

**УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ГРАЂЕВИНСКИ ФАКУЛТЕТ**

Булевар краља Александра 73
11120 Београд, Р. Србија
П. факс 35-42
Телефон: (011) 321-86-06, 337-01-02
Телефакс: (011) 337-02-23
Е пошта: dekanat@grf.bg.ac.rs
www.grf.bg.ac.rs



**UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING**

Bulevar kralja Aleksandra 73
11120 Belgrade, Republic of Serbia
P.O.B. 35-42
Phone+381 11 321 8606, +381 11 337 0102
Fax +381 11 337 0223
Email: dekanat@grf.bg.ac.rs
www.grf.bg.ac.rs

**УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ВЕЋЕ НАУЧНИХ ОБЛАСТИ
ГРАЂЕВИНСКО-УРБАНИСТИЧКИХ НАУКА**

У прилогу дописа достављамо Вам материјал за давање сагласности на предлог теме докторске дисертације **Огњена Говедарице, маг.инж.грађ.** под насловом:

**„УНАПРЕЂЕЊЕ КОНТРОЛЕ ПОВРШИНСКОГ ОТИЦАЈА У УРБАНИМ
СРЕДИНАМА КРОЗ ПРИМЕНУ НАЧЕЛА ЦИРКУЛАРНЕ
ЕКОНОМИЈЕ”**

**„ IMPROVING THE CONTROL OF SURFACE RUNOFF IN URBAN
ENVIRONMENTS THROUGH THE APPLICATION OF CIRCULAR
ECONOMY PRINCIPLES”**

Прилог:

1 примерак обрасца УБ 03

1 примерак одлуке о прихватању извештаја

1 примерак извештаја

Извештај прослеђен на e-mail

ШЕФ СЛУЖБЕ ЗА СТУДЕНТСКА ПИТАЊА

Тамара Вукша, дипл.педагог

Грађевински факултет
3/2024
28.06.2024.

ЗАХТЕВ

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

Молимо да, сходно чл. 48 ст. 5 тач. 3) Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“ бр. 201/2018, 207/2019, 213/2020, 214/2020, 217/2020, 230/21, 232/22, 233/22 и 236/22), дате сагласност на одлуку о прихватању теме докторске дисертације:

**„УНАПРЕЂЕЊЕ КОНТРОЛЕ ПОВРШИНСКОГ ОТИЦАЈА У УРБАНИМ
СРЕДИНАМА КРОЗ ПРИМЕНУ НАЧЕЛА ЦИРКУЛАРНЕ ЕКОНОМИЈЕ”**

**„IMPROVING THE CONTROL OF SURFACE RUNOFF IN URBAN
ENVIRONMENTS THROUGH THE APPLICATION OF CIRCULAR ECONOMY
PRINCIPLES”**

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ: **Грађевинско инжењерство**

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног од родитеља и презиме кандидата:
ОГЊЕН/Радивоје/ГОВЕДАРИЦА
2. Претходно образовање (назив и седиште факултета, студијски програм)
Грађевински факултет у Београду, Грађевинарство
3. Година завршетка претходног нивоа студија:
2018
4. Година уписа на докторске студије:
2018
5. Назив студијског програма докторских студија:
Грађевинарство
6. Датум подношења пријаве теме докторске дисертације:
23.05.2024.

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ:

Име и презиме ментора: БРАНИСЛАВА ЛЕКИЋ

Звање: ванредни професор

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Stanić, F., Govedarica, O., Jaćimović, N., Lekić, B., & Randelović, A. (2023). A novel semi-analytical (inertial) solution for determining permeability of highly pervious porous materials using the two-reservoir laboratory setup. *Water Resources Research*, 59, e2022WR034158. <https://doi.org/10.1029/2022WR034158> **M21a**
2. A.Đukić, B.Lekić, V. Rajaković-Ognjanović, Đ.Veljović, T.Vulić, M.Đolić, Z.Naunović, J.Despotović, D.Prodanović, Further insight into the mechanism of heavy metals partitioning in stormwater runoff, *J. Environ. Manage.* 168 (2016) 104-110. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.11.035>. **M21**
3. Dana D. Marković, Branislava M. Lekić, Vladana N. Rajaković-Ognjanović, Antonije E. Onjia, Ljubinka V. Rajaković, A New Approach in Regression Analysis for Modeling Adsorption Isotherms, *Sci. World.J.*, Volume **2014**, Article ID 930879, <http://dx.doi.org/10.1155/2014/930879> **M21**
4. Govedarica O., Aškrabić M., Hadnađev-Kostić M., Vulić T., Lekić B., Rajaković-Ognjanović V., Zakić D., Evaluation of Solidified Wastewater Treatment Sludge as a Potential SCM in Pervious Concrete Pavements, (2022) *Materials*, 15 (14), art. no. 4919, DOI: 10.3390/ma15144919 **M22**
5. Aleksandar Djukić, Branislava Lekić, Vladana Rajaković-Ognjanović, Zorana Naunović and Dušan Prodanović, Build-up and characterisation of pollutants on urban impervious surfaces, *Water Science & Technology*, Vol. 77.8, **2018**, 2123-2133. doi: 10.2166/wst.2018.128. **M23**
6. Rajakovic-Ognjanovic Vladana N, Jovanovic Branislava M, Zivojinovic Dragana Z, Rajakovic Ljubinka V, Challenging Analytical Task: Analysis and Monitoring of Arsenic Species in Water, *Environmental Engineering and Management Journal*, (2014), vol. 13 br. 9, str. 2275-2282. **M23**

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ:

Име и презиме ментора: АЛЕКСАНДАР ЂУКИЋ

Звање: ванредни професор

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Stoimir Kolarević, Adrienn Micsinai, Réka Szántó-Egész, Alena Lukács, Margareta Kračun-Kolarević, Ana Djordjević, Danijela Vojnović-Milutinović, Jovana Jovanović Marić, Alexander K.T. Kirschner, Andreas A.H. Farnleitner, Rita Linke, Aleksandar Đukic, Jovana Kostić-Vuković, Momir Paunović (2022) Wastewater-based epidemiology in countries with poor wastewater treatment Epidemiological indicator function of SARS-CoV-2 RNA in surface waters. *Science of the Total Environment*. (STOTEN 156964) DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156964> [M21a]
2. Stoimir Kolarević, Adrienn Micsinai, Réka Szántó-Egész, Alena Lukács, Margareta Kračun-Kolarević, Lian Lundy, Alexander K.T. Kirschner, Andreas A.H. Farnleitner, Aleksandar Djukic, Jasna Čolić, Tanja Nenin, Karolina Sunjog, Momir Paunović (2021) Detection of SARS-CoV-2 RNA in the Danube River in Serbia associated with the discharge of untreated wastewaters. *Science of the Total Environment*. 783 (2021) (146967), pp.1-7. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.146967 [M21a]
3. Aleksandar Djukić, Branislava Lekić, Vladana Rajaković-Ognjanović, Djordje Veljović, Tatjana Vulić, Maja Djolić, Zorana Naunović, Jovan Despotović, Dušan Prodanović (2016) Further Insight into the Mechanism of Heavy Metals Partitioning in Stormwater Runoff. *Journal of Environmental Management*. (168), pp.104-110. DOI: 10.1016/j.jenvman.2015.11.035 [M21]
4. Claudia Agudelo-Vera, Stefania Avvedimento, Joby Boxall, Enrico Creaco, Henk de Kater, Armando Di Nardo, Aleksandar Djukic, Isabel Douterelo, Katherine E. Fish, Pedro L. Iglesias Rey, Nenad Jacimovic, Heinz E. Jacobs, Zoran Kapelan, Javier Martinez Solano, Carolina Montoya Pachongo, Olivier Piller, Claudia Quintiliani, Jan Ručka, Ladislav Tuhovčák, Mirjam Blokker (2020) Drinking Water Temperature around the Globe: Understanding, Policies, Challenges and Opportunities. *Water*. 12 (), pp.1-19. DOI: 10.3390/w12041049 [M22]
5. Aleksandar Djukić, Branislava Lekić, Vladana Rajaković-Ognjanović, Zorana Naunovic, Dušan Prodanović (2018) Build-up and characterisation of pollutants on urban impervious surfaces. *Water Science and Technology*. 77 (8), pp.2123-2133. DOI: 10.2166/wst.2018.128 [M23]
6. Branislav Babić, Aleksandar Djukić, Miloš Stanić (2014) Managing water pressure for water savings in developing countries. *Water SA*. 40 (2), pp.221-232. DOI: 10.4314/wsa.v40i2.4 [M23]
7. Katarina Krstić, Aleksandar Djukić, Zeljko Vasilić (2018) Bridge Deck Runoff Water Quality Modeling - The "Gazela" Bridge Case Study. *Water Research and Management*. Vol 8 (No. 3), pp.23-28. [M24]
8. Aleksandar Djukić, Branislava Lekić, Vladana Rajaković Ognjanović (2017) Contaminant Build-Up in Urban Snow Cover. *Water Research and Management*. 7 (1), pp.19-23. [M24]

Обавештавамо вас да је Наставно-научно веће Факултета на седници одржаној 27.06.2024. године. 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 ГРАЂЕВИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.др Владан Кузмановић, дипл.грађ.инж.

**УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ГРАЂЕВИНСКИ ФАКУЛТЕТ**

Булевар краља Александра 73
11120 Београд
П. факс 35-42
Телефон: (011) 321-86-06, 337-01-02
Телефакс: (011) 337-02-23
Е пошта: dekanat@grf.bg.ac.rs
www.grf.bg.ac.rs



**UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING**

73 Kralja Aleksandra Blvd.
11120 Belgrade, Republic of Serbia
P.O.B. 35-42
Phone+381 11 321 8606, +381 11 337 0102
Fax +381 11 337 0223
Email: dekanat@grf.bg.ac.rs
www.grf.bg.ac.rs

На основу члана 61. став 1. тачка 22. Статута Универзитета у Београду - Грађевинског факултета (*број 23/11-5 од 23.05.2024. године*), Наставно - научно веће Грађевинског факултета Универзитета у Београду, на својој седници одржаној дана 27. 06. 2024. године, донело је

ОДЛУКУ

Прихвата се Извештај Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације кандидата **Огњена Говедарице, маг. инж. грађ.**, под **измењеним** насловом који гласи:

**„УНАПРЕЂЕЊЕ КОНТРОЛЕ ПОВРШИНСКОГ ОТИЦАЈА У УРБАНИМ
СРЕДИНАМА КРОЗ ПРИМЕНУ НАЧЕЛА ЦИРКУЛАРНЕ ЕКОНОМИЈЕ”**

**„ IMPROVING THE CONTROL OF SURFACE RUNOFF IN URBAN
ENVIRONMENTS THROUGH THE APPLICATION OF CIRCULAR ECONOMY
PRINCIPLES”**

Предлаже се да ментори при изради наведене докторске дисертације буду **в. проф. др Бранислава Лекић, дипл.грађ.инж.** и **в. проф. др Александар Ђукић, дипл.грађ.инж.** са Грађевинског факултета Универзитета у Београду.

