

# Научном већу Института за физику у Београду

## Извештај комисије за избор др Андреје Стојића у звање виши научни сарадник

На седници Научног већа Института за физику у Београду одржаној 17. 12. 2019. године именовани смо у комисију за избор др Андреје Стојића у звање виши научни сарадник по убрзаном поступку.

Прегледом материјала који нам је достављен, као и на основу личног познавања кандидата и увида у његов рад и публикације, Научном већу Института за физику у Београду подносимо овај извештај.

### 1. БИОГРАФСКИ ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

Др Андреја Стојић је рођен 3. јануара 1976. године у Јагодини где је похађао основну школу и гимназију. Дипломирао је 2007. године на Физичком факултету Универзитета у Београду на смеру Примењена физика и информатика са просечном оценом 9,32 током студија одбранивши дипломски рад *Испитивање електричних и спектроскопских карактеристика коаксијалног диелектричног баријерног пражњења* под руководством проф. др Братислава Обрадовића и проф. др Милорада Кураице.

Од јула 2007. године је запослен у Институту за физику у Београду као истраживач-приправник. Докторке студије на смеру Физика атома и молекула Физичког факултета Универзитета у Београду је завршио са просечном оценом 10. Докторат *Анализа расподела и динамике испарљивих органских једињења и аеросола у тропосфери: Лидар и масена спектрометрија (Spatio-temporal Distribution of Volatile Organic Compounds and Aerosols in Troposphere: Lidar and Mass Spectrometry)*, чијом израдом је руководио др Зоран Мијић, виши научни сарадник Института за физику у Београду, одбранио је 2015. године на Физичком факултету Универзитета у Београду. Током докторских студија кандидат се бавио проучавањем утицаја атмосферског загађења на животну средину, здравље људи и климатске промене. Бавио се увођењем методе масене спектрометрије са трансфером протона (*proton transfer reaction mass spectrometry – PTR-MS*) и мерењем концентрација великог броја испарљивих органских једињења (ИОЈ) у амбијенталном ваздуху и контролисаним, лабораторијским условима. Примарни фокус истраживања је био одређивање порекла атмосферских аеросола и ИОЈ, њихове динамике и структуре просторне расподеле, као и феномена и међусобних спрега које их дефинишу.

Кандидат је учествовао или учествује на следећим пројектима:

#### *Међународни пројекти*

1. 2019. – present NI4OS-Europe: *National Initiatives for Open Science in Europe*; European Commission, Horizon 2020, Implementing the European Open Science Cloud

2. 2018. – present *Persistent organochlorine compounds in breast milk and their effect on the level of primary DNA damage in human cells*, bilateral cooperation between the Republic of Serbia and Croatia
3. 2017–2021. *International network to encourage the use of monitoring and forecasting dust products*, COST Action CA16202, European Cooperation in Science and Technology
4. 2016–2018. *GEO-CRADLE – Coordinating and integrating state-of-the-art Earth Observation Activities in the regions of North Africa, Middle East, and Balkans and Developing Links with GEO related initiatives towards GEOSS*, Horizon 2020 (H2020) research and innovation programme under grant agreement No 690133
5. 2015-2019. No 654109: *ACTRIS-2 (Aerosols, Clouds, and Trace gases Research Infrastructure) Project* supported by the European Commission Horizon 2020 Research and Innovation Framework Programme
6. 2014–2017. *Atmospheric pressure plasma jet for neutralisation of CBW (chemical biological weapons)* – financed by NATO (SfP 984555)
7. 2006–2009. *Reinforcing Experimental Centre for Non-equilibrium Studies with Application in Nano-technologies, Etching of Integrated Circuits and Environmental Research (IPB-CNP-026328)*, FP6

#### *Национални пројекти*

1. 2011–2019. *Истраживање климатских промена и њиховог утицаја на животну средину – праћење утицаја, адаптација и ублажавање* – III 43007, Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије
2. 2011–2019. *Примене нискотемпературних плазми у биомедицини, заштити човекове околине и нанотехнологијама* – III 41011, Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије
3. 2018. *Мапирање извора токсичних, мутагених и канцерогених испарљивих органских једињења на територији Града Београда*, Зелени фонд, Министарство заштите животне средине Републике Србије – руководилац пројекта
4. 2018. *Студија изводљивости имплементације националне мреже за континуално и аутоматизовано праћење значајних параметара из домена заштите животне средине*, Зелени фонд, Министарство заштите животне средине Републике Србије
5. 2018. *Временске варијације и просторне карактеристике присуства испарљивих органских једињења и атмосферских честица у широј зони Београда – Реализација кампање фиксног и мобилног прикупљања података током грејне сезоне са аналитичким инструментима минутне резолуције*, Зелени фонд, Министарство заштите животне средине Републике Србије
6. 2006–2010. *Емисија и трансмисија полутаната у атмосфери урбане средине* – OI 141012, Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије
7. 2008–2010. *Примена плазма игле у медицинским и биолошким истраживањима и брза и поуздана детекција волатилних супстанци хуманог и биљног порекла* – TR 23106, Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије
8. 2008–2009. *Развој и примена савремених археометријских-недеструктивних метода у анализи артефаката културног наслеђа* – TR 19046, Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије

#### *Ненаучни пројекти*

1. 2016. *План квалитета ваздуха у агломерацији Београд*, Секретаријат за заштиту животне средине Града Београда

Такође, кандидат је током 2016/2017. године руководио фазама и активностима Националног центра изузетних вредности за примену плазме у нанотехнологијама, биомедицини и екологији, Института за физику у Београду.

Истраживачки рад кандидата обухвата области опште и интердисциплинарне физике, као и науке о подацима. Активности се могу поделити у три дела: (1) прикупљање података кроз експеримент (мерење концентрација великог броја загађујућих супстанци у амбијенталном ваздуху; мерење концентрација ИОЈ у реалним и симулираним мултифазним системима животне средине) и јавно доступне базе података (загађујуће супстанце – *European Environmental Agency* и *US EPA*; метеоролошки параметри – *NOAA*; морталитет – надлежне институције у Републици Србији), (2) анализа података применом великог броја статистичких метода, метода машинског учења (*machine learning* – *ML*) и *explainable artificial intelligence* – *XAI* и (3) моделирање, које обухвата и развој статистичких метода (мултифазни системи животне средине; транспорт загађења ваздуха; утицај фактора животне средине на здравље људи). Теме истраживања припадају областима интердисциплинарне физике, хемије животне средине и науке о подацима, с посебним фокусом на анализу: (1) утицаја фактора животне средине који одређују концентрације загађујућих супстанци у атмосфери и њихову еволуцију у времену и простору, (2) мултифазних система животне средине, (3) транспорта загађења ваздуха и (4) утицаја фактора животне средине на здравље људи и морталитет.

Његов досадашњи рад укључује 20 радова категорија M20, као и 10 поглавља у међународним монографијама категорија M10. Од 20 радова, 2 су објављена у часописима изузетних вредности категорије M21a, 11 у врхунским међународним часописима категорије M21. Има развијену међународну научну сарадњу са истраживачком групом у Републици Хрватској (Институт за медицинска истраживања и медицину рада).

Кандидат је учествовао у израдама 2 докторске дисертације, 2 мастер рада и 3 дипломска рада, током школске 2016/2017. године водио је пројекат студентске праксе за студенте Физичког факултета Универзитета у Београду, а током 2019. године био ментор матурског рада ученика Математичке гимназије у Београду.

Током 2019. године кандидат је учествовао у акредитацији, а потом је ангажован и као предавач на студијском програму *Животна средина и одрживи развој* Универзитета Сингидунум у Београду, на основним, мастер и докторским студијама.

