

**ТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ У БОРУ**

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ  
**Веће научних области техничких наука**

\_\_\_\_\_  
(Број захтева)

\_\_\_\_\_  
(Датум)

## **ЗАХТЕВ**

### **за давање сагласности на одлуку о прихватању теме докторске дисертације и о одређивању ментора**

Молимо да, сходно члану 47. ст. 5. тач. 3. Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета", број 186/15-пречишћени текст и 189/16), дате сагласност на одлуку о прихватању теме докторске дисертације:

#### **МОДЕЛОВАЊЕ КОНЦЕНТРАЦИЈЕ СУСПЕНДОВАНИХ ЧЕСТИЦА (PM<sub>10</sub>) У УРБАНОЈ СРЕДИНИ БЛИЗУ ИНДУСТРИЈСКИХ ПОСТРОЈЕЊА**

НАУЧНА ОБЛАСТ: **Инжењерски менаџмент**

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног од родитеља и презиме кандидата: **Невена (Ивица) Ристић**

2. Претходно образовање (назив и седиште факултета, студијски програм):

**Технички факултет Бор, Инжењерски менаџмент**

3. Година завршетка претходног нивоа студија: **2010.**

4. Година уписа на докторске студије: **2018.**

5. Назив студијског програма докторских студија: **Инжењерски менаџмент**

## ПОДАЦИ О МЕНТОРУ:

Име и презиме ментора: **др Милица Величковић**

Звање: **ванредни професор**

Установа у којој је запослен: **Технички факултет у Бору Универзитета у Београду**

Списак радова објављених у научним часописима са Science Citation Index (SCI) листе који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Ristić N., **Veličković M.**, Živković Ž., Panić M. (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*, in press. (M23)

[JCR–IF (2020) = 1,699; Environmental Sciences 226/274]

DOI: 10.15244/pjoes/146214

ISSN 1230-1485

2. **Arsić M.**, Mihajlović I., Nikolić Đ., Živković Ž., Panić M. (2020). Prediction of ozone concentration in ambient air using multilinear regression and the artificial neural networks methods, *Ozone: Science and Engineering*, 42(1), 79–88. (M23)

[JCR–IF (2020) = 2,562; Engineering, Environmental 37/54]

DOI: 10.1080/01919512.2019.1598844

ISSN 0191-9512

3 Amaury de Souza, Flavio Aristone, **Milica Arsić**, Ujjwal Kumar. Evaluation of Variations in Ground-Level Ozone (O<sub>3</sub>) Concentrations, *Ozone: Science & Engineering* (2017).

[IF (2016) = 0.892, Environmental Sciences 196/229]

doi.org/10.1080/01919512.2017.1398633

ISSN: 0191-9512

4. **Milica Arsić**, Đorđe Nikolić, Ivan Mihajlović, Živan Živković, Monitoring of the surface ozone concentrations in the Western Banat region (Serbia). *Applied Ecology and Environmental Research* 12(4) (2014), pp. 975-989.

[IF (2014) = 0.557, Environmental Sciences 211/229]

DOI: <http://dx.doi.org/10.15666/aecer>

ISSN: 1589-1623

5. Danijela Voza, Milovan Vuković, Ljiljana Takić, **Milica Arsić**, Spatial and seasonal variations in the water quality of the Morava river system, Serbia, *Fresenius Environmental Bulletin*, 24 (3b) (2015), pp. 1119-1130.

[IF (2015) = 0.372, Environmental Sciences 218/225]

ISSN: 1018-4619

6. Savić M., Mihajlović I., **Arsić M.**, Živković Ž. (2014). ANFIS model based prediction of the surface ozone concentration, *Journal of the Serbian Chemical Society*, 79(10), 1323–1334. (M23)

[JCR–IF (2014) = 0,871; Chemistry, Multidisciplinary 114/157]

DOI: 10.2298/JSC140126039S

ISSN 0352-5139

7. **Arsić, M.**, Đorđe Nikolić, Ivan Mihajlović, Živan Živković, Monitoring of the surface ozone concentrations in the Western Banat region (Serbia). Applied Ecology and Environmental Research 12(4) (2014), pp. 975-989.

[IF (2014) = 0.557, Environmental Sciences 211/229]

DOI: <http://dx.doi.org/10.15666/aer>

ISSN: 1589-1623

8. **Milica Arsić**, Đorđe Nikolić, Ivan Mihajlović, Živan Živković, Predrag Đordjević, Monitoring of Ozone Concentrations in the Belgrade Urban Area, Journal of Environmental Protection and Ecology, 13 (4), 2012, pp. 2057-2067.