Предложеној тему докторске дисертације доставити Већу научних области грађевинско – урбанистичких наука Универзитета у Београду на сагласност.

ДЕКАН ГРАЂЕВИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф. др Владан Кузмановић, дипл. грађ.инж.

Доставити:

- Универзитету у Београду;
- Именованом;
- Студентској служби;
- Општој служби – архиви;
- шефу Кабинета декана.

**НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ
ГРАЂЕВИНСКОГ ФАКУЛТЕТА
УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ**

Предмет: Извештај комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације

Одлуком Наставно-научног већа Грађевинског факултета Универзитета у Београду бр. 162/3 од 31.05.2024. године именовани смо за чланове Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације кандидата Огњена Говедарице, маг. инж. грађ, под насловом:

**„УНАПРЕЂЕЊЕ СТРАТЕГИЈА ЗА КОНТРОЛУ ПОВРШИНСКОГ
ОТИЦАЈА КРОЗ ПРИМЕНУ НАЧЕЛА ЦИРКУЛАРНЕ ЕКОНОМИЈЕ -
УПОТРЕБА ОТПАДНИХ МАТЕРИЈАЛА У ПОРОЗНОМ БЕТОНСКОМ
ПОПЛОЧАЊУ ЗА ГРАДОВЕ РЕЗИЛИЈЕНТНЕ НА УРБАНЕ ПОПЛАВЕ”**

**„ENHANCING SURFACE RUNOFF CONTROL STRATEGIES THROUGH
THE IMPLEMENTATION OF CIRCULAR ECONOMY PRINCIPLES -
UTILIZATION OF WASTE MATERIALS IN POROUS CONCRETE
PAVEMENTS FOR URBAN FLOOD RESILIENCE”**

На основу материјала приложеног уз молбу кандидата, комисија у саставу:

1. Проф. др Владана Рајаковић-Огњановић (Универзитет у Београду – Грађевински факултет)
2. В. проф др Александар Ђукић (Универзитет у Београду – Грађевински факултет)
3. В. проф. др Милица Хаднађев-Костић (Технолошки факултет Нови Сад – Универзитет у Новом Саду)
4. Доц. др Марина Шкондрић (Универзитет у Београду – Грађевински факултет)
5. Научни сарадник Филип Станић (Универзитет у Београду – Грађевински факултет)

подноси Наставно-научном већу Грађевинског факултета у Београду следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

1.1. Биографски подаци

Огњен Р. Говедарица, маг. инж. грађ., рођен је 02.06.1994. године у Београду. Основну школу „Душко Радовић“ завршио је у Сремчици, општина Чукарица (Београд), 2009. године. Потом уписује „XIII београдску гимназију“ коју са одличним успехом завршава 2013. године.

Грађевински факултет Универзитета у Београду, студијски програм Грађевинарство, уписао је 2013. године одређивши се за модул Хидротехника и водно еколошко инжењерство. Основне академске студије завршио је 2017. године одбравивши дипломски рад из предмета Комунална хидротехника 1 под називом „Снабдевање водом Пожаревца“ са највишом оценом и укупном просечном оценом положених испита током студија од 8,89. Мастер студије Грађевинског факултета у Београду, уписао је исте године и завршио 2018. године одбравивши мастер рад из уже научне области Комунално и санитарно инжењерство под називом „Анализа утицаја начина мерења потрошње воде на специфичну потрошњу воде становништва“ са највишом оценом и просечном оценом положених испита на мастер студијама 10,00. За одличне резултате постигнуте на предметима катедре за Хидротехнику и водно–еколошко инжењерство добио је награду из Фонда професора Вујице Јевђевића за најбољег студента мастер студија на модулу за хидротехнику и водно–еколошко инжењерство. Током студија обављао је стручне праксе у предузећима Енергопројект Хидроинжењеринг а.д. и Ехтинг д.о.о. из Београда.

У јуну 2018. године учествовао је у теренским мерењима батиметрије и квалитета воде језера Палић и Лудаш у оквиру пројекта „Одрживо управљање мочварама прекограничног слива Палић-Лудаш“ финансираног у оквиру пројекта Interreg – IPA CBC Hungary – Serbia. У јулу исте године похађао је Интернационалну летњу школу „Одрживи развој урбанизованих територија“ у Новосибирску, Руска Федерација.

Након завршетка мастер студија школске 2018/2019. уписао је докторске студије на Грађевинском факултету Универзитета у Београду, студијски програм Грађевинарство. До краја 2022. године положио је све планом и програмом предвиђене испите на докторским студијама са просечном оценом 9,88.

Говори и пише енглески језик (B2 ниво), а служи се норвешким језиком (A2 ниво). Такође поседује активно знање рада на рачунару. Користи ЕРА апликације за моделирање водоводних система (EPANET) и канализационих система (EPA SWMM).

1.2. Рад у настави

Током мастер студија у школској 2016/2017. години кандидат је радио као студент демонстратор на предметима Хидрологија на другој и Комунална хидротехника 1 на трећој години основних академских студија студијског програма Грађевинарство на Грађевинском факултету. Од септембра 2018. год. био је ангажован као демонстратор на предмету Механика флуида на другој години основних студија студијског програма Грађевинарство на Грађевинскоом факултету у Београду.

Од 14.12.2018. године запослен је на Грађевинском факултету Универзитета у Београду као асистент за уже научне области Комунално и санитарно инжењерство, Еколошко инжењерство и Хидрологија. Од 2018. учествује на извођењу вежби на предметима Хидрологија на другој години основних студија, Инжењерска хидрологија и Комунална хидротехника 1 на трећој години основних студија, Комунална хидротехника 2 и Урбана хидрологија на четвртој години основних студија и Комунална хидротехника 3 на мастер академским студијама. Рад кандидата у настави је оцењен у студентским антетама одличним оценама.

Активно учествује у изради дипломских и мастер радова студената основних академских студија Грађевинарство, модул Хидротехника и водно-еколошко инжењерство.

1.3. Научно – истраживачки и стручни рад кандидата

Као истраживач, учествује на следећим научно-истраживачким пројектима:

2023 – 2025.	Пројекат: Citizen Co-creation: Shaping a Sustainable Future of Wastewater Treatment in Serbia by pioneering energy-neutral & zero-waste approach. Финансиран од стране Центра за промоцију науке – активан Кординатор пројекта: в. проф. др. Бранислава Лекић (Универзитет у Београду – Грађевински факултет)
2023 – 2024.	Пројекат: Zero-waste porous pavement alternatives for flood resilient cities. (ID: 00139323/00129089/2023/3) Финансиран из ЕУ фондова кроз UNDP програм „EU for Green Agenda in Serbia-Circular Economy for Resource Efficiency and Industrial Symbiosis“ – активан Кординатор пројекта: в. проф. др. Бранислава Лекић (Универзитет у Београду – Грађевински факултет)
2022 - 2024.	Пројекат: ZERO-WASTE CONCEPT FOR FLOOD RESILIENT CITIES (Ø-Waste-Water) (ID #7737365) финансиран од стране Фонда за науку Републике Србије у оквиру позива ИДЕЈЕ. – активан Кординатор пројекта: проф. др. Владана Рајаковић-Огњановић (Универзитет у Београду – Грађевински факултет)
од јануара 2019. -	пројекат „Мерење и моделирање физичких, хемијских, биолошких и морфодинамичких параметара река и водних акумулација“ (ТР37009), финансиран од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја. Кординатор пројекта: в. проф. др. Зорана Науновић (Универзитет у Београду – Грађевински факултет)

У периоду од октобра 2018. до маја 2024, објавио је 3 рада у часописима од међународног значаја, 3 рада на међународним конференцијама, 7 саопштења на међународним конференцијама, 5 радова у часописима од националног значаја, 14 радова на домаћим конференцијама и 2 саопштења на домаћим конференцијама. Списак научних радова дат је у наставку.

Као сарадник радио је на изради две студије, плана детаљне регулације и једног идејног решења. Списак стручних радова дат је у наставку.

Научни радови

Научни часописи међународног значаја (M21a, M21, M22, M23 и M24)

1. Filip Stanić, Ognjen Govedarica, Nenad Jaćimović, Branislava Lekić, Anja Randelović (2023) ‘A Novel Semi-Analytical (Inertial) Solution for Determining Permeability of Highly Pervious Porous Materials Using the Two-Reservoir Laboratory Setup’. *Water Resources Research*. 56 (7). <https://doi.org/10.1029/2022WR034158> [M21a]
2. Ognjen Govedarica, Marina Aškrabić, Milica Hadnađev-Kostić, Tatjana Vulić, Branislava Lekić, Vladana Rajaković-Ognjanović, Dimitrije Zakić (2022) ‘Evaluation of Solidified Wastewater Treatment Sludge as a Potential SCM in Pervious Concrete Pavements’. *Materials*. 15 (14), pp.4919. <https://doi.org/10.3390/ma15144919> [M22]
3. Ognjen Govedarica, Vladana Rajaković-Ognjanović, Branislava Lekić, Branislav Babić (2019) ‘Water softening by nanofiltration – Case study’. *Water Research and Management Journal*. 9(3-4). [M24]

Саопштења са међународних научних скупова штампана у целини (M33)

1. Aleksandra Parezanović, Ehsan Kiana, Andrijana Rajović, Ognjen Govedarica, Marina Aškrabić, Aleksandar Radević, Aleksandar Savić, Dimitrije Zakić (2022) ‘Investigation of the mechanical,

hydrophysical and thermotechnical properties of porous lightweight aggregate concrete'. In: XXVIII kongres DIMK i IX kongres SIGP sa međunarodnim simpotijumom o istraživanjima i primeni savremenih dostignuća u građevinarstvu u oblasti materijala i konstrukcija, 19-21. oktobra 2022., pp.433-442. ISBN: 978-86-87615-10-6 [M33]

2. Ognjen Govedarica, Vladana Rajaković-Ognjanović, Aleksandar Đukić, Branislav Babić (2021) 'Removal of Heavy Metals from Wastewater by Electrocoagulation'. In: 12th Eastern European Young Water Professionals Conference, Water Research and Innovations in Digital Era, Riga, Latvia, 31 March-2 April 2021., pp.143-148. ISBN: 978-9934-22-618-2 [M33]
3. Ognjen Govedarica, Vladana Rajaković-Ognjanović, Aleksandar Đukić, Branislava Lekić, Branislav Babić (2019) 'Improving quality of drinking water in the water treatment plant by decrease of hardness with respect to sodium concentration control'. In: 11th Eastern European Young Water Professionals Conference, Water for All - Water for Nature, Reliable Water Supply, Wastewater Treatment and Reuse, Prague, Czech Republic, 1-5 October 2019., pp.168-174. ISBN: 978-80-7592-054-6 [M33]

Саопштења са међународних научних скупова штампана у изводу (M34)

