), док варијабла дан у недељи нема већи утицај (3,7%, слика 7.3.6.16).

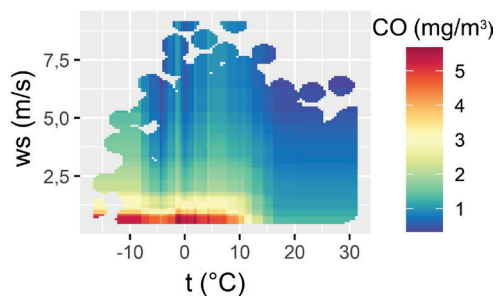
**Шабац.** За коришћену серију максималних дневних 8-сатних CO концентрација за станицу Шабац и предикторске варијабле, вредност  $r$  статистике за трениране податке износи 0,94 (RMSE = 0,59; NMGE = 0,27), док за тест податке износи 0,80 (RMSE = 0,97; NMGE = 0,42). Предиктивне способности модела су добре ( $r^2 = 0,64$ ), али са падом у могућностима предикције са растом вредности концентрација (слика 7.3.6.17).



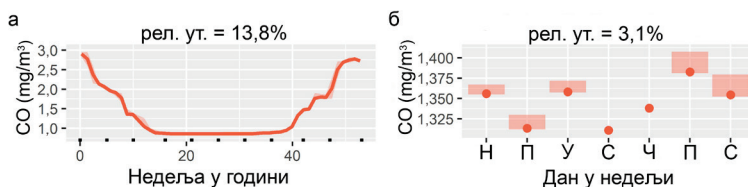
Слика 7.3.6.17. Перформансе модела, станица Шабац.



Слика 7.3.6.18. Моделовани релативни утицај (у %) метеоролошких предиктора  $t$  (а),  $ws$  (б),  $rh$  (в),  $p$  (г) и  $wd$  (д), станица Шабац.



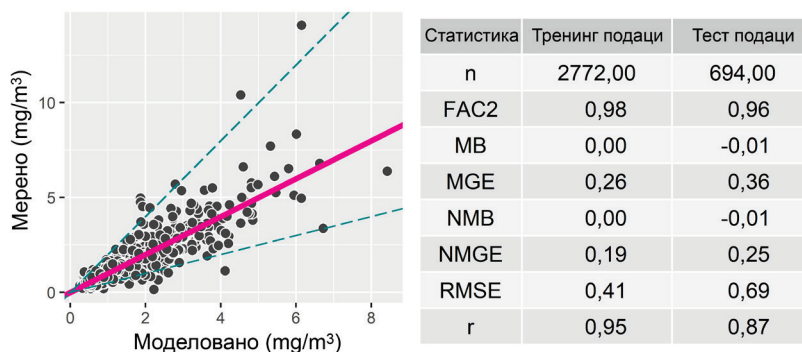
Слика 7.3.6.19. Распореда максималних дневних 8-сатних CO концентрација у односу на температуру ваздуха и брзину ветра, станица Шабац.



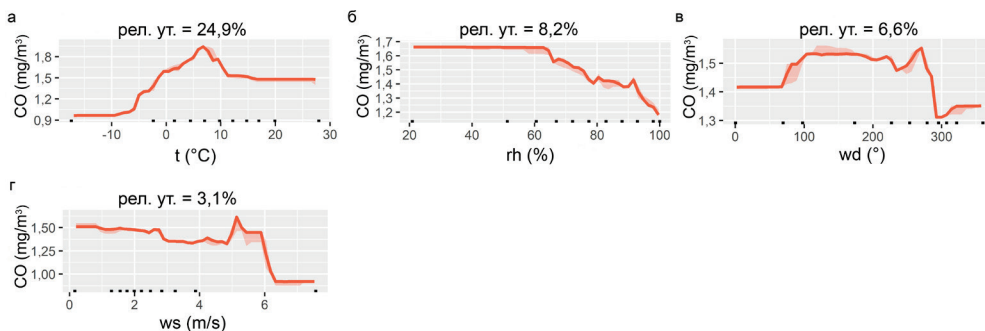
Слика 7.3.6.20. Моделовани релативни утицај ( $\gamma$  %) предикторских варијабли недеља у години (а) и дан у недељи (б), станица Шабац.

У погледу метеоролошких варијабли, највиша процењена вредност релативног утицаја од 30% је добијена за температуру ваздуха, а затим и брзину ветра са 22,1% (слика 7.3.6.18а-б). Највише концентрације су при температурама ваздуха нижим од 10 °C (опсег варијабилности је и до 2 mg/m<sup>3</sup>). Већ при брзинама ветра нижим од 2,5 m/s је значајнији пораст концентрација (опсег у варијаблности и до 3 mg/m<sup>3</sup>). Распореда максималних дневних 8-сатних CO концентрација у односу на вредности температуре ваздуха и брзине ветра је приказана на слици 7.3.6.19. У погледу других метеоролошких варијабли, за релативну влажност ваздуха процењен је релативни утицај од 9,8% (опсег у варијабилности концентрација до 1 mg/m<sup>3</sup>, слика 7.3.6.18в). До значајнијег пада у концентрацијама долази при повећању релативне влажности изнад 80%. Најниже вредности утицаја су добијене за ваздушни притисак и правац ветра (5,7% и 4,9%, слика 7.3.6.18г-д). Сезоналитет у унутаргодишњој расподели је изражен (варијабла недеља у години има релативни утицај од 13,8%), док дан у недељи нема већи значај за расподелу вредности максималних дневних 8-сатних CO концентрација за станицу Шабац (слика 7.3.6.20).

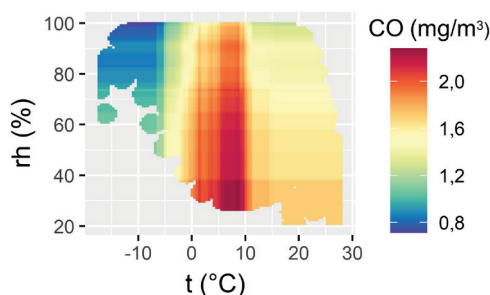
**Ужице.** За коришћену серију максималних дневних 8-сатних CO концентрација за станицу Ужице и предикторске варијабле, вредност  $r$  статистике за трениране податке износи 0,95 (RMSE = 0,40; NMGE = 0,18), док за тест податке износи 0,87 (RMSE = 0,69; NMGE = 0,25). Модел показује добре предиктивне способности ( $r^2 = 0,76$ ) које опадају у опсегу највиших вредности (слика 7.3.6.21).



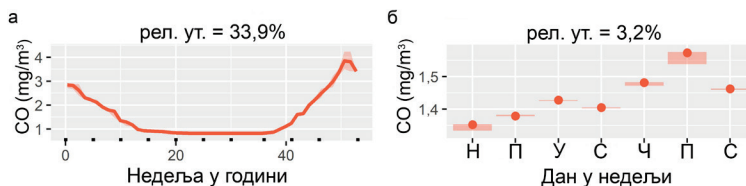
Слика 7.3.6.21. Перформансе модела, станица Ужице.



Слика 7.3.6.22. Моделовани релативни утицај (у %) метеоролошких предиктора  $t$  (а),  $rh$  (б),  $wd$  (в) и  $ws$  (г), станица Ужице.



Слика 7.3.6.23. Распореда максималних дневних 8-сатних  $CO$  концентрација у односу на температуру ваздуха и релативну влажност ваздуха, станица Ужице.

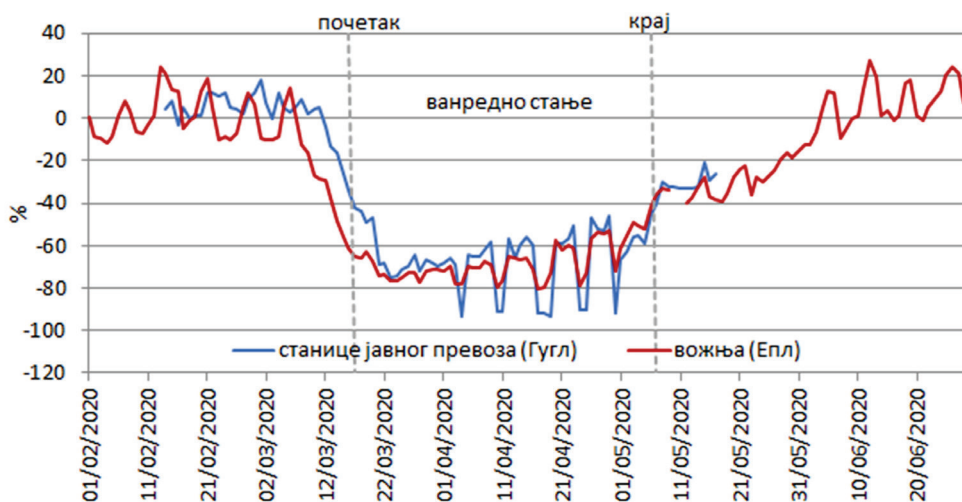


Слика 7.3.6.24. Моделовани релативни утицај (у %) предикторских варијабли недеља у години (а) и дан у недељи (б), станица Ужице.

У погледу метеоролошких варијабли, највиши процењени релативни утицај је добијен за температуру ваздуха од 24,9% (опсег у варијабилности до  $1 \text{ mg/m}^3$ , слика 7.3.6.22а). Максимум концентрација је при температурама ваздуха  $0\text{--}10 \text{ }^\circ\text{C}$ . Затим следи релативна влажност ваздуха са 8,2%. Са порастом вредности релативне влажности изнад 60%, односно 80% долази до пада у вредностима концентрација. Распореда максималних дневних 8-сатних  $CO$  концентрација у односу на вредности температуре ваздуха и релативне влажности је приказана на слици 7.3.6.23. Од других метеоролошких варијабли, мањим процењеним релативним утицајем се одликује правац ветра са 6,6% и брзина ветра са 3,1% (слика 7.3.6.22в-г). За варијаблу недеља у години процењен је утицај од 33,9% указујући на изразиту сезоналност у унутаргодишњој распореда концентрација (опсег варијабилности од око  $3 \text{ mg/m}^3$ ), док дан у недељи нема већи утицај на максималне дневне 8-сатне  $CO$  концентрације за станицу Ужице (3,2 %, слика 7.3.6.24).

#### 7.4. Утицај рестриктивних мера за време пандемије болести корона вируса на загађење ваздуха у Србији

За време пандемије болести корона вируса 2019 (COVID–19), многе људске активности у области саобраћаја, економије и образовања биле су ограничене како би се спречило даље ширење вируса. Ограничење људских активности резултирало је смањењем емисија загађујућих материја и дало је научницима јединствену прилику да процене ефекте ограничених антропогених емисија на квалитет ваздуха. Постојеће студије случаја у различитим државама откриле су да је, као резултат смањеног интензитета саобраћаја, дошло до смањења загађења ваздуха током спровођења рестриктивних мера. Већина студија је показала да је концентрација  $\text{NO}_x$  значајно смањена, док је концентрација приземног озона повећана (Baldasano, 2020; Bekbulat et al., 2021; Briz-Redón et al., 2021; Chen et al., 2021b; Munir et al., 2021; Prats et al., 2021; итд.). Рестриктивне мере су довеле и до смањења концентрације суспендованих честица ( $\text{PM}_{10}$  и  $\text{PM}_{2.5}$ ), али са мање израженим ефектом у поређењу са  $\text{NO}_x$  (Menut et al., 2020; Betancourt-Odio et al., 2021; Ropkins & Tate, 2021; Shi et al., 2021). Међутим, поједине студије су показале да је и поред строгих рестриктивних мера у одређеним областима, услед неповољних метеоролошких услова, доприноса других извора загађења и транспорта загађујућих материја из удаљених подручја, дошло до повећања концентрације суспендованих честица (Munir et al., 2021; Song et al., 2021). Концентрације  $\text{SO}_2$  и  $\text{CO}$  такође су биле снижене током спровођења рестриктивних мера, али не у свим областима (Briz-Redón et al., 2021; Chen et al., 2021c; Filonchuk et al., 2021; Grivas et al., 2020).



Слика 7.4.1. Промена мобилности (%) у Србији у периоду фебруар–јун 2020. године. Вертикалне линије показују почетак и крај периода рестриктивних мера.

У Србији је први случај заразе COVID–19 потврђен 6. марта 2020. године у граду Суботици, а до 15. марта регистровано је 47 потврђених случајева. Влада Србије је 15. марта 2020. године прогласила ванредно стање (од 16. марта у поноћ). Ова одлука је директно резултирала затварањем граница за стране држављане, затварањем предшколских установа, основних и средњих школа, високошколских установа, фитнес центара и јавних паркова. После само три дана уведен је полицијски час, од 20 часова до 5 часова за све, док је старијима од 65 година потпуно забрањено да напуштају своје домове у било ком делу дана. Током празника и већине викенда, почев од петка поподне, на целој територији Србије уведен је полицијски час током читавог викенда. Међународни аеродром Никола Тесла затворен је 19. марта, осим за хуманитарне и карго летове, а 20. марта је пријављен први смртни случај од COVID–19. Дана 21. марта наложен је потпуни карантин: затворене су све границе за све путнике, укинута је друмски, железнички и речни саобраћај, обустављен је јавни градски и међуградски превоз, затворени су кафићи и ресторани, а сви догађаји су отказани. Након седам и по недеља мера, и добијања успешних исхода, ванредно стање је укинута 6. маја 2020. године (слика 7.4.1).

Када је Србија у питању утицај рестриктивних мера на нивое загађења ваздуха истраживан је у неколико радова. Malinović-Milićević et al. (2022b) и Веџановић et al. (2022) истраживали су ефекте рестриктивних мера на нивоу читаве државе, док су се Dmitrašinović et al. (2023) и Davidović et al. (2021) фокусирали на два највећа урбана подручја, Београд и Нови Сад. У наставку овог поглавља биће приказани основни резултати утицаја рестриктивних мера на урбаним саобраћајним мерним местима.

Malinović-Milićević et al. (2022b) анализирали су промене у концентрацији атмосферских загађујућих материја које су последица промена у интензитету саобраћаја током рестриктивних мера током пандемије COVID–19, користећи податке са саобраћајног типа станица у урбаним срединама на простору Србије. Студија се посебно фокусира на неколико загађивача ваздуха ( $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$ ,  $NO_2$ ,  $SO_2$ ,  $CO$  и  $O_3$ ) који су анализирани са неколико аспеката: а) утицај метеоролошких фактора ( $t$ ,  $ws$ ,  $wd$ ,  $p$ ,  $rh$ ) и мобилности становништва на нивое загађења ваздуха; б) варијације нивоа загађујућих материја у периоду од 1. фебруара до 30. јуна 2020. године (пре, за време и после рестриктивних мера) и в) разлике у просечној концентрацији загађујућих материја у 2020. години у односу на просечну концентрацију током еквивалентног периода претходних година. Обухваћено је девет мерних станица саобраћајног типа у следећим градовима: Београд, Нови Сад, Ниш, Ваљево, Ужице, Панчево, Суботица, Сомбор и Сремска Митровица.

Промене мобилности становништва, у процентима, на територији Србије у периоду 1. фебруар–30. јун 2020. године приказане су на слици 7.4.1. Оба скупа података о мобилности, Гугл (Google, n.d.) и Епл (Apple Inc., n.d.), показали су нагли пад у односу на викенд пре почетка примена рестриктивних мера. Од друге недеље априла 2020. године до краја

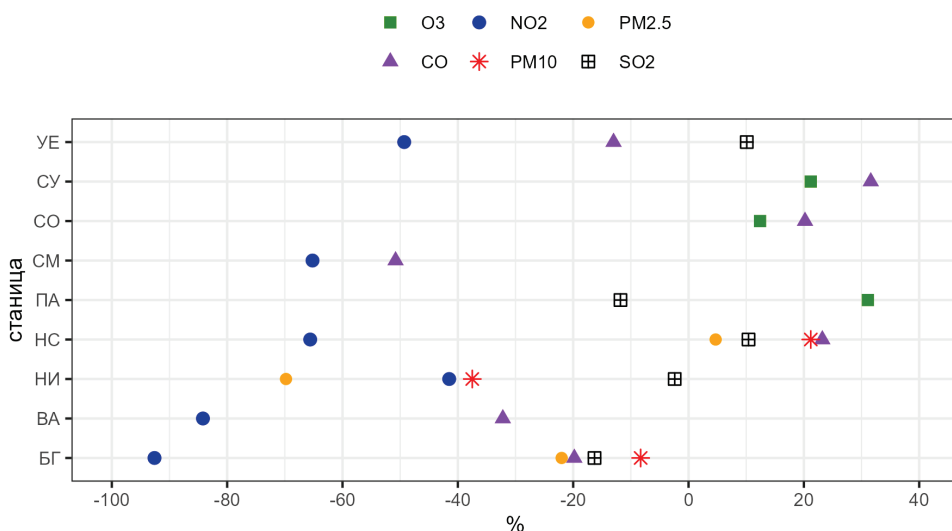
периода рестриктивних мера присутан је благо растући тренд. Такође, приметан је и пад мобилности током полицијског часа викендом, чему претходи благи пораст петком. Након периода рестриктивних мера, мобилност је константно расла до друге недеље јуна, када се вратила на ниво пре увођења мера.

Табела 7.4.1. Корелација између Гугл података о мобилности и концентрација загађујућих материја за време рестриктивних мера

PM <sub>2.5</sub>	PM <sub>10</sub>	CO	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>
-0.16	0.07	0.35*	0.60*	-0.01	-0.52*

\*значајно за  $p < 0.05$

Метеоролошки услови у великој мери утичу на у концентрације загађујућих материја. При анализи тренда мерених вредности загађујућих материја тешко је знати да ли је промена концентрације последица промена у емисији или резултат метеоролошких услова. Да би се уклонио утицај метеорологије из временских серија квалитета ваздуха у овом раду је коришћен пакет програмског језика R *deweather* који у обзир узима сложене интеракције и нелинеарне односе између варијабли. Пет метеоролошких ( $t$ ,  $ws$ ,  $wd$ ,  $p$ , и  $rh$ ) и два временска (сат у дану ( $h$ ) и дан у недељи ( $wdy$ )) предиктора коришћено је за развој модела за сваку загађујућу материју и сваку мерну станицу, што је резултирало подацима са елиминисаним утицајем метеоролошких услова који показују промене у концентрацијама загађујућих материја као производа емисије. Ове временске серије су поређене са подацима о мобилности, а резултати су приказани у табели 7.4.1.

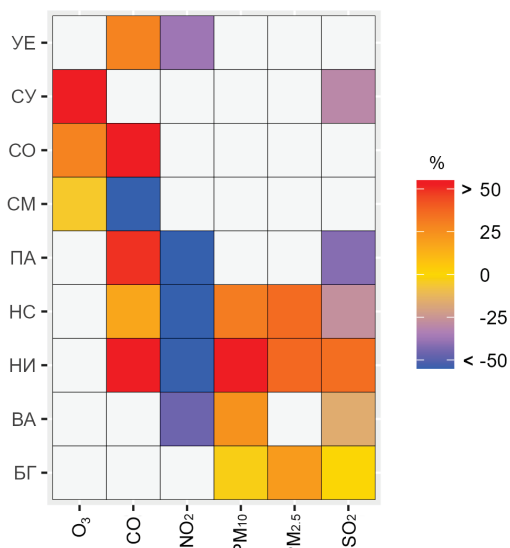


Слика 7.4.2. Процентуална промена концентрација загађујућих материја са елиминисаним утицајем метеоролошких услова у периоду рестриктивних мера у поређењу са периодом пре рестриктивних мера.



Највећу позитивну корелацију са мобилношћу имале су концентрације  $\text{NO}_2$ , што је било очекивано јер у урбаним срединама велики део  $\text{NO}_2$  емисија потиче од друмског саобраћаја. Процент смањења мобилности и концентрација  $\text{NO}_2$  био је сличан ( $-67\%$  наспрам  $-61\%$ , редом) што указује на блиску узрочно–последичну везу. Корелације између суспендованих честица и  $\text{SO}_2$ , са једне стране, и мобилности, с друге стране, биле су ниске и статистички безначајне, па се могу сматрати занемарљивим што указује на већи ефекат других извора емисије, као што је индивидуално грејање. Очекивана је статистички значајна позитивна корелација између  $\text{CO}$  и мобилности јер је  $\text{CO}$  важна компонента издувних гасова саобраћаја. Концентрације  $\text{O}_3$  су имале слабу, али статистички значајну негативну корелацију са мобилношћу. Негативна корелација је очекивана јер ниже емисије  $\text{NO}_x$  из моторних возила изазивају повећање односа  $\text{VOC}$  и  $\text{NO}_x$ , што доводи до пораста концентрација  $\text{O}_3$ .

Варијације концентрација загађивача ваздуха са елиминисаним утицајем метеорологије у процентима (%) у периоду рестриктивних мера у поређењу са периодом пре рестриктивних мера приказане су на слици 7.4.2. Добијени резултати су показали значајно смањење концентрација  $\text{NO}_2$  током рестриктивних мера на свим одабраним станицама за праћење. Смањење концентрација  $\text{NO}_2$  је било веће него у другим земљама ( $49,3\text{--}92,6\%$  за податке са елиминисаним утицајем метеоролошких услова), што указује на велики утицај саобраћаја на концентрације  $\text{NO}_2$  у Србији. Промена концентрација  $\text{PM}$ ,  $\text{CO}$  и  $\text{SO}_2$  указује на слабију корелацију са мобилношћу током периода рестриктивних мера, што поред саобраћаја указује на значајан утицај других извора њихове концентрације. Концентрације  $\text{O}_3$  су повећане на свим мерним станицама и имају негативну корелацију са мобилношћу.



Слика 7.4.3. Процентуална промена концентрација загађујућих материја са елиминисаним утицајем метеоролошких услова у периоду рестриктивних мера у 2020. години у односу на просечне вредности у истом периоду године између 2015. и 2019. године.



Поређење концентрација загађујућих материја са елиминисаним утицајем метеоролошких услова током периода рестрикције у 2020. години са еквивалентним периодом у претходним годинама показало је смањење концентрација  $\text{NO}_2$  и  $\text{SO}_2$  (слика 7.4.3). Међутим, у односу на претходне године, концентрације  $\text{PM}_{2.5}$ ,  $\text{PM}_{10}$  и  $\text{CO}$  су у периоду са рестриктивним мерама порасле, што поново указује на мању осетљивост на мобилност становништва и већу зависност од других извора емисије.

Ова студија је потврдила да чак и краткотрајно смањење саобраћаја може значајно побољшати квалитет ваздуха, посебно када су у питању концентрације  $\text{NO}_2$ . Такође, резултати су охрабрујући и требало би да подстакну креаторе политике да ограниче мобилност као начин за побољшање квалитета ваздуха. Други извори загађења, као што су грејање у домаћинствима, индустрија и транспорт загађујућих материја са других локација, може у великој мери да допринесе повећању нивоа загађујућих материја, посебно концентрација  $\text{PM}$  и  $\text{CO}$ .

## 7.5. Процене здравственог ризика од загађења ваздуха

Процена здравствених ефеката који се приписују загађујућим материјама у ваздуху од кључног је значаја за управљање ризицима од загађења ваздуха. Европска агенција за животну средину у сарадњи са Европским тематским центром за загађење ваздуха, буку, транспорт и индустријско загађење (енг. *European Topic Centre on Air pollution, noise, transport and industrial pollution*, [ETC/ATNI]) и Европским тематским центром за људско здравље и животну средину (енг. *European Topic Centre on Human health and the environment* [ETC HE]) врши анализу здравственог ризика од загађења ваздуха на европском нивоу који је повезан са изложеношћу трима загађујућим материјама које СЗО сматра најштетнијим (WHO, 2013):  $\text{PM}_{2.5}$ ,  $\text{NO}_2$  и приземни  $\text{O}_3$ . Здравствени исходи, који представљају резултат или последицу изложености загађењу ваздуха у датој популацији, могу се односити на морталитет или морбидитет (оболевање). Морталитет мери број смртних случајева у одређеној популацији услед одређеног узрока, док се морбидитет односи на постојање болести или симптома болести. Основна збирна мера за процену здравственог статуса становништва је „године живота кориговане у односу на неспособност” (енг. *Disability-Adjusted Life Year* [DALY]) која се добија сабирањем броја изгубљених година живота због превремене смртности (енг. *Years of Life Lost* [YLL]) и година живота проведених са неспособношћу (енг. *Years of Life with Disability* [YLD]). Процена анализе здравственог ризика од загађења ваздуха повезаног са морталитетом врши се на нивоу округа од 2005. године, док се процена здравственог ризика од загађења ваздуха повезаног са морбидитетом врши на нивоу државе од 2014. године. Процене се врше са циљем да се: (а) идентификује здравствени ризик и његове промене у одређеном временском периоду, (б) да се допринесе

дефинисању и спровођењу мера за побољшање квалитета ваздуха и (в) да се подигне свест о штетности загађења ваздуха.

У овом поглављу је укратко описана методологија и извори података које ЕЕА користи за процену здравственог ризика од загађења ваздуха повезаног са морталитетом и морбидитетом и приказана је и анализирана процена здравственог ризика у Србији повезаног са морталитетом у периоду 2011–2020. година, односно са морбидитетом за 2019. годину.

### 7.5.1. Процена здравственог ризика од загађења ваздуха повезаног са морталитетом

*Методологија и извори података.* Методологија која се користи за процену здравственог ризика од загађења ваздуха повезаног са морталитетом детаљно је објашњена у неколико извештаја (Horálek et al., 2017; ЕЕА, 2018; Soares et al., 2020) и графички представљена на слици 7.5.1.1. За процену су неопходне информације о: (а) функцији ризика (функција концентрације и одговора), (б) изложености становништва различитим нивоима загађења ваздуха и (в) основној здравственој статистици о учесталости здравственог исхода.

Табела 7.5.1.1. Релативни ризик (RR) који повезују изложеност  $PM_{2.5}$ ,  $NO_2$  и  $O_3$  и морталитет, њихов придружени 95% интервали поверења (CI) и почетне концентрације ( $C_0$ )\*

Загађујућа материја	RR (95% CI) по $10 \mu g/m^3$	Здравствени исход
$PM_{2.5}$	1,062 (1,040–1,083) $C_0 = 0 \mu g/m^3$	смртност од свих узрока код људи старијих од 30 година
$NO_2$	1,055 (1,031–1,08) $C_0 = 20 \mu g/m^3$	смртност од свих узрока код људи старијих од 30 година
$O_3$	1,0029 (1,0014–1,0043) $C_0 = 35 ppb$	смртност од свих узрока за све узрасте

\*прилагођено из WHO (2013)

*Функције ризика* (енг. *Concentration-Response Functions [CFR]*) представљају однос између концентрације загађујуће материје којој је становништво изложено и ризика од здравственог исхода. Ова функција квантификује утицај на здравље по јединици концентрације загађујуће материје (Katsouyanni, 2003). ЕЕА користи функције ризика које је дефинисала СЗО (WHO, 2013), а које су засноване на релативним ризицима. Релативни ризици (енг. *Relative Risk [RR]*) показују повећање морталитета који се може приписати датом повећању концентрације загађујуће материје. Дефинисани су на нивоу популације (као статистички просеци) и не могу се приписати одређеним појединцима. Функције ризика су линеарне, али нису поуздане за веома ниске или веома високе концентрације загађујућих материја. Такође, докази о утицајима на

људско здравље за веома ниске или веома високе концентрације нису тако чврсти као за „средње” концентрације. Због тога се понекад утицај не може анализирати са истом поузданошћу за цео опсег концентрација па је уведена „почетна концентрација” или „противчињенична концентрација” која представља концентрацију изнад које се процењују утицаји. Процене ЕЕА се заснивају на следећим препорукама СЗО (WHO, 2013; интервали поверења су приказани у табели 7.5.1.1):

- за  $PM_{2.5}$ , узима се у обзир природна смртност од свих узрока код људи старијих од 30 година за све концентрације (односно за почетне концентрације изнад  $0 \mu g/m^3$ ), претпостављајући линеарно повећање ризика од смртности од 6,2% за повећање  $PM_{2.5}$  од  $10 \mu g/m^3$ ;
- за  $NO_2$ , узима се у обзир природна смртност од свих узрока код људи старијих од 30 година за почетне концентрације изнад  $20 \mu g/m^3$ , уз претпоставку линеарног повећања ризика од смртности од 5,5% за повећање  $NO_2$  од  $10 \mu g/m^3$ ;
- за  $O_3$ , узима се у обзир природна смртност од свих узрока за све узрасте, уз претпоставку линеарног повећања ризика од смртности од 0,29% за повећање вредности  $O_3$  од  $10 \mu g/m^3$  преко 35 ppb ( $\sim 70 \mu g/m^3$ ).

Да би се израчунала *изложеност европског становништва различитим нивоима загађења ваздуха*, потребни су мрежни подаци о концентрацијама загађујућих материја у ваздуху и густини насељености. Концентрације загађујућих материја процењују се на основу мерења која су званично пријавиле земље чланице ЕЕА и земље које сарађују са агенцијом. На основу тих концентрација израђују се карте годишњих концентрација у мрежној резолуцији  $1 \times 1 km^2$  за читаву Европу. Годишње концентрације се процењују коришћењем методе мапирања („Регресија–Интерполација–Мапирање спајањем”) која комбинује податке праћења са руралних и урбаних позадинских станица за  $PM_{2.5}$ ,  $O_3$  и  $NO_2$  са резултатима из ЕМЕП модела хемијског транспорта и другим додатним подацима, као што су надморска висина, метеорологија и густина насељености (Horálek et al., 2016), користећи модел линеарне регресије праћен кригингом.

Мапе густине насељености засноване су на скупу података GEOSTAT 2011 (Eurostat, 2014). Мапе се израђују у истој резолуцији као и концентрације загађујућих материја, што олакшава процену здравствених исхода. Подаци о становништву GEOSTAT 2011 скалирају се са подацима о укупној популацији за сваку државу и годину, који су добијени од Статистичког завода Европске уније (Eurostat, 2019a), а који представљају укупан број становника 31. децембра те године коју су објавили национални статистички заводи.

**А) СТАНИЦА**

Подручје за које ће се израчунати процена здравственог ризика састоји се од четири ћелије мреже и једне станице за праћење (S) која је у години Y регистровала средњу годишњу концентрацију PM<sub>2.5</sub> од 17 µg/m<sup>3</sup>.

**Б) КАРТЕ КОНЦЕНТРАЦИЈА**

Карте концентрација са приказане станице за праћење (S) и додатни подаци дају резултате приказане на слици Б.

**В) СТАНОВИШТВО/ИЗЛОЖЕНОСТ**

Број становника у свакој ћелији мреже је приказан на слици В. У ћелији 1, 10000 становника је изложено концентрацији од 15 µg/m<sup>3</sup>; у ћелији 2, 5000 становника је изложено концентрацији од 10 µg/m<sup>3</sup>; у ћелији 3, 2000 становника је изложено концентрацији од 10 µg/m<sup>3</sup>; а у ћелији 4, 1000 становника је изложено концентрацији од 5 µg/m<sup>3</sup>.

**Г) РЕЛАТИВНИ РИЗИК**

У случају PM<sub>2.5</sub>, функција концентрација-одговор која се користи за укупну смртност (од свих узрока) код људи старијих од 30 година подразумева релативни ризик од 1,062 на 10 µg/m<sup>3</sup>. То значи да је, под претпоставком линеарности, повећање PM<sub>2.5</sub> од 10 µg/m<sup>3</sup> повезано са повећањем укупног морталитета од 6,2% у укупној популацији која се разматра.

**Д) ПОЧЕТНА КОНЦЕНТРАЦИЈА**

Почетна концентрација за PM<sub>2.5</sub> је 0 µg/m<sup>3</sup>, што значи да ће, на пример, за ћелију 1 бити процењен ефекат читавог опсега од 15 µg/m<sup>3</sup>.

**Ђ) МОРТАЛИТЕТ**

Укупан морталитет у земљи за годину Y и за популацију преко 30 година је 10 умрлих на 1000 становника, па је број смрти у свакој ћелији приказан на слици Ђ.

**Е) ПРЕВРЕМЕНЕ СМРТИ**

Број умрлих који се може приписати изложености у свакој ћелији мреже (претпостављајући, према функцији концентрација-одговор, повећање укупног морталитета од 6,2% на 10 µg/m<sup>3</sup>) приказан је на слици Е.

$$RR = \exp(\beta \times \text{концентрација}) = \exp(0,0062 \times \text{концентрација})$$

За ћелију 1: 0,097462.

Приписиви разломак (Attributive fraction, AF) = (RR-1)/RR

За ћелију 1: 0,0888065.

Превремене смрти (Premature deaths, PD)=

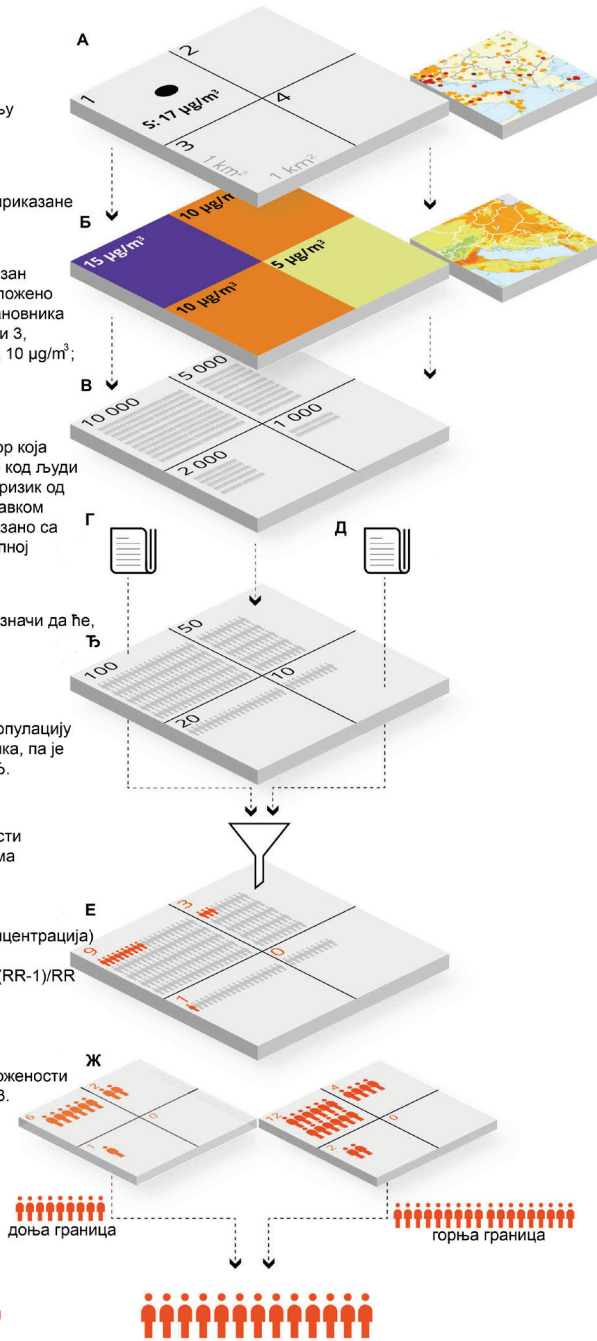
AF x морталитет број становника

За ћелију 1: 8,88 ~ 9.

Укупни број смрти који се може приписати изложености PM<sub>2.5</sub> у читавој области у години Y: 9+3+1+0=13.

**Ж) ОПСЕГ НЕСИГУРНОСТИ**

Опсег несигурности је израчунат употребом доње и горње границе од 1,040 и 1,083, уместо релативног ризика од 1,062.



Укупни морталитет је изражен као 13 превремених смрти, са 95% интервалом поверења између 9 и 18.

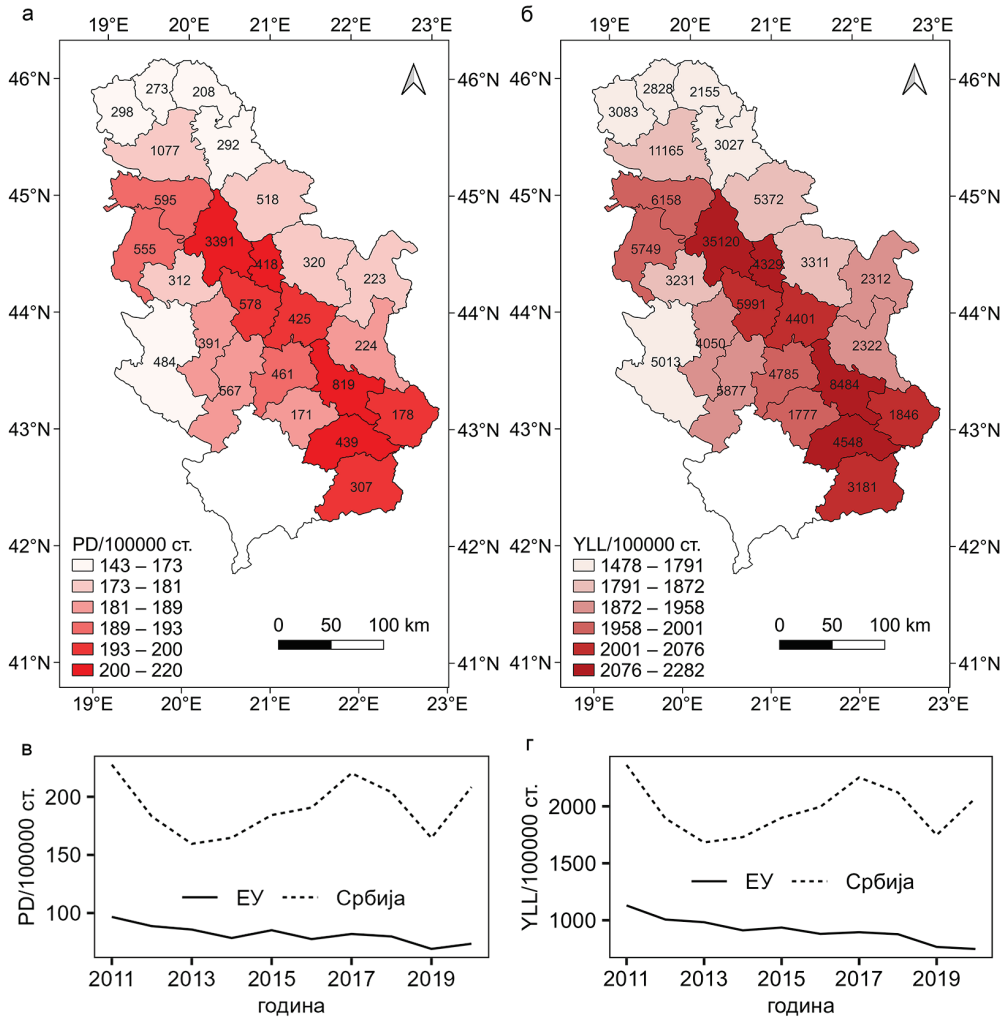
Слика 7.5.1.1. Пример прорачуна утицаја PM<sub>2.5</sub> на здравље. Прилагођено из ЕЕА (2018).

*Основна здравствена статистика о учесталости здравственог исхода* подразумева податке о очекиваном животном веку специфичном за земљу, стратификованом према старости и полу, и податке о укупној смртности за сваку земљу, такође према старости и полу. Ови подаци се користе да се израчуна број превремених смрти (енг. *Premature Death* [PD]) и YLL. Превремена смрт је смрт која се јавља пре него што особа достигне очекивану старост (очекивани животни век за земљу, стратификован по полу). YLL се процењује множењем броја смртних случајева специфичних за узраст и пол услед одређеног узрока са преосталим очекиваним животним веком у доби смрти. За очекивани животни век може се користити глобални стандард или посматрани национални стандард, у зависности од циљева процене. Изгубљене године живота (YLL) су године потенцијалног живота изгубљеног услед преране смрти, односно број година које би људи живели да није било превремене смрти. Ова мера узима у обзир старост у којој се смртни случајеви јављају и стога је допринос укупном броју већи за смрт која се догодила у млађој доби, а нижа за смрт која се догодила у старијој доби. Подаци о морталитету услед преране смрти добијени су из базе података СЗО (WHO, 2019b), док се подаци о очекиваном животном веку добијају од Статистичког завода Европске уније (Eurostat, 2019b).

*Здравствени ризик од загађења ваздуха PM<sub>2.5</sub>, NO<sub>2</sub> и приземним O<sub>3</sub> повезан са морталитетом у Србији.* Према процени ЕЕА у периоду 2011–2020. година у Србији се годишње укупно 17892 смртна случаја могу приписати загађењу ваздуха PM<sub>2.5</sub>, O<sub>3</sub> и NO<sub>2</sub>. Смртни случајеви који се могу приписати загађењу ваздуха представљају приближно око 17% годишњег морталитета у Србији.

Највећи апсолутни утицаји на здравље у смислу прераних смрти и изгубљених година живота могу се приписати загађењу ваздуха PM<sub>2.5</sub>. Просечно годишње се 13522 смрти и 140114 изгубљених година живота приписује изложености PM<sub>2.5</sub>.

Слике 7.5.1.2а и 7.5.1.2б показују да је највећи апсолутни број смрти и изгубљених година живота због изложености PM<sub>2.5</sub> процењен за округе са највећим бројем становника (Град Београд, Јужнобачки и Нишавски), односно око 40% од укупног броја за читаву државу за оба параметра. Међутим, у релативном смислу, односно, када се узме у обзир PD и YLL на 100000 становника, стање је нешто другачије. Највећи релативни утицај за оба параметра је примећен у Нишавском, Подунавском и Јабланичком округу као и Граду Београду. Најмањи релативни утицај примећен је на северу државе у Западнобачком, Средњебанатском, Севернобачком и Севернобанатском округу.