## 2. ПРЕГЛЕД НАУЧНЕ АКТИВНОСТИ

Др Андреја Стојић се бави изучавањем утицаја фактора и процеса животне средине (природни и антропогени извори емисије, метеоролошки и биотички фактори, топографске карактеристике и др.) који одређују концентрације загађујућих супстанци у атмосфери и њихову еволуцију у времену и простору. Пораст броја становника урбаних средина, економски развој, потребе за енергијом, урбанизација и транспорт, питање загађења стављају у фокус савременог друштва, првенствено због штетних ефеката на јавно здравље, животну средину и климатски систем. Идентификација и карактеризација појединачних извора загађења, локалне и макроскопске динамике (регионалне и глобалне), просторних расподела, доприноса укупном загађењу и механизма трансформације, су од суштинског значаја за разумевање утицаја на процесе унутар природних и антропогених екосистема и њихове отпорности. Резултати ових истраживања представљају основу за формирање научно утемељених стратегија усмерених ка побољшању квалитета животне средине, унапређењу здравља људи и ублажавању ефеката климатских промена.

У свом раду кандидат користи експерименталне и теоријске методе из различитих области опште и интердисциплинарне физике и атмосферске хемије, као и концепте и методе науке о подацима. У досадашњем раду бавио се увођењем напредних, унапређењем постојећих и развојем нових метода анализе загађења ваздуха у отвореном и затвореном простору, мултифазних система животне средине, транспорта загађења ваздуха и утицаја фактора животне средине на здравље људи и морталитет. У последње време примарни фокус истраживања кандидата је усмерен на анализу глобалне еволуције загађења ваздуха засноване на јавно доступним подацима и примени најнапреднијих метода ML и XAI.

Рад кандидата се може поделити на следеће теме:

- Физика и хемија животне средине
- Мултифазни системи животне средине
- Транспорт загађења ваздуха
- Утицај фактора животне средине на здравље људи и морталитет

**Напомена: радови објављени након претходног избора у звање су означени звездицом (\*).**

### 2.1 Физика и хемија животне средине

Циљ истраживања у оквиру ове теме, коју је кандидат покренуо током докторских студија, састоји се у испитивању просторно-временских расподела загађења ваздуха насталих појединачним и комбинованим утицајима фактора животне средине, попут извора емисије, дисперзије, транспорта загађења, сезоналности, механизма трансформације, топографије, итд. Истраживања су заснована на анализи ИОЈ,<sup>1</sup> аеросола и њиховог хемијског састава (елементни/органски угљеник, тешки метали, јони), неорганских гасних оксида (угљен моноксид, тропосферски озон, оксиди азота и сумпор диоксид) и чађи. Примена великог броја статистичких метода (методе анализе

---

<sup>1</sup> Прве научне активности кандидата су биле везане за увођење методе масене спектрометрије са трансфером протона (*proton transfer reaction mass spectrometry* – PTR-MS) и мерење концентрација ИОЈ у реалном времену

временских serija, рецепторски модели, мултифрактал и инверзна мултифрактал анализа, хибридни рецепторски модели, различите врсте поларних зависности од компоненти ветра, итд.), метода машинског учења (случајне шуме) и њихова хибридизација, омогућила је значајно побољшање квалитета и општег нивоа закључака у вези са процесима који одређују порекло и еволуцију загађујућих супстанци у ваздуху. Коришћена методологија је обезбедила прецизнију идентификацију и квантификацију локалних, регионалних и удаљених извора загађења, као и фактора животне средине који одређују нивое, промене, флукуације и сингуларитете концентрација загађујућих супстанци у тропосфери.

У оквиру ове теме су испитане могућности прогнозе концентрација  $PM_{10}$  и доприноса извора ИОЈ базиране на примени машинског учења (TMVA, ROOT). Применом рецепторских модела (позитивна факторизација матрица – PMF и *Unmix*) на концентрације ИОЈ, суспендованих честица ( $PM_{10}$ ) и неорганских гасних оксида ( $CO$ ,  $NO_x$ ,  $NO$ ,  $NO_2$  и  $SO_2$ ), израчунати су доприноси концентрацијама ИОЈ који потичу из саобраћаја и индустрије. Резултати показују да су методе стабала одлучивања и неуронских мрежа дале најбоље перформансе. Тачност прогнозе је била висока у случају извора ИОЈ (најмања релативна грешка 6%), док је у случају  $PM_{10}$  била нешто нижа (најмања релативна грешка 24,6%).

Наведени резултати су приказани у следећим радовима:

- *\*Comprehensive analysis of  $PM_{10}$  in Belgrade urban area on the basis of long-term measurements*  
A. Stojić, S.S. Stojić, I. Reljin, M. Čabarkapa, A. Šoštarić, M. Perišić and Z. Mijić  
Environ. Sci. Pollut. R. **23(11)**, 10722-10732 (2016) (ИФ: 2,741)
- *\*Assessment of  $PM_{10}$  pollution level and required source emission reduction in Belgrade area*  
M. Todorović, M. Perišić, M. Kuzmanoski, A. Stojić, A. Šoštarić, Z. Mijić and S. Rajšić  
J. Environ. Sci. Heal. A **50(13)**, 1351-1359 (2015) (ИФ: 1,276)
- *Forecasting hourly particulate matter concentrations based on the advanced multivariate methods*  
M. Perišić, D. Maletić., S.S. Stojić, S. Rajšić and A. Stojić  
Int. J. Environ. Sci. Te. **14(5)**, 1047-1054 (2017) (ИФ: 2,037)
- *Forecasting of VOC emissions from traffic and industry using classification and regression multivariate methods*  
A. Stojić, D. Maletić, S.S. Stojić, Z. Mijić and A. Šoštarić  
Sci. Total Environ. **521**, 19-26 (2015) (ИФ: 3,976)
- *Spatio-temporal distribution of VOC emissions in urban area based on receptor modeling*  
A. Stojić, S. S. Stojić, Z. Mijić, A. Šoštarić and S. Rajšić  
Atmos. Environ. **106**, 71-79 (2015) (ИФ: 3,459)
- *Characterization of VOC sources in an urban area based on PTR-MS measurements and receptor modelling*  
A. Stojić, S.S. Stojić, A. Šoštarić, L. Ilić, Z. Mijić and S. Rajšić  
Environ. Sci. Pollut. R. **22(17)**, 13137-13152 (2015) (ИФ: 2,76)

- *Estimation of required PM<sub>10</sub> emission source reduction on the basis of a 10-year period data*  
M. Perišić, M., **A. Stojić**, S.S. Stojić, A. Šoštarić, Z. Mijić and S. Rajšić  
Air Qual. Atmos. Hlth. **8(4)**, 379-389 (2014) (ИФ: 1,804)
- *Receptor modeling studies for the characterization of PM<sub>10</sub> pollution sources in Belgrade*  
Z. Mijić, **A. Stojić**, M. Perišić, S. Rajšić, M. Tasić  
Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly, **18(4-2)**, 623-634 (2012) (ИФ: 0,533)
- *Seasonal variability and source apportionment of metals in the atmospheric deposition in Belgrade*  
Z. Mijić, **A. Stojić**, M. Perišić, S. Rajšić, M. Tasić, M. Radenković, J. Joksić  
Atmos. Environ. **44(30)**, 3630-3637 (2010) (ИФ: 3,226)

## 2.2 Мултифазни системи животне средине

Моноароматични угљоводоници бензен, толуен, етилбензен и изомери ксилена (*benzene, toluene, ethylbenzene, xylene* – ВТЕХ) се сматрају носиоцима загађења пореклом из антропогених извора. Повишене концентрације ових токсичних, мутагених и канцерогених једињења у урбаним срединама представљају проблем од научне и практичне важности због њиховог утицаја на животну средину и здравље људи. Циљ истраживања спроведених у оквиру ове теме био је утврђивање механизма уклањања ВТЕХ из атмосфере процесима мокре депозиције. Истраживања су вршена у симулираним (лабораторијским) и реалним условима.