1. Tatjana Vulić, Milica Hadnađev-Kostić, Vladana Rajaković-Ognjanović, Branislava Lekić, Dimitrije Zakić, Marina Aškrabić, Đurđica Kranović, Ognjen Govedarica (2023) 'Pervious concrete pavements: The influence of solidified wastewater treatment sludge as a supplementary cementitious material on pavement porosity'. In: 15th International symposium „Novel technologies and sustainable development“, Leskovac, Serbia, 20-21 October 2023., pp. 109. ISBN: 978-86-89429-56-5 [M34]
2. Željko Radovanović, Ognjen Govedarica, Marina Aškrabić, Milica Hadnađev-Kostić, Tatjana Vulić, Branislava Lekić, Vladana Rajaković-Ognjanović, Dimitrije Zakić (2023) 'Solidified wastewater treatment sludge as a prospective supplementary cementitious material for processing pervious concrete pavements'. In: 24th Yucomat 2023, Herceg Novi, Montenegro, 4-8 September 2023., pp. 64. ISBN: 978-86-919111-8-8 [M34]
3. Milica Hadnađev-Kostić, Tatjana Vulić, Vladana Rajaković-Ognjanović, Branislava Lekić, Zorana Naunović, Dimitrije Zakić, Aleksandar Radević, Aleksandar Savić, Marina Aškrabić, Ognjen Govedarica, Đurđica Karanović, Željko Radovanović, Marija Cvetković, Snežana Svetozarević (2023) 'Urban flood protection and stormwater removal: The development of the multifunctional porous pavement prototype'. In: International conference on hydro-climate extremes and society, Novi Sad, Serbia, 27-30 June 2023., pp.49-50. ISBN: 978-86-7031-622-5 [M34]
4. Đurđica Karanović, Milica Hadnađev-Kostić, Tatjana Vulić, Ognjen Govedarica, Vladana Rajaković-Ognjanović (2023) 'Thermally Activated ZnCr Layered Double Hydroxide Based Photocatalysts: Photocatalytic and Antibacterial Efficiency'. In: 18th International conference on chemistry and the environment, Venice, Italy, 11-15 June 2023. pp.425. [M34]
5. Đurđica Karanović, Milica Hadnađev-Kostić, Tatjana Vulić, Aleksandar Jokić, Branislava Lekić, Vladana Rajaković-Ognjanović, Ognjen Govedarica (2022) 'Photocatalytic efficiency of ZnCr-mixed metal oxides in correlation to reaction parameters'. In: 2nd International Conference on Advanced Production and Processing, Novi Sad, Serbia, 20-22 October 2022., pp. 234. ISBN: 978-86-6253-160-5 [M34]
6. Vladana Rajaković-Ognjanović, Branislav Proročić, Anja Šaponjić, Ognjen Govedarica, Branislava Lekić (2021) 'How to Choose Property: Coagulation vs. Electrocoagulation in Wastewater Treatment'. In: 11th International Conference on Environmental Engineering and Management - ICEEM11, Environmental Engineering for a Clean and Healthy Planet, Muttensz, Switzerland, 8-10 September 2021., pp. 103-104. ISSN: 2457-7049 [M34]
7. Žarko Sretenović, Ognjen Govedarica, Željko Vasilović, Miodrag Popović, Aleksandar Đukić (2021) 'Variable Speed Pump Modeling Using PID Control in EPA SWMM'. In: 12th Eastern European Young Water Professionals Conference, Water Research and Innovations in Digital Era, Riga, Latvia, 31 March-2 April 2021., pp. 143-148. ISBN: 978-9934-22-618-2 [M34]

Радови у часописима од националног значаја (M51 и M52)

1. Aleksandar Savić, Aleksandar Radević, Marina Aškrabić, Ognjen Govedarica, Vladana Rajaković-Ognjanović, Dimitrije Zakić (2023) 'Mogućnost primene poroznih betonskih ploča sa udelom otpadnih materijala za smanjenje površinskog otcicaja u urbanim sredinama'. *Vodoprivreda*. 55 (325-326), pp.325-326. ISSN: 0350-0519 [M51]

2. Aleksandar Đukić, Branislava Lekić, Branislav Babić, Ognjen Govedarica, Vladana Rajaković-Ognjanović (2022) 'Prirodom inspirisana rešenja infrastrukture urbanog odvodnjavanja - Mogućnost primene i ograničenja'. *Voda i sanitarna tehnika*. LII(4), pp.15-24. ISSN: 0350-5049 [M52]
3. Branislav Babić, Ognjen Govedarica, Aleksandar Đukić (2022) 'Elementi bilansa vodovodnih sistema - Metodologija i terminologija'. *Vodoprivreda*. 54 (315-316), pp.43-48. ISSN: 0350-0519 [M51]
4. Ognjen Govedarica, Tina Dašić, Miloš Stanić, Vladana Rajaković-Ognjanović, Aleksandar Đukić (2020) 'Analiza i izbor optimalne metode omekšavanja vode primenom VIKOR i AHP metode Studija slučaja'. *Vodoprivreda*. 52 (306-308), pp.235-247. ISSN: 0350-0519 [M51]
5. Ognjen Govedarica, Dragan Savić, Aleksandar Đukić, Branislav Babić (2019) 'Uticaj povećanja udela merenih potrošača na specifičnu potrošnju vode'. *Voda i sanitarna tehnika*. (2/2019), pp.47-66. ISSN: 0350-5049 [M52]

Саопштења са скупова од националног значаја штампана у целини (M63)

1. Ognjen Govedarica, Branislava Lekić, Vladana Rajaković-Ognjanović, Aleksandar Radević, Dimitrije Zakić (2024) 'Unapređenje održive gradnje kroz koncept nultog otpada za zaštitu gradova od kišnih poplava'. In: *53. konferencija o aktuelnim temama korišćenja i zaštite voda, VODA 2024*, Palić, Srbija, 27. – 29. maj 2024. [M63]
2. Ognjen Govedarica, Aleksandar Đukić, Vladana Rajaković-Ognjanović (2024) 'Procena koeficijenta opterećenja zagađenjem površinskog oticaja sa ruralnih površina.'. In: *53. konferencija o aktuelnim temama korišćenja i zaštite voda, VODA 2024*, Palić, Srbija, 27. – 29. maj 2024. [M63]
3. Branislava Lekić, Vladana Rajaković-Ognjanović, Ognjen Govedarica, Aleksandar Radević, Dimitrije Zakić (2024) 'Unapređenje održive gradnje kroz upotrebu otpadnih materijala u poroznim betonima za zaštitu gradova od kišnih poplava'. In: *Zbornik radova: Naučno-stručni skup. Aktuelni trendovi u oblasti građevinskih materijala i konstrukcija*, Beograd, 10. maj 2024. pp 47-67.(ISBN 978-86-87615-12-0) [M63]
4. Vladana Rajaković–Ognjanović, Branislava Lekić, Zorana Naunović, Ognjen Govedarica, Dimitrije Zakić, Marina Škondrić (2024) 'Inovativna rešenja za popločavanje gradova u cilju smanjenja efekata poplava primenom strategije „Nultog otpada“'. In: *Otpadne vode, komunalni čvrsti otpad i opasan otpad*, Kragujevac, Srbija, 3-5. aprila 2024., pp. 120-124. ISBN: 978-86-81618-17-2 [M63]
5. Vladana Rajaković–Ognjanović, Zorana Naunović, Ognjen Govedarica, Marina Škondrić (2024) 'Primena testa izluživanja za procenu uticaja modifikovanih betonskih kocki na vode u okruženju'. In: *Otpadne vode, komunalni čvrsti otpad i opasan otpad*, Kragujevac, Srbija, 3-5. aprila 2024., pp. 140-145. ISBN: 978-86-81618-17-2 [M63]
6. Ognjen Govedarica, Filip Stanić, Nenad Jaćimović, Branislava Lekić, Anja Randelović (2024) 'Inovativna eksperimentalna metoda za određivanje vodoprovodljivosti visokopropusnih poroznih materijala'. In: *20. Savetovanje SDHI i SDH*, Beograd, Srbija, 1-2. aprila 2024. [M63]
7. Filip Stanić, Ognjen Govedarica, Nenad Jaćimović, Branislava Lekić, Anja Randelović (2024) 'Korišćenje polu-analitičkih rešenja za analizu rezultata testa vodoprovodljivosti sa dva rezervoara'. In: *20. Savetovanje SDHI i SDH*, Beograd, Srbija, 1-2. aprila 2024. [M63]
8. Aleksandar Đukić, Branislava Lekić, Branislav Babić, Ognjen Govedarica (2023) 'Moguće implikacije primene predloga nove direktive o otpadnim vodama EU u Srbiji'. In: *52. konferencija o aktuelnim temama korišćenja i zaštite voda, VODA 2023*, Palić, Srbija, 31. maj – 2. jun 2023., pp. 1-12. ISBN: 978-86-82674-00-9 [M63]
9. Vladana Rajaković–Ognjanović, Branislava Lekić, Zorana Naunović, Ognjen Govedarica, Dimitrije Zakić, Aleksandar Radević, Aleksandar Savić, Marina Aškračić (2023) 'Primena strategije nultog otpada - Upotreba mulja sa postrojenja za prečišćavanje otpadne vode u građevinskim materijalima'. *Otpadne vode, komunalni čvrsti otpad i opasan otpad*, Vrnjačka Banja, Srbija, 4-6. april 2023., pp. 57-56. ISBN: 978-86-81618-14-1 [M63]
10. Ognjen Govedarica, Aleksandar Đukić, Vladana Rajaković-Ognjanović (2022) 'Procena koeficijenta opterećenja zagađenjem površinskog oticaja sa urbanih površina u Beogradu'. In: *51. konferencija o aktuelnim temama korišćenja i zaštite voda, VODA 2022*, Vrnjačka Banja, Srbija, 26-28. oktobar 2022., pp. 197-206. ISBN: 978-86-916753-9-4 [M63]
11. Vladana Rajaković–Ognjanović, Branislava Lekić, Zorana Naunović, Ognjen Govedarica, Dimitrije Zakić, Aleksandar Radević, Aleksandar Savić, Marina Aškračić, Vera Obradović, Tatjana Vulić, Milica Hadnađev-Kostić, Đurđica Karanović, Marija Cvetković, Snežana Svetozarević (2022)