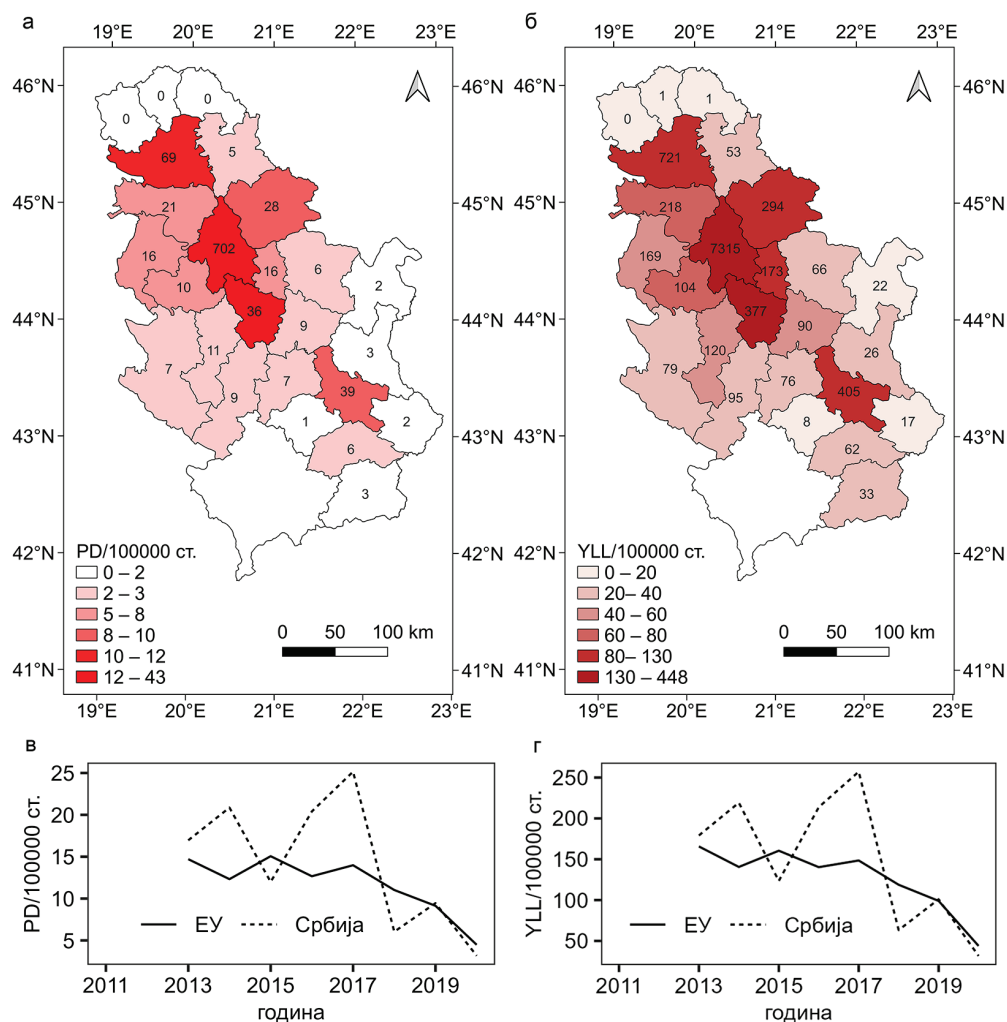


Слика 7.5.1.2. Просечни годишњи број превремених смрти (PD) који се може приписати изложености  $PM_{2.5}$  на 100000 становника по окрузима (а) и по годинама (в) и просечни годишњи број изгубљених година живота (YLL) који се може приписати изложености  $PM_{2.5}$  на 100000 становника по окрузима (б) и по годинама (г) (укупан годишњи број PD и YLL на сликама а и б приказан је бројевима за сваки округ).

Слике 7.5.1.2в и 7.5.1.2г приказују кретање релативних вредности PD и YLL по годинама за Србију и просечне вредности за државе ЕУ. Просечни број PD на 100000 становника од 190 умрлих и YLL на 100000 становника од 1976. година су више него двоструко већи од вредности у државама ЕУ (81 умрлих и 913 година). Приметно је и да, поред тога што вредности у десетогодишњем периоду благо варирају, у Србији нема тренда смањења нити једног од релативних параметара. Са друге стране, просечне вредности оба релативна параметра у државама ЕУ у посматраном десетогодишњем периоду показују статистички значајан пад ( $-2,4$  умрлих годишње,  $p < 0.05$  и  $-3,6$  година живота годишње,  $p < 0.0005$ ).

Слике 7.5.1.3а и 7.5.1.3б показују да је највећи апсолутни број смрти и изгубљених година живота због изложености  $\text{NO}_2$  процењен за округе са највећим бројем становника (Град Београд, Јужнобачки и Нишавски), односно око 80% од укупног броја за читаву државу за оба параметра. У релативном смислу, односно, када се узме у обзир PD и YLL на 100000 становника, поред већ наведених округа са највећим апсолутним вредностима параметара велики утицај  $\text{NO}_2$  је и у Шумадијском округу. Најмањи релативни утицај примећен је на северу државе у Западнобачком, Севернобанатском и Севернобачком округу.

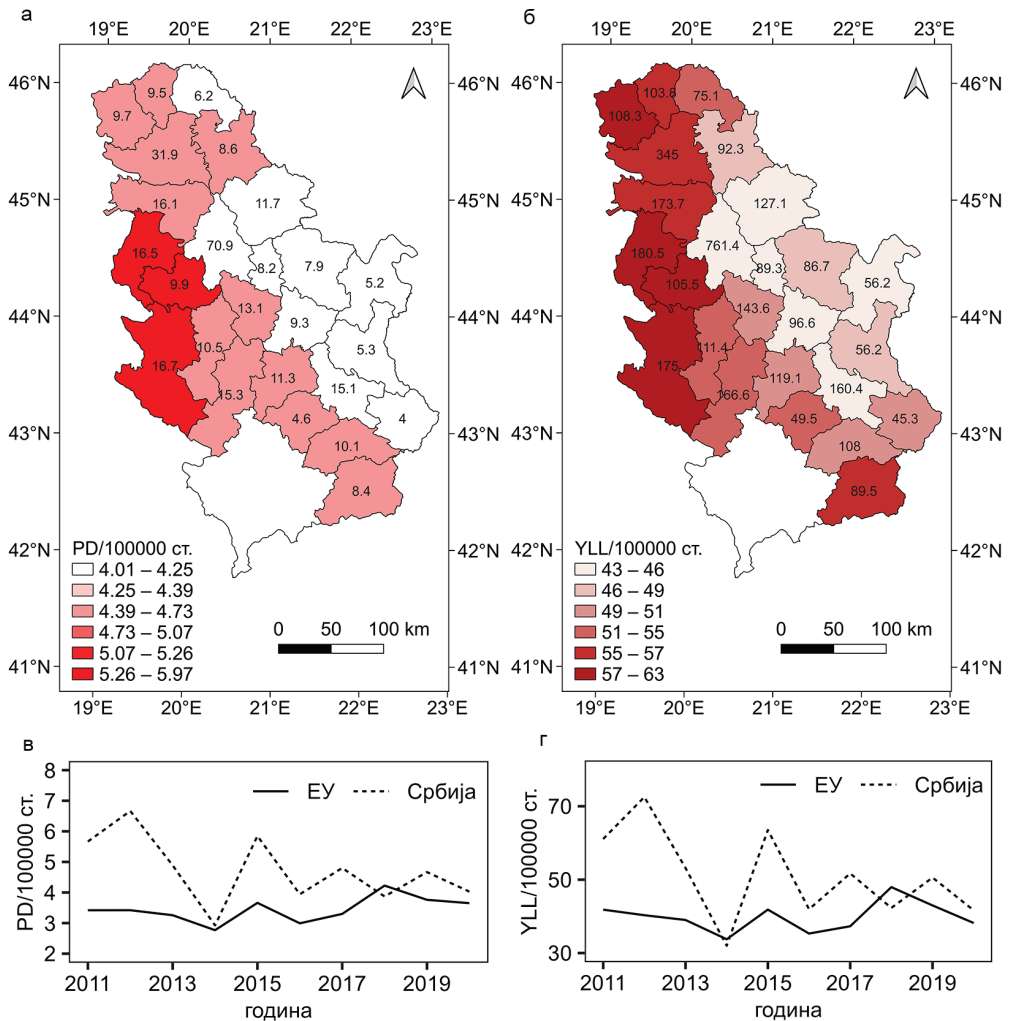
У периоду 2013–2020. година, просечно се годишње 1010 смрти и 10524 изгубљених година живота приписује изложености  $\text{NO}_2$ .



Слика 7.5.1.3. Просечни годишњи број превремених смрти (PD) који се може приписати изложености  $\text{NO}_2$  на 100000 становника по окрузима (а) и по годинама (в) и просечни годишњи број изгубљених година живота (YLL) који се може приписати изложености  $\text{NO}_2$  на 100000 становника по окрузима (б) и по годинама (г) (укупан годишњи број PD и YLL на сликама а и б приказан је бројевима за сваки округ).

Са слика 7.5.1.3в и 7.5.1.3г види се да су просечни број PD на 100000 становника од 14 умрлих и YLL на 100000 становника од 149 година живота ближе вредностима у државама ЕУ (12 умрлих и 127 година) него што је то био случај са  $PM_{2.5}$ . Приметно је и да, вредности оба параметра у Србији знатно варирају у посматраном периоду, за разлику од вредности у ЕУ. Оба параметра показују негативан тренд и у Србији (две смрти и 21 година живота годишње) и у ЕУ (1,2 смрти и 14 година живота годишње), међутим негативан тренд у Србији није статистички значајан.

У периоду 2011–2020. година, просечно годишње се 336 смрти и 3621 изгубљених година живота приписује изложености приземном  $O_3$ .



Слика 7.5.1.4. Просечни годишњи број превремених смрти (PD) који се може приписати изложености приземном  $O_3$  на 100000 становника по окрузима (а) и по годинама (в) и просечни годишњи број изгубљених година живота (YLL) који се може приписати изложености приземном  $O_3$  на 100000 становника по окрузима (б) и по годинама (г) (укупан годишњи број PD и YLL на сликама а и б приказан је бројевима за сваки округ).



Слике 7.5.1.4а и 7.5.1.4б показују да је највећи апсолутни број смрти и изгубљених година живота због изложености приземном  $O_3$  процењен за округе са највећим бројем становника (Град Београд и Јужнобачки), односно око 31% од укупног броја за читаву државу за оба параметра. Међутим, у релативном смислу ситуација је потпуно другачија. Највећи релативни утицај за оба параметра је примећен на западу државе у Златиборском, Колубарском и Мачванском округу. Најмањи релативни утицај примећен је у Јужнобанатском, Нишавском, Подунавском и Борском округу.

Са слика 7.5.1.4в и 7.5.1.4г види се да су просечни број PD на 100000 становника и YLL на 100000 становника у Србији на почетку периода знатно већи од вредности на нивоу ЕУ. Такође, вредности знатно варирају и имају тенденцију пада, али трендови нису статистички значајни. На крају посматраног периода вредности у Србији се приближавају онима у ЕУ.

## 7.5.2. Процена здравственог ризика од загађења ваздуха повезаног са морбидитетом

*Методологија и извори података.* Мера за процену здравственог ризика од загађења ваздуха повезаног са морбидитетом је „године живота проведених са неспособношћу” (енг. *Years of Life with Disability [YLD]*). YLD се процењују множењем броја случајева специфичног за узраст и пол са податком који указује на тежину болести (енг. *Disability Weight [DW]*). DW указује на озбиљност болести на скали од нуле (без смањења здравља) до један (најгоре могуће здравствено стање, понекад изједначено са смрћу). Приликом процене ризика разматрају се следећи здравствени исходи: рак плућа (енг. *Lung Cancer [LC]*), хронична опструктивна болест плућа (енг. *Chronic Obstructive Pulmonary Disease [COPD]*), исхемијска болест срца (енг. *Ischemic Heart Disease [IHD]*), дијабетес (енг. *Diabetes Mellitus [DM]*), мождани удар и астма (ЕС, 2022а).

Методологија која се користи за процену здравственог ризика од загађења ваздуха повезаног са морбидитетом детаљно је описана у Kienzler et al. (2022) и Soares et al. (2023). Поред података о изложености становништва различитим нивоима загађења ваздуха (који су описани у претходном поглављу) за процену су потребни и подаци о броју случајева (преваленција) болести у популацији и DW, као и CRF.

Подаци о преваленцији болести у популацији обезбеђују се из више извора. Европски информациони систем за рак (енг. *European Cancer Information System [ECIS]*) и Међународна агенција за истраживање рака (енг. *International Agency for Research on Cancer, [IARC]*) су неки од могућих извора података за податке о инциденцији и преваленцији рака плућа стратификоване по старосним групама и полу (ЕС, 2022б). За преостале здравствене исходе, нису доступни клинички регистри са дијагностикованим инцидентом од стране лекара или преовлађујућим случајевима. Најбоља доступна

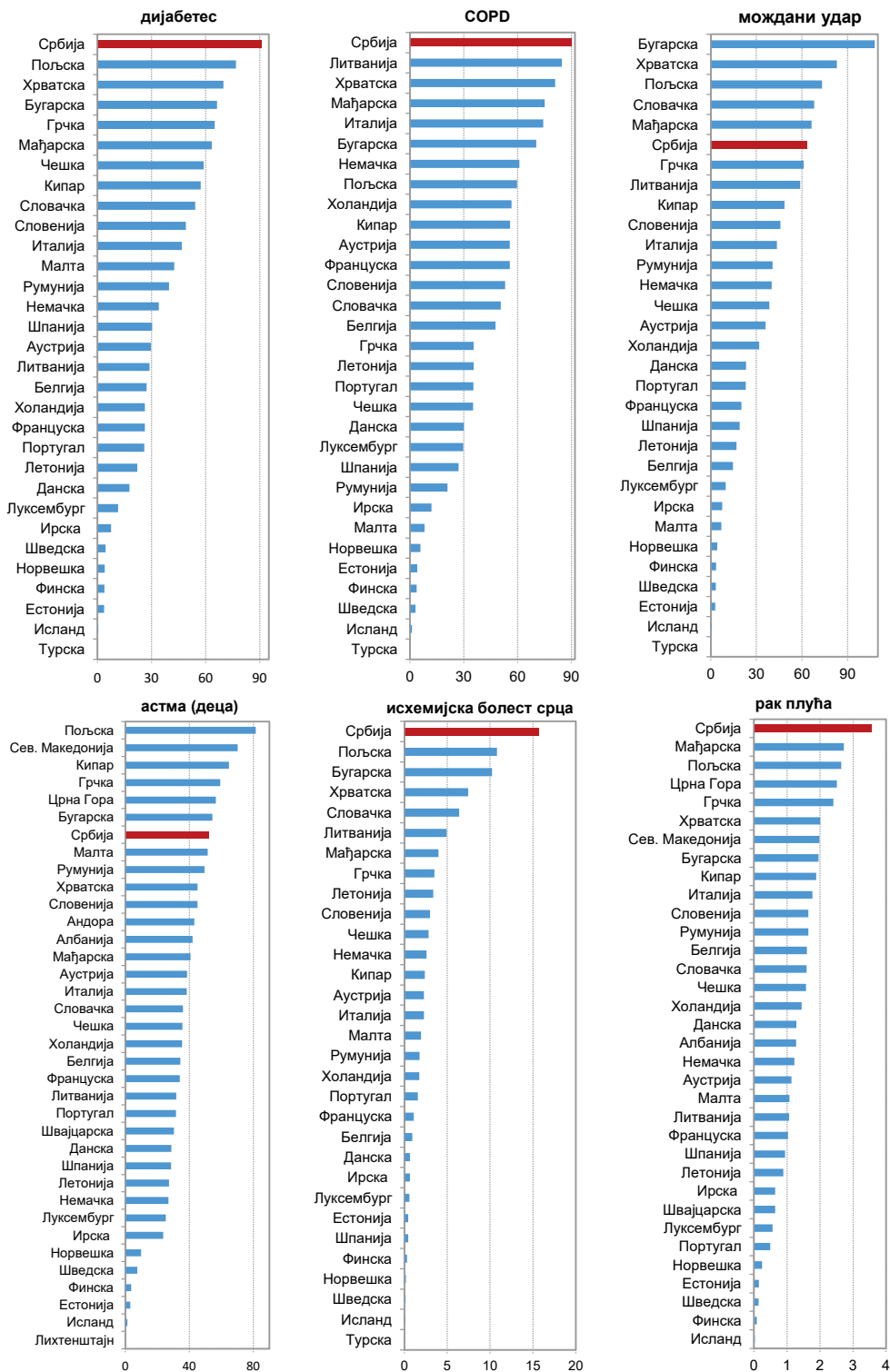
апроксимација за податке о преваленцији за одабране болести је Европска анкета о здрављу (енг. *European Health Interview Survey* [EHIS]) (Eurostat, 2023a). Поред тога, Еуростат (Eurostat, 2023b) пружа најновије резултате пријема у болницу због респираторних болести. Одговарајући подаци о DW приказани су у GBD 2019 Risk Factors Collaborators (2020), док су вредности CFR по одређеном узроку, засноване на епидемиолошким студијама животне средине која се процењује, приказане у Kienzler et al. (2022). Подаци приказани у подпоглављу које следи односе се на Србију без Аутономне покрајине Косово и Метохија осим када је у питању процена здравственог ризика од  $PM_{2.5}$  за астму код деце и рак плућа.

*Здравствени ризик од загађења ваздуха  $PM_{2.5}$ ,  $NO_2$  и приземним  $O_3$  повезан са морбидитетом у Србији.* Kienzler et al. (2022) су показали да је у 2019. години највеће оптерећење морбидитетом у Европи услед загађења  $PM_{2.5}$  последица хроничне опструктивне болести плућа са 51,6 YLD на 100000 становника  $\geq 25$  година (95% CI: 20,8–77,6) или укупно 175731 YLD (95% CI: 70702–264297). Изложеност  $PM_{2.5}$  затим највише утиче на појаву дијабетеса (39,4 YLD/100000 становника), можданог удара (37,8 YLD/100000 становника) и астме код популације млађе од 15 година (37,4 YLD/100000 становника).

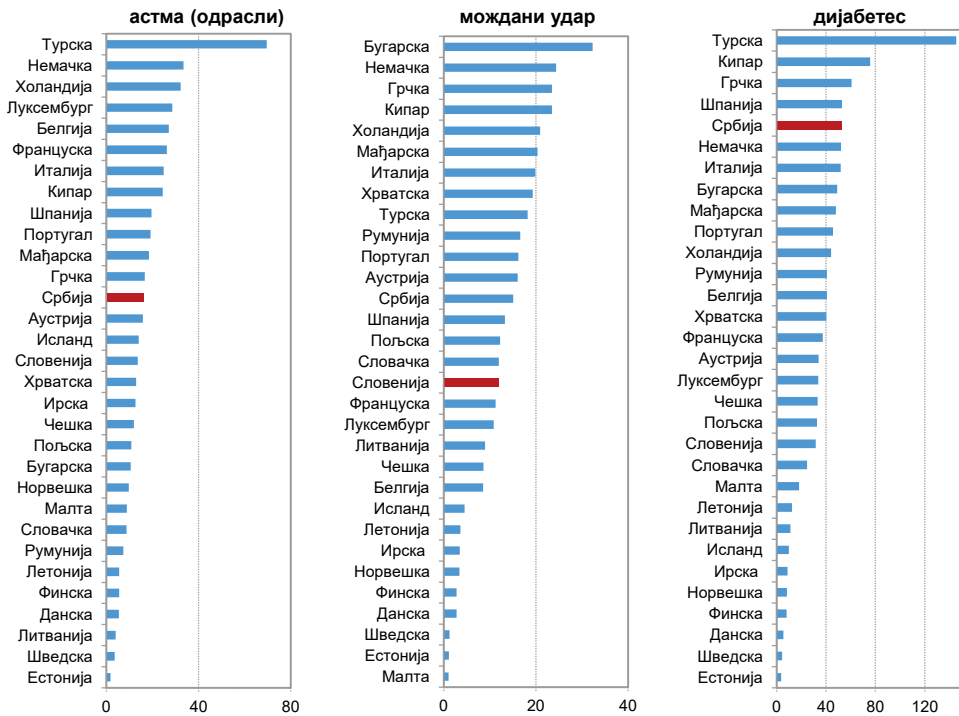
У Србији је оптерећење морбидитетом услед загађења  $PM_{2.5}$  далеко изнад просечних вредности за Европу. У поређењу са осталим европским земљама Србија има највеће оптерећење морбидитетом у четири од укупно шест испитиваних здравствених последица (слика 7.5.2.1.) што њено становништво чини међу најугроженијим у Европи. Највише стопе YLD/100000 становника пронађене су код појаве дијабетеса (90,8), хроничне опструктивне болести плућа (90,0), можданог удара (63,2) и астме код популације млађе од 15 година (51,8). Мушка популација је угроженија од женске само када су у питању рак плућа и астма код деце. Најугроженије је старо становништво, преко 65 година. Када је у питању астма код деце најугроженија старосна категорија је између пет и девет година.

Када је изложеност  $NO_2$  у питању, у Европи је укупно оптерећење највеће због морбидитетних ефеката дијабетеса са стопом YLD/100000 становника од 54,6 (95% CI: < 1,0–103,8) или укупно 175095 YLD (95% CI: < 1–332 871).

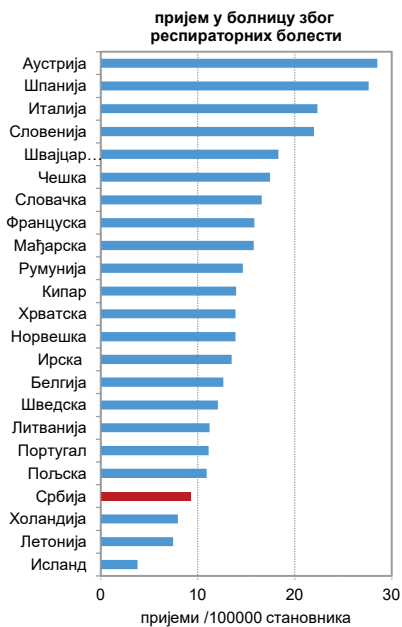
У Србији, оптерећење болестима које су последица изложености мање је од европског просека за сва три испитивана здравствена исхода (слика 7.5.2.2). Међутим, када је у питању оптерећење због морбидитетних ефеката дијабетеса, стопа YLD/100000 становника од 52,4 (95 % CI: < 1,0–102,1) је веома блиска европском просеку, а према апсолутним вредностима износи 2275 YLD (95% CI: < 1,0–4433). Када су у питању дијабетес и астма, жене су угроженије од мушкараца, док су када је у питању мождани удар, мушкарци угроженији. Слично као и код изложености  $PM_{2.5}$  код сва три здравствена исхода најугроженије је старо становништво, преко 65 година.



Слика 7.5.2.1. Оптерећење болестима (YLD /100000 становника) које се може приписати  $PM_{2.5}$  за различите европске земље 2019. године.



Слика 7.5.2.2 Оптерећење болестима (YLD/100000 становника) које се може приписати  $\text{NO}_2$  за различите европске земље 2019. године.



Слика 7.5.2.3. Пријем у болницу због оптерећења респираторним болестима које се може приписати приземном  $\text{O}_3$  за одрасле  $\geq 65$  година за различите европске земље 2019. године.

За приземни  $\text{O}_3$  није пронађена ниједна студија која повезује учесталост или преваленцију болести са изложеношћу, те је стога број болничких пријема због респираторне болести коришћен као замена за оптерећење морбидитетом.

У Европи просечан годишњи број пријема у болницу због респираторних болести који се могу приписати изложеношћу приземном  $\text{O}_3$  за одрасле  $\geq 65$  година је 18 на 100000 становника (95 % CI: 3–33) или укупно 12251 (95 % CI: 1949–23110). У Србији, број пријема је мањи од европског просека и износи 9 на 100000 становника  $\geq 65$  година (95% CI: 1–18) или укупно 133 (95% CI: 21–250; слика 7.5.2.3). Мушкарци су скоро двоструко угроженији од жена, а најугроженија старосна група је између 80 и 84 године.

## 7.6. Перцепција становништва о загађењу ваздуха

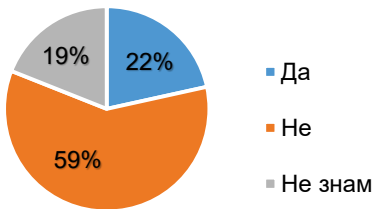
Перцепција еколошких ризика у животној средини, укључујући и ризике у вези са изложеношћу загађеном ваздуху, веома је значајна за успостављање мера за смањење емисија и очување јавног здравља. На понашање људи више утиче њихова перцепција о загађењу ваздуха него стварни, осмотрени нивои квалитета ваздуха (Kelly & Fussell, 2015). Социодемографске карактеристике становништва се најчешће идентификују као детерминанте које утичу на перцепцију о квалитету ваздуха (Kim et al., 2012; Guo et al., 2016; Schmitz et al., 2018; Muñoz-Pizza et al., 2020; Pignocchino et al., 2023). Такође, близина извора загађења (индустрије, саобраћаја, итд.) и индивидуална искуства значајно утичу на перцепиран ниво ризика. Често се као предиктивни фактор наводи и популациона величина насеља; у већим градовима људи сматрају да су више изложени загађеном ваздуху у поређењу са мањим градовима и руралним окружењем (Ramírez et al., 2017). Руралне средине се најчешће доживљавају као места у којима није или је у мањој мери присутно загађење (Kelly & Fussell, 2015; Bickerstaff & Walker, 2003), занемарујући транспорт загађујућих материја из удаљених области (Obolkin et al., 2021; Chen et al., 2017; Chen et al., 2023; Ma et al., 2021; Zhang et al., 2022).

Недостатак знања о изворима загађења, загађујућим материјама и њиховом штетном утицају наводи се као примарни проблем у перцепцији ризика (Liu et al., 2016; Maione et al., 2020; Canha et al., 2022). Према извештају Еуробарометра из 2022. године (ЕС, 2022с), 60% становништва ЕУ сматра да није довољно информисано о квалитету ваздуха у својој земљи, док 73% сматра да није информисано о стандардима у вези са квалитетом ваздуха. Едукација, комуникација и информисање становништва су кључни чиниоци за разумевање проблема загађења ваздуха и негативних последица услед изложености загађујућим материјама у ваздуху (Bickerstaff & Walker, 1999; Pflieger et al., 2023; McCarron et al., 2023; Riley et al., 2021; Ramírez et al., 2019).

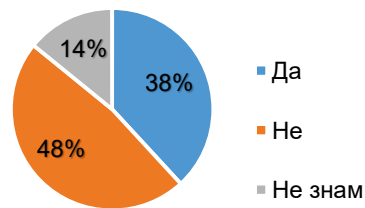
У периоду од марта до маја 2023. године је урађено анкетно истраживање мишљења, ставова, информисаности и понашања становништва у вези са квалитетом и загађењем ваздуха у Србији. Укупно је учествовало 848 испитаника из 26 округа. На питање *Да ли знате шта је загађење ваздуха?* 94,9% испитаника је одговорило са *Да*, 1,1% са *Не* и 4% се изјаснило да *Није сигурно*. Највећи број испитаника прати податке и извештаје о квалитету ваздуха (23% често и 66% понекад), док 11% не прати. Међутим, највећи број испитаника (59%) сматра да није довољно информисано о квалитету ваздуха, док 22% сматра да јесте, а 19% је одговорило да не зна (слика 7.7.1а). На питање *Како се информисете о квалитету ваздуха?* највећи број испитаника је означио веб сајтове на којима се публикују подаци мониторинга у државној и локалној мрежи, затим путем мобилних апликација за праћење квалитета ваздуха и телевизију као медиј. Интересантно је да је део испитаника (27%) означио и визуелно опажање као један од начина информисања. На питање о информисаности о утицају загађеног ваздуха на здравље и животну

средину, 38% испитаника сматра је да је довољно информисано, 48% да није, док 14% није сигурно (слика 7.6.1б). У погледу загађујућих материја, више од половине испитаника као познате загађујуће материје је означило CO<sub>2</sub> (најпознатија), затим следе CO, суспендоване честице и SO<sub>2</sub>. На питање о познавању индекса квалитета ваздуха (CAQI, AQI, SAQI), 70% се изјаснило да им нису познати. Међу индексима најпознатији је AQI са 27% одговора испитаника. Највећи број испитаника (59%) је заинтересован за тренутне концентрације, док су мање заинтересовани за извештаје о месечним и годишњим концентрацијама, вредностима индекса квалитета и прогнозама квалитета ваздуха.

а Да ли мислите да сте довољно информисани о квалитету ваздуха?



б Да ли мислите да сте довољно информисани о утицају загађеног ваздуха на здравље и животну средину?



Слика 7.6.1. Одговори испитаника на питања о информисаности о квалитету ваздуха (а) и утицају загађења ваздуха (б).

Анализа одговора испитаника о перцепцији ризика и понашањима у условима лошијег квалитета ваздуха и фактора који на њих утичу представљени су у студији Stanojević et al. (2023). На слици 7.6.2 су приказани одговори о практиковању понашања која смањују изложеност и о перцепцији о негативним последицама услед изложености загађеном ваздуху за период од претходних пола године (што се генерално подудара са периодом грејне сезоне). У анализи детерминанти перцепције и понашања коришћене су демографске (пол, старост, образовање, број чланова домаћинства, деца и старе особе у домаћинству) и социоекономске (економска структура и месечни приходи) карактеристике испитаника, као и здравствени подаци (постојање хроничних болести) и подаци о објектима и месту становања (тип насеља, начину грејања током зимске сезоне, интензитет саобраћаја и близина индустријских постројења у месту становања). На основу спроведене студије најзначајнији закључци су:

- Испитаници са вишим степеном образовања, запослени са већим месечним приходима, старије особе и особе женског пола, затим испитаници који пате од хроничних болести (и/или неко од њихових укућана), су оценили утицај загађеног ваздуха на здравље већом оценом (на скали од 1—није опасно до 5—веома је опасно). Такође, већи интензитет саобраћаја у месту становања означава и већи перцепирани ниво здравствених ризика.

- Смањење времена боравка на отвореном, физичка активност на отвореном, избегавање проветравања просторија у условима повећаног загађења ваздуха мање практикују млађи испитаници, мање образовани, незапослени и испитаници са мањим приходима. Коришћење маске за лице у условима повећаног загађења ваздуха је активност која се најмање практикује међу испитаницима. Мали је удео и оних који су размишљали о промени места становања (изузетак су испитаници са највишим степеном образовања и месечним приходима).
- Највећи удео испитаника је осетио иритацију дисајних органа, а највише је и оних који су били забринути за сопствено здравље или здравље укућана. Ово је нарочито присутно код особа женског пола и код испитаника који болују од хроничних болести (и/или неко од њихових укућана).

Да ли сте и у којој мери у последњих пола године због загађења ваздуха или упозорења о квалитету ваздуха:



Слика 7.6.2. Одговори испитаника на питања о понашању и перцепцији ризика у условима повећаног загађења ваздуха (адаптирано из Stanojević et al., 2023).

- Постојање деце у домаћинству и/или старих лица не утиче на практиковање понашања која смањују изложеност код испитаника.
- Близина индустријских постројења у месту становања не утиче на практиковање понашања која смањују изложеност.
- Највећи ниво перцепираног ризика су показали испитаници који живе у градским насељима у којима је број становника од 50000 до 100000. Најнижи ниво перцепције ризика су показали испитаници који живе у насељима до 1000 становника.

- Испитаници који живе у насељима у којима су доминантно куће са индивидуалним грејањем не практикују више активности којима се смањује изложеност у поређењу са испитаницима који живе у насељима где су доминантно зграде (колективно становање) и даљински систем грејања.
- Већи интензитет саобраћаја у близини места становања је у вези са повећаним нивоом перцепираног ризика и већим практиковањем активности којима се смањује изложеност.
- Близина индустријског постројења у близини места становања не утиче на перцепцију ризика и на практиковање активности којима се смањује изложеност.

Повећање свести и перцепције становништва о негативним последицама услед изложености загађеном ваздуху је веома важно за смањење негативних ефеката, очување јавног здравља, ефикасност спровођења политика и стратегија за смањење емисија и превенцију штетних ефеката. Комуникација и подизање свести о здравственим ризицима је веома важан сегмент у овој области у којој је неопходно учешће многобројних актера. Један од њих је и здравствени сектор. Поражавајуће, само 15% испитаника се изјаснило да је добило препоруку од здравствених радника о смањењу физичке активности на отвореном када је ваздух лошијег квалитета. Такође, перцепиран ниво ризика и смањење изложености нису повећани ни у случају када су најрањивије групе становништва у питању (деца и старе особе). Присуство извора емисије у непосредном животном окружењу (осим у случају повећаног интензитета саобраћаја) такође се не препознаје као фактор ризика. У закључном разматрању аутори ове студије наводе да су едукација, комуникација, активности на локалном нивоу и усмереност на осетљиве групе у популацији кључни аспекти у подизању нивоа свести становништва у области загађења ваздуха у Србији. Такође, уз повећану учесталост и интензитет екстремних климатских догађаја у протеклим деценијама, као што су топли таласи током летњег периода са негативним здравственим ефектима (Stanojević et al., 2014a; Stanojević et al., 2014b; Malinovic-Milicevic et al., 2016; Arsenović et al., 2019), неопходно је успостављање делотворних јавних политика у сфери очувања јавног здравља становништва Србије.

## 7.7. Стање и перспективе

Према Годишњим извештајима о стању квалитета ваздуха у Србији које припрема Агенција за заштиту животне средине Републике Србије, суспендоване честице су доминантна загађујућа материја у Србији (Агенција за заштиту животне средине, 2011–2023). Такође, услед прекорачења граничних вредности за  $PM_{10}$  и  $PM_{2.5}$ , квалитет ваздуха је у већини градова и агломерација оцењен категоријом III, тј. прекомерно загађеним. Највећи допринос емисијама суспендованих честица у Србији имају топлане снаге мање од 50 MW и индивидуално грејање (секторски



удео од 57,42% за  $PM_{10}$  и 75,89% за  $PM_{2.5}$  у периоду 1990–2020. година), док мањи удео имају емисије из индустрије, пољопривреде и друмског саобраћаја.

На основу расположивих података у периоду 2011–2020. година, највише вредности просечних дневних  $PM_{10}$  концентрација у Србији су добијене за станице Ваљево ( $65,81 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Ужице ( $61,96 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) и Косјерић ( $48,62 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), док су највише просечне дневне  $PM_{2.5}$  концентрације (2016–2020.) утврђене за станице Ваљево ( $43,37 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Косјерић ( $37,55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) и Ниш ИЗЈЗ Ниш ( $35,75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Прекорачења граничних вредности за дневне  $PM_{10}$  и  $PM_{2.5}$  концентрације, дефинисане према домаћем законодавству и смерницама СЗО, су утврђена за све станице обухваћене анализом. Мањи број дана са прекорачењима дневних  $PM_{10}$  концентрација, а у случају две године и без прекорачења, је утврђен за позадинску станицу у руралном подручју Каменички вис. За све остале станице у свим годинама су утврђена прекорачења, за поједине станице и током већег дела године. За дневне  $PM_{2.5}$  концентрације, у највећем броју случајева прекорачења су током већег дела године, више од 75% дана у години; у 2018. години, 306 дана за станицу Београд Стари град и 293 дана за станицу Смедерево Центар, у 2017. години 293 дана за станицу Косјерић и у 2019. години 276 дана за станицу Ваљево. За станицу Ваљево, 90 дана у континуитету, у периоду од 1. јануара до 30. марта 2012. године, дневне  $PM_{10}$  концентрације су биле изнад  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (гранична вредност према домаћем законодавству), у просеку дневно  $122,97 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . У случају  $PM_{2.5}$  концентрација за ову станицу, 110 дана у континуитету, од 8. јануара до 27. априла 2019. године, дневне вредности су биле изнад  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (СЗО смерница), у просеку дневно  $63,29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Анализа унутаргодишње расподеле  $PM$  концентрација указује на изражен сезоналитет са највишим вредностима током зимских месеци и најнижим током лета. У случају станица Ваљево и Ужице, сезонска компонента унутаргодишње варијабилности  $PM_{10}$  концентрација се одликује релативним утицајем и до ~30% односно 37%. Највише вредности дневних  $PM_{10}$  и  $PM_{2.5}$  концентрација у јануару су добијене за станицу Ваљево,  $141,51 \mu\text{g}/\text{m}^3$  за  $PM_{10}$  (приближно пет пута више у односу на просечне дневне концентрације у јулу) и  $107,69 \mu\text{g}/\text{m}^3$  за  $PM_{2.5}$  (приближно осам пута више у односу на просечне дневне концентрације у јулу). Генерално више вредности релативног утицаја за сезонску компоненту су добијене за станице у местима са котлинским положајем.

Евидентно је да вредности  $PM$  концентрација на станицама у Србији указују на допринос емисија које су последица загревања станова током грејне сезоне. Просечне дневне  $PM_{10}$  концентрације ван грејне сезоне су за 65% ниже у односу на грејну сезону за станицу Ваљево, односно за ~60% у случају станица Ужице и Косјерић. За  $PM_{2.5}$ , на станици Ваљево, разлика је и 75%. Према резултатима Пописа становништва, домаћинства и станова 2022. године (Републички завод за статистику, 2023а), највећи број станова у Србији, односно 46% није опремљено инсталацијама грејања, док је 31% са инсталацијама етажног грејања, 20% је са инсталацијама централног грејања, док за 3% станова

није позната опремљеност. Посматрано по регионима, највећи број станова са инсталацијама централног грејања, са уделом од око 40% је у Београдском региону, око 20% у Војводини, и свега 10% у регионима Шумадије и Западне Србије и Јужне и Источне Србије. Од укупног броја настањених станова који нису у систему централног грејања, 64,2% као енергент користи дрво, 17,3% струју, 12,6% плинско/гасно гориво, и 3,8% остале енергенте (угаљ, мазут, уље за ложење, обновљиве изворе енергије). У становима са инсталацијама етажног грејања, највише се користи дрво, 59,2%, плинско/гасно гориво, 19,2%, електрична енергија, 15,5%, угаљ 4,8%, док сви остали енергенти учествују са 1%. У становима који немају инсталације грејања, у 69,7% користи се дрво, 19,3% електрична енергија, 6,9% плинско/гасно гориво, 1,9% угаљ и 0,3% остало (Републички завод за статистику, 2023б). На основу наведених процената може се закључити да већина настањених станова у Србији је ван система централног грејања, са индивидуалним грејањем (котларницама, пећима, шпоретима) и коришћењем дрва као главног енергента што указује на размере и допринос емисијама током грејне сезоне.

Поред извора емисија, на концентрације загађујућих материја значајно утичу и метеоролошки услови и морфологија терена. Циркулација атмосфере на макро (хемисферском и континенталном) и мезо (регионалном) ниову утиче на кретање ваздушних маса изнад неког подручја и представља веома значајан климатски фактор. Велики системи високог и ниског притиска тзв. акциони центри утичу на кретање ваздушних маса различитих физичких особина у зависности од географских области у којима се формирају и значајно утичу на временске прилике у неком месту (Stanojević, 2010). Временски типови односно типови циркулације атмосфере условљавају одређене метеоролошке услове (Дуцић и др., 2010; Ducić et al., 2010; Ducić et al., 2012; Станојевић, 2016) током којих може доћи до епизода загађења и/или могу утицати на транспорт загађујућих материја (Pérez et al., 2020). Такође, локални фактори у одређеној мери модификују утицај ваздушних маса и утичу на вредности климатских елемената. Конфигурација терена, правац пружања речних долина, котлина и планинских венаца утичу на кретање и одлике ваздушних маса у приземним слојевима атмосфере (Миловановић и др., 2017). У појединим котлинским местима током зиме долази до појаве температурних инверзија (Milovanović et al., 2022), када у условима повећане стабилности атмосфере и одсуства ветра долази до задржавања ваздуха што погодује повећању концентрација загађујућих материја у приземним слојевима атмосфере. Котлинска места у Србији се одликују већом учесталашћу тишина током године (нпр. просечно 44,4% у Ваљеву у периоду 1949–2006. године, Миловановић и др. (2017)). На основу резултата моделовања утицаја метеоролошких варијабли на расподелу дневних РМ концентрација, на примеру одабраних станица, утврђено је да се дневне температуре ваздуха и брзина ветра одликују највећим процењеним релативним утицајем за највећи број случајева. Уз брзину, правац ветра се такође одликује вишим вредностима релативног утицаја, док су ваздушни

притисак и релативна влажност ваздуха мање значајни за варијабилност РМ концентрација. До највећег пораста дневних РМ концентрација долази при паду дневних температура ваздуха испод 12 °C (што означава и почетак грејне сезоне). Највише вредности концентрација су у данима када су средње дневне температуре ниже од 0 °C. Највише концентрације су и при најнижим брзинама ветра (< 2 m/s). Овакви резултати су добијени за станице у местима која се одликују котлинским положајем и то за Ваљево (PM<sub>10</sub> и PM<sub>2.5</sub>), Косјерић (PM<sub>10</sub>), Ужице (PM<sub>10</sub>) и Ниш ИЗЈЗ Ниш (PM<sub>10</sub> и PM<sub>2.5</sub>). За станицу Београд Стари град, највише вредности релативног утицаја су добијене за брзину ветра (20,4% за PM<sub>10</sub> и PM<sub>2.5</sub>), ваздушни притисак (11,4% за PM<sub>10</sub> и 14,2% за PM<sub>2.5</sub>) и температуру ваздуха (10,3% за PM<sub>10</sub> и 13,1% за PM<sub>2.5</sub>). Слични резултати добијени су и за станицу Нови Сад Спенс и PM<sub>10</sub> концентрације, са највишим процењеним релативним утицајем од 15,6% за температуру ваздуха, затим 12,9% за брзину ветра и ваздушни притисак. Расподела РМ концентрација за ову станицу у односу на вредности брзине ветра и ваздушног притиска указује на највише концентрације при најнижим брзинама и највишим вредностима ваздушног притиска. Ово се може довести у везу са антициклоналним условима када се повећава стабилност атмосфере, смањује ширење граничног слоја атмосфере, као и вертикална кретања ваздуха и брзина ветра (Pérez et al., 2020). Према истраживању Su et al. (2018), постоји негативна корелација између висине граничног слоја атмосфере и РМ концентрација током зимских месеци, мања висина овог слоја је у вези са већим РМ концентрацијама. За станицу Косјерић и PM<sub>2.5</sub>, највише вредности релативног утицаја од 26,7% су добијене за температуру ваздуха. Следи правац ветра са 10,3% и брзина ветра са 9,2%. Највећи скок у PM<sub>2.5</sub> концентрацијама је при струјању ваздуха из западног квадранта. Значај правца ветра као фактора варијабилности концентрација може указати на допринос емисијама из других сектора (у овом конкретном случају емисије из сектора индустрије, односно постројења за производњу цемента).