*Развој и примена експерименталне методологије за анализу мултифазних система животне средине*

За потребе симулације интеракција које прате мокру депозицију ИОЈ и експерименталног одређивања коефицијента расподеле ових једињења између течне и гасне фазе, развијен је оригинални динамички аналитички систем. Укратко, систем се састоји из динамичке реакционе коморе, у којој се симулирају процеси мокре депозиције, и масеног спектрометра са трансфером протона, помоћу кога се мере промене концентрација ИОЈ у реалном времену. За обраду добијених резултата мерења развијен је низ статистичких процедура за квантитативно одређивање релевантних параметара. Оне укључују примену параметарских функција за фитовање сигнала, испитивање квалитета фита, одређивање карактеристика еквилибријума (време успостављања и концентрација), израчунавање количина анализата у течной и гасној фази, итд.

У оквиру ове теме је показано да је фактор обogaћења течне фазе једињењима ВТЕХ, дефинисан као однос коефицијента расподеле између фаза и Хенријеве константе, знатно већи од вредности коју предвиђа Хенријев закон. Иако су ароматична једињења на макроскопском нивоу хидрофобна, бензенов прстен може имати улогу акцептора водоничне везе. Афинитет ВТЕХ према формирању водоничне везе је одређен тенденцијом једињења да отпушта електроне, исказаном кроз јонизациони потенцијал. Изразито негативна линеарна веза између фактора обogaћења и јонизационог потенцијала указује на то да водонична веза не може бити механизам који доводи до обogaћења течне фазе. Утицај адсорпције на граници фаза на обogaћење течне фазе је испитиван анализом функционалне зависности између фактора обogaћења и неколико

величина, којима се адсорпција на граници фаза може квантификовати. Позитивна линеарна веза између обогаћења и хидрофобности, дефинисане логаритмом коефицијента расподеле између октанола и воде, потврђује да је адсорпција на површини фаза доминантни механизам који га одређује. Такође, потврђено је да обогаћење површине на граници фаза расте са величином молекула, као и да је обогаћење обрнуто пропорционално запремини течне фазе и молским уделима ВТЕХ у гасној фази, што такође иде у прилог овом механизму. На крају, добијена позитивна линеарна зависност између фактора обогаћења и ван дер Валсове површине показују одређени утицај ван дер Валсове интеракције на адсорпцију (физисорпција) и расподеле ВТЕХ у мултифазним системима.

### *Испитивање капацитета кише за уклањање ИОЈ из атмосфере*

Поред адсорпције на граници фаза, у истраживању у реалним условима су разматрани утицаји молских удела ВТЕХ у амбијенталном ваздуху, метеоролошких параметара и физичко-хемијских карактеристика и састава кише (утицај матрице). Утицај промене температуре на Хенријеву константу и фактор обогаћења је размотрен анализом вертикалних профила температуре између површине тла и висине базе облака. На овај начин је добијен вертикални профил фактора обогаћења, из кога се може закључити да се услови који одређују интеракције које доводе до расподеле ВТЕХ између течне и гасне фазе не мењају значајно са повећањем висине. Применом различитих статистичких метода и метода машинског учења идентификована су четири типа извора који одређују састав кише: извор гасовитих органских једињења, извор чврсте фракције, извор који карактерише висок удео елемената пореклом из Земљине коре и извор који представља фракцију аеросола. Показано је да молски удели ВТЕХ у амбијенталном ваздуху и поједине физичко-хемијске карактеристике имају већи утицај на расподелу ових једињења између фаза у односу на метеоролошке параметре. Утврђено је да је фактор обогаћења узорака кише већи у односу на симулиране услове због присуства молекула ВТЕХ адсорбованих на површини аеросола.

Напредак у машинском учењу је резултирао бројним применама сложених алгоритама за предикцију, што је последњих година довело и до развоја метода за интерпретацију добијених модела. У оквиру ове теме, везе између концентрација ТЕХ у кишници и фактора обогаћења, с једне, и многобројних фактора животне средине, са друге стране (концентрације ТЕХ у амбијенталном ваздуху, физичко-хемијски параметри кишнице и метеоролошки параметри), су први пут моделиране применом машинског учења – ансамбли стабала одлучивања (*eXtreme Gradient Boosting* – XGBoost). Увид у физичко-хемијске процесе који управљају депозицијом ТЕХ је остварен интерпретацијом добијених модела применом напредног метода *explainable artificial intelligence* – XAI (*SHapley Additive exPlanations* – SHAP). На овај начин су по први пут утврђене расподеле утицаја фактора животне средине на концентрације ТЕХ у кишници и факторе обогаћења кишнице овим једињењима. Показано је да су концентрације ТЕХ у амбијенталном ваздуху и температуре кишнице и ваздуха доминантни фактори који обликују расподеле ових једињења у кишници. Далеко мање важни утицаји се могу приписати брзини ветра, атмосферском притиску, замућености кишнице и садржају укупног органског угљеника,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$  и  $\text{K}^+$ , док су се утицаји осталих фактора показали занемарљивим.

Наведени резултати су приказани у следећим радовима:

- *\*Explainable extreme gradient boosting tree-based prediction of toluene, ethylbenzene and xylene wet deposition*

A. Stojić, N. Stanić, G. Vuković, S. Stanišić, M. Perišić, A. Šoštarić and L. Lazić  
Sci. Total Environ. **653**, 140–147 (2019) (ИФ: 5,589)

- \**Rainwater capacities for BTEX scavenging from ambient air*  
A. Šoštarić, S.S. Stojić, G. Vuković, Z. Mijić, A. Stojić and I. Gržetić  
Atmos. Environ. **168**, 46-54 (2017) (ИФ: 3,708)
- \**Quantification and mechanisms of BTEX distribution between aqueous and gaseous phase in a dynamic system*  
A. Šoštarić, A. Stojić, S.S. Stojić and I. Gržetić  
Chemosphere, **144**, 721-727 (2016) (ИФ: 4,208)

### 2.3 Транспорт загађења ваздуха

Идентификација и карактеризација удаљених извора емисије загађења ваздуха и њиховог доприноса измереним концентрацијама загађујућих супстанци на месту рецептора (мерно место) се може извршити применом хибридних рецепторских модела (ХРМ). Ови модели су базирани на повезивању концентрација измерених на месту рецептора и трајекторија транспорта ваздуха из удаљених области. Постоје четири основна недостатка стандардних ХРМ. Први се огледа у недовољном укључивању фактора релевантних за транспорт загађења ваздуха посматраног са места рецептора, што доводи до прецењивања утицаја удаљених извора емисије и недовољно прецизне или чак погрешне идентификације географских области које одређују порекло загађења. Други недостатак се огледа у дводимензионалном приступу, што онемогућава моделирање вертикалних расподела загађења, веома важних за анализу образаца циркулације ваздуха и процену изложености људи и животне средине. Трећи недостатак везан је за веома ниску резолуцију крајњих тачака трајекторија које укључују стандардни модели, што онемогућава задовољавајућу идентификацију области релевантних за анализу транспорта. Овај недостатак уводи и веома важно ограничење за примену ХРМ који се не могу користити за идентификацију локалних извора загађења. На крају, стандардни ХРМ се не могу користити за карактеризацију извора загађења, односно одређивање типа извора емисије.