- ‘Primena koncepta „Nula Otpada“ - Promocija pametnih rešenja kod urbanog odvodnjavanja’. In: *Otpadne vode, komunalni čvrsti otpad i opasan otpad*, Subotica, Srbija, 14-16. jul 2022., pp. 171-175. ISBN: 978-86-81618-13-4 [M63]
12. Đurđica Karanović, Milica Hadnađev-Kostić, Tatjana Vulić, Vladana Rajaković–Ognjanović, Branislava Lekić, Ognjen Govedarica (2022) ‘Uklanjanje organskih boja iz otpadnih voda primenom bimetalnih fotokatalizatora na bazi cinka’. In: *Otpadne vode, komunalni čvrsti otpad i opasan otpad*, Subotica, Srbija, 14-16. jul 2022., pp. 89-93. ISBN: 978-86-81618-13-4 [M63]
 13. Ognjen Govedarica, Filip Stanić, Anja Randelović (2021) ‘Fizički zasnovano modeliranje infiltracije kod prirodno inspirisanih rešenja’. In: *19. Savetovanje SDHI i SDH*, Beograd, Srbija, 18-19. oktobra 2021., pp.395-410. ISBN: 978-86-7518-219-1 [M63]
 14. Aleksandar Đukić, Ognjen Govedarica, Branislav Babić (2021) Obezbeđenje vode za piće i sanitacije za marginalizovane grupe u Republici Srbiji. In: *50. konferencija o aktuelnim temama korišćenja i zaštite voda, VODA 2021*, Zlatibor, Srbija, 22-24. septembra 2021., pp.17-26. ISBN: 978-86-916753-8-7 [M63]
 15. Ognjen Govedarica, Branislav Babić, Aleksandar Đukić (2020) Metodologija određivanja potrebnih količina voda za vodosnabdevanje naselja za potrebe vodoprivrednih analiza. In: *49. konferencija o aktuelnim temama korišćenja i zaštite voda, VODA 2020*, Trebinje, Bosna i Hercegovina, 19-20. novembra 2020., pp.477-482. ISBN: 978-86-916753-7-0 [M63]

Саопштења са скупова од националног значаја штампана у изводу (M64)

1. Vladana Rajaković-Ognjenović, Branislava Lekić, Zorana Naunović, Ognjen Govedarica, Dimitrije Zakić, Aleksandar Radević, Aleksandar Savić, Marina Aškračić, Tatjana Vulić, Milica Hadnađev-Kostić, Đurđica Karanović (2023) ‘Multifunkcionalni materijali bazirani na primeni koncepta „NULA OTPADA“’. In: *9. simpozijum Hemija i zaštita životne sredine, EnviroChem2023*, Kladovo, Srbija, 4-7. juna 2023., pp.27-28. ISBN: 978-86-7132-082-5 [M64]
2. Aleksandar Đukić, Branislav Babić, Branislava Lekić, Vladana Rajaković-Ognjanović, Ognjen Govedarica (2021) Bezbednost snabdevanja vodom za piće – Planovi i aktivnosti. In: *Memorijalna naučno-stručna konferencija „Predrag Marić“*, Beograd, Srbija, 11. februar 2022., pp.27. ISBN: 978-86-7466-911-2 [M64]

Списак стручних радова

1. “Идејно решење са хидрауличком анализом дела централног канализационог система“, Институт за хидротехнику и водно еколошко инжењерство, Универзитет у Београду - Грађевински факултет – **активан. Контакт за референцу:** доц. др. Бранислав Бабић, дипл.инж.грађ. (babic@grf.bg.ac.rs)
2. “План детаљне регулације за фирмирање насеља стамбених насеља на потесу “Трујаков поток““, Институт за архитектуру и урбанизам Србије, јул 2023. **Контакт за референцу:** др. Ненад Спасић, дипл.инж.арх. (nespa@iaus.ac.rs)
3. “Студија о елементима за одређивање коефицијента отицаја са пољопривредних површина (фаза I)“, Институт за хидротехнику и водно еколошко инжењерство, Универзитет у Београду - Грађевински факултет, новембар 2021. **Контакт за референцу:** проф. др. Владана Рајаковић-Огњановић дипл.инж.тех. (vladana@grf.bg.ac.rs)
4. “Студија о елементима за одређивање коефицијента отицаја са урбаних површина (фаза I)“, Институт за хидротехнику и водно еколошко инжењерство, Универзитет у Београду - Грађевински факултет, новембар 2020. **Контакт за референцу:** проф. др. Владана Рајаковић-Огњановић дипл.инж.тех. (vladana@grf.bg.ac.rs)

1.4. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

На основу претходног приказа резултата досадашњег рада и оствареног искуства кандидата, Огњена говедарице, маст.инж.грађ, Комисија оцењује да је кандидат у потпуности квалификован да може самостално да ради на предложеној докторској дисертацији.

2. ПРЕТХОДНА АНАЛИЗА ИНФОРМАЦИЈА О ПРЕДМЕТУ ИСТРАЖИВАЊА

Резилијентност града на кишне поплаве (енг. *Urban Flood Resilience*) се дефинише као капацитет урбаног подручја да одржи ризик од кишних поплава на прихватљивом нивоу на начин да:

- спречи повреде и смртне случајеве изазване кишним поплавама,
- минимизира штету и поремећаје у функционисању града током поплава,
- у кратком времену поврати функционисање града на ниво пре поплаве, истовремено управљајући квалитетом градских вода и екосистема, обезбеђујући социјалну једнакост, економску, еколошку и културну виталност града (O'Donnell et al., 2020).

Урбана подручја се у данашње време суочавају са повећаним ризицима од кишних поплава због растуће стопе урбанизације и измењених климатских услова. Одржива грађевинска пракса базирана на принципима циркуларне економије развија грађевинска решења која ће повећати резилијентност урбаних средина на кишне поплаве. Истраживања у оквиру предложене теме докторске дисертације су фокусирана на употребу отпадних материјала, као делимичне замене за цемент, у производњи порозних бетонских плоча (ПБП) за поплочавање урбаних површина које се користе за ублажавање ефеката кишних поплава у урбаним срединама. Употреба отпадних материјала у грађевинарству није сасвим нова идеја, ипак пун потенцијал употребе ових материјала у одрживим и на природне катастрофе резилијентним градовима будућности је још увек актуелна тема у савременим истраживањима (Oh et al., 2021)

У оквиру овог поглавља дат је пресек и осврт на релевантне научно-истраживачке публикације које се баве урбаним поплавама и циркуларном економијом у градовима будућности:

- Antunes, L. N., Ghisi, E., & Severis, R. M. (2020). Environmental assessment of a permeable pavement system used to harvest stormwater for non-potable water uses in a building. *Science of The Total Environment*, 746, 141087. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2020.141087>
- Bentarzi, Y., Ghenaim, A., Terfous, A., Wanko, A., Feugeas, F., Poulet, J. B., & Mosé, R. (2015). Hydrodynamic behaviour of a new permeable pavement material under high rainfall conditions. *Urban Water Journal*, 13(7), 687–696. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2015.1024688>
- Bouzouidja, R., Cannavo, P., Bodénan, P., Gulyás, Á., Kiss, M., Kovács, A., Béchet, B., Chancibault, K., Chantoiseau, E., Bournet, P. E., Bouzidi, R., Guénon, R., Lebeau, T., Musy, M., & Rodriguez, F. (2021). How to evaluate nature-based solutions performance for microclimate, water and soil management issues – Available tools and methods from Nature4Cities European project results. *Ecological Indicators*, 125, 107556. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLIND.2021.107556>
- Chen, L. M., Chen, J. W., Lecher, T., Chen, T. H., & Davidson, P. (2020). Assessment of clogging of permeable pavements by measuring change in permeability. *Science of The Total Environment*, 749, 141352. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2020.141352>
- Cipolla, S. S., Maglionico, M., & Stojkov, I. (2015). Experimental Infiltration Tests on Existing Permeable Pavement Surfaces. *CLEAN – Soil, Air, Water*, 44(1), 89–95. <https://doi.org/10.1002/CLEN.201400550>
- Cui, X., Zhang, J., Huang, D., Tang, W., Wang, L., & Hou, F. (2019). Experimental simulation of rapid clogging process of pervious concrete pavement caused by storm water runoff. *International Journal of Pavement Engineering*, 20(1), 24–32. <https://doi.org/10.1080/10298436.2016.1246889>
- Debnath, B., & Sarkar, P. P. (2018). Pervious concrete as an alternative pavement strategy: a state-of-the-art review. *International Journal of Pavement Engineering*, 21(12), 1516–1531. <https://doi.org/10.1080/10298436.2018.1554217>
- Deletic, A., Qu, J., Bach, P. M., Liu, G., Wang, A., & Zhang, K. (2020). The multi-faceted nature of Blue-Green Systems coming to light. *Blue-Green Systems*, 2(1), 186–187. <https://doi.org/10.2166/BGS.2020.002>
- Djukić A., Lekić B., Rajaković-Ognjanović V., Naunović Z., Prodanović D. (2018) Build-up and characterisation of pollutants on urban impervious surfaces, *Water Science & Technology*, Vol. 77.8, 2123-2133. doi: 10.2166/wst.2018.128.
- Djukić, A., Lekić, B., Rajaković-Ognjanović, V., Veljović, D., Vulić, T., Djolić, M., Naunovic, Z., Despotović, J., & Prodanović, D. (2016). Further insight into the mechanism of heavy metals partitioning in stormwater runoff. *Journal of Environmental Management*, 168, 104–110.