Град Београд се одликује највишим вредностима превремене смртности и изгубљених година живота на простору Србије. Расположиви подаци за станице у Београду указују на значајан број дана у току године са дневним РМ концентрацијама изнад граничних вредности; за станицу Београд Стари град, за 306 дана у 2018. години је утврђено прекорачење граничне вредности од 15 µg/m<sup>3</sup> за дневне PM<sub>2.5</sub> концентрације. По висини просечних дневних РМ концентрација издваја се и станица у Нишу О.Ш. „Свети Сава” на којој је утврђено прекорачење граничних вредности за PM<sub>2.5</sub> од 251 дана у 2019. години. После Града Београда, Нишки округ се одликује највишим вредностима коришћених индикатора здравствених ефеката услед изложености становништва PM<sub>2.5</sub> честицама. Утицај активности у урбаним срединама на загађење ваздуха најбоље осликава пример управо наведене станице у Нишу и станице у непосредном руралном окружењу Каменички вис. Станица Каменички вис се одликује најнижим просечним дневним PM<sub>10</sub> концентрацијама (17,96 µg/m<sup>3</sup>) у поређењу са другим анализираним станицама, али и одсуством

сезоналитета у унутаргодишњој расподели концентрација. Такође, станица је позиционирана и на релативно већој надморској висини (804 m). Утицај активности становништва у градовима такође се може видети и према расподели концентрација у зависности од дана у недељи (премда са малим релативним утицајем и опсегом варијабилности у концентрацијама). За највећи број моделованих података, најниже вредности су добијене за недељу што може указати на доприносе из других сектора као што су индустрија и друмски саобраћај.

Поред суспендованих честица, највећи ризик по јавно здравље представља изложеност загађујућим материјама као што су  $\text{NO}_2$  и приземни  $\text{O}_3$ . Највећи допринос емисијама  $\text{NO}_x$  у Србији имају производња топлотне и електричне енергије са 44,25% и друмски саобраћај 30,53%, знатно мање индустрија са 9,40% и стационарно сагоревање са 4,17%. У периоду 2010–2020., просечне дневне  $\text{NO}_2$  концентрације на станицама у Србији указују на више вредности на станицама у урбаном подручју у односу на субурбано подручје. Највише вредности су утврђене за саобраћајне станице (просечне дневне вредности од 44,44  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  за Београд Мостар, 38,97  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  за Ужице, 33,29  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  Нови Сад Спенс, 27,14  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  Ниш ИЗЈЗ Ниш) и позадинске станице у већим урбаним срединама (36,87  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  за Београд Врачар, 29,86  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  за Крагујевац, 26,65  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  за Краљево). Сезоналитет у унутаргодишњој расподели варијабилности постоји, али су разлике између јануарских и јулских, односно вредности за грејну и вангрејну сезону, веће за позадинске станице у односу на саобраћајне (и до ~70% на станици Зајечар између јануарских и јулских концентрација). Најниже просечне дневне концентрације су добијене за позадинску станицу у руралном подручју Каменички вис. Прекорачења граничне вредности од 85  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (према домаћем законодавству) за дневне  $\text{NO}_2$  концентрације су утврђена за већ поменуте станице са највишим вредностима концентрација, док за највећи број станица нису утврђена прекорачења за године за које су расположиви подаци. Међутим, у односу на граничну вредност од 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  према смерницама СЗО, прекорачења су присутна готово на свим станицама у свим годинама (за станицу Београд Мостар за осам од десет посматраних година утврђено је преко 300 дана у години са прекорачењима). Модел показује умерено добре способности у предикцијама дневних  $\text{NO}_2$  концентрација са метеоролошким условима као независним варијаблама за станице Београд Мостар и Ужице. За станицу Београд Мостар, највише вредности процењеног релативног утицаја су добијене за релативну влажност ваздуха, ваздушни притисак и параметре ветра, док за станицу Ужице, за температуре ваздуха и брзину ветра. Упркос малом релативном утицају, варијабла дан у недељи указује на најмању активност извора емисија за недељу у поређењу са осталим данима.

Највише вредности максималних дневних 8-сатних концентрација приземног  $\text{O}_3$  су утврђене за позадинске станице у руралном подручју, просечно 96,24  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  за Копаоник и 89,26  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  за Каменички вис. Оваква ситуација објашњава се тзв. „озонским парадоксом” описаним у поглављу 5.4. Поред тога, обе станице се налазе на релативно већим надморским

висинама у односу на друге станице (1712 m за станицу Копаоник и 804 m за станицу Каменички вис), па су и хемијске реакције настанка озона убрзане у условима већег интензитета Сунчевог (UV) зрачења (реакције 5.9 и 5.10). Од станица у урбаном подручју највише вредности су утврђене за позадинске станице Нови Сад Лиман са  $77,95 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , Београд Нови Београд са  $66,10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , док у субурбаном подручју највише вредности су добијене за позадинске станице Београд Зелено брдо са  $75,85 \mu\text{g}/\text{m}^3$  и Косјерић са  $70,05 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Унутаргодишња расподела концентрација указује на изражен сезоналитет са највишим вредностима током лета, а најнижим у зимским месецима. Просечне вредности у јулу више од  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  су утврђене за Каменички вис ( $116,22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Копаоник ( $101,78 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Нови Сад Лиман ( $104,43 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) и Београд Зелено брдо ( $100,95 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Уједно ово су и станице за које је утврђен највећи број дана са прекорачењима граничних вредности. На станици Копаоник број дана са прекорачењима граничне вредности од  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (смерница СЗО) је и до 240 дана у 2019. години. Осим за станицу Копаоник, модел показује добре перформансе за станице Каменички вис, Београд Стари Град и Нови Сад Лиман. Такође, вредност статистика које указују на перформансе модела су боље и у односу на друге анализиране загађујуће материје. За поменуте станице, највиши релативни утицај на максималне дневне 8-сатне концентрације приземног  $\text{O}_3$  је добијен за дневне температуре ваздуха и релативну влажност—највише концентрације су при највишим средњим дневним температурама ваздуха и најнижој релативној влажности ваздуха. То је у складу са генералним условима који погодују формирању озона—стабилна атмосфера, топло време са сунчаним интервалима (повећан интензитет Сунчевог зрачења), смањена влажност ваздуха уз присуство гасова прекурсора (Otero et al., 2016; Arslan, 2023). Параметри ветра и ваздушни притисак се одликују значајно мањим релативним утицајем на нивоу посматраних станица. Варијабла дан у недељи се одликује малим вредностима релативног утицаја, али је на посматраним станицама у урбаном подручју, Београд Стари Град и Нови Сад Лиман присутан „викенд ефекат” описан у поглављу 5.4, односно концентрације у данима викенда су повишене упркос чињеници да је у урбаним срединама најчешће смањен интензитет саобраћаја па тиме и концентрације  $\text{NO}_x$  које доприносе трошењу приземног  $\text{O}_3$  кроз реакцију 5.6.

Највише вредности просечних дневних  $\text{SO}_2$  концентрација су добијене за станице на простору Бора са максимумом од  $129,39 \mu\text{g}/\text{m}^3$  за станицу Бор Градски парк. Уједно то су и станице са највећим бројем дана са прекорачењима изнад граничне вредности од  $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$  према домаћем законодавству. Међутим, уколико се за граничну вредност узме смерница СЗО ( $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), број дана са прекорачењима је утврђен за знатно већи број станица у Србији за посматрани период, док за станицу Бор Градски парк у појединим годинама је утврђено и преко 200 дана (највише 249 дана у 2011. години). Такође, приметно је и значајно смањење броја дана са прекорачењима у другој половини посматраног периода. У прилог томе говори и чињеница да су емисије оксида сумпора смањене за  $\sim 30\%$  у периоду 1990–2020. година. У Србији, производња

електричне и топлотне енергије је, са просечно 90,3%, доминантни извор емисија  $\text{SO}_x$ , а следе сектор индустрије са 5,36% и остало стационарно сагоревање са 3,04%. Утицај емисија из сектора индустрије је евидентан на примеру станица на простору Бора. За станицу Бор Градски парк, догађаји са дневним вредностима изнад  $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$  су најчешће до шест дана у континуитету, међутим у појединим случајевима са просечним дневним концентрацијама и преко  $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Апсолутна максимална дневна  $\text{SO}_2$  концентрација има вредност од  $2051,16 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (28. новембар 2012. године). Перформансе модела са коришћеним предикторским варијаблама су умерено добре за ову станицу. Сезоналитет је веома слабо изражен што говори о индустрији као доминантном извору емисија. Међу метеоролошким варијаблама највећи релативни утицај је добијен за правац и брзину ветра. Највећи раст у концентрацијама је при струјању ваздуха из правца североистока и истока што указује на положај станице у односу извор емисија, тј. Рударско-топионичарски басен Бор. Супротно станици у Бору, унутаргодишња расподела концентрација за станицу Београд Зелено брдо, указује на другачију природу извора емисија и присуство сезоналитета. Највиши релативни утицај је добијен за температуру ваздуха и параметре ветра. Пораст концентрација је при температурама ваздуха нижим од  $15^\circ\text{C}$ , са највишим вредностима у данима када је температура ваздуха нижа од  $0^\circ\text{C}$  и у данима када је брзина ветра нижа од  $2,5 \text{ m/s}$ .

У поређењу са другим загађујућим материјама емисије  $\text{CO}$  показују највећи тренд смањења (42%) у периоду 1990–2020. година. Доминантан извор емисија су топлане снаге мање од 50 MW и индивидуално грејање са ~65%, док мање учествују саобраћај и индустрија. Сезонска компонента је веома изражена у унутаргодишњој расподели максималних дневних 8-сатних  $\text{CO}$  концентрација, са највишим вредностима током зимских месеци. На станицама са највишим просечним дневним концентрацијама су и највише разлике између јануарских и јулских вредности концентрација (и до десет пута су више јануарске вредности) и у грејној и ван грејне сезоне (5–6 пута више вредности у грејној сезони). Највише просечне максималне дневне 8-сатне  $\text{CO}$  концентрације у периоду 2011–2020. година су утврђене за станице Зајечар ( $1,69 \text{ mg}/\text{m}^3$ ), Врање ( $1,68 \text{ mg}/\text{m}^3$ ), Крушевац ( $1,46 \text{ mg}/\text{m}^3$ ), Ужице ( $1,42 \text{ mg}/\text{m}^3$ ) и Шабац ( $1,37 \text{ mg}/\text{m}^3$ ). Прекорачења граничне вредности од  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (постоји усклађеност граничних вредности према домаћем законодавству и смерници СЗО) се јављају на свега неколико станица са релативно малом учесталосту на годишњем ниову. У тој групи станица су Зајечар, Врање, Шабац и Ужице. За наведене станице највећи утицај на расподелу концентрација имају температуре ваздуха и параметри ветра—са смањењем температура ваздуха и брзина ветра повећавају се концентрације. Скок у концентрацијама је при средњим дневним температурама нижим од  $15^\circ\text{C}$  за анализиране станице.

## 8. Закључак

Упркос смањењу емисија загађујућих материја у односу на емисије почетком 90-их година 20. века, нивои загађења ваздуха и здравствени ризик од загађења ваздуха у Србији су међу највишима у Европи. На основу расположивих података у периоду 2011–2020. година евидентно је да највећи ризик по јавно здравље представља изложеност суспендованим честицама и  $\text{NO}_2$ . Анализа је показала да су доминантни извори загађења честицама индивидуална ложишта и топлане снаге мање од 50 MW, док су главни извори загађења  $\text{NO}_2$  производња електричне и топлотне енергије, као и друмски саобраћај. Изузетак представљају станице у Бору, које бележе високе концентрације  $\text{SO}_2$  индустријског порекла. Анализа утицаја метеоролошких услова на варијабилност концентрација је показала да температура ваздуха и брзина ветра у већини случајева имају највећи утицај на расподелу дневних концентрација загађујућих материја.

Измерене вредности суспендованих честица су најчешће премашивале дозвољене граничне вредности и препоруке СЗО, највише током хладнијег дела године. Озбиљност ситуације одражава чињеница да је број превремених смрти услед овог загађивача у Србији више него двоструко већи од оних у ЕУ и да не показује тренд смањења, као и да Србија заузима водеће место међу европским земљама и према оптерећењу морбидитетом за дијабетес, хроничну опструктивну болест плућа, мождани удар, исхемијску болест срца и рак плућа. Концентрације су више у урбаним срединама, а градови најоптерећенији суспендованим честицама су Ваљево, Ужице, Београд, Косјерић, Смедерево и Ниш. Према истраживању Stanojević et al. (2019), највише вредности просечних годишњих  $\text{PM}_{2.5}$  концентрација (2005–2016. година) у Србији забележене су у урбаним срединама, са највишим вредностима у највећим градовима и најгушће насељеним зонама. Просечна годишња концентрација  $\text{PM}_{2.5}$  у свим урбаним срединама је виша од  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , са вредностима вишим од  $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$  за урбане средине чија је површина већа од  $20 \text{km}^2$ . Такође, наводи се повећање удела становништва изложеног највишим  $\text{PM}_{2.5}$  концентрацијама у најгушће насељеним градским срединама. За период 2011–2020. година, у Србији је просечно годишње забележено 13552 превремених смрти и 140114 изгубљених година живота које су последица изложености становништва  $\text{PM}_{2.5}$  честицама. Када је у питању  $\text{NO}_2$ , прекорачења смерница СЗО су присутна готово на свим станицама у свим годинама, а вредности су више на урбаним станицама у односу на субурбане, и посебно на саобраћајним. Позитивна корелација између смањења интензитета саобраћаја и  $\text{NO}_2$  концентрација за време епидемије COVID-19 и најниже концентрације недељом указују на значај доприноса емисија из овог сектора.

С обзиром да је квалитет ваздуха у Србији у највећој мери одређен концентрацијом честица, комплетнију анализу стања квалитета ваздуха на простору Србије у значајној мери онемогућава ограничен број расположивих података у погледу броја станица и покривености

територије мерним местима, затим прекиди мерења и непотпуне временске серије. Када се узму у обзир само станице у државној мрежи са доступношћу података већим од 75% на годишњем нивоу, концентрације  $PM_{10}$  су у периоду 2011–2020. година мерене у само 11 насеља (17 мерних станица), док су концентрације  $PM_{2.5}$  у периоду 2016–2020. година мерене у само седам насеља (11 мерних станица). У многим градским насељима, недостају мерне станице, упркос потреби за мониторингом услед постојања извора емисија и проценом утицаја на становништво и животну средину. Овако мали број насеља обухваћених мониторингом показује да велики део становништва не зна какав је квалитет ваздуха који удише, истовремено отежавајући ширу процену ризика по здравље изложене популације. Такође, један од проблема је и мали број станица у руралном подручју за које су расположиви подаци, што онемогућава компаративне анализе утицаја извора загађења и утицаја у урбаним срединама и руралном залеђу. Евидентни су и прекиди у мерењу, о чему говори чињеница да у поменути периодима недостају подаци 42% година за  $PM_{10}$  и 53% за  $PM_{2.5}$ . Укидање мерних места, њихово премештање у току календарске године и квар опреме у дужем временском периоду такође умањују вредност мониторинга и онемогућавају ваљану анализу података. Да би се ситуација поправила убудуће је потребно унапређивати мониторинг квалитета ваздуха што подразумева издвајање средстава за одржавање мреже, планирање броја и локација мерних места за дужи временски период и ширење просторног обухвата мониторинга отварањем нових мерних места.

Расположиви подаци о концентрацијама загађујућих материја указују на веома неповољну ситуацију и сврставају становништво Србије у један од најнеповољнијих положаја у поређењу са европским државама у погледу негативних здравствених ефеката услед изложености загађеном ваздуху. Због тога, смањење негативних здравствених ефеката мора бити подржано повећањем информисаности и едукацијом становништва о негативним последицама и практиковању понашања која смањују изложеност становништва у циљу очувања јавног здравља. Системска решења којима се смањују емисије, првенствено из сектора производње енергије и индустрије, као и емисије из саобраћаја, свакако нису извесна у ближој будућности.



## SUMMARY

Despite efforts to reduce pollutant emissions, air quality is still a leading environmental health risk factor globally. The problem of air quality is particularly present in the region of Southeast Europe, including the territory of Serbia, primarily as a consequence of the burning of fossil fuels for energy production and industry. In recent years, the problem of air quality has increasingly attracted the attention of the scientific, professional, and wider social community in Serbia, which discusses polluted air, the monitoring network, problems related to emissions in certain local areas, the development of legislation in this area, the development of citizen science and measurements, etc. Given the lack of a single publication covering the main aspects of this topic for the territory of Serbia, this monographic publication entitled "Air Pollution in Serbia" was created. It is a systematized monographic publication that presents a comprehensive analysis of the state of air pollution based on available data for the territory of Serbia for ten years, covering the main aspects of this topic: sources of emissions, concentrations of pollutants in the air, as well as and the consequences of population exposure to pollution.

Although the emission of polluting substances has decreased compared to the emissions in the early 90s of the 20th century, the levels of air pollution and the health risks from air pollution in Serbia are among the highest in Europe. Based on available data in the period 2011–2020, it is evident that the greatest risk to public health is exposure to particles and  $\text{NO}_2$ . The analysis showed that the dominant sources of particle pollution are individual combustion plants and thermal power of less than 50 MW, while the primary sources of  $\text{NO}_2$  pollution are the production of electricity and thermal energy, as well as road traffic. The exception is Bor, which records high concentrations of  $\text{SO}_2$  that are of industrial origin. Analysis of the influence of meteorological conditions on the variability of concentrations showed that air temperature and wind speed, in most cases, have the greatest significant impact on the distribution of daily concentrations of pollutants.

The measured particle concentrations most often exceeded the permitted limit values and WHO recommendations, particularly during the colder part of the year. The seriousness of the situation is also indicated by the fact that the number of premature deaths due to this pollutant in Serbia is more than twice as high as those in the EU and does not show a decreasing trend and that Serbia occupies a leading position among European countries in terms of morbidity burden for diabetes, chronic obstructive pulmonary disease, stroke, ischemic heart disease, and lung cancer. Concentrations are higher in urban areas, and the cities most burdened with suspended particles are Valjevo, Užice, Belgrade, Kosjerić, Smederevo, and Niš. Based on the results of this study for the period 2011–2020, in Serbia, there are an average of 13552 premature deaths and 140114 lost years of life per year as a result of population exposure to  $\text{PM}_{2.5}$  particles. When it comes to  $\text{NO}_2$ , exceedances of WHO guidelines are present at almost all stations in all years, and the values are higher at urban stations compared to suburban ones, especially traffic ones. The positive correlation between the reduction

in traffic intensity and NO<sub>2</sub> concentrations during the COVID-19 epidemic and the lowest concentrations on Sundays indicate the importance of the contribution of emissions from this sector.

Given that the air quality in Serbia is primarily determined by the particle concentration, a more comprehensive analysis of the state of air quality in Serbia is significantly prevented by the limited number of available data in terms of the number of stations and the coverage of the territory, measurement interruptions, and incomplete time series. In many urban settlements, there is a lack of measuring stations and also assessments of the impact on the population and the environment despite the need for monitoring due to the existence of emission sources. A small number of settlements included in the monitoring shows that a large part of the population does not know the quality of the air they breathe, which makes it difficult to assess the risk to the health of the exposed population. Also, one of the problems is the small number of stations and available data in rural areas, which makes it difficult to conduct comparative analyses of the impact of pollution sources and the impact in urban areas and the rural hinterland. Interruptions in measurement, shutting down of measuring sites, their relocation during the calendar year, and equipment failure over a long period also reduce the value of monitoring and prevent valid data analysis. In order to improve the situation in the future, it is necessary to improve air quality monitoring, which means allocating funds for network maintenance, planning the number and location of measuring points for a more extended period, and expanding the spatial scope of monitoring by opening new measuring points.

However, even the limited available data indicates a very unfavorable situation and places the population of Serbia in one of the most unfavorable positions compared to European countries in terms of adverse health effects due to exposure to polluted air. Therefore, the reduction of adverse health effects must be supported by an increase in the information of citizens about pollution levels, educating the population about adverse effects, activities at the local level, focus on sensitive groups in the population, and practicing behaviors that reduce the exposure of the population in order to preserve public health, since systemic solutions that reduce emissions, primarily from the energy production and industry sectors, as well as traffic emissions, are certainly not certain in the near future.

## Литература

- Aas, W., Mortier, A., Bowersox, V., Cherian, R., Faluvegi, G., Fagerli, H., Hand, J., Klimont, Z., Galy-Lacaux, C., Lehmann, C. M. B., Myhre, C. L., Myhre, G., Oliv  , D., Sato, K., Quaas, J., Rao, P. S. P., Schulz, M., Shindell, D., Skeie, ... Xu, X. (2019). Global and Regional Trends of Atmospheric Sulfur. *Scientific reports*, 9, Article 953. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-37304-0>
- Akatsu, M. (2015). The Problem of Air Pollution during the Industrial Revolution: A Reconsideration of the Enactment of the Smoke Nuisance Abatement Act of 1821. In S. Sugiyama (Eds.), *Economic History of Energy and Environment. Monograph Series of the Socio-Economic History Society, Japan* (85–109). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-4-431-55507-0\\_4](https://doi.org/10.1007/978-4-431-55507-0_4)
- Altshuller, A. P. (1956). Thermodynamic Considerations in the Interactions of Nitrogen Oxides and Oxy-Acids in the Atmosphere. *Journal of the Air Pollution Control Association*, 6(2), 97–100. <https://doi.org/10.1080/00966665.1956.10467740>
- Ani  , M., Spasi  , T., Toma  evi  , M., Raj  i  , S., & Tasi  , M. (2011). Trace Elements Accumulation and Temporal Trends in Leaves of Urban Deciduous Trees (*Aesculus hippocastanum* and *Tilia* spp.). *Ecological Indicators*, 11(3), 824–830. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2010.10.009>
- Apple Inc. (n.d.). *COVID-19–Mobility Trends Reports*. [Data set]. Retrieved August 15, 2021 from <https://covid19.apple.com/mobility>
- Archer, C. L., Brodie, J. F., & Rauscher, S. A. (2019). Global Warming Will Aggravate Ozone Pollution in the U.S. Mid-Atlantic. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 58(6), 1267–1278. <https://doi.org/10.1175/jamc-d-18-0263.1>
- Arsenovi  , D., Savi  , S., Lu  anin, Z., Radi  , I., Milo  evi  , D., & Arsi  , M. (2019). Heat-Related Mortality as an Indicator of Population Vulnerability in a Mid-Sized Central European City (Novi Sad, Serbia, Summer 2015). *Geographica Pannonica*, 23(4), 204–215. <https://doi.org/10.5937/gp23-22680>
- Arsi  , M., Nikoli  , Dj., Djordjevi  , P., Mihajlovi  , I., &   ivkovi  ,   . (2011). Episodes of Extremely High Concentrations of Tropospheric Ozone in the Urban Environment in Bor – Serbia. *Atmospheric environment*, 45(32), 5716–5724. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2011.07.024>
- Arslan, H. (2023). Impacts of Meteorological Parameters on Tropospheric Ozone Concentrations in Çanakkale. *International Journal of Advances in Engineering and Pure Sciences*, 35(1), 10–17. <https://doi.org/10.7240/jeps.1078886>
- Atkinson, R. W., Butland, B. K., Anderson, H. R., & Maynard, R. L. (2018). Long-Term Concentrations of Nitrogen Dioxide and Mortality: A Meta-Analysis of Cohort Studies. *Epidemiology*, 29(4), 460–472. <https://doi.org/10.1097/EDE.0000000000000847>
- Bahng, Y., Baek, K., Park, J.-T., Choi, W.-J., & Kwak, K. (2021). Carbon Monoxide Poisoning and Developing Ischemic Heart Disease: A Nationwide Population-Based Nested Case-Control Study. *Toxics*, 9(10), Article 239. <https://doi.org/10.3390/toxics9100239>
- Baldasano, J. M. (2020). COVID-19 Lockdown Effects on Air Quality by NO<sub>2</sub> in the Cities of Barcelona and Madrid (Spain). *Science of the Total Environment*, 741, Article 140353. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140353>
- Barry, R.G. & Chorley, R.J. (2003). *Atmosphere, weather and climate*. Routledge.
- Becker, J., Steckling-Muschack, N., Mittermeier, I., Bergmann, K.-C., Böse-O'Reilly, S., Buters, J., Damialis, A., Heigl, K., Heinrich, J., Kabesch, M., Mertes, H., Nowak, D., Schutzmeier, P., Walser-Reichenbach, S., Weinberger, A., Korbely, C., Herr, C., Heinze, C., & Kutzora, S. (2021). Threshold Values of Grass Pollen (Poaceae) Concentrations and Increase in Emergency Department Visits, Hospital Admissions, Drug Consumption and Allergic Symptoms in Patients with Allergic Rhinitis: A Systematic Review. *Aerobiologia*, 37, 633–662. <https://doi.org/10.1007/s10453-021-09720-9>
- Beelen, R., Hoek, G., van den Brandt, P. A., Goldbohm, R. A., Fischer, P., Schouten, L. J., Jerrett, M., Hughes, E., Armstrong, B., & Brunekreef, B. (2008). Long-Term Effects of Traffic-Related Air Pollution on Mortality in a Dutch Cohort (NLCS-AIR Study). *Environmental Health Perspectives*, 116(2), 196–202. <https://doi.org/10.1289/ehp.10767>

- Bekbulat, B., Apte, J. S., Millet, D. B., Robinson, A. L., Wells, K. C., Presto, A. A., & Marshall, J. D. (2021). Changes in Criteria Air Pollution Levels in the US Before, During, and After Covid-19 Stay-At-Home Orders: Evidence from Regulatory Monitors. *Science of the Total Environment*, 769, Article 144693. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144693>
- Bell, M. L., & Davis, D. L. (2001). Reassessment of the Lethal London Fog of 1952: Novel Indicators of Acute and Chronic Consequences of Acute Exposure to Air Pollution. *Environmental Health Perspectives*, 109(3), 389–394. <https://doi.org/10.1289/ehp.01109s3389>
- Bell, M. L., Davis, D. L., & Fletcher, T. (2004). A Retrospective Assessment of Mortality from the London Smog Episode of 1952: the Role of Influenza and Pollution. *Environmental Health Perspectives*, 112(1), 6–8. <https://doi.org/10.1289/ehp.6539>
- Bell, M. L., Goldberg, R., Hogrefe, C., Kinney, P. L., Knowlton, K., Lynn, B., Rosenthal, J., Rosenzweig, C., & Patz, J. A. (2007). Climate Change, Ambient Ozone, and Health in 50 US Cities. *Climate Change*, 82, 61–76. <https://doi.org/10.1007/s10584-006-9166-7>
- Betancourt-Odio, M. A., Martínez-de-Ibarreta, C., Budría-Rodríguez, S., & Wirth, E. (2021). Local Analysis of Air Quality Changes in the Community of Madrid before and during the COVID-19 Induced Lockdown. *Atmosphere*, 12(6), Article 659. <https://doi.org/10.3390/atmos12060659>
- Bežanović, V., Novaković, M., Milovanović, D., Čepić, Z., & Adamović, D. (2022). Effects of the COVID-19 Quarantine Measures on PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub> and NO<sub>2</sub> Concentration Levels in Serbia. *Polish Journal of Environmental Studies*, 31(4), 3509–3521. <https://doi.org/10.15244/pjoes/147591>
- Bickerstaff, K., & Walker, G. (1999). Clearing the Smog? Public Responses to Air-Quality Information. *Local Environment*, 4(3), 279–294. <https://doi.org/10.1080/13549839908725600>
- Bickerstaff, K., & Walker, G. (2003). The Place(s) of Matter: Matter Out of Place – Public Understandings of Air Pollution. *Progress in Human Geography*, 27(1), 45–67. <https://doi.org/10.1191/0309132503ph412oa>
- Bogdanović, D., & Lazarević, K. (2015). Early Warning System and Adaptation Advice to Reduce Human Health Consequences of Extreme Weather Conditions and Air Pollution. In D. Čemal, K. Ejub, D. Randelović & B. Stojanović (Eds.), *Handbook of Research on Democratic Strategies and Citizen-Centered E-Government Services* (pp. 265-301). IGI Global.
- Boubel, R.W., Fox, D.L., Turner, D.B., & Stern, A.C. (1994). *Fundamentals of Air Pollution*. Academic Press.
- Brimblecombe, P. (2006). The Clean Air Act after Fifty Years. *Weather* 61(11), 311–314. <https://doi.org/10.1256/wea.127.06>
- Brimblecombe, P. (2011). A History of the Causes and Consequences of Air Pollution. In M. Quante, R. Ebinghaus & G. Flöser (Eds.), *Persistent Pollution – Past, Present and Future* (pp. 3–11). Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Briz-Redón, Á., Belenguer-Sapiña, C., & Serrano-Aroca, Á. (2021). Changes in Air Pollution during COVID-19 Lockdown in Spain: A Multi-City Study. *Journal of Environmental Sciences*, 101, 16–26. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2020.07.029>
- Budde, M., Busse, M., & Beigl, M. (2012, June 11–14). *Investigating the Use of Commodity Dust Sensors for the Embedded Measurement of Particulate Matter*. 2012 Ninth International Conference on Networked Sensing (INSS). Antwerp, Belgium. <https://doi.org/10.1109/INSS.2012.6240545>
- Canha, N., Justino, A. R., Gamelas, C. A., & Almeida, S. M. (2022). Citizens' Perception on Air Quality in Portugal-How Concern Motivates Awareness. *International journal of environmental research and public health*, 19(19), Article 12760. <https://doi.org/10.3390/ijerph191912760>
- Carlsaw, D. C. (2020). *Deweather: An R Package to Remove Meteorological Variation from Air Quality Data* (Version 0.6) [Computer software]. University of York. Retrieved June 1, 2021 from <https://github.com/davidcarlsaw/deweather>
- Carlsaw, D. C., & Ropkins, K. (2012). Openair – an R Package for Air Quality Data Analysis. *Environmental Modelling & Software*, 27–28, 52–61. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2011.09.008>

- Chen, K., Breitner, S., Wolf, K., Stafoggia, M., Sera, F., Vicedo-Cabrera, A. M., Guo, Y., Tong, S., Lavigne, E., Matus, P., Valdés, N., Kan, H., Jaakkola, J. J. K., Ryti, N. R. I., Huber, V., Scortichini, M., Hashizume, M., Honda, Y., Nunes, B., ... Schneider, A. (2021a). Ambient Carbon Monoxide and Daily Mortality: a Global Time-Series Study in 337 Cities. *Lancet Planet Health*, 5(4), E191–E199. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(21\)00026-7](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(21)00026-7)
- Chen, M., Chen, Y., Zhu, H., Wang, Y., & Xie, Y. (2023). Analysis of Pollutants Transport in Heavy Air Pollution Processes using a New Complex-Network-Based Model. *Atmospheric Environment*, 292, Article 119395. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2022.119395>
- Chen, T.-M., Gokhale, J., Shofer, S., & Kuschner, W. G. (2007). Outdoor Air Pollution: Nitrogen Dioxide, Sulfur Dioxide, and Carbon Monoxide Health Effects. *The American Journal of the Medical Sciences*, 333(4), 249–256. <https://doi.org/10.1097/MAJ.0b013e31803b900f>
- Chen, L., Li, J., Pang, X., Shi, K., Chen, J., Wang, J., & Xu, M. (2021c). Impact of COVID-19 Lockdown on Air Pollutants in a Coastal Area of the Yangtze River Delta: China. Measured by Low-Cost Sensor Package. *Atmosphere*, 12(3), 345. <https://doi.org/10.3390/atmos12030345>
- Chen, D., Liu, X., Lang, J., Zhou, Y., Wei, L., Wang, X., & Guo, X. (2017). Estimating the Contribution of Regional Transport to PM<sub>2.5</sub> Air Pollution in a Rural Area on the North China Plain. *Science of The Total Environment*, 583, 280–291. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.066>
- Chen, G., Tao, J., Wang, J., Dong, M., Li, X., Sun, X., Cheng, S., Fan, J., Ye, Y., Xiao, Y., Hu, J., He, G., Sun, J., Lu, J., Guo, L., Li, X., Rong, Z., Zeng, W., Zhou, H., ... Liu, T. (2021b). Reduction of Air Pollutants and Associated Mortality During and After the COVID-19 Lockdown in China: Impacts and Implications. *Environmental Research*, 200, Article 111457. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111457>
- Cohen, A. J., Brauer, M., Burnett, R., Anderson, H. R., Frostad, J., Estep, K., Balakrishnan, K., Brunekreef, B., Dandona, L. M. D., Dandona, R., Feigin, V., Freedman, G., Hubbell, B., Jobling, A., Kan, H., Knibbs, L., Liu, Y., Martin, R., Morawska, L., ... Forouzanfar, M. H. (2017). Estimates and 25-Year Trends of the Global Burden of Disease Attributable to Ambient Air Pollution: An Analysis of Data from the Global Burden of Diseases Study 2015. *The Lancet*, 389(10082), P1907–P1918. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(17\)30505-6](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(17)30505-6)
- Cohen, A. J., Ross Anderson, H., Ostro, B., Pandey, K. D., Krzyzanowsky, M., Kunzli, N., Gutschmidt, K., Pope, C. A. 3rd, Romieu, I., Samet, J. M. & Smith K. R. (2004). Urban air pollution. In M. Ezzati, D. Alan, A. Anthony & Muray C. J. L (Eds.), *Comparative quantification of health risks. Global and regional burden of disease attributable to selected major factors. Volume 1*. World Health Organization.
- Colls J. (2002). *Air pollution*. (2nd ed). CRC Press. <https://doi.org/10.4324/9780203476024>
- Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (CLRTAP), November 13, 1979 (entered into force on March 16, 1983), <https://unece.org/sites/default/files/2021-05/1979%20CLRTAP.e.pdf>
- Copernicus Climate Data Store (2011–2020). *CERRA Sub-Daily Regional Reanalysis Data for Europe on Single Levels from 1984 to Present* [Data set]. <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/10.24381/cds.622a565a?tab=overview>
- Cowled, B.D., Hillman, A., Ward, M. P., Clutterbuck, H., Doyle, M., Webb Ware, J., Thomas, M., Plain, K., Barwell, R., Laurence, M., & Pfeiffer, C. (2022). The Black Summer Bushfires: Impacts and Risk Factors for Livestock Bushfire Injury in South-Eastern Australia. *Australian Veterinary Journal* 100(7), 306–317. <https://doi.org/10.1111/avj.13165>
- Crippa, M., Janssens-Maenhout, G., Dentener, F., Guizzardi, D., Sindelarova, K., Muntean, M., Van Dingenen, R., & Granier, C. (2016). Forty Years of Improvements in European Air Quality: Regional Policy-Industry Interactions with Global Impacts. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 16(6), 3825–3841. <https://doi.org/10.5194/acp-16-3825-2016>
- D'Amato, G., Cecchi, L., Bonini, S., Nunes, C., Annesi-Maesano, I., Behrendt, H., Liccardi, G., Popov, T., & Van Cauwenberge, P. (2007). Allergenic Pollen and Pollen Allergy in Europe. *Allergy* 62(9), 976–990. <https://doi.org/10.1111/j.1398-9995.2007.01393.x>

- Davenport A. G. (1963, June 26-28). *The Relationship of Wind Structure to Wind Loading*. Conference on The Wind Effects on Buildings and Structures. Teddington, Middlesex, England. [https://www.aivc.org/sites/default/files/members\\_area/medias/pdf/Airbase/airbase\\_00385.pdf](https://www.aivc.org/sites/default/files/members_area/medias/pdf/Airbase/airbase_00385.pdf)
- Davidović, M., Dmitrašinović, S., Jovanović, M., Radonić, J., & Jovašević-Stojanović, M. (2021). Diurnal, Temporal and Spatial Variations of Main Air Pollutants Before and during Emergency Lockdown in the City of Novi Sad (Serbia). *Applied Sciences*, 11(3), Article 1212. <https://doi.org/10.3390/app11031212>
- Davies, S. (2004, September 1). The Great Horse-Manure Crisis of 1894. *The Freeman*, 54(9). <https://fee.org/articles/the-great-horse-manure-crisis-of-1894/>
- de Weger, L. A., Bruffaerts, N., Koenders, M. M. J. F., Verstraeten, W. W., Delcloo, A. W., Hentges, P., & Hentges, F. (2021). Long-Term Pollen Monitoring in the Benelux: Evaluation of Allergenic Pollen Levels and Temporal Variations of Pollen Seasons. *Frontiers in Allergy*, 2, Article 676176. <https://doi.org/10.3389/falgy.2021.676176>
- DEH (Department of Environment and Heritage) (2004). State of Air: National Ambient Air Quality Status and Trends Report 1991-2001. Australian Department of Environment and Heritage. <http://www.deh.gov.au/atmosphere/airquality/status/#download>
- Dehghani, Y. H., Velicković, M., Jodeiri Shokri, B., Mihajlovic, I., Nikolic, Dj., & Panic, M. (2022). Determination of Ozone Concentration using Gene Expression Programming Algorithm (GEP) – Zrenjanin. *Serbia International Journal of Mining and Geo-Engineering* 56(1), 1–9. <https://doi.org/10.22059/IJMGE.2021.313278.594874>
- Diaz-Canestro, C., Pentz, B., Sehgal, A., & Montero, D. (2022). Sex Differences in Orthostatic Tolerance Are Mainly Explained by Blood Volume and Oxygen Carrying Capacity. *Critical Care Explorations*, 4(1), Article e0608. <https://doi.org/10.1097/CCE.0000000000000608>
- Dmitrašinović, S. S., Živković, M. M., Jovanović, M. V., Radonić, J. R., & Davidović, M. D. (2023). Traffic Intensity and Air Pollution before and during Lockdown in Novi Sad, Serbia. *Thermal Science*, 2(3B), 2333–2345. <https://doi.org/10.2298/TSCI220621110D>
- Dragic, N., Bijelovic, S., Jevtic, M., Velicki, R., & Radic, I. (2021). Short-term health effects of air quality changes during the COVID-19 pandemic in the City of Novi Sad, the Republic of Serbia. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 34(2), 223-237. <https://doi.org/10.13075/ijomeh.1896.01784>
- Ducić, V., Luković, J., Burić, D., Stanojević, G., & Mustafić, S. (2012). Precipitation Extremes in the Wettest Mediterranean Region (Krivošije) and Associated Atmospheric Circulation Types. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 12(3), 687–697. <https://doi.org/10.5194/nhess-12-687-2012>
- Ducić, V., Luković, J., & Stanojević, G. (2010). Atmospheric Circulation and the Precipitation Variability in Serbia for Period 1949-2004. *Bulletin of the Serbian Geographical Society*, 90(2), 85–107. <https://doi.org/10.2298/GSGD1002085D>
- Đurić, M., & Vujović, D. (2020). Short-Term Forecasting of Air Pollution Index in Belgrade, Serbia. *Meteorological Applications*, 27(5), Article e1946. <https://doi.org/10.1002/met.1946>
- DWD, (n.d.). *Atmospheric composition*. Trace gases. Retrieved February 10, 2024 from [https://www.dwd.de/EN/research/observing\\_atmosphere/composition\\_atmosphere/trace\\_gases/trace\\_gases\\_node.html](https://www.dwd.de/EN/research/observing_atmosphere/composition_atmosphere/trace_gases/trace_gases_node.html)
- European Commission. (1996). Council Directive 96/62/EC of 27 September 1996 on Ambient Air Quality Assessment and Management. *Official Journal of the European Union*, L 296, 55–63.
- European Commission. (1997). Council Decision 97/101/EC of 27 January 1997 Establishing a Reciprocal Exchange of Information and Data from Networks and Individual Stations Measuring Ambient Air Pollution within the Member States. *Official Journal of the European Union*, L 35, 116–124.
- European Commission. (1999a). Council Directive 1999/30/EC of 22 April 1999 Relating to Limit Values for Sulphur Dioxide, Nitrogen Dioxide and Oxides of Nitrogen, Particulate Matter and Lead in Ambient Air. *Official Journal of the European Union*, L 163, 41–60.
- European Commission. (1999b). Council Directive 1999/32/EC of 26 April 1999 Relating to a Reduction in the Sulphur Content of Certain Liquid Fuels and Amending Directive 93/12/EEC. *Official Journal of the European Union*, L 121, 17–22.