[IF (2012) = 0.259, Environmental Sciences 206/210]

ISSN:1311-5065

Обавештавамо вас да је НАСТАВНО-НАУЧНО ВЕЋЕ ТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА У БОРУ на седници одржаној **10.06.2022.** размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације јер садржи оригиналну идеју и да је од значаја за развој науке, примену њених резултата, односно развој научне мисли уопште.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Нада Штрбац

- Прилог
1. Одлука Наставно-научног већа о прихватању теме и одређивању ментора
  2. Извештај Комисије о оцени научне заснованости теме докторске дисертације

**Напомена:** Факултет доставља Универзитету захтев са прилозима у електронској форми и у једном писаном примерку за архиву Универзитета

Универзитет у Београду  
**Технички факултет у Бору**  
Број: VI/4-35-10  
Бор, 13. 06. 2022. године

На основу чл. 49. Статута Техничког факултета у Бору и чл. 35. Правилника о докторским студијама на Техничком факултету у Бору, Наставно-научно веће Факултета на седници одржаној 10. 06. 2022. године, донело је

### ОДЛУКУ

**I** Прихвата се предлог о испуњености услова и о научној заснованости теме докторске дисертације кандидата **Невене Ристић**, студента докторских академских студија студијског програма Инжењерски менаџмент.

**II** Одобрава се именованом израда докторске дисертације под називом: „Моделовање концентрације суспендованих честица ( $PM_{10}$ ) у урбаној средини близу индустријских постројења“.

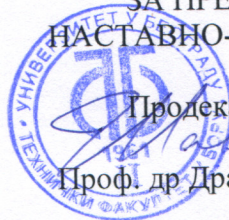
**III** За ментора се именује др **Милица Величковић**, ванредни професор Универзитета у Београду, Техничког факултета у Бору.

**IV** Одлуку доставити надлежном Већу научне области Универзитета у Београду, ради давања сагласности на одлуку о прихватању теме и оређивању ментора.

**Доставити:**

- ВНО Универзитет у Београду
- именованој
- студентској служби
- архиви

ЗА ПРЕДСЕДНИКА  
НАСТАВНО-НАУЧНОГ ВЕЋА  
Продекан за наставу  
Проф. др Драган Манасијевић



# НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ ТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА У БОРУ УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

**Предмет:** Извештај Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације кандидаткиње MSc Невене Ристић, мастер инжењер менаџмента.

Одлуком Наставно-научног већа Техничког факултета у Бору, бр. VI/4-33-5 од 18.04.2022.године, именовани смо за чланове Комисије за оцену научне заснованости предложене теме докторске дисертације кандидаткиње MSc Невене Ристић, под називом:

„Моделовање концентрације суспендованих честица ( $PM_{10}$ ) у урбаној средини близу индустријских постројења“.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидаткиње, Комисија подноси следећи:

## ИЗВЕШТАЈ

### 1. Подаци о кандидаткињи

#### 1.1. Биографски подаци

Невена Ристић рођена је 05.08.1985. године у Београду. Основну и средњу школу - Економско-трговинска школа, смер економски техничар, завршила је у Бору.

Технички факултет у Бору (Универзитет у Београду), завршила је 2009. године на смеру Индустријски менаџмент са просечном оценом 8.94/10 и оценом 10/10 на дипломском раду и тиме стекла звање дипломирани инжењер индустријског менаџмента.

Након завршетка основних студија, школске 2009/10. уписала је мастер академске студије у трајању од годину дана на истом факултету, на смеру Инжењерски менаџмент. Мастер рад одбранила је 28.10.2010. године са оценом 10/10 и просечном оценом током студија 8.75/10 и тиме стекла звање мастер инжењер менаџмента.

Школске 2018/19. године уписала је докторске академске студије на Техничком факултету у Бору, Универзитета у Београду, на студијском програму Инжењерски менаџмент, где је током студија положила све испите са просечном оценом 9.71/10.

Од 2018. године, ради у Институту за рударство и металургију у Бору, у одељењу заштите животне средине и климатских промена, као инжењер сарадник за инструменталну аналитику. Пре тога радила је у хотелу „Језеро“ на Борском језеру, на пословима референт набавке и ДОО „Фортуна“ Бор, на истим пословима, као референт набавке.

#### 1.2. Сечено научно-истраживачко искуство

Кандидаткиња MSc Невена Ристић своје научно-истраживачко искуство стиче радом у Институту за рударство и металургију у Бору, у истраживачком звању. Као истраживач била је ангажована на пројекту Министарства просвете, науке и технолошког развоја ТР-

37001 под називом „Утицај рударског отпада из РТБ-а Бор на загађење водотокова са предлогом мера и поступака за смањење штетног утицаја на животну средину“.

У досадашњем раду објавила је 5 научних радова, од којих је 1 публикован у међународном часопису категорије М23, 1 публикован у часопису националног значаја (М52), 2 су публикована у зборницима међународних конференција у целини (М33) и један категорије М34.

### *1.3. Списак објављених и саопштених радова*

#### **1.3.1. Рад у међународном часопису (М23)**

**Ristić Nevena**, Veličković Milica, Panić Marija, Živković Živan, (2022). The relationship between short-term exposure to PM10 and emergency room visits in urban area near copper smelter, Polish Journal of Environmental Studies. Accepted paper.

[JCR–IF (2020) = 1,699; Environmental Sciences 226/274]

DOI: 10.15244/pjoes/146214

ISSN 1230-1485

#### **1.3.2. Саопштење са међународног скупа штампано у целини (М33)**

**Milikić Nevena**, Veličković Milica, Isidora Milošević, Živković Živan, Seasonal variation of PM10 concentration in Bor urban area, The 51st International October Conference on Mining and Metallurgy, Bor, Serbia, (2019), pp. 323 - 326, ISSN: 978-86-6305-101-0;

**Milikić Nevena**, Milošević Isidora, Veličković Milica, Multiple criteria analysis of air pollution in an urban environment in the vicinity of a copper smelting plant, International May Conference on Strategic Management, Bor, Serbia -IMCSM2020, September 25-27 2020, Bor, Serbia, Volume XVI, Issue (1), pp. 299-310.