- <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2015.11.035>
- Fernández-Gonzalvo, M., Hernández-Crespo, C., Martín, M., & Andrés-Doménech, I. (2021). Comparison of permeable pavements effluent under Atlantic and Mediterranean rainfall regimes: A mid-term laboratory experience. *Building and Environment*, *206*, 108332. <https://doi.org/10.1016/J.BUILDENV.2021.108332>
- Guan, X., Wang, J., & Xiao, F. (2021). Sponge city strategy and application of pavement materials in sponge city. *Journal of Cleaner Production*, *303*, 127022. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2021.127022>
- Hashim, T. M., Al-Mulali, M. Z., Al-Khafaji, F. F., Alwash, A. A. A., & Ali, Y. A. (2022). An experimental comparison between different types of surface patterns of permeable interlocking concrete pavement for roadway subsurface drainage. *Case Studies in Construction Materials*, *17*, e01227. <https://doi.org/10.1016/J.CSCM.2022.E01227>
- Hill, K. D., & Beecham, S. (2018). The Effect of Particle Size on Sediment Accumulation in Permeable Pavements. *Water* *2018*, Vol. 10, Page 403, *10*(4), 403. <https://doi.org/10.3390/W10040403>
- Hou, J., Zhang, Y., Tong, Y., Guo, K., Qi, W., & Hinkelmann, R. (2019). Experimental study for effects of terrain features and rainfall intensity on infiltration rate of modelled permeable pavement. *Journal of Environmental Management*, *243*, 177–186. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2019.04.096>
- Huang, J., He, J., Valeo, C., & Chu, A. (2016a). Temporal evolution modeling of hydraulic and water quality performance of permeable pavements. *Journal of Hydrology*, *533*, 15–27. <https://doi.org/10.1016/J.JHYDROL.2015.11.042>
- Huang, J., Valeo, C., He, J., & Chu, A. (2016b). The Influence of Design Parameters on Stormwater Pollutant Removal in Permeable Pavements. *Water, Air, and Soil Pollution*, *227*(9), 1–17. <https://doi.org/10.1007/S11270-016-3020-Y/METRICS>
- Khankhaje, E., Kim, T., Jang, H., Kim, C. S., Kim, J., & Rafieizonooz, M. (2023). Properties of pervious concrete incorporating fly ash as partial replacement of cement: A review. *Developments in the Built Environment*, *14*, 100130. <https://doi.org/10.1016/J.DIBE.2023.100130>
- Kia, A., Delens, J. M., Wong, H. S., & Cheeseman, C. R. (2021). Structural and hydrological design of permeable concrete pavements. *Case Studies in Construction Materials*, *15*, e00564. <https://doi.org/10.1016/J.CSCM.2021.E00564>
- Kisser, J., Wirth, M., de Gusseme, B., van Eekert, M., Zeeman, G., Schoenborn, A., Vinnerås, B., Finger, D. C., Repinc, S. K., Bulc, T. G., Bani, A., Pavlova, D., Staicu, L. C., Atasoy, M., Cetecioglu, Z., Kokko, M., Haznedaroglu, B. Z., Hansen, J., Istenič, D., ... Beesley, L. (2020). A review of nature-based solutions for resource recovery in cities. *Blue-Green Systems*, *2*(1), 138–172. <https://doi.org/10.2166/BGS.2020.930>
- Kong, Z., Shao, Z., Shen, Y., Zhang, X., Chen, M., Yuan, Y., Li, G., Wei, Y., Hu, X., Huang, Y., He, Q., & Chai, H. (2021). Comprehensive evaluation of stormwater pollutants characteristics, purification process and environmental impact after low impact development practices. *Journal of Cleaner Production*, *278*, 123509. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2020.123509>
- Kriech, A. J., & Osborn, L. v. (2022). Review of the impact of stormwater and leaching from pavements on the environment. *Journal of Environmental Management*, *319*, 115687. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2022.115687>
- Kuruppu, U., & Rahman, A. (2023). Evaluation of Permeable Pavement Systems for Removing Heavy Metals from Stormwater. *Water* *2023*, Vol. 15, Page 1573, *15*(8), 1573. <https://doi.org/10.3390/W15081573>
- Langemeyer, J., & Baró, F. (2021). Nature-based solutions as nodes of green-blue infrastructure networks: A cross-scale, co-creation approach. *Nature-Based Solutions*, *1*, 100006. <https://doi.org/10.1016/J.NBSJ.2021.100006>
- Liu, J., Yan, H., Liao, Z., Zhang, K., Schmidt, A. R., & Tao, T. (2019). Laboratory analysis on the surface runoff pollution reduction performance of permeable pavements. *Science of The Total Environment*, *691*, 1–8. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2019.07.028>
- Liu, W., Feng, Q., Chen, W., & Deo, R. C. (2020). Stormwater runoff and pollution retention performances of permeable pavements and the effects of structural factors. *Environmental Science and Pollution Research*, *27*(24), 30831–30843. <https://doi.org/10.1007/S11356-020-09220-2/METRICS>
- Madrazo-Uribeetxebarria, E., Garmendia Antín, M., Alberro Eguilegor, G., & Andrés-Doménech, I. (2023). Analysis of the hydraulic performance of permeable pavements on a layer-by-layer basis. *Construction and Building Materials*, *387*, 131587. <https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2023.131587>
- Madrazo-Uribeetxebarria, E., Garmendia Antín, M., Almandoz Berrondo, J., & Andrés-Doménech, I. (2021). Sensitivity analysis of permeable pavement hydrological modelling in the Storm Water Management Model. *Journal of Hydrology*, *600*, 126525. <https://doi.org/10.1016/J.JHYDROL.2021.126525>
- Mojapelo, K. S., Kupolati, W. K., Ndambuki, J. M., Sadiku, E. R., & Ibrahim, I. D. (2021). Utilization of wastewater sludge for lightweight concrete and the use of wastewater as curing medium. *Case Studies in Construction Materials*, *15*, e00667. <https://doi.org/10.1016/J.CSCM.2021.E00667>
- Monrose, J., Tota-Maharaj, K., & Mwashia, A. (2019). Assessment of the physical characteristics and stormwater effluent quality of permeable pavement systems containing recycled materials. *Road Materials and Pavement Design*, *22*(4), 779–811. <https://doi.org/10.1080/14680629.2019.1643397>

- Muttuvelu, D. V., Wyke, S., & Vollertsen, J. (2022). Are Permeable Pavements a Sustainable Solution? A Qualitative Study of the Usage of Permeable Pavements. *Sustainability 2022, Vol. 14, Page 12432, 14*(19), 12432. <https://doi.org/10.3390/SU141912432>
- Mymrin, V., Hackbart, F. M., Alekseev, K., Avanci, M. A., Winter, E., Marinho, G. P., Iarozinski N., A., & Catai, R. E. (2019). Construction materials wastes use to neutralize hazardous municipal water treatment sludge. *Construction and Building Materials, 204*, 800–808. <https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2019.01.182>
- Nicoara, A. I., Stoica, A. E., Vrabec, M., Rogan, N. Š., Sturm, S., Ow-Yang, C., Gulgun, M. A., Bundur, Z. B., Ciuca, I., & Vasile, B. S. (2020). End-of-Life Materials Used as Supplementary Cementitious Materials in the Concrete Industry. *Materials 2020, Vol. 13, Page 1954, 13*(8), 1954. <https://doi.org/10.3390/MA13081954>
- Niu, Z. G., Lv, Z. W., Zhang, Y., & Cui, Z. Z. (2016). Stormwater infiltration and surface runoff pollution reduction performance of permeable pavement layers. *Environmental Science and Pollution Research, 23*(3), 2576–2587. <https://doi.org/10.1007/S11356-015-5466-7/METRICS>
- Nodehi, M., & Taghvaei, V. M. (2022). Applying Circular Economy to Construction Industry through Use of Waste Materials: A Review of Supplementary Cementitious Materials, Plastics, and Ceramics. *Circular Economy and Sustainability 2022 2:3, 2*(3), 987–1020. <https://doi.org/10.1007/S43615-022-00149-X>
- O'Donnell, E., Thorne, C., Ahilan, S., Arthur, S., Birkinshaw, S., Butler, D., Dawson, D., Everett, G., Fenner, R., Glenis, V., Kapetas, L., Kilsby, C., Krivtsov, V., Lamond, J., Maskrey, S., O'Donnell, G., Potter, K., Vercruyse, K., Vilcan, T., & Wright, N. (2020). The blue-green path to urban flood resilience. *Blue-Green Systems, 2*(1), 28–45. <https://doi.org/10.2166/BGS.2019.199/868261/BGS2019199.PDF>
- Oh, D., Noguchi, T., Kitagaki, R., & Choi, H. (2021). Proposal of demolished concrete recycling system based on performance evaluation of inorganic building materials manufactured from waste concrete powder. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 135*, 110147. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2020.110147>
- Ostrom, T. K., & Davis, A. P. (2019). Evaluation of an enhanced treatment media and permeable pavement base to remove stormwater nitrogen, phosphorus, and metals under simulated rainfall. *Water Research, 166*, 115071. <https://doi.org/10.1016/J.WATRES.2019.115071>
- Park, J., Park, J., Cheon, J., Lee, J., & Shin, H. (2020). Analysis of Infiltrating Water Characteristics of Permeable Pavements in a Parking Lot at Full Scale. *Water 2020, Vol. 12, Page 2081, 12*(8), 2081. <https://doi.org/10.3390/W12082081>
- Pearlmutter, D., Theochari, D., Nehls, T., Pinho, P., Piro, P., Korolova, A., Papaefthimiou, S., Mateo, M. C. G., Calheiros, C., Zluwa, I., Pitha, U., Schosseler, P., Florentin, Y., Ouannou, S., Gal, E., Aicher, A., Arnold, K., Igondová, E., & Pucher, B. (2020). Enhancing the circular economy with nature-based solutions in the built urban environment: Green building materials, systems and sites. *Blue-Green Systems, 2*(1), 46–72. <https://doi.org/10.2166/BGS.2019.928/868345/BGS2019928.PDF>
- Pilon, B. S., Tyner, J. S., Yoder, D. C., & Uchanan, J. R. (2019). The Effect of Pervious Concrete on Water Quality Parameters: A Case Study. *Water 2019, Vol. 11, Page 263, 11*(2), 263. <https://doi.org/10.3390/W11020263>
- Sambito, M., Severino, A., Freni, G., & Neduzha, L. (2021). A Systematic Review of the Hydrological, Environmental and Durability Performance of Permeable Pavement Systems. *Sustainability 2021, Vol. 13, Page 4509, 13*(8), 4509. <https://doi.org/10.3390/SU13084509>
- Singh, A., Sampath, P. V., & Biligiri, K. P. (2020). A review of sustainable pervious concrete systems: Emphasis on clogging, material characterization, and environmental aspects. *Construction and Building Materials, 261*, 120491. <https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2020.120491>
- Sprouse, C. E., Hoover, C., Obritsch, O., & Thomazin, H. (2020). Advancing Pervious Pavements through Nomenclature, Standards, and Holistic Green Design. *Sustainability 2020, Vol. 12, Page 7422, 12*(18), 7422. <https://doi.org/10.3390/SU12187422>
- Sun, Y., Jian, M., Cheng, Y., Huang, C., Li, J., Liu, Z., Tan, C., Zhang, Z., Zhang, X., & Li, H. (2024). Understanding the removal of heavy metals from stormwater runoff in permeable pavement system. *Science of The Total Environment, 930*, 172642. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2024.172642>
- Vieira, G. L., Schiavon, J. Z., Borges, P. M., da Silva, S. R., & de Oliveira Andrade, J. J. (2020). influence of recycled aggregate replacement and fly ash content in performance of pervious concrete mixtures. *Journal of Cleaner Production, 271*, 122665. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2020.122665>
- Wijeyawardana, P., Nanayakkara, N., Gunasekara, C., Karunaratna, A., Law, D., & Pramanik, B. K. (2022). Improvement of heavy metal removal from urban runoff using modified pervious concrete. *Science of The Total Environment, 815*, 152936. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2022.152936>
- Winston, R. J., Arend, K., Dorsey, J. D., & Hunt, W. F. (2020). Water quality performance of a permeable pavement and stormwater harvesting treatment train stormwater control measure. *Blue-Green Systems, 2*(1), 91–111. <https://doi.org/10.2166/BGS.2020.914>
- Yang, K. H., Jung, Y. B., Cho, M. S., & Tae, S. H. (2014). Effect of supplementary cementitious materials on reduction of CO₂ emissions from concrete. *Journal of Cleaner Production, 103*, 774–783.