- European Commission. (2000). Directive 2000/69/EC of the European Parliament and of the Council of 16 November 2000 Relating to Limit Values for Benzene and Carbon Monoxide in Ambient Air. *Official Journal of the European Union*, L 313, 12–21.
- European Commission (2001a). Commission Decision of 17 October 2001 Amending the Annexes to Council Decision 97/101/EC Establishing a Reciprocal Exchange of Information and Data from Networks and Individual Stations Measuring Ambient Air Pollution within the Member States. *Official Journal of the European Union*, L 282, 69–79.
- European Commission (2001b). Directive 2001/81/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2001 on National Emission Ceilings for Certain Atmospheric Pollutants. *Official Journal of the European Union*, L309, 22–30.
- European Commission. (2002). Directive 2002/3/EC of the European Parliament and of the Council of 12 February 2002 relating to Ozone in Ambient Air. *Official Journal of the European Union*, L 67, 14–30.
- European Commission. (2004a). Directive 2004/107/EC of the European Parliament and of the Council of 15 December 2004 relating to Arsenic, Cadmium, Mercury, Nickel and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Ambient Air. *Official Journal of the European Union*, L23, 3–16.
- European Commission. (2004b). Directive 2004/42/EC of the European Parliament and of the Council of 21 April 2004 on the Limitation of Emissions of Volatile Organic Compounds due to the Use of Organic Solvents in Certain Paints and Varnishes and Vehicle Refinishing Products and Amending Directive 1999/13/EC. *Official Journal of the European Union*, L143, 87–96.
- European Commission. (2007a). Directive 2007/46/EC of the European Parliament and of the Council of 5 September 2007 Establishing a Framework for the Approval of Motor Vehicles and Their Trailers, and of Systems, Components and Separate Technical Units Intended for Such Vehicles (Framework Directive). *Official Journal of the European Union*, L263, 1–160.
- European Commission. (2007b). Regulation (EC) No 715/2007 of the European Parliament and of the Council of 20 June 2007 on Type Approval of Motor Vehicles with Respect to Emissions from Light Passenger and Commercial Vehicles (Euro 5 and Euro 6) and on Access to Vehicle Repair and Maintenance Information. *Official Journal of the European Union*, L171, 1–16.
- European Commission. (2008a). 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. *Official Journal of the European Union*, L152, 1–44.
- European Commission. (2008b). Commission Regulation (EC) No 692/2008 of 18 July 2008 Implementing and Amending Regulation (EC) No 715/2007 of the European Parliament and of the Council on Type-Approval of Motor Vehicles with Respect to Emissions from Light Passenger and Commercial Vehicles (Euro 5 and Euro 6) and on Access to Vehicle Repair and Maintenance Information. *Official Journal of the European Union*, L199, 1–136.
- European Commission. (2009a): Directive 2009/30/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 Amending Directive 98/70/EC as Regards the Specification of Petrol, Diesel and Gas-Oil and Introducing a Mechanism to Monitor and Reduce Greenhouse Gas Emissions and Amending Council Directive 1999/32/EC as Regards the Specification of Fuel Used by Inland Waterway Vessels and Repealing Directive 93/12/EEC. *Official Journal of the European Union*, L140, 88–113.
- European Commission. (2009b): Regulation (EC) No 595/2009 of the European Parliament and of the Council of 18 June 2009 on Type-Approval of Motor Vehicles and Engines with Respect to Emissions from Heavy Duty Vehicles (Euro VI) and on Access to Vehicle Repair and Maintenance Information and Amending Regulation (EC) No 715/2007 and Directive 2007/46/EC and Repealing Directives 80/1269/EEC, 2005/55/EC and 2005/78/EC. *Official Journal of the European Union*, L188, 1–13.
- European Commission. (2009c): Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the Promotion of the Use of Energy from Renewable Sources and Amending and Subsequently Repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC. *Official Journal of the European Union*, L140, 16–62.

- European Commission. (2010a). Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council of 24 November 2010 on Industrial Emissions (Integrated Pollution Prevention and Control). *Official Journal of the European Union*, L334, 17–119.
- European Commission. (2010b). Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the Energy Performance of Buildings. *Official Journal of the European Union*, L153, 13–35.
- European Commission. (2011). Commission Regulation (EU) No 582/2011 of 25 May 2011 Implementing and Amending Regulation (EC) No 595/2009 of the European Parliament and of the Council with Respect to Emissions from Heavy Duty Vehicles (Euro VI) and Amending Annexes I and III to Directive 2007/46/EC of the European Parliament and of the Council. *Official Journal of the European Union*, L167, 1–168.
- European Commission. (2012a). Directive 2012/33/EU of the European Parliament and of the Council of 21 November 2012 Amending Council Directive 1999/32/EC as Regards the Sulphur Content of Marine Fuels. *Official Journal of the European Union*, L327, 1–13.
- European Commission. (2012b). Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the Council of 25 October 2012 on Energy Efficiency, Amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and Repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC. *Official Journal of the European Union*, L315, 1–56.
- European Commission. (2015a) Directive (EU) 2015/2193 of the European Parliament and of the Council of 25 November 2015 on the Limitation of Emissions of Certain Pollutants into the Air from Medium Combustion Plants. *Official Journal of the European Union*, L 313, 1–19.
- European Commission. (2015b). Commission Regulation (EU) 2015/1185 of 24 April 2015 Implementing Directive 2009/125/EC of the European Parliament and of the Council with Regard to Eco Design Requirements for Solid Fuel Local Space Heaters. *Official Journal of the European Union*, L 193, 1–19.
- European Commission. (2016a). Directive (EU) 2016/2284 of the European Parliament and of the Council of 14 December 2016 on the reduction of national emissions of certain atmospheric pollutants, amending Directive 2003/35/EC and repealing Directive 2001/81/E. *Official Journal of the European Union*, L344, 1–31.
- European Commission. (2016b). Commission Regulation (EU) 2016/427 of 10 March 2016 Amending Regulation (EC) No 692/2008 as Regards Emissions from Light Passenger and Commercial Vehicles (Euro 6). *Official Journal of the European Union*, L82, 1–98.
- European Commission. (2016c). Regulation (EU) 2016/1628 of the European Parliament and of the Council of 14 September 2016 on Requirements Relating to Gaseous and Particulate Pollutant Emission Limits and Type-Approval for Internal Combustion Engines for Non-Road Mobile Machinery, Amending Regulations (EU) No 1024/2012 and (EU) No 167/2013, and Amending and Repealing Directive 97/68/EC. *Official Journal of the European Union*, L252, 53–117.
- European Commission. (2022a). *ECHI - European Core Health Indicators*. [Data set]. [https://ec.europa.eu/health/indicators-and-data/european-core-health-indicators-echi/echi-european-core-health-indicators\\_en](https://ec.europa.eu/health/indicators-and-data/european-core-health-indicators-echi/echi-european-core-health-indicators_en)
- European Commission. (2022b). *ECIS - European Cancer Information System—Estimates of Cancer Incidence and Mortality in 2020, for all Countries*, European Commission. [Data set]. <https://ecis.jrc.ec.europa.eu>
- European Commission. (2022c). Special Eurobarometer 524 Report. Attitudes of European Towards Air Quality. Retrieved July 5, 2023 from <https://europa.eu/eurobarometer/surveys/detail/2660>
- European Commission, Copernicus, & European Centre for Medium-Range Weather Forecasts. (2022, December 13). *CAMS: Monitoring Extreme Wildfire Emissions in 2022*. <https://atmosphere.copernicus.eu/cams-monitoring-extreme-wildfire-emissions-2022>
- European Environment Agency. (2013). *Status of Black Carbon Monitoring in Ambient Air in Europe*. (Report No. 18). Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2800/10150>
- European Environment Agency. (2015-2022). *Air Quality in Europe*. Publications Office of the European Union. <https://www.eea.europa.eu/publications>



- European Environment Agency. (2018, October 29). *Assessing the Risks to Health from Air Pollution*. <https://www.eea.europa.eu/publications/assessing-the-risks-to-health/assessing-the-risks-to-health>
- European Environment Agency. (2019, January 9). *European Air Quality Index*. European Environment Agency. <https://www.eea.europa.eu/themes/air/air-quality-index>
- European Environment Agency. (2023a). *Air Pollutant Emissions Data Viewer (Gothenburg Protocol, Air Convention) 1990–2021* [Data set]. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/dashboards/air-pollutant-emissions-data-viewer-5>
- European Environment Agency. (2023b). *Air Quality Statistic* [Data set]. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/dashboards/air-quality-statistics>
- Engelbrecht, J. P., & Derbyshire, E. (2010). Airborne Mineral Dust. *Elements*, 6(4), 241–246. <https://doi.org/10.2113/gselements.6.4.241>
- Environment Agency. (2021). *Satellite Measurements of Air Quality and Greenhouse Gases: Application to Regulatory Activities: Chief Scientist's Group Report*. [https://assets.publishing.service.gov.uk/media/6093c6258fa8f548aeae97f1/Satellite\\_measurements\\_of\\_air\\_quality\\_and\\_greenhouse\\_gases\\_-\\_report.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/media/6093c6258fa8f548aeae97f1/Satellite_measurements_of_air_quality_and_greenhouse_gases_-_report.pdf)
- Enz, J.W., Hofman, V. & Thostenson, A. (2019). Air Temperature Inversions: Causes, Characteristics and Potential Effects on Pesticide Spray Drift. *NDSU Extension*, Article AE1705 <https://www.ndsu.edu/agriculture/sites/default/files/2023-12/AE-1705-%20Air%20Temp%20Inversions2019.pdf>
- EUR-lex (n.d.). *Geneva Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution*. Retrieved December 20, 2023 from <https://eur-lex.europa.eu/EN/legal-content/summary/geneva-convention-on-long-range-transboundary-air-pollution.html>
- Eurostat (2014). *GEOSTAT 2011 Grid Dataset. Population Distribution Dataset* [Data set]. <https://ec.europa.eu/eurostat/web/gisco/geodata/reference-data/population-distribution-demography>
- Eurostat (2019a). *Population Change - Demographic Balance and Crude Rates at National Level* [Data set]. [http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=demo\\_gind&lang=en](http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=demo_gind&lang=en)
- Eurostat (2019b). *Life Expectancy by Age and Sex* [Data set]. [http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=demo\\_mlexpec&lang=en](http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=demo_mlexpec&lang=en)
- Eurostat (2023a). *European Health Interview Survey – Methodology* [Data set]. [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=European\\_health\\_interview\\_survey\\_-\\_methodology](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=European_health_interview_survey_-_methodology)
- Eurostat (2023b). *Hospital Discharges by Diagnosis, In-Patients, per 100 000 Inhabitants* [Data set]. [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/HLTH\\_CO\\_DISCH2\\_\\_custom\\_2775751/default/table?lang=en](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/HLTH_CO_DISCH2__custom_2775751/default/table?lang=en)
- Evelyn, J. (1661). *Fumifugium or The Inconveniencie of the Aer and Smoak of London Dissipated Together with Some Remedies Humbly Proposed by J.E. esq. to His Sacred Majestie, and to the Parliament now assembled*. Printed by W. Godbid for Gabriel Bedel and Thomas Collins.
- Filonchik, M., Hurynovich, V., & Yan, H. (2021). Impact of Covid-19 Lockdown on Air Quality in the Poland, Eastern Europe. *Environmental Research*, 198, Article 110454. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110454>
- Fowler, D., Pyle, J. A., Sutton, M. A., & Williams, M. L. (2020). Global Air Quality, Past Present and Future: an Introduction. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 378, Article 20190323. <http://dx.doi.org/10.1098/rsta.2019.0323>
- Garber, W., Colosio, J., Grittner, S., Larssen, S., Rasse, D., Schneider, J., & Houssiau, M. (2002). *Guidance on the Annexes to Decision 97/101/EC on Exchange of Information as Revised by Decision 2002/752/EC*. Brussels: European Commission, DG Environment. <http://ec.europa.eu/environment/air/pdf/guidancetoannexes97101ec.pdf>
- García-Mozo, H. (2017). Poaceae Pollen as the Leading Aeroallergen Worldwide: A review. *Allergy* 72(12), 1849–1858. <https://doi.org/10.1111/all.13210>
- GBD 2019 Risk Factors Collaborators (2020). Global Burden of 87 Risk Factors in 204 Countries and Territories, 1990–2019: A Systematic Analysis for the Global Burden of Disease Study 201. *The Lancet*, 396(10258), 1223–1249. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30752-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30752-2)

- George, S. (2014). Volcanic Pollution. *International Pollution Issues. E-Journal Produced by Students of Geography*, 335. <https://intlpollution.commons.gc.cuny.edu/volcanic-pollution/>
- Gerlach, T. (2011). Volcanic Versus Anthropogenic Carbon Dioxide. *Eos*, 92(24), 201–208. <https://doi.org/10.1029/2011EO240001>
- Gieré, R., & Vaughan, D.J. (2013). Minerals in the Air. *Elements*, 9, 410–411. [http://www.elements-magazine.org/archives/e9\\_6/e9\\_6\\_dep\\_mineralogymatters.pdf](http://www.elements-magazine.org/archives/e9_6/e9_6_dep_mineralogymatters.pdf)
- Gilles, S., Akdis, C., Lauener, R., Schmid-Grendelmeier, P., Bieber, T., Schäppi, G., & Traidl-Hoffmann, C. (2018). The Role of Environmental Factors in Allergy: A Critical Reappraisal. *Experimental Dermatology*, 27(11), 1193–1200. <https://doi.org/10.1111/exd.13769>
- Godish, T. (2004). *Air Quality (4th ed.)*. Boca Raton: Lewis Publishers.
- Google (n.d.). *COVID-19 Community Mobility Reports*. <https://www.google.com/covid19/mobility/>
- Grange, S. K. & Carslaw, D. C. (2019). Using Meteorological Normalisation to Detect Interventions in Air Quality Time Series. *Science of The Total Environment*, 653, 578–588. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.344>
- Grennfelt, P., Engleryd, A., Forsius, M., Hov, Ø., Rodhe, H., & Cowling, E. (2020). Acid Rain and Air Pollution: 50 Years of Progress in Environmental Science and Policy. *Ambio*, 49(4), 849–864. <https://doi.org/10.1007/s13280-019-01244-4>
- Grice, S., Stedman, J., Kent, A., Hobson, M., Norris, J., Abbott, J., & Cooke, S. (2009). Recent Trends and Projections of Primary NO<sub>2</sub> Emissions in Europe. *Atmospheric Environment*, 43(13) 2154–2167. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2009.01.019>
- Grivas, G., Athanasopoulou, E., Kakouri, A., Bailey, J., Liakakou, E., Stavroulas, I., Kalkavouras, P., Bougiatioti, A., Kaskaoutis, D. G., Ramonet, M., Mihalopoulos, N., & Gerasopoulos, E. (2020). Integrating in Situ Measurements and City Scale Modelling to Assess the COVID–19 Lockdown Effects on Emissions and Air Quality in Athens, Greece. *Atmosphere*, 11, 1174. <https://doi.org/10.3390/atmos11111174>
- Gryparis, A., Forsberg, B., Katsouyanni, K., Analitis, A., Touloumi, G., Schwartz, J., Samoli, E., Medina, S. H., Niciu, E. M., Wichmann, H.-E., Kriz, B., Kosnik, M., Skorkovsky, J., Vonk, J.M. & Dortbudak, Z. (2004). Acute Effects of Ozone on Mortality from the “Air Pollution and Health: A European Approach” Project. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 170(10), 1080–1087. <https://doi.org/10.1164/rccm.200403-333OC>
- Guo, Y., Liu, F., Lu, Y., Mao, Z., Lu, H., Wu, Y., Chu, Y., Yu, L., Liu, Y., Ren, M., Li, N., Chen, X., & Xiang, H. (2016). Factors Affecting Parent's Perception on Air Quality-From the Individual to the Community Level. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13(5), Article 493. <https://doi.org/10.3390/ijerph13050493>
- Hatch, G. E., Slade, R., Harris, L. P., McDonnell, W. F., Devlin, R. B., Koren, H. S., Costa, D. L., & McKee J. (1994). Ozone Dose and Effect in Humans and Rats. A Comparison Using Oxygen- 18 Labeling and Bronchoalveolar Lavage. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 150, 676–83. <https://doi.org/10.1164/ajrccm.150.3.8087337>
- Health and Environment Alliance. (2019). *Chronic Coal Pollution - EU Action on the Western Balkans will Improve Health and Economies Across Europe*. Brussels: HEAL, CAN Europe, Sandbag, CEE Bankwatch Network and Europe Beyond Coal. <https://www.env-health.org/wp-content/uploads/2019/02/Chronic-Coal-Pollution-report-1.pdf>
- Health Effects Institute. (2022). *Trend kvaliteta vazduha i zdravlja u Republici Srbiji: Specijalni izveštaj o globalnom statusu vazduha*. Health Effects Institute. <https://www.healtheffects.org/annual-report-2022>
- Hinds, W.C. (1982). *Aerosol Technology-Properties, Behavior, and Measurement of Airborne Particles*. New York: Wiley-Interscience.
- Hoesly, R. M., Smith, S. J., Feng, L., Klimont, Z., Janssens-Maenhout, G., Pitkanen, T., Seibert, J. J., Vu, L., Andres, R. J., Bolt, R. M., Bond, T. C., Dawidowski, L., Kholod, N., Kurokawa, J.-I., Li, M., Liu, L., Lu, Z., Moura, M. C. P., O'Rourke, P. R., & Zhang, Q.(2018). Historical (1750–2014) Anthropogenic Emissions of Reactive Gases and Aerosols from the Community Emissions Data System (CEDS). *Geoscientific Model Development*, 11(1) 369–408. <https://doi.org/10.5194/gmd-11-369-2018>

- Horálek, J., de Smet, P., de Leeuw, F. Kurfürst, P., & Benešová, N. (2016). *European Air Quality Maps of PM and Ozone for 2013*. (Technical Paper 2015/5). The European Topic Centre on Air Pollution and Climate Change Mitigation (ETC/ACM). [https://www.eionet.europa.eu/etcs/etc-atni/products/etc-atni-reports/etcacm\\_tp\\_2017\\_7\\_aqmaps2015](https://www.eionet.europa.eu/etcs/etc-atni/products/etc-atni-reports/etcacm_tp_2017_7_aqmaps2015)
- Horálek, J., de Smet, P., de Leeuw, F. Kurfürst, P., & Benešová, N. (2017). *European Air Quality Maps for 2014 — PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, ozone, NO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub>, Spatial Estimates and Their Uncertainties*. (Technical Paper 2016/6). The European Topic Centre on Air Pollution and Climate Change Mitigation (ETC/ACM). [https://www.eionet.europa.eu/etcs/etc-atni/products/etc-atni-reports/etcacm\\_tp\\_2016\\_6\\_aqmaps2014](https://www.eionet.europa.eu/etcs/etc-atni/products/etc-atni-reports/etcacm_tp_2016_6_aqmaps2014)
- Huang, S., Li, H., Wang, M., Qian, Y., Steenland, K., Caudle, W. M., Liu, Y., Sarnat, J., Papatheodorou, S., & Shi, L. (2021). Long-Term Exposure to Nitrogen Dioxide and Mortality: A Systematic Review and Metaanalysis. *Science of the Total Environment*, 776, Article 145968. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145968>
- Institute Health Metrics and Evaluation. (2024, January 25). *Global Burden of Disease (GBD)*. <https://www.healthdata.org/research-analysis/gbd>
- Jacimovski, S., Miladinovic, S., & Radovanovic, R. (2016): Analysis of the Emission of SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, and Suspended Particles from the Thermal Power Plants Kostolac (Serbia). *Human and Ecological Risk Assessment*, 22(5), 1208–1223. <https://doi.org/10.1080/10807039.2016.1151347>
- Jacobs, E. T., Burgess, J. L., & Abbott, M. B. (2018). The Donora Smog Revisited: 70 Years After the Event That Inspired the Clean Air Act. *American Journal of Public Health*, 108, S85–S88. <https://doi.org/10.2105/AJPH.2017.304219>
- Jacobson M. Z. (1999). Effects of Soil Moisture on Temperatures, Winds, and Pollutant Concentrations in Los Angeles. *Journal of Applied Meteorology*, 38, 607–616. [https://doi.org/10.1175/1520-0450\(1999\)038<0607:EOSMOT>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0450(1999)038<0607:EOSMOT>2.0.CO;2)
- Jacobson, M. Z. (2002). *Atmospheric Pollution. History, Science, and Regulation*. Cambridge University Press.
- Javorac, J., Živanović, D., Ilić, M., Kašiković Lečić, S., Milenković, A., Dragić, N., Bijelović, S., Savić, N., Tot Vereš, K., Smuda, M., Stojkov, S., & Jevtić, M. (2023). The Influence of Air Pollution on Non-Infectious Hospitalizations for Severe Acute Exacerbations of Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A Time-Series from Serbia. *Atmosphere*, 14(4), Article 730. <https://doi.org/10.3390/atmos14040730>
- Jovašević-Stojanović, M., & Matić-Besarabić, S. (2008). Comparison of EU Framework and Dauther Directives and Current Serbiam Legalization on Air Pollution Monitoring. *Chemical Industry & Chemical Engineering Quarterly*. 14(1), 5–10. <https://doi.org/10.2298/CICEQ0801005J>
- Jovašević-Stojanović, M., Bartonova, A., Topalović, D., Lazović, I., Pokrić, B., & Ristovski, Z. (2015). On the Use of Small and Cheaper Sensors and Devices for Indicative Citizen-Based Monitoring of Respirable Particulate Matter. *Environmental Pollution*, 206, 696–704. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2015.08.035>
- Katsouyanni, K. (2003). Ambient Air Pollution and Health. *British Medical Bulletin*, 68(1), 143–156. <https://doi.org/10.1093/bmb/dg028>
- Kelly, F. J., & Fussell, J. C. (2015). Air Pollution and Public Health: Emerging Hazards and Improved Understanding of Risk. *Environmental Geochemistry and Health*, 37, 631–649. <https://doi.org/10.1007/s10653-015-9720-1>
- Khafae, M. A., Yajnik, C. S., Salvi, S. S., & Ojha A. (2016). Critical Review of Air Pollution Health Effects with Special Concern on Respiratory health. *Journal of Air Pollution and Health*, 1(2), 123–136. <https://japh.tums.ac.ir/index.php/japh/article/view/42>
- Kienzler, S., Soares, J., González Ortiz, A., & Plass, D. (2022). *Estimating the Morbidity Related Environmental Burden of Disease due to Exposure to PM<sub>2.5</sub>, NO<sub>2</sub> and O<sub>3</sub> in Outdoor Ambient Air* (ETC HE 2022/11). European Topic Centre on Human Health and the Environment. <https://www.eionet.europa.eu/etcs/etc-he/products/etc-he-products/etc-he-reports/etc-he-report-2022-11-estimating-the-morbidity-related-environmental-burden-of-disease-due-to-exposure-to-pm2-5-no2-and-o3-in-outdoor-ambient-air>

- Kim, K.-H., Jeon, E.-C., Choi, Y. J., & Koo, Y.-S. (2006). The Emission Characteristics and the Related Malodor Intensities of Gaseous Reduced Sulfur Compounds (RSC) in a Large Industrial Complex. *Atmospheric Environment* 40(24), 4478–4490. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2006.04.026>
- Kim, M., Yi, O., & Kim, H. (2012). The Role of Differences in Individual and Community Attributes in Perceived Air Quality. *The Science of The Total Environment*, 425, 20–26. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.03.016>
- Kloog, I., Ridgway, B., Koutrakis, P., Coull, B. A., & Schwartz, J. D. (2013). Long- and Short-Term Exposure to PM<sub>2.5</sub> and Mortality: Using Novel Exposure Models. *Epidemiology*, 24(4), 555–61. <https://doi.org/10.1097/EDE.0b013e318294beaa>
- Koolen, C. D., & Rothenberg, G. (2019). Air Pollution in Europe *ChemSusChem*, 12, 164–172. <https://doi.org/10.1002/cssc.201802292>
- Krewski, D., Jerrett, M., Burnett, R. T., Ma, R., Hughes, E., Shi, Y., Turner, M. C., Pope, C. A. 3rd, Thurston, G., Calle, E. E., Thun, M. J., Beckerman, B., DeLuca, P., Finkelstein, N., Ito, K., Moore, D. K., Newbold, K. B., Ramsay, T., Ross, Z.,...Tempalski, B. (2009). Extended Follow-Up and Spatial Analysis of the American Cancer Society Study Linking Particulate Air Pollution and Mortality. *Research Report Health Effects Institute*, 140, 5–136. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19627030/>
- Kulmala, M., Kokkonen, T. V., Pekkanen, J., Paatero, S., Petäjä, T., Kerminen, V.-M., & Ding, A. (2021). Opinion: Gigacity – a Source of Problems or the New way to Sustainable Development. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 21(10), 8313–8322. <https://doi.org/10.5194/acp-21-8313-2021>
- Lake, I. R., Jones, N. R., Agnew, M., Goodess, C. M., Giorgi, F., Hamaoui-Laguel, L., Semenov, M. A., Solomon, F., Storkey, J., Vautard, R., & Epstein, M. M. (2017) Climate Change and Future Pollen Allergy in Europe. *Environmental Health Perspectives*, 125(3), 385–391. <https://doi.org/10.1289/EHP173>
- Lan, X., Tans, P., & Thoning, K. W. (2024a). *Trends in Globally-Averaged CO<sub>2</sub> Determined from NOAA Global Monitoring Laboratory Measurements. Version 2024-03* [Data set]. <https://doi.org/10.15138/9N0H-ZH07>
- Lan, X., Thoning, K. W., & Dlugokencky, E.J. (2024b). *Trends in Globally-Averaged CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, and SF<sub>6</sub> Determined from NOAA Global Monitoring Laboratory measurements. Version 2024-03* [Data set]. <https://doi.org/10.15138/P8XG-AA10>
- Lazaridis, M. (2011). *First Principles of Meteorology and Air Pollution (Vol. 19)*. Springer.
- Lazić, L., Urošević, M. A., Mijić, Z., Vuković, G., & Ilić, L. (2016). Traffic Contribution to Air Pollution in Urban Street Canyons: Integrated Application of the OSPM, Moss Biomonitoring and Spectral Analysis. *Atmospheric Environment*, 141, 347–360. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2016.07.008>
- Lelieveld, J., Gromov, S., Pozzer, A., & Taraborrelli, D. (2016). Global Tropospheric Hydroxyl Distribution, Budget and Reactivity. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 16(19), 12477–12493. <https://doi.org/10.5194/acp-16-12477-2016>
- Li, C. Y., Ding, M. S., Yang, Y., Zhang, P. C., Li, Y., Wang, Y. C., Huang, L. C., Yang, P. J., Wang, M., Sha, X., Xu, Y. M., Guo, C. W., & Shan, Z. W. (2016). Portrait and Classification of Individual Haze Particulates. *Journal of Environmental Protection*, 7(10), 1355–1379. <http://dx.doi.org/10.4236/jep.2016.710118>
- Lippmann M. (1989). Health Effects of Ozone. A Critical Review. *JAPCA*, 39(5), 672–695. <https://doi.org/10.1080/08940630.1989.10466554>
- Liptak, B.G. (1974). *Environmental Engineers' Handbook Volume II, Air Pollution*. Chilton Book Company.
- Liu, X., Zhu, H., Hu, Y., Feng, S., Chu, Y., Wu, Y., Wang, C., Zhang, Y., Yuan, Z., & Lu, Y. (2016). Public's Health Risk Awareness on Urban Air Pollution in Chinese Megacities: The Cases of Shanghai, Wuhan and Nanchang. *International journal of environmental research and public health*, 13(9), Article 845. <https://doi.org/10.3390/ijerph13090845>

- Lopez, H. (2020). *Report on the Implementation of the Ambient Air Quality Directives: Directive 2004/107/EC and Directive 2008/50/EC*. Committee on the Environment, Public Health and Food Safety. [https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-9-2021-0037\\_EN.html](https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-9-2021-0037_EN.html)
- Ma, Y., Liu, Q., Bian, Y., Feng, L., Zhao, D., Wang, S., Zhao, H., Gao, K., & Xu, Z. (2021). Analysis of Transport Path and Source Distribution of Winter Air Pollution in Shenyang. *Open Geosciences*, 13(1), 1105–1117. <https://doi.org/10.1515/geo-2020-0292>
- MacCracken, M. C., & Luther, F. M. (1985). *Projecting the Climatic Effects of Increasing Carbon Dioxide* (Report No. DOE/ER-0237). Washington, DC: USDOE Office of Energy Research, Carbon Dioxide Research Div., Livermore, CA: Lawrence Livermore National Lab. (LLNL). <https://doi.org/10.2172/5885458>
- Madjar, A., Gjorshoska, I., Prodanova, J., Dedinec, A., & Kocarev, L. (2023). Western Balkan Societies' Awareness of Air Pollution. Estimations Using Natural Language Processing Techniques. *Ecological Informatics*, 75, 102097. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2023.102097>
- Maione, M., Mocca, E., Eisfeld, K., Kazepov, Y., & Fuzzi, S. (2021). Public Perception of Air Pollution Sources Across Europe. *Ambio*, 50(6), 1150–1158. <https://doi.org/10.1007/s13280-020-01450-5>
- Malinović-Milićević, S. B., Mihailović, D. T., Nikolić Đorić, E. B., & Jevtić, M. R. (2015). Gaseous and particulate urban air pollution in the region of Vojvodina (Serbia). *Matica Srpska Journal of Natural Sciences*, 128, 87–97. <https://doi.org/10.2298/ZMSPN1528087M>
- Malinović-Milićević, S., Mihailović, A. & Mihailović, D. T. (2022a). Kolmogorov Complexity Analysis and Prediction Horizon of the Daily Erythral Dose Time Series. *Atmosphere*, 13(5), 746. <https://doi.org/10.3390/atmos13050746>
- Malinović-Milićević, S., Doljak, D., Stanojević, G. & Radovanović, M.M. (2022b). Impact of the COVID-19 Restrictive Measures on Urban Traffic-Related Air pollution in Serbia. *Frontiers in Environmental Science*, 10, 823973. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.823973>
- Malinovic-Milicevic, S., Mihailovic, D. T., & Radovanovic, M. M. (2015). Reconstruction of the Erythral UV Radiation Data in Novi Sad (Serbia) Using the NEOPLANTA Parametric Model. *Theoretical and Applied Climatology*, 121, 131–138. <https://doi.org/10.1007/s00704-014-1223-y>
- Malinovic-Milicevic, S., Mihailovic, D.T., Lalic, B., & Dreskovic, N. (2013). Thermal environment and UV-B radiation indices in the Vojvodina region (Serbia). *Climate Research*, 57, 111–121. <https://doi.org/10.3354/cr01163>
- Malinović-Milićević, S., Vykylyuk, Y. Stanojević, G. Radovanović, M.M., Doljak, D. L.J., & Ćurčić, N.B. (2021). Prediction of Tropospheric Ozone Concentration Using Artificial Neural Networks at Traffic and Background Urban Locations in Novi Sad, Serbia. *Environmental Monitoring And Assessment*, 193, Article 84. <https://doi.org/10.1007/s10661-020-08821-1>
- Malinovic-Milicevic, S., Radovanovic, M. M., Stanojevic, G., & Milovanovic, B. (2016). Recent Changes in Serbian Climate Extreme Indices from 1961 to 2010. *Theoretical and Applied Climatology*, 124(3-4), 1089–1098. <https://doi.org/10.1007/s00704-015-1491-1>
- Mallik, C. (2019). Anthropogenic Sources of Air Pollution. In P. Saxena, & V. Naik (Eds.), *Air Pollution: Sources, Impacts and Controls* (pp. 6–25). CABI.
- Manucci, P. M., & Franchini, M. (2017). Health Effects of Ambient Air Pollution in Developing Countries. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(9), 1048. <https://doi.org/10.3390/ijerph14091048>
- McCabe, L. C., & Clayton, G. D. (1952). Air Pollution by Hydrogen Sulfide in Poza Rica, Mexico; An Evaluation of the Incident of Nov. 24, 1950. *A.M.A. archives of industrial hygiene and occupational medicine*, 6(3), 199–213. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14952044/>
- McCarron, A., Semple, S., Braban, C. F., Swanson, V., Gillespie, C., & Price, H. D. (2023). Public Engagement with Air Quality Data: Using Health Behaviour Change Theory to Support Exposure-Minimising Behaviours. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, 33, 321–331. <https://doi.org/10.1038/s41370-022-00449-2>
- McDuffie, E., Martin, R., Yin, H., & Brauer, M. (2021). *Global Burden of Disease from Major Air Pollution Sources (GBD MAPS): A Global Approach* (Research Report 210). Boston, MA: Health Effects Institute. <https://www.healtheffects.org/publication/global-burden-disease-major-air-pollution-sources-gbd-maps-global-approach>

- Meng, X., Liu, C., Chen, R., Sera, F., Vicedo-Cabrera, A. M., Milojevic, A., Guo, Y., Tong, S., Coelho, M. S. Z. S., Saldiva, P. H. N., Lavigne, E., Correa, P. M., Ortega, N. V., Garcia, S. O., Kyselý, J., Urban, A., Orru, H., Maasikmets, M., Jaakkola, J. J. K., ... Kan H. (2021). Short Term Associations of Ambient Nitrogen Dioxide with Daily Total, Cardiovascular, and Respiratory Mortality: Multilocation Analysis in 398 Cities. *BMJ*, 372, Article n534. <https://doi.org/10.1136/bmj.n534>
- Menne, M. J., Durre, I., Vose, R. S., Gleason, B. E., & Houston T.G. (2012). An Overview of the Global Historical Climatology Network-Daily Database. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 29(7), 897–910. <https://doi.org/10.1175/JTECH-D-11-00103.1>
- Menut, L., Bessagnet, B., Siour, G., Mailler, S., Pennel, R., & Cholokian, A. (2020). Impact of Lockdown Measures to Combat Covid-19 on Air Quality Over Western Europe. *Science of The Total Environment*, 741, Article 140426. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140426>
- Met Office (2024, February 4). *The Great Smog of 1952*. Met Office. <https://www.metoffice.gov.uk/weather/learn-about/weather/case-studies/great-smog>
- Mihailovic D. T., Malinovic-Milicevic, S., Arsenic, I., Dreskovic, N., & Bukosa, B. (2013). Kolmogorov Complexity Spectrum for Use in Analysis of UV-B Radiation Time Series. *Modern Physics Letters B*, 27(27), Article 1350194. <https://doi.org/10.1142/S0217984913501947>
- Milovanović, B., Stanojević, G., & Radovanović, M. (2022). Climate of Serbia. In E. Manić, V. Nikitović & P. Djurović (Eds.), *The Geography of Serbia – Nature, People, Economy* (pp. 57–68). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-74701-5\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-030-74701-5_5)
- Munir, S., Coskuner, G., Jassim, M. S., Aina, Y. A., Ali, A., & Mayfield, M. (2021). Changes in Air Quality Associated with Mobility Trends and Meteorological Conditions during COVID-19 Lockdown in Northern, UK. *Atmosphere*, 12(4), Article 504. <https://doi.org/10.3390/atmos12040504>
- Muñoz-Pizza, D. M., Villada-Canela, M., Reyna, M. A., Texcalac-Sangrador, J. L., Serrano-Lomelin, J., & Osornio-Vargas, Á. (2020). Assessing the Influence of Socioeconomic Status and Air Pollution Levels on the Public Perception of Local Air Quality in a Mexico-US Border City. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(3), Article 4616. <https://doi.org/10.3390/ijerph17134616>
- Myhre, G., Myhre, C. E. L., Samset, B. H., & Storelvmo, T. (2013a). Aerosols and their Relation to Global Climate and Climate Sensitivity. *Nature Education Knowledge* 4(5), Article 7. <https://www.nature.com/scitable/knowledge/library/aerosols-and-their-relation-to-global-climate-102215345/>
- Myhre, G., Shindell, D., Bréon, F.-M., Collins, W., Fuglestedt, J., Huang, J., Koch, D., Lamarque, J.-F., Lee, D., Mendoza, B., Nakajima, T., Robock, A., Stephens, G., Takemura, T., & Zhang, H. (2013b). Anthropogenic and Natural Radiative Forcing. In T. F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex & P. M. Midgley (Eds.), *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 659–740). Cambridge University Press.
- Nemery, B., Hoet, P. H., & Nemmar, A. (2001). The Meuse Valley fog of 1930: an Air Pollution Disaster. *The Lancet*, 357(9257), 704–708. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(00\)04135-0](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(00)04135-0)
- Nesterovic, A., Djatkov, Dj., Viskovic, M., Martinov, M. & Adamović, D. (2023). Air Pollutants Emissions from Biomass Combustion in the City of Novi Sad, Serbia. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 13, 10935–10946. <https://doi.org/10.1007/s13399-021-01882-3>
- National Centers for Environmental Information, National Oceanic and Atmospheric Administration [NOAA] (2011–2020). *Climate Data Online, Global Historical Climatology Network daily (GHCNd)* [Data set]. <https://www.ncdc.noaa.gov/cdo-web/search?datasetid=GHCND>
- NOAA. (n.d). Layers of the Atmosphere. Retrieved March 28, 2024 from <https://www.noaa.gov/jetstream/atmosphere/layers-of-atmosphere>
- Obolkin, V., Molozhnikova, E., Shikhovtsev, M., Netsvetaeva, O., & Khodzher, T. (2021). Sulfur and Nitrogen Oxides in the Atmosphere of Lake Baikal: Sources, Automatic Monitoring, and Environmental Risks. *Atmosphere*, 12(10), Article 1348. <https://doi.org/10.3390/atmos12101348>

- Odén, S. (1968). *Nederbördens och luftens försurning: dess orsaker, förlopp och verkan i olika miljöer* [The Acidification of Air Precipitation and its Consequences in the Natural Environment] (Ekologikomiteen, Bulletin No. 1.). Statens Naturvetenskapliga Forskningsrå. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:752669/FULLTEXT01.pdf>
- Oke T., Mills G., Christen A., & Voogt J. (2017). *Urban Climates*. Cambridge University Press.
- Orru, H., Maasikmets, M., Lai, T., Tamn, T., Kaasik, M., Kimmel, V., Orru, K., Merisalu, E. & Forsberg, B. (2011). Health Impacts of Particulate Matter in Five Major Estonian towns: Main Sources of Exposure and Local Differences. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 4, 247–58. <https://doi.org/10.1007/s11869-010-0075-6>
- Ostro, B. (1994). *Estimating Health Effect of Air Pollutions: A Methodology with an Application to Jakarta* (Policy Research Working Paper 1301). The World Bank. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/355391468752348015/pdf/multi0page.pdf>
- Otero, N., Sillmann, J., Schnell, J. L., Rust, H. W., & Butler, T. (2016). Synoptic and Meteorological Drivers of Extreme Ozone Concentrations over Europe. *Environmental Research Letters*, 11, Article 024005. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/2/024005>
- Penard-Morand, C. & Annesi-Maesano, I. (2004). Air Pollution: From Sources of Emissions to Health Effects. *Breathe*, 1, 108–119. <https://doi.org/10.1183/18106838.0102.108>
- Pérez, I. A., García, M. Á., Sánchez, M. L., Pardo, N., & Fernández-Duque, B. (2020). Key Points in Air Pollution Meteorology. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(22), Article 8349. <https://doi.org/10.3390/ijerph17228349>
- Perišić, M., Rajšić, S., Šoštarčić, A., Mijić, Z., & Stojić, A. (2017). Levels of PM10-Bound Species in Belgrade, Serbia: Spatio-Temporal Distributions and Related Human Health Risk Estimation. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 10, 93–103. <https://doi.org/10.1007/s11869-016-0411-6>
- Perrino, C., Marcovecchio, F., Tofful, L., & Canepari, S. (2015). Particulate Matter Concentration and Chemical Composition in the Metro System of Rome, Italy. *Environmental Science and Pollution Research*, 22, 9204–9214. <https://doi.org/10.1007/s11356-014-4019-9>
- Petrovic, M., Sremacki, M., Radonic, J., Mihajlovic, I., Obrovski, B., & Vojinovic Miloradov, M. (2018). Health Risk Assessment of PAHs, PCBs and OCPs in Atmospheric Air of Municipal Solid Waste Landfill in Novi Sad, Serbia. *Science of The Total Environment*, 644(10), 1201–1206. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.008>
- Pfaar, O., Bastl, K., Berger, U., Buters, J., Calderon, M. A., Clot, B., Darsow, U., Demoly, P., Durham, S. R., Galán, C., Gehrig, R., Gerth van Wijk, R., Jacobsen, L., Klimek, L., Sofiev, M., Thibaudon, M., & Bergmann, K. C. (2017). Defining Pollen Exposure Times for Clinical Trials of Allergen Immunotherapy for Pollen-Induced Rhinoconjunctivitis – An EAACI Position Paper. *Experimental Dermatology*, 27(5), 713–722. <https://doi.org/10.1111/all.13092>
- Pfaar, O., Karatzas, K., Bastl, K., Berger, U., Buters, J., Darsow, U., Demoly, P., Durham, S. R., Galán, C., Gehrig, R., van Wijk, R.G., Jacobsen, L., Katsifarakis, N., Klimek, L., Saarto, A., Sofiev, M., Thibaudon, M., Werchan, B., & Bergmann, K.-C. (2020). Pollen Season is Reflected on Symptom Load for Grass and Birch Pollen-Induced Allergic Rhinitis in Different Geographic Areas—An EAACI Task Force Report'. *Allergy*, 75(5), 1099–1106. <https://doi.org/10.1111/all.14111>
- Pfleger, E., Adrian, C., Lutz, R., & Drexler, H. (2023). Science Communication on the Public Health Risks of Air Pollution: A Computational Scoping Review from 1958 to 2022. *Archives of Public Health*, 81, Article 14. <https://doi.org/10.1186/s13690-023-01031-4>
- Pignocchino, G., Di Baldassarre, G., Mondino, E., & Raffetti, E. (2023). Public Risk Perception of Air Pollution in the General Population of Italy and Sweden During the COVID-19 Pandemic: Environmental and Socio-Demographic Drivers. *Preventive Medicine*, 173, Article 107601. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2023.107601>
- Pope III, C. A., Burnett, R. T., Thun, M. J., Calle, E. E., Krewski, D., Ito, K., & Thurston, G. D. (2002). Lung Cancer, Cardiopulmonary Mortality, and Long-Term Exposure to Fine Particulate Air Pollution. *JAMA*, 287(9), 1132–1141. <https://doi.org/10.1001/jama.287.9.1132>
- Pope III, C. A., & Dockery D. W. (1999). Epidemiology of Particle Effects. In S. T., Holgate, J. M., Samet, H. S., Koren, & R.L. Maynard (Eds.), *Air Pollution and Health* (pp. 673–705). Academic Press.