Најважнији резултат у оквиру истраживања у овој теми се односи на развој тродимензионалног ХРМ – гранични слој отежињен концентрацијама (*concentration weighted boundary layer – CWBL*), јединог ХРМ који обезбеђује анализу континуалних вертикалних расподела загађења ваздуха дуж путања транспорта посматраних са места рецептора. По први пут су размотрени и укључени ефекти флукуације планетарног граничног слоја и његовог утицаја на транспорт загађења и измерене концентрације на месту рецептора. Значајни резултати се огледају у развоју тродимензионалних варијанти постојећих ХРМ, попут тродимензионалне функције потенцијалних доприноса (*3D potential source contribution function – 3D PSCF*) и тродимензионалних трајекторија отежињених концентрацијама (*3D concentration weighted trajectory – 3D CWT*), који дају дискретне вертикалне расподеле загађења.

Веома значајан резултат представља и унапређење приступа анализи транспорта применом ХРМ који обухвата прецизну формулацију релевантних података и



апроксимација који улазе у саме моделе у које спадају (1) издвајање удела транспортованог загађења у измереним концентрацијама дате загађујуће супстанце и (2) идентификација крајњих тачака трајекторија кретања ваздуха репрезентативних за транспорт загађења посматраног са места рецептора. Први сегмент унапређења омогућава диференцијацију апсолутног удела позадинског нивоа загађења, локалних извора и процеса транспорта за концентрације загађујућих супстанци на месту рецептора. Овим приступом се у ХРМ укључују само удели концентрација који одговарају транспортованом загађењу, чиме се у значајној мери решава проблем прецењивања утицаја удаљених извора емисије стандардних модела. Други сегмент обезбеђује критеријуме за укључивање крајњих тачака трајекторија кретања ваздуха на основу висине планетарног граничног слоја. На овај начин се из анализе транспорта искључују крајње тачке које није могуће повезати са измереним концентрацијама на месту рецептора, чиме се у значајној мери решава проблем недовољно прецизне идентификације географских области које одређују порекло загађења.

Као резултат пројекта *Мапирање извора токсичних, мутагених и канцерогених испарљивих органских једињења на територији Града Београда*, финансираног од стране Зеленог фонда, Министарства заштите животне средине Републике Србије којим је кандидат руководио, представљен је развој иновативне методологије засноване на новим локалним рецепторски оријентисаним моделима и алгоритмима вештачке интелигенције имплементираних кроз методе машинског учења, за мапирање и карактеризацију извора и просторно-временску прогнозу загађујућих супстанци у ваздуху. Резултати пројекта обезбеђују и решења за преостала два основна недостатка стандардних ХРМ, чиме се решава проблем репрезентативности области релевантне за анализу транспорта, отклања ограничење које онемогућава анализе локалних извора загађења и решава проблем карактеризације извора емисије.

У истраживањима у оквиру ове теме је показано да наведене методе издвајања удела концентрација и репрезентативних крајњих тачака трајекторија, као и нови модели, омогућавају знатно прецизнију идентификацију, али и карактеризацију локалних и удаљених извора загађења ваздуха. Сва истраживања поред испитивања расподела појединих загађујућих супстанци, обухватају и анализу расподела извора загађења, попут саобраћаја и индустрије.

Методе развијене у оквиру ове теме имају и практичну примену, што се може видети на основу резултата пројекта *Мапирање извора токсичних, мутагених и канцерогених испарљивих органских једињења на територији Града Београда* (<http://bpm.ipb.ac.rs/>).

Наведени резултати су приказани у следећим радовима:

- *\*The innovative concept of three-dimensional hybrid receptor modeling*  
**A. Stojić** and S.S. Stojić  
Atmos. Environ. **164**, 216-223 (2017) (ИФ: 3,708)
- *\*Levels of PM<sub>10</sub> bound species in Belgrade, Serbia: spatio-temporal distributions and related human health risk estimation*

M. Perišić, S. Rajšić, A. Šoštarić, Z. Mijić, and **A. Stojić**  
Air Qual. Atmos. Hlth. **10(1)**, 93-103 (2017) (ИФ: 2,662)

- *\*Comprehensive analysis of PM<sub>10</sub> in Belgrade urban area on the basis of long-term measurements*  
**A. Stojić**, S.S. Stojić, I. Reljin, M. Čabarkapa, A. Šoštarić, M. Perišić and Z. Mijić  
Environ. Sci. Pollut. R. **23(11)**, 10722-10732 (2016) (ИФ: 2.741)
- *Spatio-temporal distribution of VOC emissions in urban area based on receptor modeling*  
**A. Stojić**, S. S. Stojić, Z. Mijić, A. Šoštarić and S. Rajšić  
Atmos. Environ. **106**, 71-79 (2015) (ИФ: 3,459)

## 2.4 Утицај фактора животне средине на здравље људи и морталитет

Током последњих деценија загађење ваздуха је препознато као глобална претња здрављу људи. Процењује се да се 4,2 милиона смрти услед кардио-васкуларних, малигних и хроничних респираторних обољења може повезати са загађењем ваздуха.

У оквиру ове теме су испитани канцерогени и неканцерогени утицаји честичног загађења у Београду, укључујући и његов хемијски састав (тешки метали и бензо[а]пирен). Показано је да Cr и бензо[а]пирен значајно доприносе повећавању ризика за настанак канцера, док је дејство As и Ni веома токсично, нарочито на урбаним локацијама под утицајем саобраћаја. Такође, утврђено је и да утицај транспортованог загађења у одређеним периодима може бити веома значајан (36%).

Поред канцерогених и неканцерогених здравствених ризика, испитани су и утицаји краткорочне и дугорочне изложености загађујућим супстанцама (PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> и чађ) на морталитет изазван кардио-васкуларним и респираторним обољењима. Нелинеарна веза између изложености загађењу, ризика од смртности и одложених ефеката услед варијација температуре је моделирана применом *distributed lag nonlinear models*. Резултати су показали да краткорочна изложеност повишеним концентрацијама испитиваних загађујућих супстанци не повећава значајно ризик од смртности. С друге стране, показана је јасна веза у случају изложености од 90 дана. Утицај хроничне изложености на смртност је израженији у случају респираторних обољења у односу на кардио-васкуларна, нарочито у случају мушке популације млађе од 65 година.

У оквиру ове теме је развијена нова метода за укључивање кумулативних средњорочних ефеката загађења ваздуха у Поасонов регресиони модел за процену ризика смртности од кардио-васкуларних и респираторних обољења због климатских фактора. Реалније процене ризика од смртности повезане са екстремним климатским условима постају све важније за планирање будућих стратегија и мера прилагођавања актуелним климатским променама. Утврђено је да су кумулативни средњорочни ефекти загађења ваздуха значајнији од одложених (*lag-specific*), који су углавном укључени у регресионе моделе. Такође, показано је да постоји оптимални распон температуре унутар кога се не очекује повећање стопе смртности повезане са њеном променом, што је различито у односу на дотадашње студије. С друге стране, утврђено је да ефекти загађења ваздуха добро објашњавају ризик од смртности током хладнијег времена, који је некада био повезиван искључиво са утицајем температуре. Показано је да је процењени релативни значај честичног загађења мањи од преостале три испитиване врсте загађујућих супстанци (сумпор-диоксид, азот-диоксид и чађ), што значи да укључивање искључиво података о

концентрацији аеросола није најефикаснији начин за процену утицаја загађења ваздуха на здравље људи.

Такође, у оквиру ове теме је разматрана и акумулација перзистентних органских полутаната (*persistent organic pollutants* – POPs) у мајчином млеку и њихова веза са годинама мајке и бројем рођене деце. Применом великог броја статистичких метода и ML откривена је важност конституентних дескриптора конгенера за акумулацију органохлорних пестицида (ОСРs) и полихлорованих бифенила (РСВs), попут броја и положаја атома хлора прикљученог на фенил прстен (орто-положај). Показано је да нивои РСВs не зависе од броја рођене деце. С друге стране, утврђена је значајна међусобна веза између РСВ конгенера -153, -180, -170, -118, -156, -105 и -138 због њихове хемијске структуре и метаболичких процеса у телу мајке.