- <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2014.03.018>
- Yang, Q., Beecham, S., Liu, J., & Pezzaniti, D. (2019). The influence of rainfall intensity and duration on sediment pathways and subsequent clogging in permeable pavements. *Journal of Environmental Management*, 246, 730–736. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2019.05.151>
- Yong, C. F., Deletic, A., Fletcher, T. D., & Grace, M. R. (2011). Hydraulic and treatment performance of pervious pavements under variable drying and wetting regimes. *Water Science and Technology*, 64(8), 1692–1699. <https://doi.org/10.2166/WST.2011.150>
- Yong, C. F., McCarthy, D. T., & Deletic, A. (2013). Predicting physical clogging of porous and permeable pavements. *Journal of Hydrology*, 481, 48–55. <https://doi.org/10.1016/J.JHYDROL.2012.12.009>
- Yu, Z., Gan, H., Xiao, M., Huang, B., Zhu, D. Z., Zhang, Z., Wang, H., Lin, Y., Hou, Y., Peng, S., & Zhang, W. (2020). Performance of permeable pavement systems on stormwater permeability and pollutant removal. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(22), 28571–28584. <https://doi.org/10.1007/S11356-021-12525-5/METRICS>
- Zhang, J., Cui, X., Li, L., & Huang, D. (2017). Sediment transport and pore clogging of a porous pavement under surface runoff. *Road Materials and Pavement Design*, 18, 240–248. <https://doi.org/10.1080/14680629.2017.1329878>
- Zhang, K., Manuelpillai, D., Raut, B., Deletic, A., & Bach, P. M. (2019). Evaluating the reliability of stormwater treatment systems under various future climate conditions. *Journal of Hydrology*, 568, 57–66. <https://doi.org/10.1016/J.JHYDROL.2018.10.056>
- Zhang, K., Yong, F., McCarthy, D. T., & Deletic, A. (2018). Predicting long term removal of heavy metals from porous pavements for stormwater treatment. *Water Research*, 142, 236–245. <https://doi.org/10.1016/J.WATRES.2018.05.038>
- Zhang, Z., Qi, H., Chen, H., Zhang, X., Tan, C., Bai, X., Gong, Y., & Li, H. (2023). The control efficiency and mechanism of heavy metals by permeable pavement system in runoff based on enhanced infiltration materials. *Journal of Environmental Management*, 329, 117042. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2022.117042>

Због измењених климатских услова све је чешћа појава киша великог интензитета и краћег трајања. У исто време, рапидна урбанизација доводи до повећања удела водонепропусних површина у градовима. Када киша падне, због повећаног коефицијента отицаја смањена је инфилтрација, атмосферска вода не може да се инфилтрира као у периоду пре урбанизације. Због тога се повећава удео површинског отицаја, и сва вода се слива према канализационој инфраструктури недовољног капацитета да прихвати тако велике количине воде у кратком времену. Долази до акумулације воде на коловозима и тротоарима и настанка плувијалних поплава. Ограничења постојећих система канализације атмосферских вода намећу примену иновативних решења у области одрживих система урбаног одводњавања (енг. *Sustainable drainage systems*, СУДС). Унапређење у овој области се очекује у примени савремених система за канализацију атмосферских вода који укључују не само смањење пикова протока већ и запремина кишног отицаја, кроз ретензирање и инфилтрацију, уз истовремено побољшање квалитета атмосферских отпадних вода (Deletic et al., 2020; Kisser et al., 2020; O'Donnell et al., 2020; Bouzouidja et al., 2021; Langemeyer & Varo, 2021). Једно од решења за смањење дотицаја атмосферских отпадних вода у колекторе канализационе мреже је увођење полупропусне галантерије (од каверозних бетона) за изградњу урбаних површина (пешачких стаза, саобраћајница за лако саобраћајно оптерећење, кровова зграда и сл.). Ови производи треба да омогуће делимичну инфилтрацију атмосферских вода (Debnath & Sarkar et al. 2018; Antunes et al., 2020; Sprouse et al., 2020; Winston et al., 2020; Guan et al., 2021; Kong et al., 2021; Muttuvelu et al., 2022).

Атмосферске падавине спирају акумулирана загађења са урбаних површина. Карактеристичне загађујуће материје у површинском отицају су масти и уља, суспендоване материје, тешки метали, органске материје, пестициди, соли, патогени организми и др. Порекло ових загађујућих материја у атмосферским отпадним водама није искључиво последица антропогеног утицаја. Оно може бити последица спирања и растварања супстанци са површине природног земљишта или из атмосфере одакле су депоноване на урбану површину. Поред супстанци које су природно присутне на урбаним површинама, загађење у површинском отицају потиче од саобраћаја, индустријске

производње, акцидентних излива који резултирају изливањем загађујућих материја на урбану површину (саобраћајне несреће, кварови возила), повећања емисија загађења у атмосферу одакле се оно таложи на површину земљишта, итд. Сви претходно наведени извори загађења у површинском отицају су дифузног карактера и као такви се тешко могу контролисати (Djukić et al. 2016). Истраживања о квалитету површинског отицаја са градских и приградских сливова показују на присуство: суспендованих материја, тешких метала (бакар, олово, кадмијум, никл, хром и цинк); концентрација тешких метала се показала да је у доброј корелацији са концентрацијом суспендованих материја, органског загађења (израженог преко БПК₅) у ниским концентрацијама у површинском отицају са урбаних површина и путева, али у значајним концентрацијама уколико површински отицај потиче са зелених површина или поља; масти и уља (од цурења уља из моторних возила), једињења азота и фосфора (у случају спирања са зелених површина) (Djukić et al. 2018).

Како ће предмет истраживања у оквиру ове докторске дисертације бити фокусиран на порозна поплочања, као једне од СУДС техника управљања кишним отицајем на месту настанка, у наредном тексту је дат приказ релевантних и актуелних научних истраживања која се баве искључиво порозним бетонима.

У анализираним научним радовима који представљају базу за формирање новог проблема и предмета научног истраживања у оквиру ове докторске дисертације представљена истраживања су вршена на лабораторијским апаратурама и теренским експерименталним пољима (Bentarzi et al., 2015; Cipolla et al., 2015; Pilon et al. 2019; Park et al., 2020). Спровођење експеримената у лабораторијским условима у односу на теренске експерименте показало је значајне предности у погледу боље контроле услова под којима се одвија експеримент и могућности тестирања низа сценарија. Предложене лабораторијске апаратуре се састоје од следећих целина: систем за стварање вештачке кише, корита за смештање порозних плоча и носећих слојева и резервоара који представља извор воде, а у рецикулационом систему има и улогу прихватног резервоара. (Yong et al., 2011; Huang. et al. 2016a; Monrose et al., 2019; Liu et al., 2020; Yu et al., 2020; Fernandez-Gonzalvo et al., 2021; Hashim et al.; 2022; Madrazo-Uribeetxebarria et al. 2023)

Многи аутори су се бавили истраживањем порозних и водопропусних поплочања (енг. *prous, permeable and pervious pavements*), фокусирајући се на:

- инфилтрациону моћ и степен пречишћавања целокупног система (плоча + слојеви) (Yong et al., 2011; Huang et al., 2016b; Kia et al., 2021; Madrazo-Uribeetxebarria et al. 2021),
- смањење инфилтрационе моћи услед зачепљења пора (Yong et al., 2013; Zhang. J. et al., 2017; Cui et al., 2019; Yang et al., 2019; Chen et al., 2020; Singh et al., 2020; Sambito et al., 2021), и
- квалитативни утицај разних фактора (време задржавања, проток, годишње доба, време сушења, материјали од којих су изграђене плоче, дебљина дренажних слојева, утицај нагиба сливне површине, утицај распореда плоча) и просечним степеном уклањања загађујућих материја (БПК, ХПК, суспендоване материје, тешки метали, нутријенти, рН, други карактеристични елементи и једињења) (Zhang. K. et al., 2018; Hou et al., 2019; Ostrom & Davis, 2019; Zhang. K. et al., 2019; Yang et al., 2019; Fernandez-Gonzalvo et al., 2021; Kriech & Osborn, 2022; Wijeyawardana et al., 2022; Kuruppu et al. 2023),

док се мањи број аутора бавио:

- утицајем појединачних слојева на уклањање загађујућих материја (Niu et al. 2016; Hill & Beecham, 2018; Liu et al. 2019; Madrazo-Uribeetxebarria et al. 2023; Zhang. Z. et al., 2023; Sun et al. 2024).

Усвајање и примена принципа циркуларне економије, кроз коришћење отпадних и рециклираних материјала у грађевинарству, једна је од актуелних тема у научним истраживањима у области грађевинских материјала и одрживе изградње (Pearlmutter et al.,

2020; Nodehi & Taghvaei, 2022). Широк спектар индустријских нус производа могуће је употребити за справљање грађевинских материјала као што су малтери и бетони. Делимична замена цемента и природног агрегата, чак и у мањим процентима, доприноси значајном смањењу ефеката стаклене баште, очувању природних ресурса и поспешује одрживи развој. Делимична замена цемента неким од отпадних материјала (енг. Supplementary cementitious materials, СЦМ) који најчешће завршавају на депонији, даје вишеструке користи уколико се имплементира на начин да не утиче у великој мери на кључна својства финалног производа (Yang et al., 2014; Mumrin et al., 2019; Nicoara et al., 2020; Singh et al., 2020; Vieira et al., 2020; Moјapelo et al., 2021; Khankhaje et al., 2023).

Примена отпадних материјала у производњи порозних префабрикованих бетонских плоча, узимајући у обзир све предности примене порозних бетона као СУДС решења, отвара читаву лепезу могућности, али и изазова које је неопходно решити у циљу добијања адекватног решења примењивог у пракси, имајући у виду да су се досадашња истраживања:

- у ширем обиму бавила порозним бетонима који се уграђују на терену или различитим варијацијама префабрикованих непропусних плоча који чине систем порозног плочника (бехатон плоче), док радови са префабрикованим порозним бетонским плочама, пре свега са отпадним материјалом СЦМ, нису у великој мери заступљени;
- делимично бавила механизмом и ефикасношћу уклањања загађујућих материја у свим слојевима порозног поплочања, што је од кључног значаја за боље разумевање и унапређење рада целог система порозног поплочања;
- у већем броју објављених радова лабораторијски експерименти спроводили у условима који не одговарају реалним (теренским) условима.

3. ПРОБЛЕМ И ПРЕДМЕТ ИСТРАЖИВАЊА

Савремени урбани развој подразумева оптимално коришћење природних ресурса, рециклажу, циркуларну економију и уштеду енергије. Грађевинска индустрија троши једну трећину природних ресурса, са 30-40 % утиче на формирање гасова са ефектом стаклене баште и чини више од 30 % укупно потрошене енергије на глобалном нивоу (Yang et al., 2015). Замена једног дела неких компоненти грађевинских материјала отпадним материјалима (нпр. употреба отпадних материјала као агрегата или везива за производњу бетона као што су отпадно стакло или солидификовани отпадни био-муљеви) значајно смањује угљенични отисак и доприноси смањењу емисије гасова стаклене баште.

Убрзани урбани развој узрокује повећање количина отпада (комуналног и индустријског) и потребу за додатним простором за његово депоновање. Очекивани ефекти примене одговарајућих отпадних материјала, као основног или композитног грађевинског материјала односе се, поред смањења ефекта стаклене баште, и на смањење површина и запремина за депоновање отпадних материјала уз истовремено унапређење квалитета животне средине.