#### **1.3.3. Саопштење са међународног скупа штампано у изводу (М34)**

Milica Veličković, **Milikić Nevena**, Seasonal variations and sources of heavy metals in urban area, An international serial publication for theory and practice of Management Science: 299, International May Conference on Strategic Management, Bor, Serbia, (2020).

#### **1.3.4. Рад у истакнутом националном часопису (М52)**

1. Simonovski Aleksandar, Tasić Viša, Apostolovski-Trujić Tatjana, **Milikić Nevena**, Božilov Aca, (2020). SO<sub>2</sub> Concentrations in Bor, Serbia, in the period 2011-2020, Facta Universitatis, Series: Working and Living Environmental Protection, Vol. 17. No.2, pp. 131-137.

#### *1.4. Оцена подобности кандидаткиње за рад на предложеној теми*

У оквиру свог досадашњег рада као и истраживачким активностима, кандидаткиња MSc Невена Ристић је исказала значајну способност и самосталност за научно-истраживачки рад у области решавања проблема еколошког менаџмента, уз примену метода мултиваријантне анализе, којој припада предложена тема докторске дисертације. Публиковани радови у научним часописима и саопштени на скуповима, указују да је кандидаткиња показала смисао и компетенцију да се бави сложеним теоријским истраживањима и дефинисањем модела који поред теоријског значаја имају и практичну примену. Објављени радови који су произишли као резултат научног рада кандидаткиње, суштински су повезани са научном облашћу којој припада тема предложене докторске дисертације, што је квалификује за успешан рад на предложеној теми.

На основу претходних чињеница, Комисија констатује да кандидаткиња испуњава формалне услове за рад на изради докторске дисертације, као и научно-стручну усмереност ка области којој припада предложена тема (инжењерски менаџмент: мултиваријантна анализа и моделовање), те се оцењује подобном за рад на предложеној теми докторске дисертације.

## **2. Предмет и циљеви истраживања**

### *2.1. Предмет истраживања*

Суспендоване честице (PM) представљају сложену мешавину органских и неорганских супстанци и могу имати различит састав, који зависи од извора емисије. Њихов извор може бити природног и антропогеног порекла. У природне изворе спадају честице настале током пожара, пешчаних олуја, разарања стена, вулканских ерупција и од морских аеросоли. Антропогени извори укључују честице настале током индустријских процеса, из приватних ложишта и саобраћаја (Seinfeld and Pandis, 2006). Што су честице ситније, оне дуже остају суспендоване у атмосфери, а дужина опстанка у ваздуху зависи и од њиховог облика и густине. PM<sub>10</sub> честице представљају честице чији је пречник 10 микрометара и мање. Оне су крупне, тако да врло кратко буду суспендоване у ваздуху и углавном се задржавају у носу и горњим дисајним путевима (Anderson et al., 2012). Према Уредби о условима за мониторинг и захтевима квалитета ваздуха („Службени гласник РС бр”. 11/10, 75/10 и 63/13), дозвољена дневна гранична вредност, за концентрацију PM<sub>10</sub> је 50 µg/m<sup>3</sup>, која не сме бити прекорачена више од 35 пута у календарској години.

Постоје више фактора који утичу на ниво честица у ваздуху: људске активности, технологије индустријског процеса, метеоролошки услови, дугорочни и регионални пренос загађивача. Независно од извора загађења, климатске варијације, и други природни фактори играју важну улогу у распршивању суспендованих честица (PM<sub>10</sub>) у ваздуху и

њихов хемијски састав (Jones et al. 2010; Liu et al., 2014; Chang and Zhan, 2017). Метеоролошки услови, попут брзине ветра, правца ветра, температуре, релативне влажности ваздуха, атмосферског притиска и количине падавина, су најважнији у регулацији варијација концентрација суспендованих честица ( $PM_{10}$ ) у ваздуху (Pohjola et al., 2000; Mickley et al., 2004; Chen et al., 2016). Значајну улогу имају, такође, локални метеоролошки фактори и топографије подручја (Dragić, 2020). Концентрације суспендованих честица ( $PM_{10}$ ) имају негативну корелацију са температуром ваздуха и брзином ветра, али позитивну са ваздушним притиском и релативном влажношћу ваздуха (Liu et al., 2018). Однос концентрације суспендованих честица ( $PM_{10}$ ) и метеоролошких фактора варира и током различитих годишњих доба. Истраживањем је утврђено да је корелација између суспендованих честица ( $PM_{10}$ ) и температуре ваздуха негативна током лета и јесени, али позитивна током зиме и пролећа (Chen et al., 2016).