Наведени резултати су приказани у следећим радовима:

- *\*Introducing of modeling techniques in the research of POPs in breast milk – A pilot study*  
G. Jovanović, S. Herceg Romanić, **A. Stojić**, D. Klinčić, M. Matek Sarić, J. Grzunov Letinić and A. Popović  
Ecotox. Environ. Safe., **172**, 341-347 (2019) (ИФ: 4,527)
- *\*Levels of PM<sub>10</sub> bound species in Belgrade, Serbia: spatio-temporal distributions and related human health risk estimation*  
M. Perišić, S. Rajšić, A. Šoštarić, Z. Mijić, and **A. Stojić**  
Air Qual. Atmos. Hlth. **10(1)**, 93-103 (2017) (ИФ: 2,662)
- *\*Temperature-related mortality estimates after accounting for the cumulative effects of air pollution in an urban area*  
S.S. Stojić, N. Stanišić and **A. Stojić**  
Environ. Health, **15(1)**, 73 (2016) (ИФ: 3,816)
- *\*Single and combined effects of air pollutants on circulatory and respiratory system-related mortality in Belgrade, Serbia*  
S.S. Stojić, N. Stanišić, **A. Stojić** and A. Šoštarić  
J. Toxicol. Env. Heal. A **79(1)**, 17-27 (2016) (ИФ: 2,731)
- *\*Seasonal mortality variations of cardiovascular, respiratory and malignant diseases in the City of Belgrade*  
S.S. Stojić, N. Stanišić, **A. Stojić** and V. Džamić  
Stanovništvo, **54(1)**, 83-104 (2016)
- *Heavy metal accumulation in wheat and barley: The effects of soil presence and liquid manure amendment*  
S.S. Stojić, L. Ignjatović, S. Popov, S. Škrivanj, A. Đorđević. and **A. Stojić**  
Plant Biosyst. **150(1)**, 104-110 (2016) (ИФ: 1,39)
- *Essential oils of two Nepeta species inhibit growth and induce oxidative stress in ragweed (Ambrosia artemisiifolia L.) shoots in vitro*  
S. Dmitrović, M. Perišić, **A. Stojić**, S. Živković, J. Boljević, J.N. Živković and D. Mišić  
Acta Physiol. Plant. **37(3)**, 1-15 (2015) (ИФ: 1,563)

### 3. ЕЛЕМЕНТИ ЗА КВАЛИТАТИВНУ ОЦЕНУ НАУЧНОГ ДОПРИНОСА КАНДИДАТА

#### 3.1 Квалитет научних резултата

##### 3.1.1 Научни ниво и значај резултата, утицај научних радова

Др Андреја Стојић је у свом досадашњем раду дао кључни допринос у истраживању на укупно 20 радова објављених у категорији М20, као и 10 поглавља у књизи категорије М10, од којих је 8 објављено у истакнутим монографијама међународног значаја. Од 20 радова, 2 су објављена у часописима категорије М21а (међународни часописи изузетних вредности), 11 у часописима категорије М21 (врхунски међународни часописи), 4 у часописима категорије М22 (истакнути међународни часописи), 2 у часописима категорије М23 (међународни часописи), док је 1 објављен у категорији М24 (национални часописи међународног значаја).

У периоду након доношења одлуке Научног већа Института за физику о предлогу за стицање претходног научног звања, др Стојић је објавио 12 радова у часописима са ISI листе. Од тога је 1 рад објављен у часопису категорије М21а (међународни часописи изузетних вредности), 8 у часописима категорије М21 (врхунски међународни часописи), 2 у часописима категорије М22 (истакнути међународни часописи), док је 1 објављен у категорији М24 (национални часописи међународног значаја). Такође, кандидат је у том периоду објавио 5 поглавља у истакнутим монографијама међународног значаја категорије М13 и одржао 1 предавање по позиву на међународном скупу.

Као пет најзначајнијих радова др Стојића издвајају се:

1. *Explainable extreme gradient boosting tree-based prediction of toluene, ethylbenzene and xylene wet deposition*  
A. Stojić, N. Stanić, G. Vuković, S. Stanišić, M. Perišić, A. Šoštarić and L. Lazić  
Sci. Total Environ. **653**, 140–147 (2019), М21 (ИФ: 5,589), цитиран 2 пута.
2. *The innovative concept of three-dimensional hybrid receptor modeling*  
A. Stojić and S. Stanišić Stojić  
Atmos. Environ. **164**, 216–223 (2017), М21 (ИФ: 3,708), цитиран 1 пут.
3. *Temperature-related mortality estimates after accounting for the cumulative effects of air pollution in an urban area*  
S. Stanišić Stojić, N. S. Stanišić and A. Stojić  
J. Environ. Health, **15(1)**, 73 (2016), М21а (ИФ: 3,816), цитиран 4 пута.
4. *Comprehensive analysis of PM<sub>10</sub> in Belgrade urban area on the basis of long-term measurements*  
A. Stojić, S. Stanišić Stojić, I. Reljin, M. Čabarkapa, A. Šoštarić, M. Perišić and Z. Mijić  
Environ. Sci. Pollut. Res. **23(11)**, 10722–10732 (2016), М21 (ИФ: 2,741), цитиран 5 пута.
5. *Forecasting of VOC emissions from traffic and industry using classification and regression multivariate methods*

A. Stojić, D. Maletić, S. Stanišić Stojić, Z. Mijić and A. Šošarić  
Sci. Total Environ. **521**, 19-26 (2015), M21a (ИФ: 3,976), цитиран 11 пута.

У свих 5 радова је кандидат дао кључни научни допринос и може сматрати основним/најважнијим аутором. Радови изузев петог су објављени у периоду након избора у претходно звање.

У првом раду су испитани фактори животне средине који одређују уклањање толуена, етилбензена и ксилена из амбијенталног ваздуха у процесу влажне депозиције унутар биогеохемијског циклуса испарљивих органских једињења. Испитане су расподеле TEX између течне и гасне фазе, као и одговарајући фактори обогаћења кишнице. Показано је да су концентрације ових једињења у амбијенталном ваздуху и температуре кишнице и ваздуха доминантни фактори који обликују расподеле TEX у кишници. Далеко мање важни утицаји се могу приписати брзини ветра, атмосферском притиску, замућености кишнице и садржају укупног органског угљеника,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$  и  $\text{K}^+$ , док су се утицаји осталих фактора показали занемарљивим. У раду су везе између концентрација TEX у кишници и фактора обогаћења, с једне, и многобројних фактора животне средине, са друге стране (концентрације TEX у амбијенталном ваздуху, физичко-хемијски параметри кишнице и метеоролошки параметри), први пут моделиране применом машинског учења (XGBoost). Увид у физичко-хемијске процесе који управљају депозицијом TEX остварен је интерпретацијом добијених модела применом напредног метода XAI (SHAP). На овај начин су по први пут утврђене расподеле утицаја фактора животне на концентрације TEX у кишници и факторе обогаћења кишнице овим једињењима.