Измењени климатски услови уз рапидну урбанизацију узрок су честих кишних поплава у многим градовима, не само у Србији. Кише високог интензитета и продуженог времена трајања узрокују поплаве у урбаним срединама у којима су природне водопрпусне површине замењене традиционалним урбаним водонепропусним (као што су асфалт и бетон). Грађевинска галантерија за смањење кишног отицаја се може додатно унапредити уградњом неких отпадних материјала који могу имати изврсна својства у пречишћавању атмосферских отпадних вода.

Тема ове докторске дисертације базирана је на два мултидисциплинарна концепта:

- концепт „**нултог отпада**“ који има за циљ смањење генерисања отпада кроз поновну употребу и рециклажу материјала. Овај приступ промовише прелазак на модел циркуларне економије, где се материјали користе што је дуже могуће. Применом овог концепта циркуларне економије чувају се природни ресурси, смањује загађење животне средине и подстиче одрживост. Са економског аспекта, иницијативе попут „нултог отпада“ стварају могућности за запошљавање у индустрији управљања отпадом, рециклажи и развоју одрживих производа. Такође доводе до уштеда за привреду отварајући нове тржишне могућности за еколошки прихватљиве производе и услуге. Имајући у виду да многе врсте отпада потенцијално могу имати вредност, намера је да се одлагање отпада постепено укине, а фокус је на ефикасној екстракцији сировина из отпада. Могућност поновне примене отпада или компоненти отпада отпад поново добија вредност, и
- **резилијентност градова на кишне поплаве:** урбане поплаве могу имати низ катастрофалних последица на функционисање урбаних средина, међутим уколико се кишним отицајем и атмосферским отпадним водама смислено управља, оне могу представљати вредан водни ресурс.

Идеја је да се применом ова два концепта умање или у потпуности неутралишу катастрофални утицаји неконтролисани и растуће урбанизације у садејству са измењеним климатским условима, чиме би се повећала резилијентност модерних градова на кишне поплаве.

4. ЦИЉ ИСТРАЖИВАЊА

Циљ ове дисертације је:

- **Развој мултифункционалног прототипа порозног плочника са учешћем отпадних материјала** (енгл. *Zero-waste porous pavement prototype*, ЗЕВА ППП) за заштиту урбаних средина од кишних поплава уз истовремено уклањање загађујућих материја које су присутне у површинском отицају. Применом принципа нултог отпада, производња и развој прототипа засновани су на коришћењу индустријских нус производа: солидификованог стабилизованог муља са градских постројења за пречишћавање отпадних вода (ППОВ) и електрофилтерског пепела (ЕФП). Примена отпада и рециклираних материјала у грађевинској индустрији примењује се у новије време, међутим, пуни потенцијал коришћења отпада и рециклираних материјала у одрживим градовима резилијентним на природне катастрофе је још предмет актуелних истраживања. Због тога је посебан изазов развој специјално дизајнираних порозних плочника, који ће у потпуности пратити концепт Нултог отпада.
- **Утврђивање приоритетних механизма уклањања загађујућих материја по слојевима система порозног поплочања** (порозни плочник и сви пратећи дренажни слојеви) применом напредних знања из области грађевинских материјала и третмана отпадних вода у погледу механизма пречишћавања воде који се јављају између чврсте и течне фазе и њихове примене у третману површинског отицаја на систему плочника од порозног бетона. Додатно, примена напредних аналитичких техника и метода за испитивање микро и макро структуре материјала и аналитичких техника за испитивање састава материјала представља новину у актуелним истраживањима која треба да доведе до унапређења дизајна мултифункционалног ЗЕВА ППП.
- На основу резултата испитивања механизма и ефикасности уклањања загађујућих материја по различитим слојевима система порозног поплочања биће дате **препоруке за унапређење ефикасности уклањања загађујућих материја из површинског**

отицаја са урбаних површина (суспендоване материје, тешки метали, нутријенти, органске материје).

5. ЗАДАЦИ ИСТРАЖИВАЊА

Процес развоја иновативног порозног плочника ће се састојати од неколико фаза:

- оцена отпадних и рециклираних материјала на основу физичко-хемијске анализе. Испитивање отпадних и рециклираних материјала ће бити фокусирано на карактеристике које омогућавају пречишћавање површинског отицаја на месту настанка. Користиће се напредне методе испитивања из области материјала као што су: XRF, FTIR, SEM, XRD, Hg порозиметрија, BET.
- развој мултифункционалног ЗЕВА ППП на основу одабраних отпадних и рециклираних материјала. Процес пројектовања прототипа заснива се на:
 - физичко-хемијским карактеристикама порозних плоча: које ће служити као основа за одабир финалних рецептура бетонске мешавине. Карактеризација материјала ће обухватити широк спектар софистицираних инструменталних техника (XRF, FTIR, SEM, EDS, XRD, Hg порозиметрија, BET);
 - механичким, физичко-хемијским и хидрауличким својствима плочника: кроз стандардне тестове испитаће се особине кључне за примену ЗЕВА ППП у инжењерским решењима, као што су: механичка својства (чврстоћа, тврдоћа, еластичност, отпорност на удар, отпорност на абразију), физичка својства (специфична тежина, густина, порозност, упијање воде), хидрауличка својства (водопроводљивост), хемијска својства (отпорност на хемикалије, отпорност на корозију) и својства везана за издржљивост (отпорност на мраз и со);
 - утицају прототипа на животну средину и ефикасности пречишћавања атмосферских вода: утицај прототипа на околну воду и земљиште биће испитан кроз тестове излуживања и на пилот моделу кроз испитивања смањења запремине површинског отицаја и ефикасности уклањања загађујућих материја инфилтрираних вода.

Оцена испитиваних система порозних поплочања са уделом отпадних материјала који се користе као делимична замена за цемент, у смислу применљивости у реалним инжењерским решењима, зависи од:

- хидрауличких особина прототипа и ефикасности уклањања загађујућих материја из површинског отицаја (у смислу могућности да површински отицај постане вредан водни ресурс за прихрањивање подземних вода, за техничку воду, наводњавање, итд.);
- утицаја прототипа на животну средину (у погледу излуживања загађујућих материја у околну воду и земљиште);
- механичких карактеристика прототипа;
- остваривања концепта нултог отпада (у погледу оствареног масеног удела отпадног материјала као СЦМ).

6. РАДНА ХИПОТЕЗА

Истраживање се заснива на следећим полазним претпоставкама:

1. Отпадни материјали: електрофилтерски пепео (из процеса сагоревања угља у термоелектранама) и солидификовани стабилизовани отпадни муљ (ССОМ) са

градских ППОВ могу се користити за справљање порозних бетона као делимична замена за цемент.

2. У процесу справљања бетона све потенцијално присутне загађујуће материје из отпадних материјала који се користе као СЦМ биће стабилизоване и неће доћи до њиховог излуживања у воденој средини.
3. Повећање инфилтрационе моћи урбаних површина применом система порозних бетонских плочника смањиће запремину кишног отицаја и вршне вредности протока површинског отицаја који се каналишу системима урбаног одводњавања.
4. Примена система пропусног поплочања урбаних површина побољшаће квалитет инфилтрираних вода.
5. Уклањање загађујућих материја у системима пропусног поплочања од порозних бетона обавља се и у плочи и у гранулисаном дренажном слоју који је обавезни део система порозног поплочања.
6. Физичко-хемијска својства отпадних материјала (ЕФП и ССОМ) који су коришћени као СЦМ допринеће побољшању ефикасности уклањања загађујућих материја из површинског отицаја приликом перколације кроз порозну бетонску плочу.
7. Претпоставља се да је механизам уклањања загађујућих материја из површинског отицаја у систему порозног поплочања: таложење, филтрација, сорпција.

7. НАУЧНЕ МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА

Остварење постављених циљева подразумева примену следећих метода истраживања (према редоследу из Плана истраживања):

- лабораторијска испитивања састава отпадних материјала и карактеристика од важности за примену у бетонским мешавинама (лабораторије: Централна лабораторија Института ИМС, Катедра за органску хемију и Катедра за неорганску хемију Технолошко-металуршког факултета у Београду, Технолошки факултет Нови Сад, Природно-математички факултет у Новом Саду, Анахем, Лабораторија за комуналну хидротехнику и квалитет вода Грађевинског факултета у Београду);
- лабораторијска испитивања механичких карактеристика прототипа (у акредитованој Лабораторији за материјале и конструкције Грађевинског факултета у Београду);
- лабораторијска испитивања квалитета вода и отпадних вода, тестови излуживања и анализа утицаја на животну средину (Лабораторија за комуналну хидротехнику и квалитет вода Грађевинског факултета у Београду);
- експериментална истраживања хидрауличких карактеристика плочника (Хидрауличка лабораторија Института за хидротехнику Грађевинског факултета у Београду) за:
 - израду експерименталне апаратуре за одређивање хидрауличких параметара (водопроводљивост узорака, итд.) испитиваних плочника;
 - израду пилот модела за испитивање пропусне моћи плочника и пратећих дренажних слојева, као и ефекте пречишћавања атмосферских вода у систему порозног поплочања;
 - захватање узорака процедурних вода са експерименталне апаратуре и њихова анализа у Лабораторији за Комуналну хидротехнику и квалитет вода на садржај материја које утичу на квалитет кишног отицаја (садржај БПК, ХПК, суспендоване материје, тешки метали, нутријенти, рН, други карактеристични елементи и једињења);
 - нумеричко моделирање течења кроз систем порозног поплочања (порозни плочник и сви пратећи дренажни слојеви);

- анализа резултата експерименталних истраживања.