У последњих пар деценија загађење ваздуха у урбаним срединама, узроковано високим концентрацијама суспендованих честица ( $PM$ ) и њихов утицај на здравље људи, привлачи велику пажњу истраживача (Jo et al., 2017; Talbi et al., 2018; Vu et al., 2018). Бројним студијама је доказана веза између повишених концентрација полутаната у амбијенталном ваздуху и појаве различитих врста обољења. Већ дуже време истраживачи покушавају да открију како загађење ваздуха утиче на пораст стопе преране смртности (Stanisic et al., 2015), појаву акутног инфаркта миокарда (Fang et al., 2009), респираторне болести (Badida et al., 2016), хипертензију (Guo et al., 2010), менталне поремећаје (Bernardini et al., 2019) и повећан број спонтаних побачаја (Grippe et al., 2018).

Проблем загађења ваздуха у Бору постоји деценијама. Један од највећих и најстаријих рудника бакра у Европи налази се у Бору, док је топионица бакра смештена у урбаном делу града. Рударење у Бору започело је 1904. када је откривено значајно налазиште руде бакра и тада креће експлоатација и урбанизација овог дела Србије, који је до тада био руралан (Serbula et al., 2010). Локално становништво изложено је загађивачима као што су сумпор-диоксид ( $SO_2$ ) и суспендованим честицама ( $PM_{10}$ ) са високим садржајем арсена, олова, кадмијума, живе и никла (Nikolić et al., 2010) и других метала у ваздуху. Од 2010. суспендоване честице ( $PM_{10}$ ) у амбијенту ваздуха и њихова физичко-хемијска карактеризација биле су предмет неколико истраживачких студија у градском подручју Бора (Nikolić et al., 2010; Kovačević et al., 2010; Tasić et al., 2010; Tasić et al., 2012). Ово је прва студија ове врсте која испитује краткотрајну изложеност високим концентрацијама суспендованих честица на здравље становништва у овом изузетно загађеном делу света.

## 2.2. Циљ истраживања

На основу претходне анализе наведеног истраживачког проблема, могу се извести следећи циљеви истраживања:

- извршити анализу квалитета ваздуха у урбаној средини близу индустријског постројења, истражити и на основу тога предвидети кретање концентрације суспендованих честица ( $PM_{10}$ ) и тешких метала у ваздуху у будућем периоду;

- указати на штетан утицај који изложеност високим концентрацијама суспендованих честица ( $PM_{10}$ ) има на пораст стопе преране смртности, појаву акутног инфаркта миокарда, респираторне болести, хипертензију, погоршање менталних стања и повећан број спонтаних побачаја.
- повећати свест шире јавности о штетном утицају загађења на њихово здравље и анимирати одговорне појединце и институције да предузму активности усмерене ка смањењу емисије штетних гасова.

### *2.3. Најзначајнија научна литература коришћена за дефинисање теме докторске дисертације*

Полазна литература која је подстакла истраживање је она која се односи пре свега на штетно дејство суспендованих честица ( $PM_{10}$ ) на здравље људи, као и она која се бави варијацијом и предвиђањем будућих кретања концентрације овог полутанта.

Све је већи интерес истраживача за изучавање суспендованих честица, пре свега због њихове улоге у хемијским процесима који се одигравају у атмосфери и утицаја које имају, првенствено, на здравље људи. Многе студије пронашле су везу између краткотрајне и дуготрајне изложености људи повишеним концентрацијама  $PM_{10}$  и појаве различитих респираторних (Guo et al., 2018; Meng et al., 2013; Jo et al., 2017), кардиоваскуларних (Zhang et al., 2017; Feng et al., 2019), менталних поремећаја (Gao et al., 2017; Buoli et al., 2018; Duan et al., 2018; Liang et al., 2019; Li et al., 2020) и проблема у трудноћи (Di Caula and Bilancia, 2015; Ha et al., 2018).

С обзиром да концентрације суспендованих честица варирају у односу на метеоролошке услове, велики број истраживача испитивао је утицај метеоролошких параметара на промену концентрације  $PM_{10}$ , као и сезонске варијације овог полутанта (Cheng et al., 2006; Ali et al., 2015; Jo et al., 2017)

У литератури, посебно у последњој декади, врло често се срећу резултати о статистичком предвиђању кретања концентрација суспендованих честица, коришћењем метода као што су Principal Component анализа (PCA), Фрактална анализа (FA), Методе машинског учења и Вештачке неуронске мреже (ANNs). Ове методе представљају моћне алате за решавање проблема еколошког менаџмента и већи део њих биће искоришћен и у овом истраживању.

1. Ali Z, Shahzadi K, Sidra S, et al., Seasonal variation of particulate matter in the ambient conditions of Khanspur, Pakistan, The Journal of Animal and Plant Sciences, Volume 25, Issue 3 Supp. 2, 2015, pp. 700-705.
2. Bernardini, F., Attademo, L., Trezzi, R., Gobbicchi, C., Balducci, P. M., Del Bello, V., & Tortorella, A. (2020). Air pollutants and daily number of admissions to psychiatric emergency services: evidence for detrimental mental health effects of ozone. *Epidemiology and psychiatric sciences*, 29.
3. Buoli M, Grassi S, Caldiroli A, Carnevali GS, Mucci F, Iodice S, Cantone L, Pergoli L, Bollati V. 2018. Is there a link between air pollution and mental disorders? *Environ Int* 118:154–168.