- Popescu, F. & Ionel, I. (2010). Anthropogenic Air Pollution Sources. In A. Kumar (Ed.) *Air Quality* (pp. 1–22). Sciyo.
- Prats, R. M., van Drooge, B. L., Fernández, P., Marco, E., & Grimalt, J. O. (2021). Changes in Urban Gas-Phase Persistent Organic Pollutants During the COVID-19 Lockdown in Barcelona. *Frontiers in Environmental Science*, 9, Article 650539. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.650539>
- Radojević, D., Antanasijević, D., Perić-Grujić, A., Ristić, M., Pocajt, V. (2019). The Significance of Periodic Parameters for ANN Modeling of Daily SO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub> Concentrations: A Case Study of Belgrade, Serbia. *Atmospheric Pollution Research*, 10(2), 621–628. <https://doi.org/10.1016/j.apr.2018.11.004>
- Ramírez, O., Mura, I., & Franco, J.P. (2017). How Do People Understand Urban Air Pollution? Exploring Citizens' Perception on Air Quality, Its Causes and Impacts in Colombian Cities. *Open Journal of Air Pollution*, 6(1), 1–17. <https://doi.org/10.4236/ojap.2017.61001>
- Ramírez, A. S., Ramondt, S., Van Bogart, K., & Perez-Zuniga, R. (2019). Public Awareness of Air Pollution and Health Threats: Challenges and Opportunities for Communication Strategies to Improve Environmental Health Literacy. *Journal of Health Communication*, 24(1), 75–83. <https://doi.org/10.1080/10810730.2019.1574320>
- Ridgeway, R. with contributions from others (2017). *Gbm: Generalized Boosted Regression Models. R Package*. (Version 2.1.3). [Computer software]. <https://CRAN.R-project.org/package=gbm>
- Riley, R., de Preux, L., Capella, P., Mejla, C., Kajikawa, Y., & de Nazelle, A. (2021). How Do We Effectively Communicate Air Pollution to Change Public Attitudes and Behaviours? A Review. *Sustainability Science*, 16, 2027–2047. <https://doi.org/10.1007/s11625-021-01038-2>
- Ristić, N., Veličković, M., Panić, M., & Živković, Ž. (2022). The Relationship Between Short-Term Exposure to PM<sub>10</sub> and Emergency Room Visits in Urban Area Near Copper Smelter. *Polish Journal of Environmental Studies*, 31(4), 3287–3296. <https://doi.org/10.15244/pjoes/146214>
- Rodney, R.M., Swaminathan, A., Caelear, A. L, Christensen, B. K., Lal, A., Lane, J., Leviston, Z., Reynolds, J., Trevenar, S., Vardoulakis, S., & Walker, I. (2021). Physical and Mental Health Effects of Bushfire and Smoke in the Australian Capital Territory 2019–20. *Frontiers in Public Health* 9, Article 682402. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2021.682402>
- Ropkins, K., & Tate, J. E. (2021). Early Observations on the Impact of the COVID-19 Lockdown on Air Quality Trends Across the UK. *Science of The Total Environment*, 754, Article 142374. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142374>
- Rudolf, W. (1994). Concentration of Air Pollutants Inside Cars Driving on Highways and in Downtown Areas. *Science of The Total Environment*, 146-147, 433–444. [https://doi.org/10.1016/0048-9697\(94\)90266-6](https://doi.org/10.1016/0048-9697(94)90266-6)
- Saha, K. (2008). *The Earth's atmosphere. Its physics and dynamics*. Springer
- Samoli, E., Peng, R., Ramsay, T., Pipikou, M., Touloumi, G., Dominici, F., Burnett, R., Cohen, A., Krewski, D., Samet, J., & Katsouyanni, K. (2008). Acute Effects of Ambient Particulate Matter on Mortality in Europe and North America: Results from the APHENA Study. *Environmental Health Perspectives*, 116(11), 1480–1486. <https://doi.org/10.1289/ehp.11345>
- Schimanke S., Ridal M., Le Moigne P., Berggren L., Undén P., Randriamampianina R., Andrea U., Bazile E., Bertelsen A., Brousseau P., Dahlgren P., Edvinsson L., El Said A., Ginton M., Hopsch S., Isaksson L., Mladek R., Olsson E., Verrelle A., & Wang Z. Q., (2021). *CERRA Sub-Daily Regional Reanalysis Data for Europe on Single Levels from 1984 to Present*. Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS). [Data set]. <https://doi.org/10.24381/cds.622a565a>
- Schmitz, S., Weiland, L., Becker, S., Niehoff, N., Schwartzbach, F., & von Schneidmesser, E. (2018). An Assessment of Perceptions of Air Quality Surrounding the Implementation of a Traffic-Reduction Measure in a Local Urban Environment. *Sustainable Cities and Society*, 41, 525–537. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.06.011>
- Schnelle, K. B., & Dey, P. R. (1999). *Atmospheric dispersion modeling compliance guide*. McGraw-Hill.
- Shi, Z., Song, C., Liu, B., Lu, G., Xu, J., Van Vu, T., Elliot, R. J. R., Li, W., Bloss, W. J., & Harrison, R. M. (2021). Abrupt but Smaller than Expected Changes in Surface Air Quality



- Attributable to COVID-19 Lockdowns. *Science Advances*, 7(3), Article eabd6696. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abd6696>
- Sicard, P. (2021). Ground-Level Ozone over Time: An Observation-Based Global Overview. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 19, Article 100226. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2020.100226>
- Smil, V. (2017). *Energy and civilization: A history*. The MIT Press.
- Soares, J., Horálek, J., González Ortiz, A., Guerreiro C., & Gsella, A. (2020). *Health Risk Assessment of Air Pollution in Europe. Methodology description and 2017 results* (Eionet Report – ETC/ATNI 2019/13). European Topic Centre on Human Health and the Environment. <https://www.eionet.europa.eu/etcs/etc-atni/products/etc-atni-reports/etc-atni-report-13-2019-health-risk-assessment-of-air-pollution-in-europe-methodology-description-and-2017-results>
- Soares, J., Plass, D., Kienzler, S., González Ortiz, A., Gsella, A., & Horálek, J. (2023). *Health Risk Assessment of Air Pollution: Assessing the Environmental Burden of Disease in Europe in 2021* (Eionet Report – ETC HE 2023/7). European Topic Centre on Human Health and the Environment. <https://www.eionet.europa.eu/etcs/all-etc-reports>
- Song, Y., Lin, C., Li, Y., Lau, A. K. H., Fung, J. C. H., Lu, X., Guo, C., Ma, J., & Lao, X.Q. (2021). An Improved Decomposition Method to Differentiate Meteorological and Anthropogenic Effects on Air Pollution: A National Study in China During the COVID-19 Lockdown Period. *Atmospheric Environment*, 250, Article 118270. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2021.118270>
- Stamenković, S., Djekić, T., Ristić, S., Novković, V., Mitrović, T., & Marković, M. (2016). Air Quality Lichen Monitoring at Three Selected Urban Areas in the Southern Serbia. *Biologica Nyssana*, 7(1), 19–29. <http://doi.org/10.5281/zenodo.159100>
- Stanišić Stojić, S., Stanišić, N., Stojić, A. & Šošćarić, A. (2015). Single and Combined Effects of Air Pollutants on Circulatory and Respiratory System-related Mortality in Belgrade, Serbia. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, 79(1), 17–27. <https://doi.org/10.1080/15287394.2015.1101407>
- Stanojević, G. (2010). The Classification of Atmospheric Circulation. *Journal of Geographical Institute "Jovan Cvijić" SASA*, 60(2), 27–37. <https://doi.org/10.2298/IJGI1002027S>
- Stanojević, G., Malinović-Milićević, S., Ćurčić, N. B., Radovanović, M., Radivojević, A., Popović, T., & Ćurčić, S. (2023). An Assessment of the Multidimensional Drivers and Determinants of Public Risk Perception of and Behaviors Related to Exposure to Air Pollution in Serbia. *Sustainability*, 15(24), Article 16901. <https://doi.org/10.3390/su152416901>
- Stanojević, G., Miljanović, D., Doljak, D., Ćurčić, N., Radovanović, M., Malinović-Milićević, S., & Hauriak, E. (2019). Spatio-Temporal Variability of Annual PM<sub>2.5</sub> Concentrations and Population Exposure Assessment in Serbia for the Period 2001-2016. *Journal of Geographical Institute "Jovan Cvijić" SASA*, 69(3), 197–211. <https://doi.org/10.2298/IJGI1903197S>
- Stanojević, B. G., Spalević, B. A., Kokotović, M. V., & Stojilković, N. J. (2014a). Does Belgrade (Serbia) Need Heat Health Warning System? *Disaster Prevention and Management*, 23(5), 494–507. <https://doi.org/10.1108/DPM-11-2013-0200>
- Stanojević, G., Stojilković, N.J., Spalević, B. A., & Kokotović, M. V. (2014b). The Impact of Heat Waves on Daily Mortality in Belgrade (Serbia) During Summer. *Environment Hazards-Human and Policy Dimensions*, 13(4), 329–342. <https://doi.org/10.1080/17477891.2014.932268>
- Stieb, D. M., Berjawi, R., Emode, M., Zheng, C., Salama, D., Hocking, R., Lyrette, N., Matz, C., Lavigne, E., & Shin, H. H. (2021). Systematic Review and Meta-Analysis of Cohort Studies of Long Term Outdoor Nitrogen Dioxide Exposure and Mortality. *PLoS One*, 16(2), Article e0246451. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0246451>
- Stojić, A., Stanišić Stojić, S., Mijić, Z., Šošćarić, A., & Rajšić, S. (2015). Spatio-Temporal Distribution of VOC Emissions in Urban Area Based on Receptor Modeling. *Atmospheric Environment*, 106, 71–79. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2015.01.071>
- Stull, R. B. (1998). *An Introduction to Boundary Layer Meteorology*. Kluwer Academic Publishers.
- Stull, R.B. (2011). *Meteorology for Scientists & Engineers* (3rd ed.). University of British Columbia.

- Su, T., Li, Z., & Kahn, R. (2018). Relationships Between the Planetary Boundary Layer Height and Surface Pollutants Derived from Lidar Observations over China: Regional Pattern and Influencing Factors. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 18(21), 15921–15935. <https://doi.org/10.5194/acp-18-15921-2018>
- Sunlight (n.d.). Wikipedia. <https://en.wikipedia.org/wiki/Sunlight>
- Tang, W., Llort, J., Weis, J., Perron, M. M. G., Basart, S., Li, Z., Sathyendranath, S., Jackson, T., Sanz Ronrigez, E., Proemse, B. C., Bowie, A. R., Schallenberg, C., Strutton, P. G., Matear, R., & Cassar, N. (2021). Widespread Phytoplankton Blooms Triggered by 2019–2020 Australian Wildfires. *Nature*, 597, 370–375 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03805-8>
- Targa, J., Ripoll, A., Banyuls, L., González Ortiz A., & Guerreiro C. (2021). *Status Report of Air Quality in Europe for Year 2019* (Eionet Report – ETC/ATNI 2021/7). European Environment Agency. European Topic Centre on Air pollution, transport, noise and industrial pollution. Norwegian Institute for Air Research. <https://www.eionet.europa.eu/etcs/etc-atni/products/etc-atni-reports/etc-atni-report-7-2021-status-report-of-air-quality-in-europe-for-year-2019-using-validated-data>
- Tasić, V. (2017). Using Low-Cost Sensors and Systems for Air Pollution Monitoring. *Proceedings of 5th International Conference on Renewable Electrical Power Sources*, 5(1), 11–19. <https://doi.org/10.24094/mkoiee.017.5.1.11>
- The World Air Quality Index Project (n.d.). Nitrogen Dioxide (NO<sub>2</sub>) in Our Atmosphere. Retrieved February 06, 2024 from <https://aqicn.org/faq/2017-01-10/nitrogen-dioxide-no2-in-our-atmosphere/>
- Thompson, A. J., Shields, M. D., & Patterson, C. C. (2001). Acute Asthma Exacerbations and Air Pollutants in Children Living in Belfast, Northern Ireland. *Archives of Environmental Health*, 56(3), 234–41. <https://doi.org/10.1080/00039890109604447>
- Todorović, M. N., Radenković, M. B., Rajšić, S. F., & Ignjatović, Lj. M. (2019). Evaluation of Mortality Attributed to Air Pollution in the Three Most Populated Cities in Serbia. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 16(11), 7059–7070. <https://doi.org/10.1007/s13762-019-02384-6>
- Ulniković, V. P., Kurilić, S. M. & Staletović, N. (2020). Air Quality Benefits From Implementing Best Available Techniques in Copper Mining and Smelting Complex Bor (Serbia). *Water Air Soil Pollution*, 231, Article 160. <https://doi.org/10.1007/s11270-020-04520-2>
- U.S. Congress, Office of Technology Assessment. (1988). *Urban Ozone and the Clean Air Act: Problems and Proposals for Change*. Government Printing Office.
- United Nations (1992). *United Nations Framework Convention on Climate Change*. Retrieved from <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf>
- United Nations Environment Programme (1987). *Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer: Final Act*. Retrieved from <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/8286>
- US Environmental Protection Agency (1991). *Air Quality Criteria for Carbon Monoxide* (Report No. EPA-600/B-90/045F). US Environmental Protection Agency. [https://ordspub.epa.gov/ords/eims/eimscomm.getfile?p\\_download\\_id=523412](https://ordspub.epa.gov/ords/eims/eimscomm.getfile?p_download_id=523412)
- US Environmental Protection Agency. (1996). *Air quality criteria for particulate matter* (Report No. EPA/600/P-95/001aF, vol. 1). Environmental Protection Agency. <https://cfpub.epa.gov/ncea/risk/recordisplay.cfm?deid=2832>
- US Environmental Protection Agency. (n.d.). *Basic Information about NO<sub>2</sub>*. Retrieved March 26, 2023 from <https://www.epa.gov/no2-pollution/basic-information-about-no2>
- USGS (n.d.). *Volcanoes Can Affect Climate*. Retrieved January 15, 2024 from <https://www.usgs.gov/programs/VHP/volcanoes-can-affect-climate>
- Vallius, M. (2005). *Characteristics and Sources of Fine Particulate Matter in Urban Air* [Doctoral dissertation]. Retrieved from [https://erepo.uef.fi/bitstream/handle/123456789/9066/urn\\_isbn\\_951-740-508-1.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://erepo.uef.fi/bitstream/handle/123456789/9066/urn_isbn_951-740-508-1.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- van der Velde, I. R., van der Werf, G. R., Houweling, S., Maasakkers, J. D., Borsdorff, T., Landgraf, J., Tol, P., van Kempen, T. A., van Hees, R., Hoogeveen, R., Veefkind, J. P., &

- Aben, I. (2021). Vast CO<sub>2</sub> Release from Australian Fires in 2019–2020 constrained by Satellite. *Nature*, 597, 366–369. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03712-y>
- Varađanin, T., & Stanković M. (2022). Normativno regulisanje zaštite vazduha u pravu Republike Srbije. *Pravo - teorija i praksa*, 39(1), 58–70. <https://doi.org/10.5937/ptp2201058V>
- Vuković, G., Aničić Urošević, M., Pergal, M., Janković, M., Goryainova, Z., Tomašević, M., & Popović, A. (2015). Residential Heating Contribution to Level Air Pollutants (PAHs, Major, Trace, and Rare Earth Elements): A Moss Bag Case Study. *Environmental Science and Pollution Research*, 22, 18956–18966. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-5096-0>
- World Bank (1999). Pollution Prevention and Abatement Handbook, 1998: Toward Cleaner Production. <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/758631468314701365/pollution-prevention-and-abatement-handbook-1998-toward-cleaner-production>
- World Health Organization. (1979). Photochemical Oxidants - Environmental Health Criteria 7. <https://www.who.int/publications/i/item/9241540672>
- World Health Organization. (1987). Air Quality Guidelines for Europe. <https://iris.who.int/handle/10665/107364>
- World Health Organization. (2000). Air Quality Guidelines for Europe - Second Edition. <https://www.who.int/publications/i/item/9789289013581>
- World Health Organization. (2006a). Health Risks of Particulate Matter from Long-Range Transboundary Air Pollution. <https://www.who.int/publications/i/item/E88189>
- World Health Organization. (2006b). Air Quality Guidelines: Global Update 2005: Particulate Matter, Ozone, Nitrogen Dioxide, and Sulfur Dioxide. <https://iris.who.int/handle/10665/107823>
- World Health Organization. (2013). Health Risks of Air Pollution in Europe – HRAPIE Project. Recommendations for Concentration–Response Functions for Cost–Benefit Analysis of Particulate Matter, Ozone and Nitrogen Dioxide. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/153692>
- World Health Organization. (2019a). Health Impact of Ambient Air Pollution in Serbia. A Call to Action. <https://www.who.int/europe/publications/i/item/WHO-EURO-2019-3543-43302-60694>
- World Health Organization. (2019b). *Mortality Raw Data* [Data set]. [https://www.who.int/healthinfo/statistics/mortality\\_rawdata/en/](https://www.who.int/healthinfo/statistics/mortality_rawdata/en/)
- World Health Organization. (2021). WHO Global Air Quality Guidelines: Particulate Matter (PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub>), Ozone, Nitrogen Dioxide, Sulfur Dioxide and Carbon Monoxide: Executive Summary. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/345334>
- World Health Organization (2022, December 19). *Ambient (Outdoor) Air Pollution*. World Health Organization [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
- World Health Organization. (n.d.). *Wildfires*. Retrieved February 04, 2024 from [https://www.who.int/health-topics/wildfires#tab=tab\\_1](https://www.who.int/health-topics/wildfires#tab=tab_1)
- Wilson, W. E., & Suh, H. H. (1997). Fine Particles and Coarse Particles: Concentration Relationships Relevant to Epidemiologic Studies. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 47(12), 1238–49. <https://doi.org/10.1080/10473289.1997.10464074>
- World Meteorological Organization. (2021). Aerosols from Biomass Burning. *WMO Aerosol Bulletin*, 4. <https://library.wmo.int/records/item/56253-no-4-april-2021>
- Zhang, H., Wang, X., Shen, X., Li, X., Wu, B., Chen, W., & Yao, Z. (2022). Analysis of Air Pollution Characteristics, Transport Pathways and Potential Source Areas Identification in Beijing Before, During and After the COVID-19 Outbreak. *Frontiers of Environmental Science*, 10, Article 982566. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.982566>
- Zheng, B., Chevallier, F., Yin, Y., Ciaia, P., Fortems-Cheiney, A., Deeter, M. N., Parker, R. J., Wang, Y., Worden, H. M., & Zhao, Y. (2019). Global Atmospheric Carbon Monoxide Budget 2000–2017 Inferred from Multi-Species Atmospheric Inversions. *Earth System Science Data*, 11(3), 1411–1436. <https://doi.org/10.5194/essd-11-1411-2019>

- Агенција за заштиту животне средине (н.д.). *Инвентар основних загађујућих материја у ваздуху (CLRTAP)* [Скуп података]. <http://www.sepa.gov.rs/index.php?menu=2017307&id=240&akcija=showAll>
- Агенција за заштиту животне средине (2011–2020). *Квалитет ваздуха. Верификоване дневне вредности загађујућих материја (PM, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub>)* [Скуп података]. <http://data.sepa.gov.rs/dataset/?tags=Vazduh>
- Агенција за заштиту животне средине (2011–2023). Годишњи Извештај о стању квалитета ваздуха у Републици Србији (2010–2022). <http://www.sepa.gov.rs/index.php?menu=5000&id=1304&akcija=showDocuments&tema=Vazduh>
- Дукић, Д. (1998). *Климатологија*. Географски факултет Универзитета у Београду.
- Дуцић, В., Станојевић, Г., & Иконовић, В. (2010). Циркулација атмосфере и колебање температура ваздуха у Србији у периоду 1949-2004. *Зборник радова – Географски факултет Универзитета у Београду*, 58, 11–28. <https://scindeks-clanci.ceon.rs/data/pdf/1450-7552/2010/1450-75521058011D.pdf>
- Ђармати, Ш., Веселиновић, Д., Гржетић, И., Марковић, Д. (2008). *Животна средина и њена заштита* (Књига 2). Заштита животне средине. Факултет за примењену екологију Футура.
- Закон о заштити ваздуха, Службени гласник Републике Србије бр. 36 (2009); 10 (2013); 26 (2021).
- Закон о заштити животне средине, Службени гласник Републике Србије бр. 135 (2004); 36 (2009); 36 (2009)-др. закон; 43 (2011); 14 (2016); 76 (2018); 95 (2018)-др. закон.
- Закон о потврђивању Амандмана на Монреалски протокол о супстанцама које оштећују озонски омотач, Службени гласник Републике Србије – Међународни уговори бр. 1 (2021).
- Закон о потврђивању Протокола о дуготрајним органским загађујућим супстанцама уз Конвенцију о прекограничном загађивању ваздуха на великим удаљеностима из 1979. године, Службени гласник Републике Србије – Међународни уговори бр. 1 (2012).
- Закон о потврђивању Протокола о тешким металима уз Конвенцију о прекограничном загађивању ваздуха на великим удаљеностима из 1979. године, Службени гласник Републике Србије – Међународни уговори бр. 1 (2012).
- Закон о ратификацији Конвенције о прекограничном загађивању ваздуха на великим удаљеностима, Службени лист Социјалистичке Федеративне Републике Југославије бр. 11 (1986).
- Закон о ратификацији Бечке конвенције о заштити озонског омотача, са прилозима I и II, Службени лист Социјалистичке Федеративне Републике Југославије – Међународни уговори бр. 1 (1990).
- Закон о ратификацији Монреалског протокола о супстанцама које оштећују озонски омотач, Службени лист Социјалистичке Федеративне Републике Југославије – Међународни уговори бр. 16 (1990).
- Институт за мултидисциплинарна истраживања (2004). *Студија енергетског потенцијала Србије за коришћење енергије сунчевог зрачења и ветра* (НПЕЕ, Евиденциони број ЕЕ704-1052А). [http://vetar-sunce.imsi.rs/tekstovi/Studija\\_EE704-1052A/index.php](http://vetar-sunce.imsi.rs/tekstovi/Studija_EE704-1052A/index.php)
- Јаблановић, М. (1995). *Билке у незагађеној средини*. Научна књига.
- Малиновић, С. (2003). *Модел за прогнозу интензитета УВ зрачења уз коришћење модела за прогнозу времена*. [необјављени магистарски рад]. Универзитет у Новом Саду, Нови Сад.
- Малиновић-Милићевић, С. (2012). *Мониторинг нејонизујућег зрачења, загађујућих материја и топлотних индекса у региону Војводине*. [Докторска дисертација, Природно-математички факултет. Универзитет у Новом Саду, Нови Сад]. Дигитална библиотека докторских дисертација одбрањених на Универзитету у Новом Саду. [https://www.cris.uns.ac.rs/DownloadFileServlet/DisertacijaslavicaMalinovicMilicevic.pdf?cont rolNumber=\(BISIS\)83192&fileName=slavicaMalinovicMilicevic.pdf&id=556&licenseAccepted=true](https://www.cris.uns.ac.rs/DownloadFileServlet/DisertacijaslavicaMalinovicMilicevic.pdf?cont rolNumber=(BISIS)83192&fileName=slavicaMalinovicMilicevic.pdf&id=556&licenseAccepted=true)

- Матас, М., Симончић, В., & Шобот, С. (1989). *Заштита околине данас за сутра*. Школска књига.
- Мијатовић, З., Чонкић, Љ. & Миљковић, С. (2002). *UV зрачење, извори, особине ефекти и заштита*. Природно-математички факултет.
- Миловановић, Б., Радвановић, М., Станојевић, Г., Пецел, М., & Николић, Ј. (2017). Клима Србије. У М. Радвановић (Ур.), *Географија Србије*. (Посебна издања, књ. 91, стр. 94–159). Географски институт „Јован Цвијић“ САНУ.
- Национални план за смањење емисија главних загађујућих материја које потичу из старих великих постројења за сагоревање, Службени гласник Републике Србије бр. 10 (2020).
- Одлука о оснивању националног тела за спровођење пројеката механизма чистог развоја, Службени гласник Републике Србије бр. 32 (2010); 101 (2012).
- Пејић, Б. (2015). Загађење ваздуха као детерминанта еколошке безбедности Србије. *Зборник радова Географског факултета Универзитета у Београду*, 63, 1–30. <https://doi.org/10.5937/zrgfub1563001P>
- Правилник о методологији за израду Националног и локалног регистра извора загађивања, као и методологији за врсте, начине и рокове прикупљања података. Службени гласник Републике Србије бр. 98 (2016).
- Правилник о начину размене информација о мерним местима у државној и локалној мрежи, техникама мерења, као и о начину размене података добијених праћењем квалитета ваздуха у државној и локалним мрежама, Службени гласник Републике Србије бр. 84 (2010).
- Правилник о садржају краткорочних акционих планова, Службени гласник Републике Србије бр. 65 (2010).
- Правилник о садржају планова квалитета ваздуха, Службени гласник Републике Србије бр. 21 (2010).
- Правилник о техничким мерама и захтевима који се односе на дозвољене емисионе факторе за испарљива органска једињења која потичу из процеса складиштења и транспорта бензина, Службени гласник Републике Србије бр. 1 (2012); 25 (2012); 48 (2012).
- Правилник о условима за издавање дозволе за мерење квалитета ваздуха и дозволе за мерење емисије из стационарних извора загађивања, Службени гласник Републике Србије бр. 1 (2012).
- Правилник о условима за издавање сагласности оператерима за мерење квалитета ваздуха и/или мерење емисије из стационарних извора загађења, Службени гласник Републике Србије бр. 110-00-202 (2011).
- Програм заштите ваздуха у Републици Србији за период од 2022. до 2030. године са акционим планом, Службени гласник Републике Србије бр. 140 (2022).
- Републички завод за статистику (2023а). *Попис становништва, домаћинства и станова 2022. године. Инсталације у становима. Подаци по општинама и градовима*. Републички завод за статистику. <https://publikacije.stat.gov.rs/G2023/Pdf/G20234011.pdf>
- Републички завод за статистику (2023б). *Попис становништва, домаћинства и станова 2022. године. Грејање у стапањеним становима без централног грејања*. Републички завод за статистику. <https://data.stat.gov.rs/Home/Result/3104040106?languageCode=sr-Latn>
- Станојевић, Г. (2016). *Атмосферска циркулација као фактор просторне расподеле температура ваздуха и падавина у Србији* [необјављена докторска дисертација]. Географски факултет Универзитета у Београду.
- Тодић, Д. & Дујић, И. (2020). „Квалитет ваздуха“ у прописима Републике Србије и Европске уније (од нејасне дефиниције до сложеног система заштите ваздуха). *Зборник радова Правног факултета у Нишу*, 59 (87), 37–54. <https://doi.org/10.5937/zrpf0-26728>
- Тривић, Н. (2008). Претпоставке за мапирање загађења ваздуха у Војводини. *Анали Економског факултета у Суботици*, 20, 45-58.
- Уредба о граничним вредностима емисија загађујућих материја у ваздух из постројења за сагоревање, Службени гласник Републике Србије бр. 6 (2016).

- Уредба о граничним вредностима емисија загађујућих материја у ваздух из стационарних извора загађивања, осим постројења за сагоревање, Службени гласник Републике Србије бр. 11 (2015).
- Уредба о критеријумима и начину одобравања програма и пројеката који се реализују у оквиру механизма чистог развоја, Службени гласник Републике Србије бр. 44 (2010).
- Уредба о листи индустријских постројења и активности у којима се контролише емисија испарљивих органских једињења при одређеној потрошњи растварача и икупним дозвољеним емисијама, као и шеми за смањење емисија, Службени гласник Републике Србије бр. 100 (2011).
- Уредба о мерењима емисија загађујућих материја у ваздух из стационарних извора загађивања, Службени гласник Републике Србије бр. 5 (2016).
- Уредба о методологији прикупљања података за национални инвентар емисије гасова са ефектом стаклене баште, Службени гласник Републике Србије бр. 81 (2010).
- Уредба о методологији за израду инвентара емисија и пројекција загађујућих материја у ваздух, Службени гласник Републике Србије бр. 3 (2016).
- Уредба о методологији прикупљања података за национални инвентар ненамерно испуштених дуготрајних органских загађујућих супстанци, Службени гласник Републике Србије бр. 76 (2010).
- Уредба о одређивању зона и агломерација, Службени гласник Републике Србије бр. 58 (2011); 98 (2012).
- Уредба о поступању са супстанцама које оштећују озонски омотач, као и о условима за издавање дозвола за увоз и извоз тих супстанци, Службени гласник Републике Србије бр. 22 (2010); 114 (2013).
- Уредба о поступању са флуорованим гасовима са ефектом стаклене баште, као и о условима за издавање дозвола за увоз и извоз тих гасова, Службени гласник Републике Србије бр. 120 (2013); 44 (2018).
- Уредба о сертификацији лица која обављају одређене делатности у вези са супстанцама које оштећују озонски омотач и одређеним флуорованим гасовима са ефектом стаклене баште, Службени гласник Републике Србије бр. 24 (2016).
- Уредба о условима за мониторинг и захтевима квалитета ваздуха, Службени гласник Републике Србије бр. 11 (2010); 75 (2010); 63 (2013).
- Уредба о утврђивању Програма контроле квалитета ваздуха у државној мрежи, Службени гласник Републике Србије бр. 58 (2011).
- Шегота, Т, & Филипчић, А. (1996). *Климатологија за географе*. Школска књига – Загреб

## **ПРИЛОГ**

## Дневне $PM_{10}$ концентрације

Табела П1. Подаци о доступности (у %) дневних  $PM_{10}$  концентрација на нивоу станица, период 2011–2020. година

Врста подручја*	Тип станице**	Станице	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
У.П.	ѐ	Београд Врачар		86,07	96,16	95,34	90,96		83,84	82,47		91,80	
		Београд Нови Београд	97,81	76,78	90,41	98,08	99,45				82,19	99,45	
		Београд Стари град	96,44	95,90	99,18		92,35				98,36	99,45	99,45
		Беоцин Центар			95,62	77,53						76,44	~75,00
		Ваљево		100	~75,00	91,78	98,90		90,68	92,05	90,68	90,68	95,36
	ј	Крагујевац				96,71	92,05			94,25	98,63	86,30	84,97
		Нови Сад Лиман									75,62	87,95	90,44
		Београд Мостар	100	75,41	97,53	91,23					83,84	98,63	100
		Ниш ИЗЈЗ Ниш	100	75,96	94,52	95,34				93,42		~75,00	87,16
		Нови Сад Спенс	91,23	83,33	96,44	100	100	87,43					
СУ.П.	ѐ	Смедерево Центар			75,62					90,96	97,53	97,81	
		Ужице			78,08	93,70	77,81		85,75	98,63	94,79	94,26	
	ј	Београд Зелено брдо	95,07	85,25	82,19		84,38						
		Косјерић	100	94,54	100	89,59					81,92	86,85	93,17
		Обреновац Центар	100	94,54	94,52							99,45	98,63
		Половац		90,44	93,42							96,16	79,23
Р.П.	ѐ	Каменчки вис		92,90	84,66	88,49	78,63			93,97	87,95	81,15	

\* У.П. = урбано подручје; СУ.П. = субурбано подручје; Р.П. = рурално подручје

\*\* п. = позадинске станице; с. = саобраћајне станице; и. = индустријске станице



Табела П2. Догађаји са дневним  $PM_{10}$  концентрацијама изнад граничне вредности од  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , станица Ваљево, на основу расположивих података у периоду 2011–2020. година

Датум почетак	Датум крај	Трајање (дани)	Сума конц. ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Просечна конц. ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Сума прекорачења ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
1.1.2012	30.3.2012	90	11067,33	122,97	6567,33
21.10.2015	31.12.2015	72	8738,89	121,37	5138,89
26.11.2013	1.2.2014	68	10648,80	156,60	7248,80
4.2.2018	17.3.2018	42	3975,60	94,66	1875,60
27.10.2014	1.12.2014	36	4313,67	119,82	2513,67
7.1.2019	11.2.2019	36	4367,40	121,32	2567,40
23.11.2019	22.12.2019	30	4241,40	141,38	2741,40
6.1.2020	4.2.2020	30	4529,68	150,99	3029,68
8.12.2018	5.1.2019	29	4004,30	138,08	2554,30
31.1.2015	25.2.2015	26	3116,59	119,87	1816,59
15.11.2017	9.12.2017	25	3120,20	124,81	1870,20
6.2.2020	1.3.2020	25	2392,73	95,71	1142,73
1.11.2018	21.11.2018	21	1904,40	90,69	854,40
3.3.2014	22.3.2014	20	1465,41	73,27	465,41
10.1.2015	29.1.2015	20	3062,36	153,12	2062,36
11.2.2014	1.3.2014	19	2102,39	110,65	1152,39
15.1.2018	2.2.2018	19	2769,60	145,77	1819,60
10.12.2014	27.12.2014	18	3583,09	199,06	2683,09
12.2.2017	27.2.2017	16	1760,40	110,03	960,40
15.10.2018	30.10.2018	16	1230,80	76,93	430,80
13.3.2015	27.3.2015	15	1389,00	92,60	639,00
31.10.2017	13.11.2017	14	1588,70	113,48	888,70
15.12.2017	28.12.2017	14	1543,30	110,24	843,30
30.12.2017	12.1.2018	14	2231,90	159,42	1531,90
24.2.2019	7.3.2019	12	1072,40	89,37	472,40
20.12.2020	31.12.2020	12	1196,09	99,67	596,09
18.10.2013	28.10.2013	11	741,80	67,44	191,80
7.1.2017	17.1.2017	11	1420,50	129,14	870,50
20.3.2018	30.3.2018	11	956,60	86,96	406,60
15.11.2013	24.11.2013	10	1048,79	104,88	548,79
29.12.2014	7.1.2015	10	1481,51	148,15	981,51
27.2.2015	8.3.2015	10	812,93	81,29	312,93
13.2.2019	22.2.2019	10	978,10	97,81	478,10
26.3.2019	3.4.2019	9	536,90	59,66	86,90
4.3.2020	12.3.2020	9	807,63	89,74	357,63
25.11.2020	3.12.2020	9	925,81	102,87	475,81
4.10.2013	11.10.2013	8	586,78	73,35	186,78
19.1.2017	26.1.2017	8	1214,10	151,76	814,10
6.11.2020	13.11.2020	8	543,39	67,92	143,39
20.12.2012	26.12.2012	7	938,70	134,10	588,70
11.4.2018	17.4.2018	7	436,90	62,41	86,90
29.12.2019	4.1.2020	7	1014,68	144,95	664,68
20.10.2020	26.10.2020	7	493,48	70,50	143,48
2.4.2013	7.4.2013	6	398,15	66,36	98,15
17.4.2013	22.4.2013	6	423,41	70,57	123,41
6.11.2013	11.11.2013	6	519,25	86,54	219,25
4.2.2014	9.2.2014	6	1047,96	174,66	747,96
17.10.2017	22.10.2017	6	367,90	61,32	67,90
16.3.2020	21.3.2020	6	447,79	74,63	147,79
25.3.2020	30.3.2020	6	734,14	122,36	434,14

Табела П2. Догађаји са дневним  $PM_{10}$  концентрацијама изнад граничне вредности од  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , станица Ваљево, на основу расположивих података у периоду 2011–2020. година—*Наставак*

Датум почетак	Датум крај	Трајање (дани)	Сума конц. ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Просечна конц. ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Сума прекорачења ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
2.4.2012	6.4.2012	5	389,75	77,95	139,75
22.10.2012	26.10.2012	5	401,50	80,30	151,50
22.11.2012	26.11.2012	5	449,70	89,94	199,70
9.4.2013	13.4.2013	5	333,99	66,80	83,99
4.12.2014	8.12.2014	5	410,63	82,13	160,63
1.1.2017	5.1.2017	5	607,20	121,44	357,20
3.4.2018	7.4.2018	5	326,10	65,22	76,10
25.10.2019	29.10.2019	5	420,90	84,18	170,90
15.11.2020	19.11.2020	5	372,52	74,50	122,52
14.12.2020	18.12.2020	5	430,95	86,19	180,95
9.4.2012	12.4.2012	4	271,99	68,00	71,99
25.3.2013	28.3.2013	4	268,07	67,02	68,07
24.4.2013	27.4.2013	4	405,48	101,37	205,48
30.4.2013	3.5.2013	4	298,08	74,52	98,08
1.11.2013	4.11.2013	4	305,46	76,37	105,46
12.10.2014	15.10.2014	4	254,62	63,66	54,62
8.4.2015	11.4.2015	4	254,08	63,52	54,08
24.12.2019	27.12.2019	4	329,80	82,45	129,80
18.4.2012	20.4.2012	3	210,14	70,05	60,14
24.8.2012	26.8.2012	3	167,01	55,67	17,01
29.9.2012	1.10.2012	3	200,00	66,67	50,00
2.4.2015	4.4.2015	3	171,20	57,07	21,20
17.9.2015	19.9.2015	3	162,03	54,01	12,03
11.10.2018	13.10.2018	3	162,80	54,27	12,80
22.3.2019	24.3.2019	3	172,10	57,37	22,10
24.4.2019	26.4.2019	3	202,90	67,63	52,90
2.11.2020	4.11.2020	3	239,05	79,68	89,05
21.11.2020	23.11.2020	3	255,37	85,12	105,37
10.12.2020	12.12.2020	3	170,67	56,89	20,67
14.4.2012	15.4.2012	2	110,70	55,35	10,70
19.10.2012	20.10.2012	2	113,20	56,60	13,20
12.11.2012	13.11.2012	2	235,60	117,80	135,60
6.12.2012	7.12.2012	2	112,00	56,00	12,00
16.12.2012	17.12.2012	2	167,20	83,60	67,20
30.12.2012	31.12.2012	2	119,80	59,90	19,80
22.3.2013	23.3.2013	2	138,00	69,00	38,00
30.3.2013	31.3.2013	2	167,57	83,79	67,57
14.10.2013	15.10.2013	2	131,79	65,90	31,79
25.3.2014	26.3.2014	2	127,72	63,86	27,72
29.3.2014	30.3.2014	2	127,01	63,51	27,01
23.6.2014	24.6.2014	2	133,40	66,70	33,40
12.8.2014	13.8.2014	2	105,93	52,97	5,93
10.3.2015	11.3.2015	2	178,74	89,37	78,74
29.3.2015	30.3.2015	2	161,70	80,85	61,70
16.4.2015	17.4.2015	2	117,24	58,62	17,24
13.10.2015	14.10.2015	2	103,03	51,52	3,03
18.10.2015	19.10.2015	2	110,37	55,19	10,37
2.3.2017	3.3.2017	2	118,90	59,45	18,90
13.3.2017	14.3.2017	2	109,10	54,55	9,10

Табела П2. Догађаји са дневним  $PM_{10}$  концентрацијама изнад граничне вредности од  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , станица Ваљево, на основу расположивих података у периоду 2011–2020. година—*Наставак*