У другом раду су приказани резултати унапређеног приступа анализи транспорта загађења ваздуха базираног на хибридном рецепторским моделима. Основни недостаци ХРМ су се огледали у недовољном укључивању фактора релевантних за транспорт загађења посматраног са места рецептора. Такође, дводимензионални приступ (географска ширина и географска дужина) није омогућавао анализу вертикалних расподела загађења, веома важних за анализу образаца циркулације ваздуха и процену изложености људи и животне средине. Унапређење приказано у раду обухвата увођење три сегмента који обезбеђују анализу вертикалних расподела загађења ваздуха дуж путања транспорта: (1) издвајање удела транспортованог загађења у измереним концентрацијама дате загађујуће супстанце, (2) идентификацију крајњих тачака трајекторија кретања ваздуха репрезентативних за транспорт загађења посматраног са места рецептора и (3) развој тродимензионалних ХРМ. Први сегмент омогућава диференцијацију апсолутног удела позадинског нивоа загађења, локалних извора и процеса транспорта за концентрације загађујућих супстанци на месту рецептора. Овим приступом се у ХРМ укључују само удели концентрација који одговарају транспортованом загађењу. Други сегмент обезбеђује критеријуме за укључивање крајњих тачака трајекторија кретања ваздуха на основу висине планетарног граничног слоја. На овај начин се из анализе транспорта искључују крајње тачке које није могуће повезати са измереним концентрацијама на месту рецептора. Трећи сегмент представља приказ развоја првих тродимензионалних ХРМ: (1) 3Д функција потенцијалних доприноса (3D PSCF), (2) 3Д трајекторије отежињене концентрацијама (3D CWT), (3) гранични слој отежињен концентрацијама (CWBL).

У трећем раду је приказана нова метода за укључивање кумулативних средњорочних ефеката загађења ваздуха у Поасонов регресиони модел за процену ризика од смртности од кардио-васкуларних и респираторних обољења због климатских фактора. Реалније процене ризика смртности повезане са екстремним климатским условима постају све

важније за планирање будућих стратегија и мера прилагођавања актуелним климатским променама. Утврђено је да су кумулативни средњорочни ефекти загађења ваздуха значајнији од одложених, који су углавном укључени у регресионе моделе. Такође, показано је постоји оптимални распон температуре унутар кога се не очекује повећање стопе смртности повезане са њеном променом, што је различито у односу на дотадашње студије. С друге стране, утврђено је да ефекти загађења ваздуха добро објашњавају ризик од смртности током хладнијег времена, који је некада био повезиван искључиво са утицајем температуре. На тај начин је показано да однос смртности која се може приписати екстремно хладном времену и смртности услед топлотних таласа од једног реда величине не важи глобално. На крају, утврђено је да је процењени релативни значај честичног загађења мањи од преостале три испитиване врсте загађујућих супстанци (сумпор-диоксид, азот-диоксид и чађ), што значи да укључивање искључиво података о концентрацији аеросола није најефикаснији начин за процену утицаја загађења ваздуха на здравље људи.

У четвртом раду је приказана широка анализа просторно-временских расподела аеросола, њиховог хемијског састава и односа са другим загађујућим супстанцама и метеоролошким факторима у урбаној средини. Примена великог броја статистичких метода (рецепторски модели, мултифрактал и инверзна мултифрактал анализа, ХРМ, различите врсте поларних зависности од компоненти ветра, итд.), метода машинског учења (случајне шуме) и њихова хибридикација, омогућила је значајно побољшање квалитета и општости нивоа закључака у вези са процесима који одређују порекло и еволуцију аеросола. Приказана методологија је омогућила прецизнију идентификацију и квантификацију локалних, регионалних и удаљених извора загађења, као и фактора животне средине који одређују нивое, промене, флукуације и сингуларитете концентрација загађујућих супстанци у тропосфери.

У петом раду су испитане могућности прогнозе доприноса извора ИОЈ базиране на примени машинског учења (TMVA, ROOT). Применом рецепторских модела (PMF и *Unmix*) на концентрације ИОЈ измерених у реалном времену масеним спектрометром са трансфером протона (PTR-MS) и концентрације суспендованих честица (PM<sub>10</sub>) и неорганских гасних оксида (CO, NO<sub>x</sub>, NO, NO<sub>2</sub> и SO<sub>2</sub>), израчунати су доприноси концентрацијама ИОЈ која потичу из саобраћаја и индустрије. Могућност прогнозе доприноса испитана је за два случаја: када су као предиктори коришћени искључиво метеоролошки параметри и када су као предиктори коришћени метеоролошки параметри заједно са концентрацијама неорганских гасних оксида. Резултати показују да су методе стабала одлучивања и неуронских мрежа дале најбоље перформансе. Тачност прогнозе је била висока (најмања релативна грешка 6%), посебно када је прогноза била заснована на метеоролошким параметрима и концентрацијама неорганских гасних оксида.

### *3.1.2 Позитивна цитираност научних радова кандидата*

Према бази *ISI Web of Science*, радови др Стојића укупно су цитирани 174 пута, док је број цитата без ауоцитата 128. Према бази *Scopus*, укупан број цитата је 220, док је број цитата без ауоцитата 154. Према подацима из обе базе, Хиршов индекс радова др Стојића је 7.

### 3.1.3 Параметри квалитета часописа

Као елемент за процену квалитета научних радова приказани су и импакт-фактори часописа у којима су радови објављени. Др Стојић је објављивао радове у часописима категорија M21a, M21, M22, M23 и M24, при чему су подвучени импакт-фактори часописа у којима су публиковани радови након одлуке Научног већа Института за физику у Београду о предлогу за стицање претходног научног звања:

- 2 рада у *Science of the Total Environment* (ИФ 5,589 за 1 рад и ИФ 3,816 за 1 рад)
- 1 рад у *Ecotoxicology and Environmental Safety* (ИФ 4,527)
- 1 рад у *Chemosphere* (ИФ 4,208)
- 1 рад у *Environmental Health: A Global Access Science Source* (ИФ 3,816)
- 4 рада у *Atmospheric Environment* (ИФ 3,708 за 2 рада и ИФ 3,459 за 1 рад и ИФ 3,226 за 1 рад)
- 2 рада у *Environmental Science and Pollution Research* (ИФ 2,76 за 1 рад и ИФ 2,741 за 1 рад)
- 1 рад у *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A* (ИФ 2,731)
- 2 рада у *Air Quality, Atmosphere and Health* (ИФ 2,662 за 1 рад и ИФ 1,804 за 1 рад)
- 1 рад у *International Journal of Environmental Science and Technology* (ИФ 2,037)
- 1 рад у *Plant Biosystems* (ИФ 1,39)
- 1 рад у *Acta Physiologiae Plantarum* (ИФ 1,563)
- 1 рад у *Journal of Environmental Science and Health, Part A* (ИФ 1,276)
- 1 рад у *Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly* (ИФ 0,533)

Укупан импакт-фактор радова др Стојића износи 55,714, а у периоду након одлуке Научног већа Института за физику у Београду о предлогу за стицање претходног научног звања радова сумарни импакт фактор је 37,003. Часописи у којима објављује др Стојић су цењени по свом угледу и водећи у његовим областима рада. Међу поменути часописима посебно се истичу *Science of the Total Environment*, *Environmental Health*, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *Atmospheric Environment* и *Chemosphere*.

Додатни библиометријски показатељи према Упутству о начину писања извештаја о изборима у звања које је усвојио Матични научни одбор за физику приказани су у следећој табели:

	<b>ИФ</b>	<b>М</b>	<b>СНИП</b>
<b>Укупно</b>	37,003	89	13,774
<b>Усредњено по чланку</b>	3,084	7,417	1,148
<b>Усредњено по аутору</b>	8,438	19,624	3,179

### 3.1.4 Степен самосталности и степен учешћа у реализацији радова у научним центрима у земљи и иностранству

Од 20 објављених радова, др Стојић је први аутор на 6 радова, други наведени аутор на 4 рада, трећи аутор на 4 рада, и последњи аутор на 3 рада. На радовима који су



објављени у периоду након одлуке Научног већа Института за физику о предлогу за стицање претходног научног звања, др Стојић је први аутор на 3 рада, други наведени аутор на 1 раду, трећи наведени аутор на 3 рада и последњи аутор на 3 рада. Од 10 поглавља у монографијама од међународног значаја, др Стојић је први аутор на 2, други наведени аутор на 4 и последњи аутор на 1. На поглављима објављеним у периоду након одлуке Научног већа Института за физику о предлогу за стицање претходног научног звања, др Стојић је први аутор на 1, други наведени аутор на 3 и последњи аутор на 1.