4. Chang, W., & Zhan, J. (2017). The association of weather patterns with haze episodes: Recognition by PM<sub>2.5</sub> oriented circulation classification applied in Xiamen, Southeastern China. *Atmospheric Research*, 197, 425-436.
5. Chen, T., He, J., Lu, X., She, J., & Guan, Z. (2016). Spatial and temporal variations of PM<sub>2.5</sub> and its relation to meteorological factors in the urban area of Nanjing, China. *International journal of environmental research and public health*, 13(9), 921.
6. Cheng, Y. K.F. Ho, S.C. Lee, S.W. Law. 2006. Seasonal and diurnal variations of PM<sub>1.0</sub>, PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub> in the roadside environment of Hong Kong, China *particuology* 4 (6), 312-315.
7. Choi H.-S., Song K. Kang M. Kim Y. Lee K.-K. Choi H. 2022. Deep learning algorithms for prediction of PM<sub>10</sub> dynamics in urban and rural areas of Korea, *Earth Science Informatics*, 10.1007/s12145-022-00771-1.
8. Di Caula A, Bilancia M. 2015. Relationships between mild PM<sub>10</sub> and ozone urban air levels and spontaneous abortion: clues for primary prevention. *Int J Environ Health Res*. 25 (6): 640–655.
9. Duan J, Cheng Q, Luo XL, Bai LJ, Zhang H, Wang SS, Xu ZH, Gao JJ, Zhang YW, Su H. Is the serious ambient air pollution associated with increased admissions for schizophrenia? *Sci Total Environ*. 644. 14–19.
10. Feng W, Li H, Wang S, Van Halm-Lutterodt N, An J, Liu Y, Liu M, Wang X, Guo X. 2019. Short-term PM<sub>10</sub> and emergency department admissions for selective cardiovascular and respiratory diseases in Beijing, China. *Sci Total Environ*. 657: 213-221.
11. Gao Q, Xu Q, Guo X, Fan H, Zhu H. 2017. Particulate matter air pollution associated with hospital admissions for mental disorders: a time-series study in Beijing, China. *Eur Psychiat* 44:68–75.
12. Grippo, A., Zhang, J., Chu, L., Guo, Y., Qiao, L., Myneni, A. A., & Mu, L. (2018). Air pollution exposure during pregnancy and spontaneous abortion and stillbirth. *Reviews on environmental health*, 33(3), 247-264.
13. Guo H, Chen M. 2018. Short-term effect of air pollution on asthma patient visits in Shanghai area and assessment of economic costs. *Ecotoxicol Environ Saf*. 161: 184–189.
14. Ha S, Sundaram R, Louis GM, Nobles C, Seeni I, Sherman S, Mendola, P. 2018. Ambient air pollution and the risk of pregnancy loss: a prospective cohort study. *Fertil Steril*. 109(1):148–53.
15. Halek, F., Mansour Kianpour-Rad, Ali Kavousirahim, Seasonal variation in ambient PM mass and number concentrations (case study: Tehran, Iran) *Environmental Monitoring and Assessment* 169 (2010) 501–507.
16. Jo EJ, Lee WS, Jo HY, Kim CH, Eom JS, Mok JH, Kim MH, Lee K, Kim KU, Lee MK, Park HK. 2017. Effects of particulate matter on respiratory disease and the impact of meteorological factors in Busan, Korea. *Respir Med*. 124.
17. Jo, E.J. Lee, W.S., Jo, H.Y. Chang-Hoon Kim, Jung-Seop Eom, Jeong-Ha Mok, Mi-Hyun Kim, Kwangha Lee, Ki-Uk Kim, Min-Ki Lee, Hye-Kyung Park, Effects of