Датум почетак	Датум крај	Трајање (дани)	Сума конц. ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Просечна конц. ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Сума прекорачења ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
26.10.2017	27.10.2017	2	123,80	61,90	23,80
23.4.2018	24.4.2018	2	105,90	52,95	5,90
1.10.2018	2.10.2018	2	113,50	56,75	13,50
17.10.2019	18.10.2019	2	121,60	60,80	21,60
11.11.2019	12.11.2019	2	108,70	54,35	8,70
15.11.2019	16.11.2019	2	157,80	78,90	57,80
1.4.2020	2.4.2020	2	120,24	60,12	20,24
28.10.2020	29.10.2020	2	129,32	64,66	29,32
30.5.2012	30.5.2012	1	66,85	66,85	16,85
5.7.2012	5.7.2012	1	51,99	51,99	1,99
6.8.2012	6.8.2012	1	58,54	58,54	8,54
31.8.2012	31.8.2012	1	69,55	69,55	19,55
5.9.2012	5.9.2012	1	52,54	52,54	2,54
24.9.2012	24.9.2012	1	68,73	68,73	18,73
6.10.2012	6.10.2012	1	52,00	52,00	2,00
10.10.2012	10.10.2012	1	54,20	54,20	4,20
12.10.2012	12.10.2012	1	56,30	56,30	6,30
3.11.2012	3.11.2012	1	53,50	53,50	3,50
7.11.2012	7.11.2012	1	50,60	50,60	0,60
9.11.2012	9.11.2012	1	77,40	77,40	27,40
16.11.2012	16.11.2012	1	64,60	64,60	14,60
10.12.2012	10.12.2012	1	198,30	198,30	148,30
13.12.2012	13.12.2012	1	63,90	63,90	13,90
28.12.2012	28.12.2012	1	51,60	51,60	1,60
20.3.2013	20.3.2013	1	51,32	51,32	1,32
17.5.2013	17.5.2013	1	54,36	54,36	4,36
19.5.2013	19.5.2013	1	57,03	57,03	7,03
29.5.2013	29.5.2013	1	53,78	53,78	3,78
29.7.2013	29.7.2013	1	53,96	53,96	3,96
9.9.2013	9.9.2013	1	58,24	58,24	8,24
30.10.2013	30.10.2013	1	57,41	57,41	7,41
13.11.2013	13.11.2013	1	56,25	56,25	6,25
23.4.2014	23.4.2014	1	52,28	52,28	2,28
5.5.2014	5.5.2014	1	51,13	51,13	1,13
20.5.2014	20.5.2014	1	52,10	52,10	2,10
17.6.2014	17.6.2014	1	64,05	64,05	14,05
20.6.2014	20.6.2014	1	58,39	58,39	8,39
29.6.2014	29.6.2014	1	58,74	58,74	8,74
7.7.2014	7.7.2014	1	50,50	50,50	0,50
4.8.2014	4.8.2014	1	53,64	53,64	3,64
7.8.2014	7.8.2014	1	56,75	56,75	6,75
19.10.2014	19.10.2014	1	304,04	304,04	254,04
24.10.2014	24.10.2014	1	61,72	61,72	11,72
21.4.2015	21.4.2015	1	55,06	55,06	5,06
27.7.2015	27.7.2015	1	89,07	89,07	39,07
13.8.2015	13.8.2015	1	62,52	62,52	12,52
7.10.2015	7.10.2015	1	56,44	56,44	6,44
9.3.2017	9.3.2017	1	62,80	62,80	12,80
18.3.2017	18.3.2017	1	51,30	51,30	1,30

Табела П2. Догађаји са дневним  $PM_{10}$  концентрацијама изнад граничне вредности од  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , станица Ваљево, на основу расположивих података у периоду 2011–2020. година—*Наставак*

Датум почетак	Датум крај	Трајање (дани)	Сума конц. ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Просечна конц. ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Сума прекорачења ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
3.5.2017	3.5.2017	1	54,80	54,80	4,80
1.6.2017	1.6.2017	1	51,30	51,30	1,30
26.9.2017	26.9.2017	1	55,70	55,70	5,70
2.10.2017	2.10.2017	1	59,30	59,30	9,30
12.12.2017	12.12.2017	1	61,70	61,70	11,70
9.4.2018	9.4.2018	1	51,40	51,40	1,40
26.4.2018	26.4.2018	1	58,20	58,20	8,20
28.4.2018	28.4.2018	1	50,50	50,50	0,50
2.6.2018	2.6.2018	1	54,80	54,80	4,80
6.7.2018	6.7.2018	1	55,70	55,70	5,70
5.10.2018	5.10.2018	1	61,70	61,70	11,70
9.10.2018	9.10.2018	1	55,30	55,30	5,30
6.4.2019	6.4.2019	1	62,20	62,20	12,20
9.5.2019	9.5.2019	1	51,00	51,00	1,00
6.6.2019	6.6.2019	1	64,40	64,40	14,40
3.7.2019	3.7.2019	1	113,50	113,50	63,50
2.11.2019	2.11.2019	1	57,10	57,10	7,10
8.11.2019	8.11.2019	1	63,30	63,30	13,30
14.3.2020	14.3.2020	1	58,23	58,23	8,23
16.4.2020	16.4.2020	1	52,23	52,23	2,23
29.4.2020	29.4.2020	1	120,99	120,99	70,99
11.5.2020	11.5.2020	1	58,94	58,94	8,94
14.5.2020	14.5.2020	1	52,24	52,24	2,24
18.5.2020	18.5.2020	1	50,78	50,78	0,78
21.7.2020	21.7.2020	1	59,12	59,12	9,12
31.7.2020	31.7.2020	1	51,88	51,88	1,88
11.10.2020	11.10.2020	1	50,43	50,43	0,43
5.12.2020	5.12.2020	1	112,99	112,99	62,99
8.12.2020	8.12.2020	1	82,35	82,35	32,35

Табела П3. Догађаји са дневним  $PM_{10}$  концентрацијама изнад граничне вредности од  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , станица Косјерић, на основу расположивих података у периоду 2011–2020. година

Датум почетак	Датум крај	Трајање (дани)	Сума конц. ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Просечна конц. ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Сума прекорачења ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
25.10.2011	5.12.2011	42	5422,66	129,11	5422,66
11.12.2013	15.1.2014	36	3750,95	104,19	3750,95
25.1.2011	18.2.2011	25	2475,96	99,04	2475,96
1.3.2012	24.3.2012	24	2025,17	84,38	2025,17
26.1.2012	15.2.2012	21	2256,80	107,47	2256,80
1.1.2011	15.1.2011	15	2255,74	150,38	1505,74
7.1.2020	19.1.2020	13	2276,70	175,13	2276,70
23.1.2018	3.2.2018	12	1005,60	83,80	1005,60
5.11.2018	16.11.2018	12	1004,90	83,74	1004,90
23.2.2011	5.3.2011	11	794,88	72,26	794,88
24.1.2013	2.2.2013	10	774,03	77,40	774,03
9.3.2011	17.3.2011	9	891,64	99,07	891,64
8.12.2011	16.12.2011	9	950,46	105,61	950,46

Табела ПЗ. Догађаји са дневним  $PM_{10}$  концентрацијама изнад граничне вредности од  $50 \mu g/m^3$ , станица Косјерић, на основу расположивих података у периоду 2011–2020. година—*Наставак*

Датум почетак	Датум крај	Трајање (дани)	Сума конц. ( $\mu g/m^3$ )	Просечна конц. ( $\mu g/m^3$ )	Сума прекорачења ( $\mu g/m^3$ )
28.11.2013	6.12.2013	9	815,87	90,65	815,87
26.1.2019	3.2.2019	9	800,50	88,94	800,50
21.10.2019	29.10.2019	9	672,90	74,77	672,90
13.12.2019	21.12.2019	9	1216,80	135,20	1216,80
19.2.2012	26.2.2012	8	773,60	96,70	773,60
2.2.2014	9.2.2014	8	842,72	105,34	842,72
13.12.2014	20.12.2014	8	742,50	92,81	742,50
15.2.2019	22.2.2019	8	673,70	84,21	673,70
27.3.2019	3.4.2019	8	514,00	64,25	514,00
24.11.2019	1.12.2019	8	583,10	72,89	583,10
21.1.2020	28.1.2020	8	979,91	122,49	979,91
17.4.2011	23.4.2011	7	499,43	71,35	499,43
3.11.2014	9.11.2014	7	397,74	56,82	397,74
8.12.2018	14.12.2018	7	579,60	82,80	579,60
17.12.2018	23.12.2018	7	730,10	104,30	730,10
8.2.2020	14.2.2020	7	507,48	72,50	507,48
23.3.2011	28.3.2011	6	659,51	109,92	659,51
21.10.2012	26.10.2012	6	372,03	62,01	372,03
8.11.2012	13.11.2012	6	415,30	69,22	415,30
28.2.2018	5.3.2018	6	548,90	91,48	548,90
15.10.2018	20.10.2018	6	402,30	67,05	402,30
29.10.2018	3.11.2018	6	485,40	80,90	485,40
24.2.2019	1.3.2019	6	445,70	74,28	445,70
30.12.2019	4.1.2020	6	765,09	127,52	765,09
30.1.2020	4.2.2020	6	578,75	96,46	578,75
2.1.2012	6.1.2012	5	625,00	125,00	625,00
6.12.2012	10.12.2012	5	363,22	72,64	363,22
13.1.2013	17.1.2013	5	503,25	100,65	503,25
18.2.2014	22.2.2014	5	369,60	73,92	369,60
26.12.2018	30.12.2018	5	436,50	87,30	436,50
16.1.2019	20.1.2019	5	746,30	149,26	746,30
3.12.2019	7.12.2019	5	450,60	90,12	450,60
17.1.2011	20.1.2011	4	425,38	106,35	425,38
30.3.2011	2.4.2011	4	348,12	87,03	348,12
17.10.2011	20.10.2011	4	348,93	87,23	348,93
27.12.2011	30.12.2011	4	405,87	101,47	405,87
2.4.2012	5.4.2012	4	338,01	84,50	338,01
24.9.2012	27.9.2012	4	408,06	102,02	408,06
29.9.2012	2.10.2012	4	484,95	121,24	484,95
4.10.2012	7.10.2012	4	236,97	59,24	236,97
1.1.2013	4.1.2013	4	328,37	82,09	328,37
27.1.2014	30.1.2014	4	297,61	74,40	297,61
26.2.2014	1.3.2014	4	244,48	61,12	244,48
12.3.2014	15.3.2014	4	268,20	67,05	268,20
22.12.2014	25.12.2014	4	421,30	105,33	421,30
11.1.2019	14.1.2019	4	476,20	119,05	476,20
13.3.2019	16.3.2019	4	255,90	63,98	255,90
21.3.2019	24.3.2019	4	231,10	57,78	231,10
16.2.2020	19.2.2020	4	382,52	95,63	382,52

Табела ПЗ. Догађаји са дневним  $PM_{10}$  концентрацијама изнад граничне вредности од  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , станица Косјерић, на основу расположивих података у периоду 2011–2020. година—*Наставак*

Датум почетак	Датум крај	Трајање (дани)	Сума конц. ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Просечна конц. ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Сума прекорачења ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
23.2.2020	26.2.2020	4	308,87	77,22	308,87
6.4.2011	8.4.2011	3	237,25	79,08	237,25
18.1.2012	20.1.2012	3	316,80	105,60	316,80
22.1.2012	24.1.2012	3	274,70	91,57	274,70
26.4.2012	28.4.2012	3	191,62	63,87	191,62
24.8.2012	26.8.2012	3	169,17	56,39	169,17
10.9.2012	12.9.2012	3	167,57	55,86	167,57
26.11.2012	28.11.2012	3	229,71	76,57	229,71
9.1.2013	11.1.2013	3	409,77	136,59	409,77
4.3.2013	6.3.2013	3	264,79	88,26	264,79
6.10.2013	8.10.2013	3	174,79	58,26	174,79
24.10.2013	26.10.2013	3	178,66	59,55	178,66
1.11.2013	3.11.2013	3	170,93	56,98	170,93
7.11.2013	9.11.2013	3	186,48	62,16	186,48
14.2.2014	16.2.2014	3	193,46	64,49	193,46
11.11.2014	13.11.2014	3	172,23	57,41	172,23
28.11.2014	30.11.2014	3	229,36	76,45	229,36
29.12.2014	31.12.2014	3	189,71	63,24	189,71
9.1.2018	11.1.2018	3	320,50	106,83	320,50
5.2.2018	7.2.2018	3	234,50	78,17	234,50
16.2.2018	18.2.2018	3	188,90	62,97	188,90
9.2.2019	11.2.2019	3	214,80	71,60	214,80
11.4.2011	12.4.2011	2	116,65	58,33	116,65
11.10.2011	12.10.2011	2	124,86	62,43	124,86
18.12.2011	19.12.2011	2	124,51	62,26	124,51
21.12.2011	22.12.2011	2	197,16	98,58	197,16
13.1.2012	14.1.2012	2	185,10	92,55	185,10
26.3.2012	27.3.2012	2	124,29	62,15	124,29
10.4.2012	11.4.2012	2	103,85	51,93	103,85
23.4.2012	24.4.2012	2	105,81	52,91	105,81
31.8.2012	1.9.2012	2	131,79	65,90	131,79
9.10.2012	10.10.2012	2	308,47	154,24	308,47
18.10.2012	19.10.2012	2	222,64	111,32	222,64
1.11.2012	2.11.2012	2	112,91	56,46	112,91
18.11.2012	19.11.2012	2	118,76	59,38	118,76
23.11.2012	24.11.2012	2	148,23	74,12	148,23
11.2.2013	12.2.2013	2	138,64	69,32	138,64
18.11.2013	19.11.2013	2	139,78	69,89	139,78
8.12.2013	9.12.2013	2	223,27	111,64	223,27
17.1.2014	18.1.2014	2	198,75	99,38	198,75
29.10.2014	30.10.2014	2	108,65	54,33	108,65
23.11.2014	24.11.2014	2	128,19	64,10	128,19
16.1.2018	17.1.2018	2	241,90	120,95	241,90
19.11.2018	20.11.2018	2	122,30	61,15	122,30
8.1.2019	9.1.2019	2	332,60	166,30	332,60
22.1.2019	23.1.2019	2	105,70	52,85	105,70
3.3.2019	4.3.2019	2	113,80	56,90	113,80
7.3.2019	8.3.2019	2	123,30	61,65	123,30
15.10.2019	16.10.2019	2	125,70	62,85	125,70

Табела ПЗ. Догађаји са дневним  $PM_{10}$  концентрацијама изнад граничне вредности од  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , станица Косјерић, на основу расположивих података у периоду 2011–2020. година—*Наставак*

Датум почетак	Датум крај	Трајање (дани)	Сума конц. ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Просечна конц. ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Сума прекорачења ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
23.1.2011	23.1.2011	1	51,51	51,51	51,51
20.2.2011	20.2.2011	1	65,37	65,37	65,37
4.4.2011	4.4.2011	1	91,71	91,71	91,71
25.8.2011	25.8.2011	1	50,47	50,47	50,47
28.9.2011	28.9.2011	1	50,47	50,47	50,47
6.10.2011	6.10.2011	1	67,11	67,11	67,11
23.10.2011	23.10.2011	1	57,06	57,06	57,06
24.12.2011	24.12.2011	1	88,47	88,47	88,47
9.1.2012	9.1.2012	1	54,90	54,90	54,90
28.2.2012	28.2.2012	1	54,60	54,60	54,60
29.3.2012	29.3.2012	1	52,05	52,05	52,05
30.4.2012	30.4.2012	1	62,81	62,81	62,81
21.5.2012	21.5.2012	1	60,64	60,64	60,64
4.6.2012	4.6.2012	1	52,71	52,71	52,71
5.7.2012	5.7.2012	1	55,31	55,31	55,31
9.7.2012	9.7.2012	1	51,51	51,51	51,51
3.9.2012	3.9.2012	1	50,79	50,79	50,79
5.9.2012	5.9.2012	1	56,01	56,01	56,01
18.9.2012	18.9.2012	1	55,20	55,20	55,20
22.9.2012	22.9.2012	1	56,87	56,87	56,87
12.10.2012	12.10.2012	1	63,19	63,19	63,19
20.1.2013	20.1.2013	1	123,25	123,25	123,25
6.2.2013	6.2.2013	1	79,45	79,45	79,45
9.2.2013	9.2.2013	1	51,09	51,09	51,09
18.2.2013	18.2.2013	1	57,20	57,20	57,20
1.3.2013	1.3.2013	1	58,05	58,05	58,05
18.3.2013	18.3.2013	1	58,25	58,25	58,25
23.3.2013	23.3.2013	1	52,58	52,58	52,58
18.10.2013	18.10.2013	1	51,52	51,52	51,52
29.10.2013	29.10.2013	1	58,25	58,25	58,25
23.11.2013	23.11.2013	1	64,01	64,01	64,01
21.1.2014	21.1.2014	1	66,97	66,97	66,97
24.1.2014	24.1.2014	1	58,62	58,62	58,62
26.11.2014	26.11.2014	1	55,89	55,89	55,89
19.1.2018	19.1.2018	1	52,90	52,90	52,90
21.1.2018	21.1.2018	1	63,40	63,40	63,40
10.2.2018	10.2.2018	1	55,50	55,50	55,50
13.2.2018	13.2.2018	1	64,70	64,70	64,70
7.3.2018	7.3.2018	1	50,50	50,50	50,50
10.3.2018	10.3.2018	1	55,30	55,30	55,30
27.3.2018	27.3.2018	1	51,90	51,90	51,90
29.3.2018	29.3.2018	1	51,10	51,10	51,10
13.4.2018	13.4.2018	1	52,00	52,00	52,00
14.9.2018	14.9.2018	1	81,10	81,10	81,10
6.10.2018	6.10.2018	1	58,60	58,60	58,60
12.10.2018	12.10.2018	1	54,60	54,60	54,60
5.1.2019	5.1.2019	1	65,30	65,30	65,30
27.8.2019	27.8.2019	1	205,90	205,90	205,90
19.10.2019	19.10.2019	1	50,20	50,20	50,20

Табела ПЗ. Догађаји са дневним  $PM_{10}$  концентрацијама изнад граничне вредности од  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , станица Косјерић, на основу расположивих података у периоду 2011–2020. година—*Наставак*

Датум почетак	Датум крај	Трајање (дани)	Сума конц. ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Просечна конц. ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Сума прекорачења ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
3.11.2019	3.11.2019	1	67,30	67,30	67,30
12.11.2019	12.11.2019	1	66,60	66,60	66,60
16.11.2019	16.11.2019	1	109,70	109,70	109,70
9.12.2019	9.12.2019	1	104,30	104,30	104,30
25.12.2019	25.12.2019	1	59,80	59,80	59,80
27.12.2019	27.12.2019	1	58,80	58,80	58,80
6.2.2020	6.2.2020	1	76,18	76,18	76,18
21.2.2020	21.2.2020	1	69,28	69,28	69,28

### Дневне $PM_{2,5}$ концентрације

Табела П4. Подаци о доступности (у %) дневних  $PM_{2,5}$  концентрација на нивоу станица, период 2016–2020. година

Врста подручја*	Тип станице**	Станице	2016	2017	2018	2019	2020
У.П.	п.	Београд Стари град	91,26		95,89	95,62	
		Београд Нови Београд	87,16			79,18	
		Ваљево				98,36	78,14
		Ниш О.Ш. „Свети Сава”				99,73	72,68
	с	Београд Мостар				96,44	99,73
		Ниш ИЗЈЗ Ниш		84,38		69,59	86,89
		Смедерево Центар			88,77	90,68	97,54
и	Бор Градски парк				99,18	95,63	
СУ.П.	п.	Косјерић			81,92	91,23	88,80
	с	Обреновац Центар				91,23	98,09
	и	Поповац				95,34	89,07

\* У.П. = урбано подручје; СУ.П. = субурбано подручје; Р.П. = рурално подручје

\*\* п. = позадинске станице; с. = саобраћајне станице; и. = индустријске станице

Табела П5. Догађаји са дневним  $PM_{2,5}$  концентрацијама изнад граничне вредности од  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , станица Ваљево, на основу расположивих података у периоду 2016–2020. година

Датум почетак	Датум крај	Трајање (дани)	Сума конц. ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Просечна конц. ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Сума прекорачења ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
8.1.2019	27.4.2019	110	6961,60	63,29	5311,60
10.10.2020	31.12.2020	83	4685,70	56,45	3440,70
4.10.2019	4.11.2019	32	1245,80	38,93	765,80
6.2.2020	7.3.2020	31	1825,80	58,90	1360,80
14.11.2019	9.12.2019	26	2139,10	82,27	1749,10
30.12.2019	19.1.2020	21	2446,70	116,51	2131,70
11.12.2019	27.12.2019	17	1302,40	76,61	1047,40



Табела П5. Догађаји са дневним  $PM_{2.5}$  концентрацијама изнад граничне вредности од  $15 \mu g/m^3$ , станица Ваљево, на основу расположивих података у периоду 2016–2020. година—*Наставак*

Датум почетак	Датум крај	Трајање (дани)	Сума конц. ( $\mu g/m^3$ )	Просечна конц. ( $\mu g/m^3$ )	Сума прекорачења ( $\mu g/m^3$ )
26.3.2020	11.4.2020	17	681,00	40,06	426,00
9.3.2020	24.3.2020	16	658,20	41,14	418,20
22.1.2020	4.2.2020	14	1403,00	100,21	1193,00
29.4.2019	9.5.2019	11	273,70	24,88	108,70
30.5.2019	5.6.2019	7	125,90	17,99	20,90
6.11.2019	12.11.2019	7	310,00	44,29	205,00
15.5.2019	20.5.2019	6	140,10	23,35	50,10
11.9.2020	16.9.2020	6	112,20	18,70	22,20
15.6.2019	19.6.2019	5	98,90	19,78	23,90
2.7.2019	6.7.2019	5	86,00	17,20	11,00
1.1.2019	4.1.2019	4	242,50	60,63	182,50
10.8.2019	13.8.2019	4	72,10	18,03	12,10
23.9.2019	26.9.2019	4	102,10	25,53	42,10
23.7.2020	26.7.2020	4	72,20	18,05	12,20
21.6.2019	23.6.2019	3	57,90	19,30	12,90
25.6.2019	27.6.2019	3	51,80	17,27	6,80
30.8.2019	1.9.2019	3	54,40	18,13	9,40
5.9.2019	7.9.2019	3	57,50	19,17	12,50
10.9.2019	12.9.2019	3	49,80	16,60	4,80
16.9.2019	18.9.2019	3	57,20	19,07	12,20
10.8.2020	12.8.2020	3	58,60	19,53	13,60
6.10.2020	8.10.2020	3	62,20	20,73	17,20
26.5.2019	27.5.2019	2	34,20	17,10	4,20
7.6.2019	8.6.2019	2	34,60	17,30	4,60
10.6.2019	11.6.2019	2	33,90	16,95	3,90
30.7.2019	31.7.2019	2	33,30	16,65	3,30
23.8.2019	24.8.2019	2	41,10	20,55	11,10
26.8.2019	27.8.2019	2	33,30	16,65	3,30
3.7.2020	4.7.2020	2	34,40	17,20	4,40
17.7.2020	18.7.2020	2	34,20	17,10	4,20
31.7.2020	1.8.2020	2	43,90	21,95	13,90
7.8.2020	8.8.2020	2	33,00	16,50	3,00
2.10.2020	3.10.2020	2	39,00	19,50	9,00
13.5.2019	13.5.2019	1	20,90	20,90	5,90
13.6.2019	13.6.2019	1	16,60	16,60	1,60
9.7.2019	9.7.2019	1	15,50	15,50	0,50
20.7.2019	20.7.2019	1	16,00	16,00	1,00
2.8.2019	2.8.2019	1	15,40	15,40	0,40
2.10.2019	2.10.2019	1	16,50	16,50	1,50
21.7.2020	21.7.2020	1	15,70	15,70	0,70
5.8.2020	5.8.2020	1	17,30	17,30	2,30
15.8.2020	15.8.2020	1	18,60	18,60	3,60
18.8.2020	18.8.2020	1	16,30	16,30	1,30
23.9.2020	23.9.2020	1	16,30	16,30	16,30

Табела П6. Догађаји са дневним  $PM_{2.5}$  концентрацијама изнад граничне вредности од  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , станица Косјерић, на основу расположивих података у периоду 2016–2020. година

Датум почетак	Датум крај	Трајање (дани)	Сума конц. ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Просечна конц. ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Сума прекорачења ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
14.1.2018	23.4.2018	100	4894,90	48,95	3394,90
11.10.2019	22.12.2019	73	4195,00	57,47	3100,00
26.9.2018	21.11.2018	57	3200,60	56,15	2345,60
22.3.2020	22.4.2020	32	1199,90	37,50	719,90
29.7.2018	26.8.2018	29	720,80	24,86	285,80
13.2.2019	9.3.2019	25	807,20	32,29	432,20
7.11.2020	29.11.2020	23	1320,90	57,43	975,90
15.10.2020	5.11.2020	22	869,00	39,50	539,00
26.5.2018	14.6.2018	20	556,40	27,82	256,40
9.7.2018	27.7.2018	19	456,90	24,05	171,90
18.1.2020	4.2.2020	18	1607,70	89,32	1337,70
8.12.2018	24.12.2018	17	1429,70	84,10	1174,70
20.3.2019	4.4.2019	16	390,00	24,38	150,00
13.4.2019	27.4.2019	15	400,00	26,67	175,00
12.2.2020	26.2.2020	15	864,50	57,63	639,50
12.9.2020	25.9.2020	14	326,70	23,34	116,70
28.8.2018	8.9.2018	12	340,70	28,39	160,70
7.8.2020	18.8.2020	12	242,10	20,18	62,10
1.12.2020	11.12.2020	11	962,80	87,53	797,80
8.1.2020	16.1.2020	9	1329,70	147,74	1194,70
17.9.2018	24.9.2018	8	239,70	29,96	119,70
26.12.2018	2.1.2019	8	511,30	63,91	391,30
16.6.2018	22.6.2018	7	174,70	24,96	69,70
31.12.2019	6.1.2020	7	649,20	92,74	544,20
10.9.2018	15.9.2018	6	204,30	34,05	114,30
15.1.2019	20.1.2019	6	416,60	69,43	326,60
12.3.2019	17.3.2019	6	161,40	26,90	71,40
6.4.2019	11.4.2019	6	118,50	19,75	28,50
13.3.2020	18.3.2020	6	198,10	33,02	108,10
16.5.2020	21.5.2020	6	159,70	26,62	69,70
2.10.2020	7.10.2020	6	112,60	18,77	22,60
21.12.2020	26.12.2020	6	498,40	83,07	408,40
30.1.2019	3.2.2019	5	245,00	49,00	170,00
6.2.2020	10.2.2020	5	284,90	56,98	209,90
3.7.2020	7.7.2020	5	81,00	16,20	6,00
21.7.2020	25.7.2020	5	90,70	18,14	15,70
9.1.2018	12.1.2018	4	362,80	90,70	302,80
5.5.2018	8.5.2018	4	118,10	29,53	58,10
10.1.2019	13.1.2019	4	202,10	50,53	142,10
25.1.2019	28.1.2019	4	201,70	50,43	141,70
8.2.2019	11.2.2019	4	134,80	33,70	74,80
1.5.2019	4.5.2019	4	92,30	23,08	32,30
10.8.2019	13.8.2019	4	71,80	17,95	11,80
24.12.2019	27.12.2019	4	195,20	48,80	135,20
5.3.2020	8.3.2020	4	151,90	37,98	91,90
7.5.2019	9.5.2019	3	63,40	21,13	18,40
16.5.2019	18.5.2019	3	69,60	23,20	24,60
13.7.2019	15.7.2019	3	67,30	22,43	22,30
4.9.2019	6.9.2019	3	51,60	17,20	6,60
24.9.2019	26.9.2019	3	63,80	21,27	18,80

Табела П6. Догађаји са дневним  $PM_{2.5}$  концентрацијама изнад граничне вредности од  $15 \mu g/m^3$ , станица Косјерић, на основу расположивих података у периоду 2016–2020. година—*Наставак*

Датум почетак	Датум крај	Трајање (дани)	Сума конц. ( $\mu g/m^3$ )	Просечна конц. ( $\mu g/m^3$ )	Сума прекорачења ( $\mu g/m^3$ )
1.5.2020	3.5.2020	3	62,00	20,67	17,00
31.7.2020	2.8.2020	3	82,90	27,63	37,90
30.8.2020	1.9.2020	3	55,40	18,47	10,40
16.12.2020	18.12.2020	3	195,70	65,23	150,70
29.12.2020	31.12.2020	3	175,90	58,63	130,90
3.6.2019	4.6.2019	2	32,20	16,10	2,20
17.6.2019	18.6.2019	2	35,10	17,55	5,10
22.6.2019	23.6.2019	2	33,80	16,90	3,80
30.7.2019	31.7.2019	2	35,70	17,85	5,70
23.8.2019	24.8.2019	2	37,20	18,60	7,20
31.8.2019	1.9.2019	2	34,00	17,00	4,00
24.5.2020	25.5.2020	2	36,10	18,05	6,10
28.6.2020	29.6.2020	2	33,00	16,50	3,00
17.7.2020	18.7.2020	2	38,90	19,45	8,90
27.7.2020	28.7.2020	2	30,70	15,35	0,70
4.8.2020	5.8.2020	2	45,10	22,55	15,10
13.12.2020	14.12.2020	2	74,80	37,40	44,80
5.2.2019	5.2.2019	1	16,70	16,70	1,70
13.5.2019	13.5.2019	1	18,90	18,90	3,90
31.5.2019	31.5.2019	1	18,20	18,20	3,20
15.6.2019	15.6.2019	1	16,70	16,70	1,70
27.6.2019	27.6.2019	1	18,00	18,00	3,00
2.7.2019	2.7.2019	1	15,50	15,50	0,50
4.7.2019	4.7.2019	1	15,40	15,40	0,40
7.7.2019	7.7.2019	1	17,40	17,40	2,40
17.9.2019	17.9.2019	1	21,00	21,00	6,00
10.3.2020	10.3.2020	1	40,20	40,20	25,20
22.8.2020	22.8.2020	1	17,80	17,80	2,80
24.8.2020	24.8.2020	1	24,40	24,40	9,40
6.9.2020	6.9.2020	1	19,70	19,70	4,70

Табела П7. Догађаји са дневним  $PM_{2.5}$  концентрацијама изнад граничне вредности од  $15 \mu g/m^3$ , станица Смедерево Центар, на основу расположивих података у периоду 2016–2020. година

Датум почетак	Датум крај	Трајање (дани)	Сума конц. ( $\mu g/m^3$ )	Просечна конц. ( $\mu g/m^3$ )	Сума прекорачења ( $\mu g/m^3$ )
26.9.2018	20.11.2018	56	2404,23	42,93	1564,23
6.1.2020	4.2.2020	30	2456,70	81,89	2006,70
28.8.2018	24.9.2018	28	711,83	25,42	291,83
26.11.2019	22.12.2019	27	1785,60	66,13	1380,60
25.3.2020	20.4.2020	27	921,60	34,13	516,60
23.5.2018	17.6.2018	26	639,39	24,59	249,39
13.2.2019	10.3.2019	26	1501,70	57,76	1111,70
13.11.2020	6.12.2020	24	991,60	41,32	631,60
29.2.2020	22.3.2020	23	787,40	34,23	442,40
7.2.2020	27.2.2020	21	952,40	45,35	637,40
1.2.2018	18.2.2018	18	1261,81	70,10	991,81
2.4.2018	19.4.2018	18	541,94	30,11	271,94

Табела П7. Догађаји са дневним  $PM_{2.5}$  концентрацијама изнад граничне вредности од  $15 \mu g/m^3$ , станица Смедерево Центар, на основу расположивих података у периоду 2016–2020. година—*Наставак*

Датум почетак	Датум крај	Трајање (дани)	Сума конц. ( $\mu g/m^3$ )	Просечна конц. ( $\mu g/m^3$ )	Сума прекорачења ( $\mu g/m^3$ )
4.3.2018	20.3.2018	17	848,46	49,91	593,46
15.10.2020	31.10.2020	17	671,80	39,52	416,80
29.11.2018	14.12.2018	16	1052,62	65,79	812,62
13.10.2019	27.10.2019	15	469,60	31,31	244,60
11.12.2020	25.12.2020	15	616,30	41,09	391,30
28.3.2019	10.4.2019	14	358,10	25,58	148,10
30.1.2019	11.2.2019	13	797,00	61,31	602,00
20.2.2018	2.3.2018	11	445,94	40,54	280,94
30.7.2018	9.8.2018	11	355,67	32,33	190,67
16.8.2018	26.8.2018	11	318,26	28,93	153,26
22.7.2020	1.8.2020	11	242,30	22,03	77,30
9.8.2020	19.8.2020	11	231,70	21,06	66,70
22.3.2018	31.3.2018	10	481,54	48,15	331,54
7.6.2019	16.6.2019	10	211,10	21,11	61,10
2.11.2020	11.11.2020	10	469,30	46,93	319,30
28.4.2018	6.5.2018	9	194,77	21,64	59,77
22.4.2020	29.4.2020	8	183,70	22,96	63,70
9.5.2018	15.5.2018	7	137,27	19,61	32,27
12.3.2019	18.3.2019	7	259,40	37,06	154,40
20.3.2019	26.3.2019	7	241,60	34,51	136,60
21.4.2018	26.4.2018	6	169,67	28,28	79,67
3.7.2018	8.7.2018	6	135,70	22,62	45,70
22.11.2018	27.11.2018	6	235,97	39,33	145,97
25.12.2018	30.12.2018	6	275,66	45,94	185,66
30.12.2019	4.1.2020	6	635,20	105,87	545,20
16.5.2020	21.5.2020	6	140,60	23,43	50,60
19.12.2018	23.12.2018	5	591,57	118,31	516,57
1.1.2019	5.1.2019	5	232,50	46,50	157,50
18.6.2019	22.6.2019	5	119,30	23,86	44,30
24.6.2019	28.6.2019	5	94,00	18,80	19,00
12.11.2019	16.11.2019	5	134,70	26,94	59,70
7.6.2020	11.6.2020	5	86,60	17,32	11,60
26.6.2020	30.6.2020	5	109,80	21,96	34,80
18.5.2018	21.5.2018	4	94,25	23,56	34,25
10.7.2018	13.7.2018	4	94,57	23,64	34,57
11.8.2018	14.8.2018	4	83,23	20,81	23,23
25.1.2019	28.1.2019	4	291,30	72,83	231,30
19.4.2019	22.4.2019	4	74,10	18,53	14,10
1.7.2019	4.7.2019	4	75,00	18,75	15,00
23.8.2019	26.8.2019	4	72,50	18,13	12,50
18.11.2019	21.11.2019	4	106,10	26,53	46,10
13.9.2020	16.9.2020	4	90,90	22,73	30,90
5.10.2020	8.10.2020	4	72,90	18,23	12,90
19.6.2018	21.6.2018	3	69,74	23,25	24,74
15.7.2018	17.7.2018	3	49,61	16,54	4,61
7.1.2019	9.1.2019	3	254,50	84,83	209,50
16.1.2019	18.1.2019	3	185,20	61,73	140,20
6.8.2019	8.8.2019	3	54,00	18,00	9,00
19.8.2019	21.8.2019	3	53,20	17,73	8,20

Табела П7. Догађаји са дневним  $PM_{2.5}$  концентрацијама изнад граничне вредности од  $15 \mu g/m^3$ , станица Смедерево Центар, на основу расположивих података у периоду 2016–2020. година—*Наставак*

Датум почетак	Датум крај	Трајање (дани)	Сума конц. ( $\mu g/m^3$ )	Просечна конц. ( $\mu g/m^3$ )	Сума прекорачења ( $\mu g/m^3$ )
25.12.2019	27.12.2019	3	64,80	21,60	19,80
9.5.2020	11.5.2020	3	63,20	21,07	18,20
22.8.2020	24.8.2020	3	63,30	21,10	18,30
21.9.2020	23.9.2020	3	76,10	25,37	31,10
29.12.2020	31.12.2020	3	69,80	23,27	24,80
27.6.2018	28.6.2018	2	37,07	18,54	7,07
21.7.2018	22.7.2018	2	47,13	23,57	17,13
13.1.2019	14.1.2019	2	170,00	85,00	140,00
13.4.2019	14.4.2019	2	40,70	20,35	10,70
16.4.2019	17.4.2019	2	32,60	16,30	2,60
17.5.2019	18.5.2019	2	38,80	19,40	8,80
30.7.2019	31.7.2019	2	35,80	17,90	5,80
11.8.2019	12.8.2019	2	37,90	18,95	7,90
30.8.2019	31.8.2019	2	38,60	19,30	8,60
23.9.2019	24.9.2019	2	36,80	18,40	6,80
5.5.2020	6.5.2020	2	31,50	15,75	1,50
17.6.2020	18.6.2020	2	34,70	17,35	4,70
3.7.2020	4.7.2020	2	45,40	22,70	15,40
6.7.2020	7.7.2020	2	34,40	17,20	4,40
10.7.2020	11.7.2020	2	33,30	16,65	3,30
16.7.2020	17.7.2020	2	40,80	20,40	10,80
11.10.2020	12.10.2020	2	64,00	32,00	34,00
30.6.2018	30.6.2018	1	15,90	15,90	0,90
19.7.2018	19.7.2018	1	15,13	15,13	0,13
28.7.2018	28.7.2018	1	15,32	15,32	0,32
17.12.2018	17.12.2018	1	99,60	99,60	84,60
11.1.2019	11.1.2019	1	55,30	55,30	40,30
20.1.2019	20.1.2019	1	49,10	49,10	34,10
23.1.2019	23.1.2019	1	74,10	74,10	59,10
26.4.2019	26.4.2019	1	20,40	20,40	5,40
2.5.2019	2.5.2019	1	19,30	19,30	4,30
9.5.2019	9.5.2019	1	20,00	20,00	5,00
15.5.2019	15.5.2019	1	15,70	15,70	0,70
2.6.2019	2.6.2019	1	15,20	15,20	0,20
5.6.2019	5.6.2019	1	18,20	18,20	3,20
6.7.2019	6.7.2019	1	23,00	23,00	8,00
13.7.2019	13.7.2019	1	18,10	18,10	3,10
20.7.2019	20.7.2019	1	20,10	20,10	5,10
8.9.2019	8.9.2019	1	16,70	16,70	1,70
5.10.2019	5.10.2019	1	17,70	17,70	2,70
9.10.2019	9.10.2019	1	19,10	19,10	4,10
29.10.2019	29.10.2019	1	19,40	19,40	4,40
25.5.2020	25.5.2020	1	16,40	16,40	1,40
4.8.2020	4.8.2020	1	20,40	20,40	5,40
7.8.2020	7.8.2020	1	17,80	17,80	2,80
30.8.2020	30.8.2020	1	15,10	15,10	0,10
1.9.2020	1.9.2020	1	17,40	17,40	2,40
7.9.2020	7.9.2020	1	17,20	17,20	2,20
25.9.2020	25.9.2020	1	18,30	18,30	3,30

Табела П8. Догађаји са дневним концентрацијама  $PM_{2.5}$  изнад граничне вредности од  $15 \mu g/m^3$ , станица Београд Стари град, на основу расположивих података у периоду 2016–2020. година

Датум почетак	Датум крај	Трајање (дани)	Сума конц. ( $\mu g/m^3$ )	Просечна конц. ( $\mu g/m^3$ )	Сума прекорачења ( $\mu g/m^3$ )
13.9.2018	8.12.2018	87	4094,59	47,06	2789,59
3.4.2018	12.5.2018	40	1014,13	25,35	414,13
20.3.2019	26.4.2019	38	1020,10	26,84	450,10
14.1.2018	19.2.2018	37	1593,30	43,06	1038,30
8.3.2016	30.3.2016	23	712,00	30,96	367,00
21.5.2018	10.6.2018	21	478,81	22,80	163,81
13.2.2019	4.3.2019	20	989,80	49,49	689,80
12.10.2019	31.10.2019	20	1314,70	65,74	1014,70
22.2.2018	12.3.2018	19	729,84	38,41	444,84
14.3.2018	31.3.2018	18	590,31	32,80	320,31
25.8.2018	11.9.2018	18	546,96	30,39	276,96
16.1.2019	1.2.2019	17	821,90	48,35	566,90
1.1.2018	12.1.2018	12	605,35	50,45	425,35
4.1.2019	14.1.2019	11	464,70	42,25	299,70
23.9.2016	2.10.2016	10	286,00	28,60	136,00
19.7.2018	28.7.2018	10	323,03	32,30	173,03
5.8.2018	14.8.2018	10	239,71	23,97	89,71
4.4.2016	12.4.2016	9	204,00	22,67	69,00
8.9.2016	16.9.2016	9	195,00	21,67	60,00
25.10.2016	2.11.2016	9	280,00	31,11	145,00
12.1.2016	19.1.2016	8	247,00	30,88	127,00
20.2.2016	27.2.2016	8	336,00	42,00	216,00
13.11.2016	20.11.2016	8	325,00	40,63	205,00
3.2.2019	10.2.2019	8	355,70	44,46	235,70
16.8.2018	22.8.2018	7	160,32	22,90	55,32
10.12.2018	16.12.2018	7	227,34	32,48	122,34
26.11.2019	2.12.2019	7	170,10	24,30	65,10
11.12.2019	17.12.2019	7	379,00	54,14	274,00
22.11.2016	27.11.2016	6	291,00	48,50	201,00
29.11.2016	4.12.2016	6	216,00	36,00	126,00
19.12.2016	24.12.2016	6	203,00	33,83	113,00
17.6.2019	22.6.2019	6	117,90	19,65	27,90
4.12.2019	9.12.2019	6	397,10	66,18	307,10
4.2.2016	8.2.2016	5	128,00	25,60	53,00
21.6.2016	25.6.2016	5	90,00	18,00	15,00
1.9.2016	5.9.2016	5	88,00	17,60	13,00
7.10.2016	11.10.2016	5	171,00	34,20	96,00
7.11.2016	11.11.2016	5	143,00	28,60	68,00
29.2.2016	3.3.2016	4	94,00	23,50	34,00
28.4.2016	1.5.2016	4	94,00	23,50	34,00
16.5.2018	19.5.2018	4	66,52	16,63	6,52
29.6.2018	2.7.2018	4	83,82	20,96	23,82
6.3.2019	9.3.2019	4	68,20	17,05	8,20
29.4.2019	2.5.2019	4	78,90	19,73	18,90
2.6.2019	5.6.2019	4	72,70	18,18	12,70
7.6.2019	10.6.2019	4	65,80	16,45	5,80
24.6.2019	27.6.2019	4	72,70	18,18	12,70
7.10.2019	10.10.2019	4	91,40	22,85	31,40
3.1.2016	5.1.2016	3	146,00	48,67	101,00

Табела П8. Догађаји са дневним концентрацијама  $PM_{2.5}$  изнад граничне вредности од  $15 \mu g/m^3$ , станица Београд Стари град, на основу расположивих података у периоду 2016–2020. година—*Наставак*