При изради поменутих публикација, др Стојић је учествовао у осмишљавању и формулацији проблема, конструкцији и поставци експерименталних мерења, прикупљању података, развоју теоријских метода за анализу добијених резултата, моделирању и обради података, као и писању.

Током докторских студија кандидат се бавио проучавањем утицаја атмосферског загађења на животну средину, здравље људи и климатске промене. Бавио се увођењем методе масене спектрометрије са трансфером протона (PTR-MS) и мерењем концентрација великог броја ИОЈ у амбијенталном ваздуху и контролисаним, лабораторијским условима. Примарни фокус истраживања је био одређивање порекла атмосферских аеросола и ИОЈ, њихове динамике, структуре просторне расподеле, као и феномена и међусобних спрега које их дефинишу. Кандидат је учествовао у развоју нове методе прогнозе динамике доприноса извора загађујућих супстанци базиране на примени напредних метода машинског учења.

Након завршеног доктората, активности кандидата су усмерене ка разумевању улоге загађења ваздуха у његовом кружењу од извора загађења, преко атмосферских феномена и процеса у којима учествује, до утицаја на људе и животну средину. Активности се могу поделити у три дела: (1) прикупљање података кроз експеримент (мерење концентрација великог броја загађујућих супстанци у амбијенталном ваздуху; мерење концентрација ИОЈ у реалним и симулираним мултифазним системима животне средине) и јавно доступне базе података (морталитет – надлежне институције у Србији; загађујуће супстанце – *European Environmental Agency* и *US EPA*; метеоролошки параметри – *NOAA*), (2) анализу података применом великог броја статистичких метода и метода машинског учења за сагледавање феномена из различитих углова и (3) моделирање, које обухвата и развој статистичких метода (мултифазни системи животне средине; транспорт загађења ваздуха; утицај на здравље људи). Кандидат је покренуо истраживања усмерена ка анализи феномена из животне средине у контексту у коме се појављују применом најнапреднијих метода *ML* и *XAI* (загађење ваздуха; мултифазни системи животне средине; хумани биомониоринг). Са колегама из Института за физику у Београду и Института за медицинска истраживања и медицину рада, Република Хрватска, покренуо је истраживања перзистентних органских једињења у рибама и мајчином млеку базирана на примени најнапреднијих метода обраде података.

### 3.1.5 Награде

Сертификати о завршеним тренинзима на 3<sup>rd</sup>, 4<sup>th</sup> и 7<sup>th</sup> *Hands on PTR-MS* (2009, 2011, и 2019. године, Аустрија).



### 3.2 Ангажованост у формирању научних кадрова

Др Андреја Стојић је учествовао у израдама 2 докторске дисертације (Мирјана Перишић, 2016. година, *Примена хибридних рецепторских модела у анализи квалитета ваздуха и транспорта загађујућих материја у Београду*, Физички факултет Универзитета у Београду; Андреј Шоштарић, 2017. година, *Механизми уклањања лако испарљивих моноароматичних угљоводоника (ВТЕХ) из амбијенталног ваздуха мокром депозицијом*, Хемијски факултет Универзитета у Београду), 2 мастер рада (Ружица Шебек, 2017. година, *Сезонске варијације концентрација  $PM_{10}$  за Београд рачунате дисперзионим моделом*, Физички факултет Универзитета у Београду; Наташа Станојковић, 2019. година, *Климатске промене: могући утицај на здравље и морталитет у Новом Саду*, Животна средина и одрживи развој, Универзитет Сингидунум) и 3 дипломска рада (Никола Петровић, 2008. година, *Мониторинг испарљивих органских једињења у ваздуху*, Физички факултет Универзитета у Београду; Драгослав Ристић, 2010. година, *Мерења испарљивих органских једињења масеним спектрометром са трансфером протона*, Физички факултет Универзитета у Београду; Марија Тодоровић, 2012. година, *Мерење испарљивих органских једињења масеним спектрометром са трансфером протона – проблеми при мерењу у зависности од услова у реакционој комори*, Факултет за физичку хемију Универзитета у Београду).

У сарадњи са Регионалним центром за таленте Земун, кандидат је током 2012. године радио на изради експерименталних радова са ученицима који су учествовали на Републичком такмичењу младих талената за основне школе.

Током 2019. године кандидат је био ментор матурског рада *Примена метода машинског учења у физици животне средине* Лазара Златића, Математичка гимназија у Београду.

Кандидат је током школске 2016/2017. године водио пројекат студентске праксе *Истраживање квалитета ваздуха*, на коме су учествовала два студената треће године Физичког факултета у Београду.

Током 2019. године кандидат је учествовао у акредитацији, а потом је ангажован и као предавач на студијском програму *Животна средина и одрживи развој* Универзитета Сингидунум у Београду, на основним, мастер и докторским студијама.

### 3.3 Нормирање броја коауторских радова, патената и техничких решења

Сви радови др Андреје Стојића објављени након одлуке Научног већа Института за физику у Београду о предлогу за стицање претходног научног звања укључују резултате комплексних мерења и анализе података. Сви радови имају седам или мање коаутора, тако да се рачунају са пуним бројем бодова у односу на број коаутора.

### 3.4 Руковођење пројектима, потпројектима и пројектним задацима

У оквиру националног пројекта интердисциплинарних истраживања ИИИ 43007, под називом *Истраживање климатских промена и њиховог утицаја на животну средину – праћење утицаја, адаптација и ублажавање* руководи фазама истраживања које се односе на мерења и анализе ИОЈ и аеросола.

У периоду од 2019. до 2021. године, кандидат учествује на пројекту билатералне сарадње између Републике Србије и Републике Хрватске *Дуготрајна органохлорна једињења у*

мајчином млеку и њихов утицај на примарна оштећења ДНК у људским ћелијама, на коме руководи активностима у вези са обрадом података.

Кандидат је током 2016/2017. године руководио фазама и активностима *Националног центра изузетних вредности за примену плазме у нанотехнологијама, биомедицини и екологији*, Института за физику у Београду.

Током 2018. године кандидат је био руководилац пројекта *Мапирање извора токсичних, мутагених и канцерогених испарљивих органских једињења на територији Града Београда*, финансираног од стране Зеленог фонда, Министарства заштите животне средине Републике Србије у оквиру позива за подстицање образовних, истраживачких и развојних студија у области заштите животне средине.

### **3.5 Активност у научним и научно-стручним друштвима**

Кандидат је рецензент за часописе (рецензије након избора у претходно звање):

- *Science of the Total Environment* (2019. година),
- *Atmospheric Pollution Research* (2019. година),
- *Building and Environment* (2019. година),
- *International Journal of Environmental Research and Public Health* (2019. година),
- *Science and Technology of Nuclear Installations* (2019. година),
- *Ecotoxicology and Environmental Safety* (2018. година),
- *Fuel* (2018. година),
- *Environmental Pollution* (2017. и 2018. година),
- *Environment International* (2016. година),
- *Atmospheric Environment* (2016. година).

Кандидат је члан Асоцијације италијанских и српских научника и истраживача (AIS3).

### **3.6 Утицајност научних резултата**

Утицај научних резултата кандидата је приказан у секцији 3.1 овог документа. Поред тога, списак свих публикација и цитата је дат у прилогу, на основу чега се такође може закључити да су радови кандидата јасно препознати у оквиру области опште и интердисциплинарне физике.