- particulate matter on respiratory disease and the impact of meteorological factors in Busan, Korea, *Respiratory Medicine* 124 (2017) 79-87.
18. Jones, A. M., Harrison, R. M., & Baker, J. (2010). The wind speed dependence of the concentrations of airborne particulate matter and NO<sub>x</sub>. *Atmospheric Environment*, 44(13), 1682-1690.
  19. Kovačević, R., Jovašević-Stojanović, M., Tasić, V., Milošević, N., Petrović, N., Stanković, S., & Matić-Besarabić, S. (2010). Preliminary analysis of levels of arsenic and other metallic elements in PM<sub>10</sub> sampled near copper smelter Bor (Serbia). *Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly/CICEQ*, 16(3), 269-279.
  20. Li H, Zhang S, Qian ZM, Xie XH, Luo Y, Han R, Hou J, Wang C, McMillin. SE, Wu S, Tian F, Deng WF, Lin H. 2020. Short-term effects of air pollution on cause-specific mental disorders in three subtropical Chinese cities. *Environ Res.* 191.
  21. Liang Z, Xu C, Cao Y, Kan HD, Chen RJ, Yao CY, Liu XL, Xiang Y, Wu N, Wu L, Li YF, Ji A, Cai TJ. 2019. The association between short-term ambient air pollution and daily outpatient visits for schizophrenia: a hospital-based study. *Environ Pollut* 244:102– 108.
  22. Liu, F., Tan, Q. W., Jiang, X., Jiang, W. J., & Song, D. L. (2018). Effect of relative humidity on particulate matter concentration and visibility during winter in Chengdu. *Huan jing ke xue = Huanjing kexue*, 39(4), 1466-1472.
  23. Liu, Y., Zhao, N., Vanos, J. K., & Cao, G. (2017). Effects of synoptic weather on ground-level PM<sub>2.5</sub> concentrations in the United States. *Atmospheric Environment*, 148, 297-305.
  24. Meng X, Wang C, Cao D, Wong CM, Kan H. 2013. Short-term effect of ambient air pollution on COPD mortality in four Chinese cities. *Atmos Environ* 77: 149-154.
  25. Mickley, L. J., Jacob, D. J., Field, B. D., & Rind, D. (2004). Effects of future climate change on regional air pollution episodes in the United States. *Geophysical Research Letters*, 31(24).
  26. Nidzgorska-Lencewicz J. 2018. Application of artificial neural networks in the prediction of PM<sub>10</sub> levels in the winter months: A case study in the Tricity Agglomeration, Poland. *Atmosphere* 9(6), 10.3390/atmos9060203
  27. Nikolić, D., Milošević, N., Mihajlović, I., Živković, Ž., Tasić, V., Kovačević, R., & Petrović, N. (2010). Multi-criteria analysis of air pollution with SO<sub>2</sub> and PM<sub>10</sub> in urban area around the copper smelter in Bor, Serbia. *Water, air, and soil pollution*, 206(1), 369-383.
  28. Pohjola, M., Kousa, A., Aarnio, P., Koskentalo, T., Kukkonen, J., Harkonen, J., & Karppinen, A. (2000). Meteorological interpretation of measured urban PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub> concentrations in the Helsinki Metropolitan Area. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 42.
  29. Santurtún, A., Rasilla, D. F., Riancho-Zarrabeitia, L., & Zarrabeitia, M. T. (2017). Relationship between chronic obstructive pulmonary disease and air pollutants

- depending on the origin and trajectory of air masses in the north of Spain. *Archivos de Bronconeumología* (English Edition), 53(11), 616-621.
30. Stojić, S. S., Stanišić, N., Stojić, A., & Šoštarić, A. (2016). 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.
  31. Talbi, A., Kerchich, Y., Kerbachi, R., & Boughedaoui, M. (2018). Assessment of annual air pollution levels with PM<sub>1</sub>, PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub> and associated heavy metals in Algiers, Algeria. *Environmental Pollution*, 232, 252-263.
  32. Tasić, V., Jovašević-Stojanović, M., Vardoulakis, S., Milošević, N., Kovačević, R., & Petrović, J. (2012). Comparative assessment of a real-time particle monitor against the reference gravimetric method for PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> in indoor air. *Atmospheric Environment*, 54, 358-364.
  33. Tasić, V., Milošević, N., Kovačević, R., & Petrović, N. (2010). Analysis of air pollution caused by particle matter emission from the copper smelter complex Bor (Serbia). *Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly*, 16(3), 219-228.
  34. Ul-Saufie A.Z., Yahaya A.S. Ramli N.A., Rosaida N., Hamid H.A. 2013. Future daily PM<sub>10</sub> concentrations prediction by combining regression models and feedforward backpropagation models with principle component analysis (PCA), *Atmospheric Environment* 77, 621 – 630.
  35. Yang, Q., Yuan, Q., Li, T., Shen, H., & Zhang, L. (2017). The relationships between PM<sub>2.5</sub> and meteorological factors in China: seasonal and regional variations. *International journal of environmental research and public health*, 14(12), 1510.
  36. Zhang C, Ding R, Xiao C, Xu Y, Cheng H, Zhu F, Lei R, Di D, Zhao Q, Cao J. 2017. Association between air pollution and cardiovascular mortality in Hefei, China: A time-series analysis. *Environ Pollut* 229: 790.

#### *2.4. Основне хипотезе*

Полазне хипотезе, којима је дефинисан предмет истраживања, произашле су из анализе литературе и прегледа ранијих истраживања из ове области. Дефинитивно, повишени ниво концентрације појединих еколошких параметара указује на алармантност ситуације. Успостављање модела за предикцију будућих дневних концентрација суспендованих честица (PM<sub>10</sub>), има значај са аспекта смањења њихове даље емисије.

На основу планираних циљева истраживања, могу се дефинисати следеће хипотезе, које представљају основни оквир за истраживање у овом раду.

*Х<sub>0</sub>: Скуп мерених концентрација суспендованих честица, тешких метала и метеоролошких параметара у реалном времену је статистички поуздан да би се са добијеним резултатима могло вршити статистичко моделовање.*

Мерењем концентрација полутаната и метеоролошких параметара у реалном времену по стандардизованим методама (ISO стандард), добијени статистички скуп са задовољавајућом статистичком поузданошћу омогућује моделовање концентрације суспендованих честица близу индустријских постројења. Ове чињенице стварају могућности да се дефинише следећа хипотеза:

*X<sub>1</sub>: Могуће је методама мултиваријантне анализе утврдити изворе и извршити моделовање концентрације суспендованих честица.*

Велики утицај на интензитет загађења, као и ширење и транспорт суспендованих честица имају и метеоролошки фактори, пре свега атмосферска температура, брзина и смер ветра и влажност ваздуха, те тако можемо дефинисати следећу хипотезу:

*X<sub>2</sub>: Праћењем концентрације суспендованих честица (PM<sub>10</sub>) заједно са основним метеоролошким параметрима може се очекивати законита промена током топлих и хладних периода у години.*

Методама вишеструке линеарне регресије (MLR) као и нелинеарним методама као што су вештачке неуронске мреже (ANNs) могуће је предвидети будуће кретање дневних концентрација суспендованих честица (PM<sub>10</sub>) у амбијенталном ваздуху у односу на улазне параметре. Ова чињеница дозвољава да се дефинише следећа хипотеза:

*X<sub>3</sub>: Методама MLRA и ANNs могу се дефинисати зависности концентрације суспендованих честица (PM<sub>10</sub>) од улазних параметара и предвидети њихове будуће концентрације.*

Имајући у виду доказано штетно дејство суспендованих честица и последице које повећане концентрације доносе, врло је важно испитати њихов утицај на здравље људи и појаву одређених акутних болести. Колике ће последице бити зависи од њихове концентрације, времена и степена изложености. Стога се може дефинисати следећа хипотеза:

*X<sub>4</sub>: Применом методе GAM (Generalized Additive Model) могуће је дефинисати зависност појаве одређених акутних обољења од изложености високим концентрацијама суспендованих честица (PM<sub>10</sub>).*

## 2.5. Научне методе истраживања

За успешну реализацију циљева истраживања и потврђивање постављених хипотеза у докторској дисертацији користиће се основне и посебне методе логичког расуђивања и научног сазнања. Од основних метода научног истраживања биће коришћене следеће методе:

- Експериментални метод;
- Метода моделирања;
- Статистички метод.

Такође, поред основних метода користиће се и следеће посебне методе:

- Индуктивна и дедуктивна метода закључивања;
- Аналитичка и синтетичка метода;
- Посебне методе апстракције, генерализације и специјализације;
- Компарација.

Да би се успешно реализовао предмет истраживања примениће се специјалне статистичке методе:

- Мултиваријантна анализа (MLR, PCA);
- Вештачке неуронске мреже (ANNs)
- Вишекритеријумска метода одлучивања;
- Generalized Additive Model (GAM).

## *2.6. Очекивани научни допринос*

Очекивани научни допринос овог рада се састоји у следећем:

- На основу прикупљених података о вредностима загађујућих материја у ваздуху, извршиће се упоредна анализа добијених података са прописаним граничним и циљним вредностима ради утврђивања максималних и критичних концентрација за сваки загађивач посебно;
- На основу улазних параметара биће дефинисан модел за предикцију будућих концентрација суспендованих честица;
- Научна и шира јавност биће упозната са чињеницом на који начин загађење ваздуха утиче на прерану стопу смртности и морбидитет становништва, посебно у земљама у развоју у урбаној средини, близу индустријских постројења;
- Применом методе Generalized Additive Model (GAM) формираће се модел зависности између високе концентрације загађивача у ваздуху и здравља људи.
- Утврђивањем главних загађивача ваздуха утврдиће се и главни извори загађења, што има за циљ да одговорним појединцима и институцијама скрене пажњу на потребу смањења емисије полутаната.

## *2.7. План истраживања и структура рада*

2.7.1. План истраживања, који одређује ток рада на дисертацији, састоји се из следећих фаза:

- Проучавање релевантних извора литературе;
- Прикупљање података о квалитету емисија еколошких параметара у ваздуху (подаци са мерних станица);
- Прикупљање осталих релевантних података потребних за истраживање (метеоролошки, географски подаци, здравствени подаци итд.);

- Статистичка анализа, синтеза и сортирање добијених података у вези концентрације суспендованих честица (PM<sub>10</sub>), сумпор диоксида (SO<sub>2</sub>) и тешких метала у ваздуху у урбаним срединама, близу индустријског постројења;
- Дискусија добијених резултата, извођење закључака и давање препорука за побољшање квалитета ваздуха у складу са добијеним подацима.

## 2.7.2. Структура рада

### 1. Уводни део

- 1.1. Значај и сложеност предмета истраживања.
- 1.2. Преглед и анализа досадашњих истраживања.
- 1.3. Методе истраживања.
- 1.4. Циљеви истраживања.
- 1.5. Хипотезе истраживања и очекивани научни допринос.

### 2. Анализа утицаја метеоролошких параметара на варијације концентрације суспендованих честица (PM<sub>10</sub>).

- 2.1. Испитивање сезонске варијације концентрације суспендованих честица (PM<sub>10</sub>)
- 2.2. Утицај атмосферске температуре на промену концентрације суспендованих честица (PM<sub>10</sub>)
- 2.3. Утицај руже ветрова на ширење суспендованих честица (PM<sub>10</sub>)

### 3. Предвиђање будућих дневних концентрација суспендованих честица (PM<sub>10</sub>)

- 3.1. Примена вештачких неуронских мрежа (ANN) у процесу предвиђања дневних концентрација суспендованих честица (PM<sub>10</sub>)
- 3.2. Примена вишеструке линеарне регресије (MLR) у процесу предвиђања дневних концентрација суспендованих честица (PM<sub>10</sub>)
- 3.3. Примена хибридних модела (ANN-PCA и MLR-PCA) у процесу предвиђања дневних концентрација суспендованих честица (PM<sub>10</sub>)
- 3.4. Компарација примењених метода моделовања