Датум почетак	Датум крај	Трајање (дани)	Сума конц. ( $\mu g/m^3$ )	Просечна конц. ( $\mu g/m^3$ )	Сума прекорачења ( $\mu g/m^3$ )
29.1.2016	31.1.2016	3	164,00	54,67	119,00
20.5.2016	22.5.2016	3	55,00	18,33	10,00
1.7.2016	3.7.2016	3	60,00	20,00	15,00
27.7.2016	29.7.2016	3	52,00	17,33	7,00
16.8.2016	18.8.2016	3	53,00	17,67	8,00
14.10.2016	16.10.2016	3	71,00	23,67	26,00
17.6.2018	19.6.2018	3	66,27	22,09	21,27
31.7.2018	2.8.2018	3	52,21	17,40	7,21
16.3.2019	18.3.2019	3	58,80	19,60	13,80
7.5.2019	9.5.2019	3	58,80	19,60	13,80
16.5.2019	18.5.2019	3	74,00	24,67	29,00
10.11.2019	12.11.2019	3	69,10	23,03	24,10
14.11.2019	16.11.2019	3	66,00	22,00	21,00
18.11.2019	20.11.2019	3	54,50	18,17	9,50
25.12.2019	27.12.2019	3	73,10	24,37	28,10
9.1.2016	10.1.2016	2	97,00	48,50	67,00
21.1.2016	22.1.2016	2	162,00	81,00	132,00
16.2.2016	17.2.2016	2	44,00	22,00	14,00
25.4.2016	26.4.2016	2	33,00	16,50	3,00
4.5.2016	5.5.2016	2	37,00	18,50	7,00
23.7.2016	24.7.2016	2	39,00	19,50	9,00
9.8.2016	10.8.2016	2	33,00	16,50	3,00
20.9.2016	21.9.2016	2	34,00	17,00	4,00
22.10.2016	23.10.2016	2	50,00	25,00	20,00
4.11.2016	5.11.2016	2	65,00	32,50	35,00
13.12.2016	14.12.2016	2	72,00	36,00	42,00
16.12.2016	17.12.2016	2	95,00	47,50	65,00
9.7.2018	10.7.2018	2	38,79	19,40	8,79
1.1.2019	2.1.2019	2	57,80	28,90	27,80
20.7.2019	21.7.2019	2	45,50	22,75	15,50
30.7.2019	31.7.2019	2	32,30	16,15	2,30
2.11.2019	3.11.2019	2	35,00	17,50	5,00
7.11.2019	8.11.2019	2	41,60	20,80	11,60
20.12.2019	21.12.2019	2	44,80	22,40	14,80
30.12.2019	31.12.2019	2	114,30	57,15	84,30
1.1.2016	1.1.2016	1	56,00	56,00	41,00
7.1.2016	7.1.2016	1	30,00	30,00	15,00
10.5.2016	10.5.2016	1	17,00	17,00	2,00
12.5.2016	12.5.2016	1	17,00	17,00	2,00
27.5.2016	27.5.2016	1	16,00	16,00	1,00
21.8.2016	21.8.2016	1	16,00	16,00	1,00
26.8.2016	26.8.2016	1	18,00	18,00	3,00
30.8.2016	30.8.2016	1	18,00	18,00	3,00
7.12.2016	7.12.2016	1	47,00	47,00	32,00
30.12.2016	30.12.2016	1	33,00	33,00	18,00
13.6.2018	13.6.2018	1	16,84	16,84	1,84
23.6.2018	23.6.2018	1	15,92	15,92	0,92
7.7.2018	7.7.2018	1	24,52	24,52	9,52
12.7.2018	12.7.2018	1	15,19	15,19	0,19

Табела П8. Догађаји са дневним концентрацијама  $PM_{2.5}$  изнад граничне вредности од  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , станица Београд Стари град, на основу расположивих података у периоду 2016–2020. година—*Наставак*

Датум почетак	Датум крај	Трајање (дани)	Сума конц. ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Просечна конц. ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Сума прекорачења ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
13.3.2019	13.3.2019	1	34,20	34,20	19,20
5.5.2019	5.5.2019	1	15,60	15,60	0,60
31.5.2019	31.5.2019	1	15,20	15,20	0,20
15.6.2019	15.6.2019	1	15,40	15,40	0,40
2.7.2019	2.7.2019	1	15,60	15,60	0,60
6.7.2019	6.7.2019	1	17,50	17,50	2,50
23.8.2019	23.8.2019	1	16,50	16,50	1,50
2.10.2019	2.10.2019	1	16,10	16,10	1,10
5.10.2019	5.10.2019	1	24,90	24,90	9,90

Табела П9. Догађаји са дневним  $PM_{2.5}$  концентрацијама изнад граничне вредности од  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , станица Ниш ИЗЈЗ Ниш, на основу расположивих података у периоду 2016–2020. година

Датум почетак	Датум крај	Трајање (дани)	Сума конц. ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Просечна конц. ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Сума прекорачења ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
1.1.2017	21.3.2017	80	4528,13	56,60	3328,13
11.10.2020	7.12.2020	58	2909,40	50,16	2909,40
6.2.2020	1.4.2020	56	2683,00	47,91	2683,00
13.2.2019	25.3.2019	41	1992,80	48,60	1992,80
9.12.2020	31.12.2020	23	1211,50	52,67	1211,50
16.1.2020	4.2.2020	20	1987,90	99,40	1987,90
13.12.2017	31.12.2017	19	1176,89	61,94	1176,89
3.4.2020	20.4.2020	18	540,70	30,04	540,70
5.11.2019	21.11.2019	17	565,60	33,27	565,60
29.12.2019	14.1.2020	17	1733,90	101,99	1733,90
28.3.2019	10.4.2019	14	374,40	26,74	374,40
8.10.2017	19.10.2017	12	325,46	27,12	325,46
31.1.2019	11.2.2019	12	820,80	68,40	820,80
17.10.2019	28.10.2019	12	557,10	46,43	557,10
3.9.2019	13.9.2019	11	219,20	19,93	219,20
4.4.2017	13.4.2017	10	193,10	19,31	193,10
21.9.2019	30.9.2019	10	207,90	20,79	207,90
2.10.2019	11.10.2019	10	216,50	21,65	216,50
23.11.2019	2.12.2019	10	432,10	43,21	432,10
19.4.2019	27.4.2019	9	177,20	19,69	177,20
24.3.2017	31.3.2017	8	182,93	22,87	182,93
11.1.2019	18.1.2019	8	1053,80	131,73	1053,80
19.4.2017	25.4.2017	7	182,59	26,08	182,59
9.8.2020	15.8.2020	7	124,80	17,83	124,80
27.4.2017	2.5.2017	6	117,24	19,54	117,24
30.9.2017	5.10.2017	6	108,41	18,07	108,41
5.5.2019	10.5.2019	6	123,50	20,58	123,50
24.11.2017	28.11.2017	5	238,79	47,76	238,79
1.1.2019	5.1.2019	5	191,30	38,26	191,30
30.10.2019	3.11.2019	5	109,60	21,92	109,60
17.12.2019	21.12.2019	5	572,80	114,56	572,80
5.7.2020	9.7.2020	5	111,00	22,20	111,00



Табела П9. Догађаји са дневним  $PM_{2.5}$  концентрацијама изнад граничне вредности од  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , станица Ниш ИЗЈЗ Ниш, на основу расположивих података у периоду 2016–2020. година—*Наставак*

Датум почетак	Датум крај	Трајање (дани)	Сума конц. ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Просечна конц. ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Сума прекорачења ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
26.7.2020	30.7.2020	5	89,50	17,90	89,50
22.8.2020	26.8.2020	5	85,00	17,00	85,00
14.8.2017	17.8.2017	4	65,75	16,44	65,75
30.10.2017	2.11.2017	4	162,92	40,73	162,92
8.8.2019	11.8.2019	4	70,60	17,65	70,60
20.7.2020	23.7.2020	4	78,30	19,58	78,30
21.5.2017	23.5.2017	3	60,38	20,13	60,38
7.8.2017	9.8.2017	3	49,04	16,35	49,04
22.1.2019	24.1.2019	3	115,80	38,60	115,80
27.1.2019	29.1.2019	3	315,60	105,20	315,60
15.4.2019	17.4.2019	3	70,30	23,43	70,30
4.8.2019	6.8.2019	3	51,30	17,10	51,30
15.9.2019	17.9.2019	3	56,20	18,73	56,20
4.12.2019	6.12.2019	3	233,90	77,97	233,90
25.12.2019	27.12.2019	3	84,40	28,13	84,40
1.10.2020	3.10.2020	3	63,30	21,10	63,30
1.6.2017	2.6.2017	2	41,86	20,93	41,86
26.10.2017	27.10.2017	2	79,88	39,94	79,88
5.11.2017	6.11.2017	2	76,05	38,03	76,05
9.11.2017	10.11.2017	2	112,95	56,48	112,95
14.8.2019	15.8.2019	2	35,20	17,60	35,20
25.8.2019	26.8.2019	2	34,70	17,35	34,70
25.6.2020	26.6.2020	2	41,40	20,70	41,40
13.7.2020	14.7.2020	2	35,10	17,55	35,10
1.8.2020	2.8.2020	2	34,30	17,15	34,30
15.9.2020	16.9.2020	2	32,80	16,40	32,80
4.5.2017	4.5.2017	1	17,25	17,25	17,25
6.5.2017	6.5.2017	1	15,57	15,57	15,57
8.5.2017	8.5.2017	1	19,86	19,86	19,86
12.5.2017	12.5.2017	1	16,78	16,78	16,78
16.5.2017	16.5.2017	1	15,37	15,37	15,37
26.5.2017	26.5.2017	1	22,46	22,46	22,46
2.9.2017	2.9.2017	1	15,28	15,28	15,28
25.9.2017	25.9.2017	1	17,24	17,24	17,24
13.11.2017	13.11.2017	1	33,58	33,58	33,58
8.1.2019	8.1.2019	1	65,30	65,30	65,30
12.4.2019	12.4.2019	1	17,80	17,80	17,80
2.5.2019	2.5.2019	1	16,00	16,00	16,00
13.5.2019	13.5.2019	1	16,00	16,00	16,00
2.8.2019	2.8.2019	1	17,30	17,30	17,30
23.8.2019	23.8.2019	1	17,70	17,70	17,70
31.8.2019	31.8.2019	1	16,10	16,10	16,10
19.9.2019	19.9.2019	1	15,90	15,90	15,90
18.6.2020	18.6.2020	1	15,10	15,10	15,10
17.7.2020	17.7.2020	1	21,90	21,90	21,90
11.9.2020	11.9.2020	1	16,00	16,00	16,00
23.9.2020	23.9.2020	1	16,60	16,60	16,60
6.10.2020	6.10.2020	1	16,60	16,60	16,60

## Дневне SO<sub>2</sub> концентрације

Табела П10. Подаци о доступности (у %) дневних SO<sub>2</sub> концентрација на нивоу станица, период 2011–2020. година

Врста подручја *	Тип станице**	Станице	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
У.П.	е	Београд Врачар	100	97,81		99,45				95,34	99,45	99,45	
		Београд Нови Београд	100	97,27		96,16	97,26		91,78		92,60	99,45	99,45
		Београд Стари град	100	99,45		98,08							
		Ваљево	95,34	95,90		75,34	75,34						98,91
		Врање	90,14	93,99				98,90					97,81
		Зајечар	100	98,36					94,54	85,48	84,66	99,73	99,18
		Лозница	81,92	87,70	100								
		Крагујевац	100	98,91				87,95	90,98				97,53
		Краљево	100				94,25	95,34					98,08
		Крушевац	100	96,45	87,95			77,26					
		Ниш О.Ш. „Свети Сава”		94,54			96,71	99,18	81,69	92,60	98,36	100	98,36
		Нови Сад Лиман	99,73		75,89	83,29					85,48	92,05	87,98
		ј		Параћин	100	86,61	87,67						
Чачак	100			98,91	90,68	97,53	99,18	99,73					
Београд Мостар	100			93,44	98,63	95,07	86,85	86,61	83,56		94,25	98,36	98,63
Ниш ИЗЈЗ Ниш	94,79			98,91	79,18								91,23
Нови Сад Спенс	100					81,64	98,08						
Смедерево Центар					76,44								96,99
Сремска Митровица					95,63	97,81							100
Ужице	100			98,09		83,84	96,44						100
Бор Градски парк	98,08			89,62	78,90	86,03	99,18	98,90	85,20	85,20	90,10	98,90	96,72
Бор Институт ИРМ	100			97,81	98,08			99,20	91,80	91,80	95,90	99,50	100
Панчево Содара	100			96,99	78,36						98,08	99,45	100

\* У.П. = урбано подручје; СУ.П. = субурбано подручје; Р.П. = рурално подручје

\*\* п. = позадинске станице; с. = саобраћајне станице; и. = индустријске станице

Табела П10. Подаци о доступности (у %) дневних SO<sub>2</sub> концентрација на нивоу станица, период 2011–2020. година—Наставак

Врста подручја *	Тип станице**	Станице	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
С.П.	з	Београд Зелено брдо	88,22	76,50	99,18	84,93	85,21	95,63	98,36	85,75	100	95,90	
		Косјерић	100	99,18	100							95,07	96,45
		Костолац	95,62		99,73	79,73	85,21				92,60	99,45	97,81
		Смедерево Царина	100	98,63	93,97	98,36							
		Шабац	100	95,08							97,81	98,63	98,63
		Обреновац Центар	98,08	98,63	92,88		96,71				99,45	86,30	99,73
Р.П.	и	Киkinda	100	89,89	87,95	98,90	77,53						
		Половац		90,16	91,51	90,96							89,07
		Каменички Вис	98,90	91,53			90,41	79,51	81,92			96,44	93,17
		Копалник	97,26		90,14							99,73	99,18
		Бор Брезоник	100	96,45				92,10	85,80		94,50	98,60	99,18
		Бор Кривељ		88,80	86,58	87,40							77,87

\* У.П. = урбано подручје; С.П. = субурбано подручје; Р.П. = рурално подручје

\*\* п. = позадинске станице; с. = саобраћајне станице; и. = индустријске станице

Табела П11. Догађаји са дневним концентрацијама SO<sub>2</sub> изнад граничне вредности од 125 µg/m<sup>3</sup>, станица Бор Институт ИРМ, на основу расположивих података у периоду 2011–2020. година

Датум почетак	Датум крај	Трајање (дани)	Сума конц. (µg/m <sup>3</sup> )	Просечна конц. (µg/m <sup>3</sup> )	Сума прекорачења (µg/m <sup>3</sup> )
19.8.2015	2.9.2015	15	5910,62	394,04	4035,62
9.9.2014	20.9.2014	12	4540,19	378,35	3040,19
9.9.2015	20.9.2015	12	4326,57	360,55	2826,57
19.10.2013	29.10.2013	11	3169,24	288,11	1794,24
23.9.2012	2.10.2012	10	3507,86	350,79	2257,86
22.12.2013	31.12.2013	10	5177,10	517,71	3927,10
24.2.2011	4.3.2011	9	4000,19	444,47	2875,19
26.7.2014	3.8.2014	9	3337,47	370,83	2212,47
28.1.2012	4.2.2012	8	7870,22	983,78	6870,22
6.2.2012	13.2.2012	8	5238,60	654,83	4238,60
3.8.2013	10.8.2013	8	3373,18	421,65	2373,18
22.4.2014	29.4.2014	8	6306,27	788,28	5306,27
29.10.2011	4.11.2011	7	3285,12	469,30	2410,12
5.3.2012	11.3.2012	7	3232,88	461,84	2357,88
16.6.2012	22.6.2012	7	3552,83	507,55	2677,83
30.8.2012	5.9.2012	7	3301,22	471,60	2426,22
26.11.2012	2.12.2012	7	4764,12	680,59	3889,12
5.5.2013	11.5.2013	7	4589,71	655,67	3714,71
10.11.2013	16.11.2013	7	5032,87	718,98	4157,87
5.1.2011	10.1.2011	6	1684,08	280,68	934,08
14.2.2011	19.2.2011	6	1202,18	200,36	452,18
8.5.2011	13.5.2011	6	2104,64	350,77	1354,64
22.10.2011	27.10.2011	6	3616,32	602,72	2866,32
10.11.2011	15.11.2011	6	2010,08	335,01	1260,08
29.11.2011	4.12.2011	6	2442,58	407,10	1692,58
10.12.2011	15.12.2011	6	1808,09	301,35	1058,09
31.10.2012	5.11.2012	6	1588,81	264,80	838,81
14.12.2012	19.12.2012	6	3285,37	547,56	2535,37
18.4.2013	23.4.2013	6	2734,71	455,79	1984,71
6.7.2013	11.7.2013	6	1965,24	327,54	1215,24
28.1.2014	2.2.2014	6	1765,68	294,28	1015,68
18.5.2015	23.5.2015	6	1795,35	299,23	1045,35
30.5.2015	4.6.2015	6	2513,74	418,96	1763,74
12.8.2015	17.8.2015	6	1561,94	260,32	811,94
2.8.2020	7.8.2020	6	2513,94	418,99	1763,94
27.8.2020	1.9.2020	6	1197,24	199,54	447,24
11.9.2020	16.9.2020	6	1594,40	265,73	844,40
22.7.2011	26.7.2011	5	1773,05	354,61	1148,05
17.9.2011	21.9.2011	5	3297,40	659,48	2672,40
21.11.2011	25.11.2011	5	2085,05	417,01	1460,05
2.8.2012	6.8.2012	5	1723,85	344,77	1098,85
10.9.2012	14.9.2012	5	2900,66	580,13	2275,66
18.10.2012	22.10.2012	5	2267,20	453,44	1642,20
13.1.2013	17.1.2013	5	2776,15	555,23	2151,15
7.3.2014	11.3.2014	5	2051,50	410,30	1426,50
2.4.2014	6.4.2014	5	3070,44	614,09	2445,44
5.7.2014	9.7.2014	5	1235,10	247,02	610,10
13.12.2014	17.12.2014	5	1816,65	363,33	1191,65
12.2.2015	16.2.2015	5	1561,41	312,28	936,41

Табела П11. Догађаји са дневним концентрацијама SO<sub>2</sub> изнад граничне вредности од 125 µg/m<sup>3</sup>, станица Бор Институт ИРМ, на основу расположивих података у периоду 2011–2020. година—*Наставак*

Датум почетак	Датум крај	Трајање (дани)	Сума конц. (µg/m <sup>3</sup> )	Просечна конц. (µg/m <sup>3</sup> )	Сума прекорачења (µg/m <sup>3</sup> )
5.3.2015	9.3.2015	5	1733,27	346,65	1108,27
18.12.2019	22.12.2019	5	1049,18	209,84	424,18
26.1.2011	29.1.2011	4	1866,97	466,74	1366,97
15.3.2011	18.3.2011	4	1254,02	313,51	754,02
1.4.2011	4.4.2011	4	709,56	177,39	209,56
17.5.2011	20.5.2011	4	1399,30	349,83	899,30
8.7.2011	11.7.2011	4	1332,60	333,15	832,60
17.7.2011	20.7.2011	4	1415,45	353,86	915,45
25.9.2011	28.9.2011	4	1797,04	449,26	1297,04
22.3.2012	25.3.2012	4	1099,32	274,83	599,32
16.9.2012	19.9.2012	4	2239,34	559,84	1739,34
20.11.2012	23.11.2012	4	2655,58	663,90	2155,58
5.4.2013	8.4.2013	4	1376,51	344,13	876,51
13.10.2013	16.10.2013	4	1917,07	479,27	1417,07
21.11.2013	24.11.2013	4	1399,15	349,79	899,15
6.2.2014	9.2.2014	4	1655,91	413,98	1155,91
2.3.2014	5.3.2014	4	4247,98	1062,00	3747,98
17.4.2014	20.4.2014	4	2756,91	689,23	2256,91
5.5.2014	8.5.2014	4	1009,37	252,34	509,37
20.5.2014	23.5.2014	4	1487,79	371,95	987,79
13.7.2014	16.7.2014	4	1223,02	305,76	723,02
29.8.2014	1.9.2014	4	1713,03	428,26	1213,03
6.11.2014	9.11.2014	4	2016,16	504,04	1516,16
4.12.2014	7.12.2014	4	1467,16	366,79	967,16
6.6.2015	9.6.2015	4	1099,08	274,77	599,08
17.7.2015	20.7.2015	4	1110,37	277,59	610,37
22.7.2015	25.7.2015	4	1319,88	329,97	819,88
5.8.2015	8.8.2015	4	705,35	176,34	205,35
8.10.2015	11.10.2015	4	1991,43	497,86	1491,43
24.3.2020	27.3.2020	4	1169,69	292,42	669,69
29.4.2011	1.5.2011	3	1227,40	409,13	852,40
26.5.2011	28.5.2011	3	1151,86	383,95	776,86
13.7.2011	15.7.2011	3	1171,10	390,37	796,10
4.8.2011	6.8.2011	3	704,57	234,86	329,57
21.8.2011	23.8.2011	3	724,76	241,59	349,76
28.8.2011	30.8.2011	3	1556,43	518,81	1181,43
10.9.2011	12.9.2011	3	986,06	328,69	611,06
24.1.2012	26.1.2012	3	1941,68	647,23	1566,68
10.4.2012	12.4.2012	3	924,66	308,22	549,66
21.5.2012	23.5.2012	3	834,08	278,03	459,08
9.6.2012	11.6.2012	3	1563,12	521,04	1188,12
22.8.2012	24.8.2012	3	1305,46	435,15	930,46
28.12.2012	30.12.2012	3	1218,02	406,01	843,02
25.3.2013	27.3.2013	3	2383,30	794,43	2008,30
29.3.2013	31.3.2013	3	1005,53	335,18	630,53
15.5.2013	17.5.2013	3	1003,34	334,45	628,34
17.7.2013	19.7.2013	3	1184,83	394,94	809,83
27.7.2013	29.7.2013	3	779,88	259,96	404,88
24.8.2013	26.8.2013	3	842,34	280,78	467,34

Табела П11. Догађаји са дневним концентрацијама SO<sub>2</sub> изнад граничне вредности од 125 µg/m<sup>3</sup>, станица Бор Институт ИРМ, на основу расположивих података у периоду 2011–2020. година—*Наставак*

Датум почетак	Датум крај	Трајање (дани)	Сума конц. (µg/m <sup>3</sup> )	Просечна конц. (µg/m <sup>3</sup> )	Сума прекорачења (µg/m <sup>3</sup> )
31.10.2013	2.11.2013	3	924,15	308,05	549,15
18.12.2013	20.12.2013	3	2447,15	815,72	2072,15
13.1.2014	15.1.2014	3	1129,33	376,44	754,33
24.1.2014	26.1.2014	3	2141,87	713,96	1766,87
26.3.2014	28.3.2014	3	1274,06	424,69	899,06
1.5.2014	3.5.2014	3	925,68	308,56	550,68
28.6.2014	30.6.2014	3	587,93	195,98	212,93
5.8.2014	7.8.2014	3	911,41	303,80	536,41
18.8.2014	20.8.2014	3	966,89	322,30	591,89
5.9.2014	7.9.2014	3	2505,26	835,09	2130,26
16.1.2015	18.1.2015	3	1316,37	438,79	941,37
5.2.2015	7.2.2015	3	1386,20	462,07	1011,20
23.3.2015	25.3.2015	3	609,59	203,20	234,59
11.6.2015	13.6.2015	3	719,64	239,88	344,64
3.7.2015	5.7.2015	3	663,21	221,07	288,21
1.8.2015	3.8.2015	3	750,43	250,14	375,43
22.9.2015	24.9.2015	3	1220,47	406,82	845,47
15.10.2015	17.10.2015	3	966,87	322,29	591,87
25.11.2015	27.11.2015	3	801,93	267,31	426,93
9.3.2016	11.3.2016	3	756,65	252,22	381,65
10.9.2016	12.9.2016	3	478,95	159,65	103,95
2.4.2019	4.4.2019	3	600,94	200,31	225,94
23.6.2019	25.6.2019	3	646,69	215,56	271,69
21.11.2019	23.11.2019	3	933,19	311,06	558,19
24.1.2020	26.1.2020	3	575,87	191,96	200,87
26.6.2020	28.6.2020	3	515,90	171,97	140,90
23.7.2020	25.7.2020	3	610,45	203,48	235,45
22.1.2011	23.1.2011	2	542,80	271,40	292,80
21.2.2011	22.2.2011	2	1661,83	830,92	1411,83
20.3.2011	21.3.2011	2	635,88	317,94	385,88
22.4.2011	23.4.2011	2	1242,58	621,29	992,58
23.5.2011	24.5.2011	2	702,19	351,10	452,19
15.6.2011	16.6.2011	2	559,06	279,53	309,06
18.6.2011	19.6.2011	2	404,67	202,34	154,67
23.6.2011	24.6.2011	2	1125,98	562,99	875,98
18.8.2011	19.8.2011	2	504,81	252,41	254,81
3.9.2011	4.9.2011	2	692,88	346,44	442,88
19.12.2011	20.12.2011	2	896,69	448,35	646,69
2.1.2012	3.1.2012	2	715,37	357,69	465,37
18.3.2012	19.3.2012	2	347,73	173,87	97,73
3.4.2012	4.4.2012	2	582,06	291,03	332,06
14.5.2012	15.5.2012	2	1487,27	743,64	1237,27
19.8.2012	20.8.2012	2	424,08	212,04	174,08
9.10.2012	10.10.2012	2	661,44	330,72	411,44
27.10.2012	28.10.2012	2	653,41	326,71	403,41
8.12.2012	9.12.2012	2	1618,79	809,40	1368,79
24.12.2012	25.12.2012	2	376,30	188,15	126,30
1.1.2013	2.1.2013	2	852,46	426,23	602,46
10.1.2013	11.1.2013	2	598,50	299,25	348,50

Табела П11. Догађаји са дневним концентрацијама SO<sub>2</sub> изнад граничне вредности од 125 µg/m<sup>3</sup>, станица Бор Институт ИРМ, на основу расположивих података у периоду 2011–2020. година—*Наставак*

Датум почетак	Датум крај	Трајање (дани)	Сума конц. (µg/m <sup>3</sup> )	Просечна конц. (µg/m <sup>3</sup> )	Сума прекорачења (µg/m <sup>3</sup> )
2.2.2013	3.2.2013	2	494,68	247,34	244,68
19.3.2013	20.3.2013	2	278,63	139,32	28,63
2.4.2013	3.4.2013	2	466,34	233,17	216,34
12.4.2013	13.4.2013	2	313,62	156,81	63,62
15.4.2013	16.4.2013	2	880,41	440,21	630,41
26.4.2013	27.4.2013	2	605,68	302,84	355,68
19.5.2013	20.5.2013	2	895,53	447,77	645,53
21.7.2013	22.7.2013	2	397,60	198,80	147,60
13.8.2013	14.8.2013	2	544,96	272,48	294,96
20.8.2013	21.8.2013	2	1330,26	665,13	1080,26
18.11.2013	19.11.2013	2	659,95	329,98	409,95
26.11.2013	27.11.2013	2	817,42	408,71	567,42
30.11.2013	1.12.2013	2	746,79	373,40	496,79
3.1.2014	4.1.2014	2	2780,83	1390,42	2530,83
8.1.2014	9.1.2014	2	319,65	159,83	69,65
11.2.2014	12.2.2014	2	1593,99	797,00	1343,99
21.2.2014	22.2.2014	2	1593,36	796,68	1343,36
24.2.2014	25.2.2014	2	504,48	252,24	254,48
21.3.2014	22.3.2014	2	436,92	218,46	186,92
9.6.2014	10.6.2014	2	536,05	268,03	286,05
23.8.2014	24.8.2014	2	525,34	262,67	275,34
13.11.2014	14.11.2014	2	919,12	459,56	669,12
16.11.2014	17.11.2014	2	293,33	146,67	43,33
1.2.2015	2.2.2015	2	747,34	373,67	497,34
24.2.2015	25.2.2015	2	462,02	231,01	212,02
27.2.2015	28.2.2015	2	272,77	136,39	22,77
9.5.2015	10.5.2015	2	475,16	237,58	225,16
15.5.2015	16.5.2015	2	322,88	161,44	72,88
7.7.2015	8.7.2015	2	451,69	225,85	201,69
4.9.2015	5.9.2015	2	477,75	238,88	227,75
22.10.2015	23.10.2015	2	529,76	264,88	279,76
29.10.2015	30.10.2015	2	736,75	368,38	486,75
2.5.2016	3.5.2016	2	495,34	247,67	245,34
18.10.2016	19.10.2016	2	293,45	146,73	43,45
7.3.2017	8.3.2017	2	406,26	203,13	156,26
1.5.2017	2.5.2017	2	445,67	222,84	195,67
28.9.2017	29.9.2017	2	405,61	202,81	155,61
15.11.2017	16.11.2017	2	382,35	191,18	132,35
30.9.2018	1.10.2018	2	256,34	128,17	6,34
6.4.2019	7.4.2019	2	319,47	159,74	69,47
13.5.2019	14.5.2019	2	353,93	176,97	103,93
9.9.2019	10.9.2019	2	352,69	176,35	102,69
23.9.2019	24.9.2019	2	333,64	166,82	83,64
25.11.2019	26.11.2019	2	278,99	139,50	28,99
15.12.2019	16.12.2019	2	301,32	150,66	51,32
13.2.2020	14.2.2020	2	343,77	171,89	93,77
1.4.2020	2.4.2020	2	977,73	488,87	727,73
4.4.2020	5.4.2020	2	1246,78	623,39	996,78
12.1.2011	12.1.2011	1	156,62	156,62	31,62

Табела П11. Догађаји са дневним концентрацијама SO<sub>2</sub> изнад граничне вредности од 125 µg/m<sup>3</sup>, станица Бор Институт ИРМ, на основу расположивих података у периоду 2011–2020. година—*Наставак*

Датум почетак	Датум крај	Трајање (дани)	Сума конц. (µg/m <sup>3</sup> )	Просечна конц. (µg/m <sup>3</sup> )	Сума прекорачења (µg/m <sup>3</sup> )
20.1.2011	20.1.2011	1	155,38	155,38	30,38
1.2.2011	1.2.2011	1	161,92	161,92	36,92
28.3.2011	28.3.2011	1	152,87	152,87	27,87
30.3.2011	30.3.2011	1	164,50	164,50	39,50
3.5.2011	3.5.2011	1	361,43	361,43	236,43
15.5.2011	15.5.2011	1	148,37	148,37	23,37
8.6.2011	8.6.2011	1	259,81	259,81	134,81
21.6.2011	21.6.2011	1	142,25	142,25	17,25
3.7.2011	3.7.2011	1	153,26	153,26	28,26
28.7.2011	28.7.2011	1	195,51	195,51	70,51
15.8.2011	15.8.2011	1	282,21	282,21	157,21
14.9.2011	14.9.2011	1	175,10	175,10	50,10
5.10.2011	5.10.2011	1	132,68	132,68	7,68
17.10.2011	17.10.2011	1	158,69	158,69	33,69
17.12.2011	17.12.2011	1	174,81	174,81	49,81
24.12.2011	24.12.2011	1	266,90	266,90	141,90
29.12.2011	29.12.2011	1	1207,94	1207,94	1082,94
6.4.2012	6.4.2012	1	176,60	176,60	51,60
14.4.2012	14.4.2012	1	438,19	438,19	313,19
17.4.2012	17.4.2012	1	127,31	127,31	2,31
19.5.2012	19.5.2012	1	290,30	290,30	165,30
26.5.2012	26.5.2012	1	199,97	199,97	74,97
2.6.2012	2.6.2012	1	129,73	129,73	4,73
7.6.2012	7.6.2012	1	138,39	138,39	13,39
24.6.2012	24.6.2012	1	290,45	290,45	165,45
11.8.2012	11.8.2012	1	377,88	377,88	252,88
7.10.2012	7.10.2012	1	263,74	263,74	138,74
12.10.2012	12.10.2012	1	136,10	136,10	11,10
14.10.2012	14.10.2012	1	252,02	252,02	127,02
16.10.2012	16.10.2012	1	262,15	262,15	137,15
11.12.2012	11.12.2012	1	626,19	626,19	501,19
21.12.2012	21.12.2012	1	161,26	161,26	36,26
21.1.2013	21.1.2013	1	364,39	364,39	239,39
6.2.2013	6.2.2013	1	138,18	138,18	13,18
9.2.2013	9.2.2013	1	229,77	229,77	104,77
7.3.2013	7.3.2013	1	285,65	285,65	160,65
14.3.2013	14.3.2013	1	165,46	165,46	40,46
25.7.2013	25.7.2013	1	439,32	439,32	314,32
16.8.2013	16.8.2013	1	1134,26	1134,26	1009,26
28.8.2013	28.8.2013	1	189,40	189,40	64,40
26.9.2013	26.9.2013	1	303,75	303,75	178,75
3.12.2013	3.12.2013	1	373,80	373,80	248,80
6.12.2013	6.12.2013	1	313,91	313,91	188,91
6.1.2014	6.1.2014	1	339,33	339,33	214,33
17.1.2014	17.1.2014	1	1137,53	1137,53	1012,53
19.1.2014	19.1.2014	1	242,36	242,36	117,36
14.2.2014	14.2.2014	1	349,44	349,44	224,44
16.2.2014	16.2.2014	1	270,81	270,81	145,81
19.2.2014	19.2.2014	1	299,30	299,30	174,30



Табела П11. Догађаји са дневним концентрацијама SO<sub>2</sub> изнад граничне вредности од 125 µg/m<sup>3</sup>, станица Бор Институт ИРМ, на основу расположивих података у периоду 2011–2020. година—*Наставак*

Датум почетак	Датум крај	Трајање (дани)	Сума конц. (µg/m <sup>3</sup> )	Просечна конц. (µg/m <sup>3</sup> )	Сума прекорачења (µg/m <sup>3</sup> )
27.2.2014	27.2.2014	1	396,95	396,95	271,95
13.3.2014	13.3.2014	1	224,41	224,41	99,41
30.3.2014	30.3.2014	1	226,29	226,29	101,29
11.5.2014	11.5.2014	1	241,52	241,52	116,52
16.5.2014	16.5.2014	1	156,25	156,25	31,25
18.5.2014	18.5.2014	1	214,18	214,18	89,18
27.5.2014	27.5.2014	1	720,50	720,50	595,50
19.6.2014	19.6.2014	1	151,28	151,28	26,28
2.7.2014	2.7.2014	1	273,03	273,03	148,03
14.8.2014	14.8.2014	1	737,60	737,60	612,60
3.9.2014	3.9.2014	1	1171,00	1171,00	1046,00
4.11.2014	4.11.2014	1	250,55	250,55	125,55
1.12.2014	1.12.2014	1	222,03	222,03	97,03
28.12.2014	28.12.2014	1	206,71	206,71	81,71
31.12.2014	31.12.2014	1	197,06	197,06	72,06
14.1.2015	14.1.2015	1	519,78	519,78	394,78
24.1.2015	24.1.2015	1	181,30	181,30	56,30
27.1.2015	27.1.2015	1	150,05	150,05	25,05
18.3.2015	18.3.2015	1	155,61	155,61	30,61
5.4.2015	5.4.2015	1	333,02	333,02	208,02
11.4.2015	11.4.2015	1	139,85	139,85	14,85
28.4.2015	28.4.2015	1	133,50	133,50	8,50
6.5.2015	6.5.2015	1	202,25	202,25	77,25
23.6.2015	23.6.2015	1	134,08	134,08	9,08
30.7.2015	30.7.2015	1	377,94	377,94	252,94
10.8.2015	10.8.2015	1	146,72	146,72	21,72
30.9.2015	30.9.2015	1	194,72	194,72	69,72
27.10.2015	27.10.2015	1	329,21	329,21	204,21
1.11.2015	1.11.2015	1	236,93	236,93	111,93
4.11.2015	4.11.2015	1	143,86	143,86	18,86
15.11.2015	15.11.2015	1	138,59	138,59	13,59
6.12.2015	6.12.2015	1	163,27	163,27	38,27
13.12.2015	13.12.2015	1	129,76	129,76	4,76
15.12.2015	15.12.2015	1	141,92	141,92	16,92
5.1.2016	5.1.2016	1	128,10	128,10	3,10
10.1.2016	10.1.2016	1	160,86	160,86	35,86
18.2.2016	18.2.2016	1	127,02	127,02	2,02
8.4.2016	8.4.2016	1	226,55	226,55	101,55
11.7.2016	11.7.2016	1	162,67	162,67	37,67
19.8.2016	19.8.2016	1	349,01	349,01	224,01
5.9.2016	5.9.2016	1	139,04	139,04	14,04
7.9.2016	7.9.2016	1	245,88	245,88	120,88
10.10.2016	10.10.2016	1	129,23	129,23	4,23
27.10.2016	27.10.2016	1	184,85	184,85	59,85
25.11.2016	25.11.2016	1	141,21	141,21	16,21
22.1.2017	22.1.2017	1	182,50	182,50	57,50
28.1.2017	28.1.2017	1	127,56	127,56	2,56
1.2.2017	1.2.2017	1	161,21	161,21	36,21
6.2.2017	6.2.2017	1	144,86	144,86	19,86

Табела П11. Догађаји са дневним концентрацијама SO<sub>2</sub> изнад граничне вредности од 125 µg/m<sup>3</sup>, станица Бор Институт ИРМ, на основу расположивих података у периоду 2011–2020. година—*Наставак*

Датум почетак	Датум крај	Трајање (дани)	Сума конц. (µg/m <sup>3</sup> )	Просечна конц. (µg/m <sup>3</sup> )	Сума прекорачења (µg/m <sup>3</sup> )
9.2.2017	9.2.2017	1	212,54	212,54	87,54
11.2.2017	11.2.2017	1	146,13	146,13	21,13
31.3.2017	31.3.2017	1	147,96	147,96	22,96
3.4.2017	3.4.2017	1	178,85	178,85	53,85
3.6.2017	3.6.2017	1	149,15	149,15	24,15
26.9.2017	26.9.2017	1	336,48	336,48	211,48
19.10.2017	19.10.2017	1	131,74	131,74	6,74
8.11.2017	8.11.2017	1	172,98	172,98	47,98
25.12.2017	25.12.2017	1	150,37	150,37	25,37
12.1.2018	12.1.2018	1	269,59	269,59	144,59
26.1.2018	26.1.2018	1	140,46	140,46	15,46
11.2.2018	11.2.2018	1	176,88	176,88	51,88
13.2.2018	13.2.2018	1	143,91	143,91	18,91
21.2.2018	21.2.2018	1	218,27	218,27	93,27
22.3.2018	22.3.2018	1	140,35	140,35	15,35
9.4.2018	9.4.2018	1	151,58	151,58	26,58
22.5.2018	22.5.2018	1	194,77	194,77	69,77
3.11.2018	3.11.2018	1	167,10	167,10	42,10
28.11.2018	28.11.2018	1	263,06	263,06	138,06
15.12.2018	15.12.2018	1	177,80	177,80	52,80
5.2.2019	5.2.2019	1	147,54	147,54	22,54
7.2.2019	7.2.2019	1	138,27	138,27	13,27
28.3.2019	28.3.2019	1	152,07	152,07	27,07
9.4.2019	9.4.2019	1	185,70	185,70	60,70
18.4.2019	18.4.2019	1	133,03	133,03	8,03
24.4.2019	24.4.2019	1	132,97	132,97	7,97
11.6.2019	11.6.2019	1	147,83	147,83	22,83
20.6.2019	20.6.2019	1	152,92	152,92	27,92
19.7.2019	19.7.2019	1	146,79	146,79	21,79
26.8.2019	26.8.2019	1	167,49	167,49	42,49
5.9.2019	5.9.2019	1	165,88	165,88	40,88
7.9.2019	7.9.2019	1	144,69	144,69	19,69
23.10.2019	23.10.2019	1	134,89	134,89	9,89
4.12.2019	4.12.2019	1	205,77	205,77	80,77
11.12.2019	11.12.2019	1	194,56	194,56	69,56
10.1.2020	10.1.2020	1	138,67	138,67	13,67
15.1.2020	15.1.2020	1	209,12	209,12	84,12
17.1.2020	17.1.2020	1	182,19	182,19	57,19
16.2.2020	16.2.2020	1	156,31	156,31	31,31
19.2.2020	19.2.2020	1	450,47	450,47	325,47
15.3.2020	15.3.2020	1	219,84	219,84	94,84
21.3.2020	21.3.2020	1	177,62	177,62	52,62
7.4.2020	7.4.2020	1	161,32	161,32	36,32
13.4.2020	13.4.2020	1	140,84	140,84	15,84
20.4.2020	20.4.2020	1	197,00	197,00	72,00
23.4.2020	23.4.2020	1	149,66	149,66	24,66
1.7.2020	1.7.2020	1	241,00	241,00	116,00
15.7.2020	15.7.2020	1	242,01	242,01	117,01
9.8.2020	9.8.2020	1	141,14	141,14	16,14

Табела П11. Догађаји са дневним концентрацијама SO<sub>2</sub> изнад граничне вредности од 125 µg/m<sup>3</sup>, станица Бор Институт ИРМ, на основу расположивих података у периоду 2011–2020. година—*Наставак*

Датум почетак	Датум крај	Трајање (дани)	Сума конц. (µg/m <sup>3</sup> )	Просечна конц. (µg/m <sup>3</sup> )	Сума прекорачења (µg/m <sup>3</sup> )
13.8.2020	13.8.2020	1	130,02	130,02	5,02
16.8.2020	16.8.2020	1	353,36	353,36	228,36
6.9.2020	6.9.2020	1	183,78	183,78	58,78
9.9.2020	9.9.2020	1	126,62	126,62	1,62
9.11.2020	9.11.2020	1	189,27	189,27	64,27
17.12.2020	17.12.2020	1	314,26	314,26	189,26
27.12.2020	27.12.2020	1	213,03	213,03	88,03