### **3.7 Конкретан допринос кандидата у реализацији радова у земљи и иностранству**

Др Андреја Стојић је значајно допринео сваком раду у чијој припреми је учествовао. Од 12 радова објављених у периоду након одлуке Научног већа Института за физику у Београду о предлогу за стицање претходног научног звања, сви радови су урађени у сарадњи с колегама из земље и иностранства. Кандидат је у овим радовима имао кључни допринос: на 3 рада је први аутор, на 1 раду је наведен као други аутор, на 3 рада је трећи аутор и на 3 рада последњи аутор. Током израде ових публикација, он је осмислио тему истраживања и радио на развоју одговарајућих мерних поставки и симулација, прикупљању и анализи релевантних података, развоју теоријских модела, метода и техника анализа проблема, писању радова, а такође је био у комуникацији с уредницима часописа при слању радова за објављивање.

У Институту за физику у Београду кандидат је увео нове методе у проучавање порекла, еволуције и утицаја загађујућих супстанци у атмосфери базиране на мерењима у реалном времену и примени напредних статистичких метода и вештачке интелигенције имплементираних кроз методе машинског учења и *explainable artificial intelligence* за обраду података. Знања и искуства које је стекао у теоријском моделирању, аналитичким методама и техникама анализе у области опште и интердисциплинарне физике успешно преноси млађим сарадницима у Лабораторији за физику животне средине и студентима кроз четири предмета студијског програма *Животна средина и одрживи развој* Универзитета Сингидунум, Београд.

### 3.8 Уводна предавања на конференцијама и друга предавања

Након претходног избора у звање, др Стојић је одржао следеће уводно предавање по позиву на конференцији:

- **A. Stojić**  
*Modeling particulate matter in urban areas: Experiences of the Institute of Physics Belgrade*  
The 7<sup>th</sup> International WeBIOPATR, 1-3 October, 2019, Belgrade, Serbia, M32

Поред тога, одржао је и следећа предавања на међународним конференцијама:

- **A. Stojić, M. Perišić, G. Jovanović, S. Stanišić, N. Stanić and T. Milićević**  
*Parsing environmental factors which shape particulate matter pollution using explainable artificial intelligence*  
The 7<sup>th</sup> International WeBIOPATR, 1-3 October, 2019, Belgrade, Serbia, M34
- **A. Stojić and S.S. Stojić**  
*Concentration weighted boundary layer hybrid receptor model for analyzing particulate matter altitude distribution*  
The 6<sup>th</sup> International WeBIOPATR, 6-8 September, 2017, Belgrade, Serbia, M33

#### 4. ЕЛЕМЕНТИ ЗА КВАНТИТАТИВНУ ОЦЕНУ НАУЧНОГ ДОПРИНОСА КАНДИДАТА

Остварени резултати у периоду након одлуке Научног већа Института за физику о предлогу за стицање претходног научног звања дати су у табели. Према бази *ISI Web of Science*, радови кандидата укупно су цитирани 174 пута, док је број цитата без аутоцитата 128. Према бази *Scopus*, укупан број цитата је 220, док је број цитата без аутоцитата 154. Према подацима обе базе, Хиршов индекс радова кандидата је 7.

Категорија	М бодова по раду	Број радова	Укупно М бодова	Нормирани број М бодова
M13	7	5	35	35
M21a	10	1	10	10
M21	8	8	64	64
M22	5	1	5	5
M23	3	1	3	3
M24	2	1	2	2
M32	1,5	1	1,5	1,5
M33	1	12	12	12
M34	0,5	3	1,5	1,5

Поређење оствареног броја М-бодова с минималним квантитативним условима за избор у звање виши научни сарадник:

Минималан број М бодова		Услов - 150% минималног броја бодова*	Остварено (нормирано)
Укупно	50	75	134
M10+M20+M31+M32+M33 +M41+M42	40	60	132,5
M11+M12+M21+M22+M23	30	45	82

\* Минималан број М бодова за убрзано покретања поступка за избор у звање виши научни сарадник

## ЗАКЉУЧАК

Имајући у виду изузетно високу вредност и оригиналност научних радова др Андреје Стојића, као и његово значајно искуство у међународној сарадњи и педагошком раду, сматрамо да је кандидат достигао високу истраживачку зрелост и научну компетентност.

Др Стојић је претходно изабран у звање научни сарадник 30. марта 2016. године, односно пре 3 године и 9 месеци (у тренутку подношења извештаја). Од тада је остварио изузетне научне резултате, објавио је чак 12 радова у часописима категорије М20. Од тога је 1 рад објављен у часописима категорије М21а (међународни часописи изузетних вредности), док је 8 објављено у часописима категорије М21 (врхунски међународни часописи). Такође, др Стојић је у том периоду одржао 3 предавања на међународним скуповима, од којих је једно било предавања по позиву. Према бази *ISI Web of Science*, радови др Стојића укупно су цитирани 174 пута, док је број цитата без аутоцитата 128. Према бази *Scopus*, укупан број цитата је 220, док је број цитата без аутоцитата 154. Према подацима из обе базе, Хиршов индекс радова др Стојића је 7. Укупан импакт-фактор радова др Андреје Стојића износи 55,714, а у периоду након одлуке Научног већа Института за физику у Београду о предлогу за стицање претходног научног звања укупан импакт фактор је 37,003. Часописи у којима објављује др Стојић су цењени по свом угледу и водећи у његовим областима рада. Међу поменутиим часописима посебно се истичу *Science of the Total Environment, Environmental Health, Ecotoxicology and Environmental Safety, Atmospheric Environment* и *Chemosphere*.

Др Стојић је учесник 8 националних, 7 међународних и 1 ненаучног пројекта који се тичу области опште и интердисциплинарне физике, као и науке о подацима. Учествовао је у израдама 2 докторске дисертације, 2 мастер рада, 3 дипломска рада, био је ментор израде 1 матурског рада и водио 1 пројекат студентске праксе. Током 2019. године учествовао је у акредитацији, а потом је ангажован и као предавач на студијском програму *Животна средина и одрживи развој* Универзитета Сингидунум у Београду, на основним, мастер и докторским студијама.

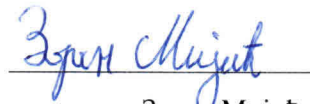
У Институту за физику у Београду др Стојић је увео нове методе у проучавање порекла, еволуције и утицаја загађујућих супстанци у атмосфери базиране на мерењима у реалном времену и примени напредних статистичких метода и алгоритама вештачке интелигенције имплементираних кроз методе машинског учења (*machine learning – ML*) и *explainable artificial intelligence – ХАИ* за обраду података. Знања и искуства које је стекао у теоријском моделирању и аналитичким методама у области опште и интердисциплинарне физике успешно преноси млађим сарадницима у Лабораторији за физику животне средине и студентима кроз четири предмета студијског програма *Животна средина и одрживи развој* Универзитета Сингидунум, Београд.

С обзиром на то да превазилази све предвиђене квантитативне и испуњава квалитативне услове, као и да је у тренутно научно звање научни сарадник изабран пре више од три године, у складу са Законом о научноистраживачкој делатности и Правилником о поступку, начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача комисија констатује да др Андреја Стојић испуњава све услове за убрзано напредовање у звање виши научни сарадник.

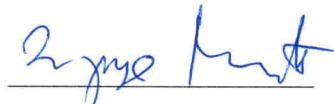
На основу свега наведеног изузетно нам је задовољство да предложимо Научном већу Института за физику у Београду да донесе одлуку о утврђивању предлога за избор др Андреје Стојића у звање виши научни сарадник по убрзаном поступку.

У Београду, 24. 12. 2019. године

Чланови комисије:



др Зоран Мијић  
виши научни сарадник  
Институт за физику у Београду



др Димитрије Малетић  
виши научни сарадник  
Институт за физику у Београду



проф. др Лазар Лазич  
редовни професор  
Физички факултет, Универзитет у Београду



проф. др Драгољуб Белић  
редовни професор  
Физички факултет, Универзитет у Београду