### 4. Анализа утицаја високих концентрација суспендованих честица на морбидитет становништва

- 4.1. Испитивање утицаја краткотрајне изложености концентрацијама PM<sub>10</sub> на појаву акутних респираторних и кардиоваскуларних обољења
- 4.2. Испитивање утицаја краткотрајне изложености концентрацијама PM<sub>10</sub> на појаву акутних менталних обољења
- 4.3. Испитивање утицаја краткотрајне изложености концентрацијама PM<sub>10</sub> на појаву проблема у трудноћи

### 5. Дискусија резултата

### 6. Закључак

### 6.1. Преглед и анализа доприноса

### 6.2. Предвиђени правци даљег истраживања

*Напомена: Могуће су мање модификације у складу са добијеним резултатима истраживања.*

## 3. Закључак и предлог

Анализом података из пријаве теме за израду докторске дисертације кандидаткиње Невене Ристић, студенткиње докторских студија на Техничком факултету у Бору Универзитета у Београду, Комисија закључује да кандидаткиња испуњава све законске услове за израду предложене докторске дисертације, а такође сматра да је предложена тема актуелна и адекватна за израду докторске дисертације.

Имајући у виду све наведено, Комисија предлаже Наставно-научном већу Техничког факултета у Бору, Универзитета у Београду, да кандидаткињи Невени Ристић одобри израду докторске дисертације под називом: “МОДЕЛОВАЊЕ КОНЦЕНТРАЦИЈЕ СУСПЕНДОВАНИХ ЧЕСТИЦА ( $PM_{10}$ ) У УРБАНОЈ СРЕДИНИ БЛИЗУ ИНДУСТРИЈСКИХ ПОСТРОЈЕЊА“ у оквиру уже научне области Инжењерски менаџмент, за коју Технички факултет у Бору има акредитоване докторске студије.

За ментора докторске дисертације предлаже се проф. др Милица Величковић, ванредни професор Техничког факултета у Бору, Универзитета у Београду, која испуњава све Законом предвиђене услове (већи број радова публикованих у часописима са SCI листе).

У Бору, мај 2022. године

**Чланови Комисије**

---

Проф. Др Снежана Шербула

Универзитет у Београду, Технички факултет у Бору

---

Проф. Др Марија Панић

Универзитет у Београду, Технички факултет у Бору

---

Проф. Др Ивана Младеновић-Ранисављевић

Универзитет у Нишу, Технолошки факултет у Лесковцу



Република Србија  
Универзитет у Београду  
Технички факултет Бор  
Број индекса: 7/2018  
Деловодни број: VI-1/15-79  
Датум: 15.06.2022.

На основу члана 161 Закона о општем управном поступку и службене евиденције издаје се

## УВЕРЕЊЕ О ПОЛОЖЕНИМ ИСПИТИМА

**Невена Ристић**, име једног родитеља Ивица, рођена 05.08.1985.године, Београд, Савски венац, Република Србија, 2018/19. школске године уписана на докторске академске студије на 1. годину, 2021/22. школске године први пут уписана у 3. годину, финансирање из буџета, студијски програм Инжењерски менаџмент, током студија положила је испите из следећих предмета:

| Р.бр. | Шифра        | Назив предмета                                     | Оцена      | ЕСПБ | Фонд часова** | Датум       |
|-------|--------------|----------------------------------------------------|------------|------|---------------|-------------|
| 1.    | 14ДИМ1УПП    | Управљање пословним процесима                      | 10 (десет) | 15   | I:(90+60+0)   | 07.02.2019. |
| 2.    | 14ДИМ1ПМ     | Пројект менаџмент                                  | 9 (девет)  | 15   | I:(90+60+0)   | 11.06.2019. |
| 3.    | 14ДИМ1ТИ     | Технологија и иновације                            | 9 (девет)  | 15   | II:(90+60+0)  | 26.08.2019. |
| 4.    | 14ДИМ1ОМ     | Оперативни менаџмент                               | 10 (десет) | 15   | II:(90+60+0)  | 09.09.2019. |
| 5.    | 14ДИМ2СМ     | Стратегијски менаџмент                             | 10 (десет) | 15   | III:(90+60+0) | 05.02.2021. |
| 6.    | 14ДИМ2ДДТ    | Докторска дисертација-дефинисање теме              | 10 (десет) | 15   | III:(0+150+0) | 28.09.2021. |
| 7.    | 14ДИМ2ДДСИР1 | Докторска дисертација-студијски истраживачки рад 1 | 10 (десет) | 30   | IV:(0+300+0)  | 29.09.2021. |

\* - еквивалентира/признат испит.

\*\* - Фонд часова је у формату (предавања+вежбе+остало).

Укупно остварено 120 ЕСПБ.

Општи успех: 9,71 (девет и 71/100), по годинама студија (9,50, 10,00, /).

Напомена: Уверење се издаје за потребе Већа научних области техничких наука Универзитета у Београду.

Референт Службе за студентска питања