Табела П12. Подаци о доступности (у %) дневних NO<sub>2</sub> концентрација на нивоу станица, период 2011–2020. година—*Наставак*

Врста подручја*	Тип станице**	Станице	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
СУ.П.	☐	Београд Зелено брдо			99,18	95,07	89,32	95,63	98,9	98,9	99,73	98,91	
		Косјерић	100	98,91	87,12						87,95	90,16	
		Костолац	100		87,12	100	96,16	~75,00					98,91
		Смедрево Царина			90,96		77,53				78,08	85,75	96,99
		Шабац	100	99,18	99,73	100	~75,00						99,73
Р.П.	☐	Обреновац Центар	97,53	99,18			96,71			99,45	99,45	100	
		Ќикинда	100	99,18	99,45	99,73	77,53						
		Поповац		88,52	88,22							99,18	99,45
		Каменички Вис			87,40						97,53	85,25	

\* У.П. = урбано подручје; СУ.П. = субурбано подручје; Р.П. = рурално подручје

\*\* п. = позадинске станице; с. = саобраћајне станице; и. = индустријске станице

Табела П13. Догађаји са дневним NO<sub>2</sub> концентрацијама изнад граничне вредности од 85 µg/m<sup>3</sup>, станица Београд Мостар, на основу расположивих података у периоду 2011–2020. година

Датум почетак	Датум крај	Трајање (дани)	Сума конц. (µg/m <sup>3</sup> )	Просечна конц. (µg/m <sup>3</sup> )	Сума прекорачења (µg/m <sup>3</sup> )
18.1.2016	23.1.2016	6	742,04	123,67	232,04
5.2.2011	9.2.2011	5	590,44	118,09	165,44
28.11.2015	2.12.2015	5	528,94	105,79	103,94
2.11.2015	5.11.2015	4	379,42	94,85	39,42
10.3.2011	12.3.2011	3	282,00	94,00	27,00
4.10.2011	6.10.2011	3	297,53	99,18	42,53
15.11.2011	17.11.2011	3	268,94	89,65	13,94
22.8.2012	24.08.2012	3	296,51	98,84	41,51
17.11.2015	19.11.2015	3	276,65	92,22	21,65
26.9.2012	27.9.2012	2	182,77	91,39	12,77
9.12.2012	10.12.2012	2	194,7	97,35	24,70
24.12.2012	25.12.2012	2	192,64	96,32	22,64
25.10.2013	26.10.2013	2	176,10	88,05	6,10
4.1.2015	5.1.2015	2	182,30	91,15	12,30
7.12.2015	8.12.2015	2	440,40	220,20	270,4
17.11.2016	18.11.2016	2	177,60	88,80	7,60
9.12.2016	10.12.2016	2	198,98	99,49	28,98
26.1.2011	26.1.2011	1	97,02	97,02	12,02
11.2.2011	11.2.2011	1	95,86	95,86	10,86
25.3.2011	25.3.2011	1	95,25	95,25	10,25
8.7.2011	8.7.2011	1	86,87	86,87	1,87
30.8.2011	30.8.2011	1	93,49	93,49	8,49
1.9.2011	1.9.2011	1	86,40	86,40	1,40
19.10.2011	19.10.2011	1	106,85	106,85	21,85
17.3.2012	17.3.2012	1	87,53	87,53	2,53
19.3.2012	19.3.2012	1	85,91	85,91	0,91
8.6.2012	8.6.2012	1	89,49	89,49	4,49
5.7.2012	5.7.2012	1	89,16	89,16	4,16
24.9.2012	24.9.2012	1	85,04	85,04	0,04
6.10.2012	6.10.2012	1	94,91	94,91	9,91
19.10.2012	19.10.2012	1	88,62	88,62	3,62
12.12.2012	12.12.2012	1	103,76	103,76	18,76
23.12.2013	23.12.2013	1	102,03	102,03	17,03
15.5.2014	15.5.2014	1	90,69	90,69	5,69
23.12.2014	23.12.2014	1	92,03	92,03	7,03
29.12.2014	29.12.2014	1	128,50	128,50	43,50
1.1.2015	1.1.2015	1	100,35	100,35	15,35
12.3.2015	12.3.2015	1	95,46	95,46	10,46
21.3.2015	21.3.2015	1	85,67	85,67	0,67
28.3.2015	28.3.2015	1	101,11	101,11	16,11
3.4.2015	3.4.2015	1	106,42	106,42	21,42
16.4.2015	16.4.2015	1	95,77	95,77	10,77
22.11.2015	22.11.2015	1	123,83	123,83	38,83
5.12.2015	5.12.2015	1	156,26	156,26	71,26
4.2.2016	4.2.2016	1	88,97	88,97	3,97
22.4.2016	22.4.2016	1	87,43	87,43	2,43
2.11.2016	2.11.2016	1	92,77	92,77	7,77
21.11.2016	21.11.2016	1	95,32	95,32	10,32
23.11.2016	23.11.2016	1	85,68	85,68	0,68

Табела П13. Догађаји са дневним NO<sub>2</sub> концентрацијама изнад граничне вредности од 85 µg/m<sup>3</sup>, станица Београд Мостар, на основу расположивих података у периоду 2011–2020. година—*Наставак*

Датум почетак	Датум крај	Трајање (дани)	Сума конц. (µg/m <sup>3</sup> )	Просечна конц. (µg/m <sup>3</sup> )	Сума прекорачења (µg/m <sup>3</sup> )
6.2.2017	6.2.2017	1	88,71	88,71	3,71
10.3.2018	10.3.2018	1	85,07	85,07	0,07
4.4.2018	4.4.2018	1	90,73	90,73	5,73
23.4.2018	23.4.2018	1	85,23	85,23	0,23
21.12.2018	21.12.2018	1	88,70	88,70	3,70
22.10.2019	22.10.2019	1	88,44	88,44	3,44
17.12.2019	17.12.2019	1	86,15	86,15	1,15
23.10.2020	23.10.2020	1	87,22	87,22	2,22

Табела П14. Догађаји са дневним NO<sub>2</sub> концентрацијама изнад граничне вредности од 85 µg/m<sup>3</sup>, станица Ужице, на основу расположивих података у периоду 2011–2020. година

Датум почетак	Датум крај	Трајање (дани)	Сума конц. (µg/m <sup>3</sup> )	Просечна конц. (µg/m <sup>3</sup> )	Сума прекорачења (µg/m <sup>3</sup> )
7.10.2018	13.10.2018	7	1051,27	150,18	456,27
13.12.2012	17.12.2012	5	796,78	159,36	371,78
4.10.2013	8.10.2013	5	443,05	88,61	18,05
6.9.2013	9.9.2013	4	369,12	92,28	29,12
5.11.2015	8.11.2015	4	379,86	94,97	39,86
30.1.2017	2.2.2017	4	387,11	96,78	47,11
27.2.2018	2.3.2018	4	504,07	126,02	164,07
26.11.2012	28.11.2012	3	296,67	98,89	41,67
23.12.2013	25.12.2013	3	292,52	97,51	37,52
8.11.2013	9.11.2013	2	184,23	92,12	14,23
17.11.2015	18.11.2015	2	181,93	90,97	11,93
24.12.2015	25.12.2015	2	178,33	89,17	8,33
22.2.2012	22.2.2012	1	85,27	85,27	0,27
12.11.2012	12.11.2012	1	90,38	90,38	5,38
30.10.2013	30.10.2013	1	85,14	85,14	0,14
13.12.2013	13.12.2013	1	85,31	85,31	0,31
28.12.2015	28.12.2015	1	90,60	90,60	5,60
28.1.2017	28.1.2017	1	89,10	89,10	4,10

### Максималне дневне 8-сатне концентрације приземног O<sub>3</sub>

Табела П15. Подаци о доступности (у %) максималних дневних 8-сатних концентрација приземног O<sub>3</sub> на нивоу станица, период 2011–2020. година

Врста подручја*	Тип станице**	Станице	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
У.П.		Београд Врачар	100	100	92,60					96,71	99,18	99,18	
		Београд Нови Београд	100	100	91,23						98,9	99,45	98,36
		Београд Стари град	100	86,34	95,89		76,50		92,88		99,45	98,9	90,98
	Џ	Ниш О.Ш. „Свети Сава”		89,04					78,96		100	97,00	100
		Нови Сад Лиман		79,78	86,58			83,33	81,64		97,53	96,44	98,91
СУ.П.	Џ	Београд Мостар	100	95,63	100		86,58						
		Београд Зелено брдо			88,77					92,6		95,62	98,91
	Ѕ	Косјерић	100	100								97,81	96,99
		Киkinda		100				95,34	92,90		99,73		
		Половац			91,51						80,82	88,22	98,09
Р.П.	Џ	Каменички Вис	100	95,08	83,56		74,25	80,87	86,85	86,58	92,60	94,54	
		Коплоник	100	92,35	90,96							100	97,54

\* У.П. = урбано подручје; СУ.П. = субурбано подручје; Р.П. = рурално подручје

\*\* п. = позадинске станице; с. = саобраћајне станице; и. = индустријске станице



Табела П16. Догађаји са максималним дневним 8-сатним концентрацијама приземног O<sub>3</sub> (µg/m<sup>3</sup>) изнад граничне вредности од 120 µg/m<sup>3</sup>, станица Каменички вис, на основу расположивих података у периоду 2011–2020. година

Датум почетак	Датум крај	Трајање (дани)	Сума конц. (µg/m <sup>3</sup> )	Просечна конц. (µg/m <sup>3</sup> )	Сума прекорачења (µg/m <sup>3</sup> )
5.7.2015	30.7.2015	26	3468,56	133,41	348,56
14.8.2012	6.9.2012	24	3369,57	140,40	489,57
3.7.2012	15.7.2012	13	1774,85	136,53	214,85
4.8.2015	16.8.2015	13	1832,03	140,93	272,03
17.4.2013	28.4.2013	12	1541,89	128,49	101,89
30.8.2011	6.9.2011	8	1071,11	133,89	111,11
12.9.2011	19.9.2011	8	1056,84	132,11	96,84
2.8.2012	9.8.2012	8	1099,61	137,45	139,61
23.7.2013	30.7.2013	8	1208,73	151,09	248,73
20.8.2011	26.8.2011	7	887,22	126,75	47,22
30.8.2015	5.9.2015	7	954,89	136,41	114,89
8.7.2016	14.7.2016	7	906,11	129,44	66,11
20.3.2012	25.3.2012	6	747,33	124,56	27,33
27.4.2012	1.5.2012	5	634,77	126,95	34,77
22.6.2017	26.6.2017	5	702,64	140,53	102,64
3.7.2019	7.7.2019	5	656,51	131,30	56,51
25.3.2011	28.3.2011	4	508,84	127,21	28,84
4.10.2011	7.10.2011	4	551,49	137,87	71,49
3.05.2012	6.5.2012	4	500,96	125,24	20,96
19.7.2012	22.7.2012	4	523,94	130,99	43,94
28.7.2012	31.7.2012	4	553,26	138,32	73,26
8.9.2012	11.9.2012	4	498,92	124,73	18,92
7.6.2015	10.6.2015	4	521,64	130,41	41,64
12.6.2015	15.6.2015	4	494,76	123,69	14,76
2.9.2016	5.9.2016	4	509,34	127,34	29,34
31.8.2017	3.9.2017	4	526,51	131,63	46,51
10.9.2018	13.9.2018	4	501,76	125,44	21,76
19.3.2020	22.3.2020	4	507,67	126,92	27,67
17.4.2020	20.4.2020	4	516,39	129,10	36,39
11.3.2011	13.3.2011	3	367,71	122,57	7,71
6.5.2011	8.5.2011	3	384,29	128,10	24,29
7.7.2011	9.7.2011	3	393,36	131,12	33,36
21.6.2012	23.6.2012	3	368,58	122,86	8,58
27.6.2012	29.6.2012	3	400,68	133,56	40,68
15.6.2013	17.6.2013	3	420,63	140,21	60,63
6.7.2013	8.7.2013	3	392,53	130,84	32,53
7.9.2013	9.9.2013	3	371,26	123,75	11,26
11.4.2015	13.4.2015	3	385,89	128,63	25,89
15.4.2015	17.4.2015	3	376,13	125,38	16,13
23.4.2015	25.4.2015	3	382,01	127,38	22,01
23.7.2016	25.7.2016	3	398,67	132,89	38,67
30.7.2016	1.8.2016	3	369,89	123,30	9,89
29.8.2016	31.8.2016	3	386,34	128,78	26,34
18.8.2017	20.8.2017	3	384,26	128,10	24,26
24.8.2017	26.8.2017	3	365,50	121,83	5,50
20.7.2018	22.7.2018	3	379,02	126,34	19,02
19.4.2019	21.4.2019	3	381,76	127,25	21,76
31.7.2019	2.8.2019	3	405,79	135,26	45,79
29.8.2019	31.8.2019	3	370,01	123,34	10,01

Табела П16. Догађаји са максималним дневним 8-сатним концентрацијама приземног  $O_3$  ( $\mu g/m^3$ ) изнад граничне вредности од  $120 \mu g/m^3$ , станица Каменички вис, на основу расположивих података у периоду 2011–2020 година—*Наставак*

Датум почетак	Датум крај	Трајање (дани)	Сума конц. ( $\mu g/m^3$ )	Просечна конц. ( $\mu g/m^3$ )	Сума прекорачења ( $\mu g/m^3$ )
16.9.2019	18.9.2019	3	375,13	125,04	15,13
9.4.2020	11.4.2020	3	395,88	131,96	35,88
8.5.2020	10.5.2020	3	390,89	130,30	30,89
21.8.2020	23.8.2020	3	385,13	128,38	25,13
5.9.2020	07.9.2020	3	372,01	124,00	12,01
4.4.2011	05.4.2011	2	252,56	126,28	12,56
18.6.2011	19.6.2011	2	257,08	128,54	17,08
12.7.2011	13.7.2011	2	249,70	124,85	9,70
16.7.2011	17.7.2011	2	247,98	123,99	7,98
17.8.2011	18.8.2011	2	269,88	134,94	29,88
23.9.2012	24.9.2012	2	254,78	127,39	14,78
10.10.2012	11.10.2012	2	254,98	127,49	14,98
30.4.2013	1.5.2013	2	248,80	124,40	8,80
14.7.2013	15.7.2013	2	244,93	122,47	4,93
20.7.2013	21.7.2013	2	279,26	139,63	39,26
8.5.2015	9.5.2015	2	271,88	135,94	31,88
13.5.2015	14.5.2015	2	249,76	124,88	9,76
17.5.2015	18.5.2015	2	243,88	121,94	3,88
30.5.2015	31.5.2015	2	252,38	126,19	12,38
19.6.2015	20.6.2015	2	254,56	127,28	14,56
2.7.2015	3.7.2015	2	248,76	124,38	8,76
27.5.2016	28.5.2016	2	252,45	126,23	12,45
27.7.2016	28.7.2016	2	246,45	123,23	6,45
3.8.2016	4.8.2016	2	242,89	121,45	2,89
21.8.2016	22.8.2016	2	243,88	121,94	3,88
11.9.2016	12.9.2016	2	246,45	123,23	6,45
31.5.2017	01.6.2017	2	261,76	130,88	21,76
13.6.2017	14.6.2017	2	274,88	137,44	34,88
16.6.2017	17.6.2017	2	255,13	127,57	15,13
29.7.2017	30.7.2017	2	248,63	124,32	8,63
5.8.2017	6.8.2017	2	263,38	131,69	23,38
11.8.2017	12.8.2017	2	259,59	129,80	19,59
18.8.2018	19.8.2018	2	242,75	121,80	2,75
21.8.2018	22.8.2018	2	253,13	126,57	13,13
25.8.2018	26.8.2018	2	253,26	126,63	13,26
29.8.2018	30.8.2018	2	269,88	134,94	29,88
2.9.2018	3.9.2018	2	244,88	122,44	4,88
7.9.2018	8.9.2018	2	266,00	133,00	26,00
16.4.2019	17.4.2019	2	252,07	126,04	12,07
27.6.2019	28.6.2019	2	260,38	130,19	20,38
22.7.2019	23.7.2019	2	257,14	128,57	17,14
22.8.2019	23.8.2019	2	262,51	131,26	22,51
13.4.2020	14.4.2020	2	268,88	134,44	28,88
25.4.2020	26.4.2020	2	260,96	130,48	20,96
22.5.2020	23.5.2020	2	248,14	124,07	8,14
28.7.2020	29.7.2020	2	247,43	123,72	7,43
10.9.2020	11.9.2020	2	245,01	122,51	5,01
23.3.2011	23.3.2011	1	121,00	121,00	1,00
24.6.2011	24.6.2011	1	132,63	132,63	12,63

бела П16. Догађаји са максималним дневним 8-сатним концентрацијама приземног  $O_3$  ( $\mu g/m^3$ ) изнад граничне вредности од  $120 \mu g/m^3$ , станица Каменички вис, на основу расположивих података у периоду 2011–2020 година—*Наставак*

Датум почетак	Датум крај	Трајање (дани)	Сума конц. ( $\mu g/m^3$ )	Просечна конц. ( $\mu g/m^3$ )	Сума прекорачења ( $\mu g/m^3$ )
19.7.2011	19.7.2011	1	122,60	122,60	2,60
24.9.2011	24.9.2011	1	122,70	122,70	2,70
17.3.2012	17.3.2012	1	125,25	125,25	5,25
31.05.2012	31.5.2012	1	121,85	121,85	1,85
4.6.2012	4.6.2012	1	122,05	122,05	2,05
13.9.2012	13.9.2012	1	128,58	128,58	8,58
26.9.2012	26.9.2012	1	120,88	120,88	0,88
28.9.2012	28.9.2012	1	126,00	126,00	6,00
1.10.2012	1.10.2012	1	130,93	130,93	10,93
25.10.2012	25.10.2012	1	121,48	121,48	1,48
20.3.2013	20.3.2013	1	122,43	122,43	2,43
24.3.2013	24.3.2013	1	120,03	120,03	0,03
28.5.2013	28.5.2013	1	120,03	120,03	0,03
24.6.2013	24.6.2013	1	123,15	123,15	3,15
3.7.2013	3.7.2013	1	122,60	122,60	2,60
26.9.2013	26.9.2013	1	120,28	120,28	0,28
27.4.2015	27.4.2015	1	123,25	123,25	3,25
4.6.2015	4.6.2015	1	122,63	122,63	2,63
26.8.2015	26.8.2015	1	135,25	135,25	15,25
23.4.2016	23.4.2016	1	122,56	122,56	2,56
19.5.2016	19.5.2016	1	124,57	124,57	4,57
14.9.2016	14.9.2016	1	120,22	120,22	0,22
16.9.2016	16.9.2016	1	121,22	121,22	1,22
30.9.2016	30.9.2016	1	121,33	121,33	1,33
2.10.2016	2.10.2016	1	120,67	120,67	0,67
16.2.2017	16.2.2017	1	122,13	122,13	2,13
18.2.2017	18.2.2017	1	122,50	122,50	2,50
30.6.2017	30.6.2017	1	138,13	138,13	18,13
6.7.2017	6.7.2017	1	122,25	122,25	2,25
6.7.2018	6.7.2018	1	125,00	125,00	5,00
5.8.2018	5.8.2018	1	120,29	120,29	0,29
1.4.2019	1.4.2019	1	125,25	125,25	5,25
13.9.2019	13.9.2019	1	124,29	124,29	4,29
26.10.2019	26.10.2019	1	124,63	124,63	4,63
28.4.2020	28.4.2020	1	121,43	121,43	1,43
9.8.2020	9.8.2020	1	125,63	125,63	5,63
13.9.2020	13.9.2020	1	120,88	120,88	0,88
15.9.2020	15.9.2020	1	122,50	122,50	2,50

Табела П17. Догађаји са максималним дневним 8-сатним концентрацијама приземног  $O_3$  ( $\mu g/m^3$ ) изнад граничне вредности од  $120 \mu g/m^3$ , станица Копаоник, на основу расположивих података у периоду 2011–2020. година

Датум почетак	Датум крај	Трајање (дани)	Сума конц. ( $\mu g/m^3$ )	Просечна конц. ( $\mu g/m^3$ )	Сума прекорачења ( $\mu g/m^3$ )
3.7.2012	16.7.2012	14	1913,46	136,68	233,46
28.8.2011	5.9.2011	9	1156,76	128,53	76,76
29.8.2012	6.9.2012	9	1250,32	138,92	170,32
16.4.2019	23.4.2019	8	1081,11	135,14	121,11

Табела П17. Догађаји са максималним дневним 8-сатним концентрацијама приземног  $O_3$  ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) изнад граничне вредности од  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , станица Копаоник, на основу расположивих података у периоду 2011–2020. година—*Наставак*

Датум почетак	Датум крај	Трајање (дани)	Сума конц. ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Просечна конц. ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Сума прекорачења ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
18.8.2013	24.8.2013	7	865,77	123,68	25,77
29.3.2019	4.4.2019	7	939,01	134,14	99,01
23.6.2019	29.6.2019	7	874,15	124,88	34,15
3.7.2019	9.7.2019	7	912,89	130,41	72,89
28.4.2012	3.5.2012	6	763,55	127,26	43,55
22.8.2012	27.8.2012	6	864,95	144,16	144,95
24.7.2013	29.7.2013	6	819,76	136,63	99,76
21.8.2019	26.8.2019	6	776,64	129,44	56,64
16.8.2012	20.8.2012	5	645,92	129,18	45,92
18.4.2013	22.4.2013	5	624,33	124,87	24,33
20.7.2019	24.7.2019	5	627,38	125,48	27,38
29.8.2019	2.9.2019	5	655,89	131,18	55,89
13.5.2011	16.5.2011	4	536,93	134,23	56,93
2.6.2012	5.6.2012	4	493,38	123,35	13,38
11.8.2019	14.8.2019	4	491,13	122,78	11,13
6.5.2011	8.5.2011	3	382,43	127,48	22,43
9.7.2011	11.7.2011	3	377,85	125,95	17,85
4.8.2013	6.8.2013	3	407,65	135,88	47,65
2.5.2019	4.5.2019	3	380,63	126,88	20,63
9.6.2019	11.6.2019	3	374,51	124,84	14,51
7.8.2019	9.8.2019	3	375,75	125,25	15,75
13.9.2020	15.9.2020	3	382,01	127,34	22,01
26.3.2011	27.3.2011	2	250,95	125,48	10,95
22.4.2011	23.4.2011	2	242,13	121,07	2,13
15.6.2011	16.6.2011	2	247,40	123,70	7,40
14.7.2011	15.7.2011	2	264,38	132,19	24,38
28.9.2011	29.9.2011	2	245,53	122,77	5,53
24.3.2012	25.3.2012	2	245,43	122,72	5,43
5.5.2012	6.5.2012	2	249,03	124,52	9,03
21.6.2012	22.6.2012	2	242,75	121,38	2,75
4.8.2012	5.8.2012	2	261,13	130,57	21,13
20.7.2013	21.7.2013	2	246,90	123,45	6,90
9.8.2013	10.8.2013	2	251,58	125,79	11,58
13.8.2013	14.8.2013	2	257,83	128,92	17,83
4.3.2019	5.3.2019	2	246,13	123,07	6,13
25.3.2019	26.3.2019	2	269,14	134,57	29,14
6.4.2019	7.4.2019	2	265,63	132,82	25,63
25.4.2019	26.4.2019	2	241,88	120,94	1,88
18.6.2019	19.6.2019	2	257,13	128,57	17,13
25.10.2019	26.10.2019	2	250,38	125,19	10,38
13.4.2020	14.4.2020	2	284,63	142,32	44,63
4.4.2011	4.4.2011	1	122,98	122,98	2,98
9.4.2011	9.4.2011	1	122,18	122,18	2,18
1.7.2011	1.7.2011	1	122,38	122,38	2,38
17.7.2011	17.7.2011	1	120,38	120,38	0,38
11.9.2011	11.9.2011	1	129,00	129,00	9,00
6.10.2011	6.10.2011	1	126,10	126,10	6,10
17.3.2012	17.3.2012	1	120,98	120,98	0,98
22.3.2012	22.3.2012	1	121,75	121,75	1,75

Табела П17. Догађаји са максималним дневним 8-сатним концентрацијама приземног  $O_3$  ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) изнад граничне вредности од  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , станица Копаоник, на основу расположивих података у периоду 2011–2020. година—*Наставак*

Датум почетак	Датум крај	Трајање (дани)	Сума конц. ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Просечна конц. ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Сума прекорачења ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
1.4.2012	1.4.2012	1	124,63	124,63	4,63
25.4.2012	25.4.2012	1	123,55	123,55	3,55
29.5.2012	29.5.2012	1	121,15	121,15	1,15
25.6.2012	25.6.2012	1	122,73	122,73	2,73
20.7.2012	20.7.2012	1	123,40	123,40	3,40
28.7.2012	28.7.2012	1	120,30	120,30	0,30
10.8.2012	10.8.2012	1	121,15	121,15	1,15
13.9.2012	13.9.2012	1	127,10	127,10	7,10
25.4.2013	25.4.2013	1	120,40	120,40	0,40
28.4.2013	28.4.2013	1	123,28	123,28	3,28
30.4.2013	30.4.2013	1	121,25	121,25	1,25
8.5.2013	8.5.2013	1	120,98	120,98	0,98
15.6.2013	15.6.2013	1	121,88	121,88	1,88
7.7.2013	7.7.2013	1	120,93	120,93	0,93
7.3.2019	7.3.2019	1	120,38	120,38	0,38
22.3.2019	22.3.2019	1	126,38	126,38	6,38
14.5.2019	14.5.2019	1	123,25	123,25	3,25
19.5.2019	19.5.2019	1	125,75	125,75	5,75
21.6.2019	21.6.2019	1	128,88	128,88	8,88
17.7.2019	17.7.2019	1	125,38	125,38	5,38
29.7.2019	29.7.2019	1	120,75	120,75	0,75
31.7.2019	31.7.2019	1	125,00	125,00	5,00
5.9.2019	5.9.2019	1	133,38	133,38	13,38
7.9.2019	7.9.2019	1	133,50	133,50	13,50
13.9.2019	13.9.2019	1	122,25	122,25	2,25
23.10.2019	23.10.2019	1	120,88	120,88	0,88
21.3.2020	21.3.2020	1	128,00	128,00	8,00
15.5.2020	15.5.2020	1	121,88	121,88	1,88
11.9.2020	11.9.2020	1	129,38	129,38	9,38
22.9.2020	22.9.2020	1	131,50	131,50	11,50

Табела П18. Догађаји са максималним дневним 8-сатним концентрацијама приземног  $O_3$  ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) изнад граничне вредности од  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , станица Београд Стари град, на основу расположивих података у периоду 2011–2020. година.

Датум почетак	Датум крај	Трајање (дани)	Сума конц. ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Просечна конц. ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Сума прекорачења ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
4.7.2012	14.7.2012	11	1582,54	143,87	262,54
23.7.2013	29.7.2013	7	993,01	141,86	153,01
7.7.2011	11.7.2011	5	702,09	140,42	102,09
2.8.2012	6.8.2012	5	702,41	140,48	102,41
15.6.2013	19.6.2013	5	692,63	138,53	92,63
3.8.2013	7.8.2013	5	634,27	126,85	34,27
15.6.2011	18.6.2011	4	518,33	129,58	38,33
13.5.2011	15.5.2011	3	388,70	129,57	28,70
17.7.2011	19.7.2011	3	454,56	151,52	94,56
24.8.2012	26.8.2012	3	433,85	144,62	73,85
19.4.2013	21.4.2013	3	395,78	131,93	35,78
24.4.2013	26.4.2013	3	375,16	125,05	15,16

Табела П18. Догађаји са максималним дневним 8-сатним концентрацијама приземног  $O_3$  ( $\mu g/m^3$ ) изнад граничне вредности од  $120 \mu g/m^3$ , станица Београд Стари град, на основу расположивих података у периоду 2011–2020. година—*Наставак*

Датум почетак	Датум крај	Трајање (дани)	Сума конц. ( $\mu g/m^3$ )	Просечна конц. ( $\mu g/m^3$ )	Сума прекорачења ( $\mu g/m^3$ )
21.6.2013	23.6.2013	3	410,13	136,71	50,13
9.7.2013	11.7.2013	3	400,90	133,63	40,90
17.8.2013	19.8.2013	3	413,83	137,94	53,83
28.7.2012	29.7.2012	2	278,76	139,38	38,76
16.8.2012	17.8.2012	2	253,03	126,52	13,03
21.8.2012	22.8.2012	2	296,15	148,08	56,15
6.7.2013	7.7.2013	2	261,18	130,59	21,18
20.7.2019	21.7.2019	2	272,94	136,47	32,94
7.5.2011	7.5.2011	1	123,08	123,08	3,08
22.5.2011	22.5.2011	1	130,45	130,45	10,45
30.5.2011	30.5.2011	1	128,50	128,50	8,50
23.6.2011	23.6.2011	1	122,30	122,30	2,30
13.7.2011	13.7.2011	1	122,23	122,23	2,23
15.7.2011	15.7.2011	1	162,75	162,75	42,75
23.8.2011	23.8.2011	1	121,10	121,10	1,10
25.8.2011	25.8.2011	1	122,13	122,13	2,13
30.8.2011	30.8.2011	1	131,95	131,95	11,95
1.9.2011	1.9.2011	1	129,78	129,78	9,78
3.9.2011	3.9.2011	1	121,25	121,25	1,25
12.9.2011	12.9.2011	1	120,73	120,73	0,73
3.5.2012	3.5.2012	1	124,93	124,93	4,93
12.5.2012	12.5.2012	1	134,05	134,05	14,05
9.6.2012	9.6.2012	1	125,95	125,95	5,95
22.6.2012	22.6.2012	1	120,33	120,33	0,33
28.6.2012	28.6.2012	1	135,74	135,74	15,74
1.7.2012	1.7.2012	1	121,70	121,70	1,70
20.7.2012	20.7.2012	1	144,30	144,30	24,30
30.8.2012	30.8.2012	1	122,23	122,23	2,23
29.4.2013	29.4.2013	1	123,45	123,45	3,45
1.5.2013	1.5.2013	1	126,53	126,53	6,53
3.5.2013	3.5.2013	1	122,15	122,15	2,15
15.5.2013	15.5.2013	1	122,63	122,63	2,63
18.5.2013	18.5.2013	1	120,05	120,05	0,05
21.5.2013	21.5.2013	1	121,53	121,53	1,53
11.6.2013	11.6.2013	1	120,15	120,15	0,15
4.7.2013	4.7.2013	1	121,73	121,73	1,73
14.7.2013	14.7.2013	1	120,45	120,45	0,45
20.7.2013	20.7.2013	1	147,03	147,03	27,03
10.8.2013	10.8.2013	1	137,00	137,00	17,00
13.8.2013	13.8.2013	1	137,90	137,90	17,90
6.7.2019	6.7.2019	1	132,44	132,44	12,44
13.8.2019	13.8.2019	1	128,56	128,56	8,56

Табела П19. Догађаји са максималним дневним 8-сатним концентрацијама приземног  $O_3$  ( $\mu g/m^3$ ) изнад граничне вредности од  $120 \mu g/m^3$ , станица Косјерић, на основу расположивих података у периоду 2011–2020. година

Датум почетак	Датум крај	Трајање (дани)	Сума конц. ( $\mu g/m^3$ )	Просечна конц. ( $\mu g/m^3$ )	Сума прекорачења ( $\mu g/m^3$ )
6.7.2012	15.7.2012	10	1359,60	135,96	159,60
30.8.2011	4.9.2011	6	812,87	135,48	92,87
21.8.2012	26.8.2012	6	799,50	133,25	79,50
15.8.2012	19.8.2012	5	690,80	138,16	90,80
29.8.2012	2.9.2012	5	689,80	137,96	89,80
28.4.2012	1.5.2012	4	495,10	123,78	15,10
7.8.2012	10.8.2012	4	523,80	130,95	43,80
12.5.2011	14.5.2011	3	395,29	131,76	35,29
9.7.2011	11.7.2011	3	381,48	127,16	21,48
22.8.2011	24.8.2011	3	377,16	125,72	17,16
22.6.2012	24.6.2012	3	386,10	128,70	26,10
30.7.2012	1.8.2012	3	422,60	140,87	62,60
22.4.2011	23.4.2011	2	244,48	122,24	4,48
6.5.2011	7.5.2011	2	256,68	128,34	16,68
13.6.2011	14.6.2011	2	258,20	129,10	18,20
27.6.2012	28.6.2012	2	251,60	125,80	11,60
3.7.2012	4.7.2012	2	254,30	127,15	14,30
20.7.2012	21.7.2012	2	278,50	139,25	38,50
4.8.2012	5.8.2012	2	257,20	128,60	17,20
9.4.2020	10.4.2020	2	250,01	125,01	10,01
26.3.2011	26.3.2011	1	127,85	127,85	7,85
10.5.2011	10.5.2011	1	121,25	121,25	1,25
7.7.2011	7.7.2011	1	121,45	121,45	1,45
18.8.2011	18.8.2011	1	121,50	121,50	1,50
20.8.2011	20.8.2011	1	129,65	129,65	9,65
17.9.2011	17.9.2011	1	124,98	124,98	4,98
5.5.2012	5.5.2012	1	120,30	120,30	0,30
10.5.2012	10.5.2012	1	123,60	123,60	3,60
12.5.2012	12.5.2012	1	123,50	123,50	3,50
16.6.2012	16.6.2012	1	125,60	125,60	5,60
28.7.2012	28.7.2012	1	135,80	135,80	15,80
4.9.2012	4.9.2012	1	133,50	133,50	13,50
17.4.2019	17.4.2019	1	130,86	130,86	10,86
21.4.2019	21.4.2019	1	122,25	122,25	2,25
4.7.2019	4.7.2019	1	122,00	122,00	2,00
13.4.2020	13.4.2020	1	120,75	120,75	0,75
19.4.2020	19.4.2020	1	122,43	122,43	2,43

## Максималне дневне 8-сатне CO концентрације

Табела П20. Подаци о доступности (у %) максималних дневних 8-сатних CO концентрација на нивоу станица, период 2011–2020. година

Врста подручја*	Тип станице**	Станице	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
У	џ	Београд Врачар	100	95,63	98,90	100	83,56	91,26					
		Београд Нови Београд	100	100	97,53	88,49		100	84,97	100	100	98,63	99,18
		Београд Стари град	100		99,18	95,07	90,68		96,17	98,08	100	95,62	98,91
		Ваљево	89,86	94,54	92,60	84,11	91,78		87,7		99,45	96,44	97,81
		Врање	87,40	94,26	93,97	78,08			82,79	89,86	100	99,18	97,27
		Зајечар	100	99,45	95,34		79,73		92,62		95,62	95,89	99,73
		Кикинда Центар									99,45	91,51	92,08
		Крагујевац	99,73	100	97,81				80,05	97,81	93,42	99,73	99,45
		Краљево	98,08	100								99,73	91,53
		Крушевац	94,79	98,36	83,56	100	84,38				95,89	94,79	98,36
		Лозница	100	95,08	87,40	98,63							
		Ниш О.Ш. „Свети Сава“	100	95,63	84,11	88,49	97,26			99,73	75,89	98,9	99,18
		Нови Сад Лиман	100	96,88	85,48	90,41				76,78	99,18	100	98,63
		Параћин	98,63	83,61	93,97								
		Чачак	100	98,18	95,34	97,81	87,12				92,60	93,70	95,34
У	џ	Београд Мостар	95,34	93,17	96,71	99,73					98,36	97,53	
		Ниш ИЗЈЗ Ниш	94,79	99,73	94,52				100				
		Нови Сад Спенс	100	100	96,44	100	91,51		80,87				
		Сремска Митровица	99,18	100	100	98,63	99,18		99,45	97,53	99,45	98,90	
		Ужице	100	99,18	99,18	100	77,53		78,42	99,45	100	97,53	
У	џ	Бор Институт ИРМ	85,21	98,91	97,53								
		Панчево Содара	100		98,63	84,93					100	97,81	

\* У.П. = урбано подручје; СУ.П. = субурбано подручје; Р.П. = рурално подручје

\*\* п. = позадинске станице; с. = саобраћајне станице; и. = индустријске станице



Табела П20. Подаци о доступности (у %) максималних дневних 8-сатних СО концентрација на нивоу станица, период 2011–2020. година—Наставак

Врста подручја*	Тип станице**	Станице	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
С.П.	ѐ	Београд Зелено брдо	82,47		76,71						89,04	89,62
		Косјерић	100	99,73	95,62	79,73					97,81	97,54
		Костолац	100	100	100	100	95,89	90,44	96,71	98,90	98,63	99,73
		Смедерево Царина	100	100	98,90	77,81	75,34	91,8	91,23	99,73	99,45	100
		Шабац	100	100	97,53	100	99,18	99,73	92,33	100	100	99,73
С.П.	ѕ	Обреновац Центар	100	87,43	88,49						96,99	97,54
		Киkinda	100	97,73	99,45	100	94,52	82,24	84,66			
		Поповац		92,08	88,22	82,47					88,49	
Р.П.	ѐ	Каменички вис	96,71	94,54	87,95	94,79	98,90	98,09	92,05	82,47		
		Копаоник	93,42	92,35	99,73							

\* У.П. = урбано подручје; С.П. = субурбано подручје; Р.П. = рурално подручје

\*\* п. = позадинске станице; с. = саобраћајне станице; и. = индустријске станице

Табела П21. Догађаји са максималним дневним 8-сатним СО концентрацијама изнад граничне вредности од  $10 \text{ mg/m}^3$ , станица Зајечар, на основу расположивих података у периоду 2011–2020. година

Датум почетак	Датум крај	Трајање (дани)	Сума конц. ( $\text{mg/m}^3$ )	Просечна конц. ( $\text{mg/m}^3$ )	Сума прекорачења ( $\text{mg/m}^3$ )
17.12.2019	19.12.2019	3	47,22	15,74	17,22
22.12.2018	24.12.2018	3	44,85	14,95	14,85
19.1.2015	21.1.2015	3	32,80	10,93	2,80
10.1.2011	11.1.2011	2	28,99	14,50	8,99
20.12.2013	21.12.2013	2	28,93	14,47	8,93
2.1.2013	3.1.2013	2	27,03	13,52	7,03
3.3.2018	4.3.2018	2	26,51	13,26	6,51
23.12.2013	24.12.2013	2	25,77	12,89	5,77
30.11.2011	1.12.2011	2	25,41	12,71	5,41
10.1.2020	11.1.2020	2	25,05	12,53	5,05
27.12.2015	28.12.2015	2	21,76	10,88	1,76
14.1.2015	14.1.2015	1	12,27	12,27	2,27
5.1.2016	5.1.2016	1	11,31	11,31	1,31
7.12.2019	7.12.2019	1	11,03	11,03	1,03
20.1.2018	20.1.2018	1	10,08	10,08	0,08

Табела П22. Догађаји са максималним дневним 8-сатним СО концентрацијама изнад граничне вредности од  $10 \text{ mg/m}^3$ , станица Врање, на основу расположивих података у периоду 2011–2020. година

Датум почетак	Датум крај	Трајање (дани)	Сума конц. ( $\text{mg/m}^3$ )	Просечна конц. ( $\text{mg/m}^3$ )	Сума прекорачења ( $\text{mg/m}^3$ )
8.1.2011	11.1.2011	4	76,61	19,15	36,61
16.1.2019	19.1.2019	4	49,70	12,43	9,70
9.12.2016	12.12.2016	4	43,85	10,96	3,85
9.12.2011	11.12.2011	3	37,64	12,55	7,64
25.12.2017	27.12.2017	3	35,88	11,96	5,88
28.1.2017	30.1.2017	3	34,10	11,37	4,10
12.1.2017	13.1.2017	2	33,98	16,99	13,98
2.1.2017	3.1.2017	2	32,01	16,01	12,01
21.11.2011	22.11.2011	2	29,27	14,64	9,27
8.1.2018	9.1.2018	2	26,70	13,35	6,70
1.1.2011	2.1.2011	2	26,69	13,35	6,69
22.12.2018	23.12.2018	2	24,86	12,43	4,86
2.12.2011	3.12.2011	2	23,93	11,97	3,93
9.12.2013	10.12.2013	2	23,91	11,96	3,91
29.11.2011	30.11.2011	2	23,04	11,52	3,04
26.1.2018	27.1.2018	2	21,65	10,83	1,65
7.12.2018	8.12.2018	2	21,48	10,74	1,48
20.1.2011	20.1.2011	1	11,25	11,25	1,25
14.1.2011	14.1.2011	1	10,90	10,90	0,90
6.1.2018	6.1.2018	1	10,8	10,80	0,80
26.12.2012	26.12.2012	1	10,60	10,60	0,60
18.1.2011	18.1.2011	1	10,34	10,34	0,34
27.1.2011	27.1.2011	1	10,08	10,08	0,08
18.12.2013	18.12.2013	1	10,03	10,03	0,03



CIP - Каталогизација у публикацији Народна библиотека Србије, Београд

502.3:504.5(497.11)

**МАЛИНОВИЋ-Милићевић, Славица, 1975-**

Загађење ваздуха у Србији / Славица Малиновић-Милићевић, Горица Станојевић. - Београд : САНУ, Географски институт „Јован Цвијић”, 2024 (Нови Сад : Стојков). - 286 стр. : илустр. ; 25 ст. - (Посебна издања / Српска академија наука и уметности, Географски институт "Јован Цвијић" ; књ. 101)

На спор. насл. стр.: Air pollution in Serbia. - Тираж 300. - Напомене уз текст. - Summary. - Библиографија: стр. 223-242.

ISBN 978-86-80029-86-3

1. Станојевић, Горица, 1983- [autor]

а) Ваздух -- Загађење -- Србија

COBISS.SR-ID 156022793