8. ГЕНЕРАЛНА СТРУКТУРА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ

У оквиру докторске дисертације биће садржана следећа поглавља:

1. Увод
2. Преглед литературе и анализа досадашњих истраживања
3. Испитивање физичко-хемијских особина отпадних материјала (преглед примењених метода, дискусија добијених резултата)
4. Испитивање физичко-хемијских и механичких особина прототипа порозних плоча (преглед примењених метода, дискусија добијених резултата)
5. Испитивање хидрауличких својстава прототипа порозних плоча:
 - Лабораторијска апаратура за испитивање водопроводљивости високопропусних порозних узорака
 - Дискусија добијених резултата
6. Испитивање механизма и ефикасности уклањања загађујућих материја:
 - Лабораторијски пилот модел
 - Опис експерименталног поступка
 - Резултати експерименталних истраживања
 - Опис примењене нумеричке анализе
 - Нумеричка анализа резултата експерименталних истраживања у погледу биланса вода
 - Резултати експерименталних истраживања – квалитет процедурних вода
 - Дискусија добијених резултата
7. Закључци и препоруке за даља истраживања
8. Литература
9. Прилози

9. НАУЧНА ОПРАВДАНОСТ ДИСЕРТАЦИЈЕ, ОЧЕКИВАНИ РЕЗУЛТАТИ И ПРАКТИЧНА ПРИМЕНА РЕЗУЛТАТА

У многим земљама се управљање отпадним водама и управљање отпадом, традиционално, сагледава одвојено. У условима повећаних унутрашњих миграција становништва (из руралних делова у урбана подручја), интезивирани урбанизације и измењених климатских услова, градовима је потребан нови приступ урбанистичком планирању и изградњи како би се повећао степен резилијентности града на урбане поплаве. Повећана урбанизација ствара додатни притисак на постојећу канализациону инфраструктуру. Предложена интегрисана решења урбаног одводњавања у оквиру ове дисертације усклађена су са растућим захтевима за новим капацитетима за урбано одводњавање и применом нових стратегија за коришћење површинског отицаја као водног ресурса (наводњавање, прихрањивање подземних вода, као техничка вода у резиденцијалним и пословним објектима). Повећана продукција отпада у брзо растућим урбаним областима ствара додатни притисак на коришћење земљишта за депоновање отпада и квалитет животне средине. Истовремено, отпад има вредност. Поврат ове вредности уграђивањем отпада у грађевинске материјале постаје одрживи механизам кроз који се смањују количине отпада пратећи принципе циркуларне економије.

Научна оправданост ове дисертације сажета је у наредној табели са компарацијом актуелних достигнућа у предметној области и иновативностима у одређеним областима

које обухвата пријава теме докторске дисертације

Табела 1. Прегледна табела са поређењем садашњег стања и иновативности у предметној области истраживања

Садашње стање у области истраживања	Иновативност у оквиру докторске тезе
<p>Примена отпадних материјала као СЦМ испитивана у стандардним бетонским мешавинама.</p>	<p>Употреба ЕФП и ССОМ као СЦМ представља иновативност у истраживањима префабрикованих порозних бетонских поплочања која се употребљавају као иновативна метода урбаног одводњавања.</p>
<p>Уклањање загађења из површинског отицаја се испитује на нивоу целокупног склопа порозног поплочања (порозни бетон + пратећи дренажни слојеви). Малобројни су радови у којима се детаљно истражује допринос сваког слоја. Додатно, та се истраживања свODE на уклањање суспендованих материја и одређивање оперативног времена рада порозног поплочања.</p>	<p>На пилот моделу који је посебно пројектован и изграђен у Хидрауличкој лабораторији ГРФ биће могуће испитати допринос сваког слоја система порозног поплочања, уз варијације дебљине носећих слојева, гранулације и избора типа материјала. Предвиђена је и хидрауличка инсталација за варирање интезитета падавина.</p>
<p>У најновијим радовима (Sun et al., 2024) хипотеза да је за уклањање тешких метала из површинског отицаја одговорна сорпција у оквиру пропусног поплочања доказује се стандардним сорпционим тестовима на ситно самлевроном узорку плоче.</p>	<p>Испитивање механизма сорпције биће обављено напредним аналитичким техникама (SEM, EDS, XRF, XRD, FTIR) које би требало да покажу присуство тешких метала на површини чврстих честица, као што је у претходним дисертацијама констатовано.</p>
<p>Модел раствор атмосферске отпадне воде је справљан са дестилованом водом, суспендоване материје симулиране су додавањем глине, а тешки метали су додавани у модел раствор из лабораторијских хемикалија, што не одговара реалним условима.</p>	<p>Модел раствор атмосферске отпадне воде кишa биће справљан са оргиналним седиментом усисаним са коловозних површина у Београду (сакупљеног из филтера специјализованих возила ЈКП „Градска чистоћа“ за чишћење и усисавање улица у реону Земун).</p>
<p>Мешавине за порозне бетонске површине су изливане на експерименталним пољима у теренским условима уградње и неге бетона. У овим условима уградње бетона не може се значајно утицати на хидрауличке карактеристике финалног производа.</p>	<p>Током израде префабрикованих елемената од порозног бетона може се додатним технолошким поступцима у производњи утицати на хидрауличке карактеристике финалног производа.</p>

Ова докторска дисертација ће имати директан утицај на научну заједницу, будући да ће иновативне методе, тестови, системи и технологије у мултидисциплинарним областима науке и инжењерства испитати утицај префабрикованих порозних плоча са уделом отпадног материјала на животну средину, у погледу смањења површинског отицаја и побољшања квалитета атмосферске отпадне воде, као и механизме који су приоритетни за побољшање инфилтриране воде.

Стечено знање ће позитивно допринети проблему који је у Србији, као и у једном делу развијеног света, у великој мери занемарен – примени СУДС решења на реалне проблеме урбаног одводњавања коришћењем локалних ресурса и прилагођеним локалним условима.

Очекивани утицаји примене разматраних порозних плоча огледају се у:

- смањењу ризика од плувијалних поплава у оквиру концепта циркуларне економије са предложеним решењима урбаног одводњавања;
- смањењу здравствене опасности и користи за јавно здравље: велике количине површинског отицаја се најчешће враћају на површину улица и тротоара из поддимензионисаних система канализација. Опасност по јавно здравље не представља само изливање отпадних вода из атмосферске канализације кроз сливнике и шахтове већ, у много већој мери, изливање отпадних вода на урбане површине из општег система канализација где су санитарне и атмосферске отпадне воде помешане. Смањење ризика од изливања отпадних вода из јавне канализације допринеће побољшању услова за јавно здравље становништва и општих услова живота;
- побољшање у области безбедности саобраћаја: смањење урбаних поплава директно ће утицати на учесталост и трајање затварања путева, број саобраћајних незгода, саобраћајних гужви итд.;
- утицаји на животну средину: смањење запремина површинског отицаја смањује укупно оптерећење загађујућим материјама које се испушта у локалне водотоке. Очекивана поправка квалитета инфилтрираних вода кроз систем порозног поплочања омогућиће прихрањивање подземних вода инфилтрацијом дела површинског отицаја. Смањење количина отпада за депоновање смањује притиске за изналажење додатног простора за одлагање нових количина отпада;
- користи за локалну економију: предложена интегрисана решења иновативног урбаног одводњавања и концепта Нултог отпада усклађују растуће захтеве за новим капацитетима за урбано одводњавање са постојећом канализационом инфраструктуром. Смањење ризика од урбаних поплава смањује годишње трошкове одржавања инфраструктуре и повећава укупну вредност имовине и грађевинског земљишта. Смањење захтева за додатним површинама за депоновање отпада повећава доступност неискоришћеног земљишта за друге намене. Очекује се да ће нова производња иновативних производа за урбано одводњавање бити покретач локалне економије који повећава ангажман микро, малих и средњих предузећа.

10. ПРЕДЛОГ ПЛАНА ИСТРАЖИВАЊА

Истраживање ће бити спроведено кроз низ корака према предложеном плану:

1. Преглед литературе и анализа досадашњих истраживања из интегрисаних области иновативних решења урбаног одводњавања и концепта нултог отпада (постојећа пракса, предложена решења, законска регулатива и препоруке на локалном, националном и ЕУ нивоу; истраживање постојеће праксе заштите урбаних средина од кишних поплава, примене површинског отицаја као ресурса, коришћења отпада у грађевинским материјалима за урбано одводњавање).
2. Идентификација и карактеризација отпадних материјала за производњу ЗЕВА ППП као СЦМ напредним инструменталним техникама (XRF, FTIR, SEM, EDS, XRD, Hg порозиметрија, BET).
3. Производња прототипа и испитивања карактеристика ЗЕВА ППП (примена и испитивање физичко-хемијских и механичких карактеристика прототипа произведеног од различитих рецептура бетонских мешавина, израда лабораторијске апаратуре за иновативно испитивање хидрауличких карактеристика прототипа и одабир производа са најбољим хидрауличким карактеристикама, израда лабораторијског пилот модела за испитивање ефикасности мултифункционалног система порозног поплочања, утицај прототипа на животну средину.

4. Анализа резултата експерименталних истраживања.

Финансијска средства за реализацију истраживања у оквиру ове докторске дисертације обезбеђена су у оквиру два научна пројекта:

5. ZERO-WASTE CONCEPT FOR FLOOD RESILIENT CITIES (Ø-Waste-Water) (ID #7737365) финансиран од стране Фонда за науку Републике Србије у оквиру позива ИДЕЈЕ, и
6. Zero-waste porous pavement alternatives for flood resilient cities. (ID: 00139323/00129089/2023/3) Финансиран из ЕУ фондова кроз UNDP програм EU for „Green Agenda in Serbia - Circular Economy for Resource Efficiency and Industrial Symbiosis“.

11. МАТИЧНОСТ ПРЕДЛОЖЕНЕ ТЕМЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Предложена тема је из научног поља техничко - технолошких наука. Научна област је **грађевинско инжењерство**, за коју је матичан **Грађевински факултет**. Ужа научна област, према Статуту Грађевинског факултета, је **Водоснабдевање, санитарно инжењерство и инжењерство заштите животне средине**.

12. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ КОМИСИЈЕ

На основу пријаве теме кандидата Огњена Говедарице, маг. инж. грађ, Комисија за оцену подобности и научне заснованости теме закључује да је предложена тема научно утемељена, актуелна и подобна за израду докторске дисертације. Такође, Комисија закључује да кандидат испуњава све предвиђене услове прописане Законом о високом образовању и Статутом Грађевинског факултета и да поседује истраживачке способности за рад на докторској дисертацији.

Према наведеном, Комисија предлаже Наставно-научном већу Грађевинског факултета Универзитета у Београду да се кандидату Огњену Говедарици, маг. инж. грађ, студенту докторских студија Грађевинског факултета Универзитета у Београду, одобри израда докторске дисертације под измењеним називом:

„УНАПРЕЂЕЊЕ КОНТРОЛЕ ПОВРШИНСКОГ ОТИЦАЈА У УРБАНИМ СРЕДИНАМА КРОЗ ПРИМЕНУ НАЧЕЛА ЦИРКУЛАРНЕ ЕКОНОМИЈЕ”

„ IMPROVING THE CONTROL OF SURFACE RUNOFF IN URBAN ENVIRONMENTS THROUGH THE APPLICATION OF CIRCULAR ECONOMY PRINCIPLES”

Тема припада научној области Грађевинско инжењерство, а за менторе Комисија предлаже др Браниславу Лекић, ванредног професора Грађевинског факултета у Београду и др Александра Ђукића, ванредног професора Грађевинског факултета у Београду.

У Београду, 7.06.2024. године

Чланови комисије:

Проф. др Владана Рајаковић-Огњановић
Универзитет у Београду – Грађевински факултет

В. проф др Александар Ђукић
Универзитет у Београду – Грађевински факултет

В. проф. др Милица Хаднађев-Костић
Технолошки факултет Нови Сад – Универзитет у
Новом Саду

Доц. др Марина Шкондрић
Универзитет у Београду – Грађевински факултет

Научни сарадник др Филип Станић
Универзитет у Београду – Грађевински факултет
