

Факултет Машински

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

915/5
(Број захтева)02.10.2025.
(Датум)Веће научних области техничких наука
(Назив већа научне области коме се захтев
упућује)**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:

МОДЕЛИРАЊЕ УТИЦАЈА ВЕГЕТАТИВНИХ КРОВОВА НА ТЕРМИЧКУ ИНЕРЦИЈУ
И ЕНЕРГЕТСКЕ ПОТРЕБЕ ОБЈЕКТА
(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ: Машинство (ужа научна област: Термомеханика)

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног од родитеља и презиме кандидата: Бранислав (Ненад) Петровић
2. Претходно образовање (назив и седиште факултета, студијски програм):
Универзитет у Београду - Машински факултет, Краљице Марије 16, 11120 Београд 35
3. Година завршетка претходног нивоа студија: 2019.
4. Година уписа на докторске студије: 2019.
5. Назив студијског програма докторских студија: Машинско инжењерство

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ:

Име и презиме ментора: Милош Бањац

Звање: редовни професор

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

- [1] Rudonja, N., Milutinović, N., **Banjac, M.**, Zlatanović, I., Todorović, R.: Energy and exergy analysis of a hybrid ORC power plant, Thermal Science, International Scientific Journal, ISSN: 2334-7163, published online: 2025-05-10 <https://doi.org/10.2298/TSCI250208090P> (IF 2015:1.1)
- [2] Vasilev, M., **Banjac, M.**: Thermal recovery test for determining the thermal conductivity of the soil, Thermal Science, , International Scientific Journal, ISSN: 0354-9836, volume 28, Issue 1, pp. 425-435, 2024, DOI:10.2298/TSCI230825223V (IF 2013: 1.1)
- [3] Jovčevski, M., Laković, M., Iliev, I., **Banjac, M.**, Stojkovski, F.: Mathematical and CFD methods for prediction of thermal pollution caused by thermal power plant, Thermal Science, International Scientific Journal, ISSN: 0354-9836, Year 2023, Vol. 27, No. 6A, pp. 4485-4496 <https://doi.org/10.2298/TSCI230523171J> (IF 2023:1.1)
- [4] Alghlam, A.S.M., Stevanovic, V.D., Elgazdorib, E.A., **Banjac, M.**: Numerical simulation of natural gas pipeline transients, Journal of Energy Resources Technology - Transactions of the ASME, ISSN: 0195-0738 Volume 141, Issue 10, pp. 1-14, Oct 2019 DOI:10.1115/1.4043436 (IF 2019:3.42)
- [5] Todorović, M., **Banjac, M.**, Bajc, T., Ristanović, M.: Achieving savings by implementation of efficient hybrid heating systems, Thermal Science, ISSN: 0354-9836, Volume 23, Issue Suppl. 5, pp. 1683-1693, January 2019, DOI:10.2298/TSCI180726176T (IF 2019:1.574)
- [6] Jović, M., Laković, M., **Banjac, M.**: Improving the energy efficiency of a 110 MW thermal power plant by low-cost modification of the cooling system, Energy and Environment, ISSN: 0958-305X, 0(0) 1-15, 2018, DOI: 10.1177/0958305×17747428 (IF 2018:1.17)
- [7] Laković, M., **Banjac, M.**, Bogdanović Jovanović, J., Jović, M., Milovanović, Z.: Risk of Thermal Pollution of The Danube Passing Through Serbia due to Thermal Power Plants, THERMAL SCIENCE, ISSN: 0354-9836, Year 2018, Vol. 22, Suppl. 5, pp. S1323-S1336, 2018, DOI:10.2298/TSCI18S5323L (IF 2018:1.541)
- [8] **Banjac, M.**, Laković, M.: Introduction Of The Energy Management System In The Industrial Sector Of The Republic Of Serbia Achieved Results And Challenges, Thermal Science, ISSN: 0354-9836, Year 2018, Vol. 22, Suppl. 5, pp. S1-S12, DOI:10.2298/TSCI18S5563B (IF 2018:1.541)

Обавештавамо вас да је Наставно – научно веће на седници одржаној 02.10.2025. 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 ФАКУЛТЕТА

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 једном писаном примерку за архиву Универзитета

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ -
Број: 915/5
Датум: 02.10.2025. године
Београд, Краљице Марије 16

На основу члана 40. Закона о високом образовању („Службени гласник РС“, број 88/2017, 73/2018, 27/2018 – др. закон 67/2019, 6/2020 – др. закони, 11/2021 – аутентично тумачење, 67/2021, 67/2021 – др. закон и 76/2023), члана 64. Статута Машинског факултета – пречишћени текст (број 1136/4 од 28.06.2021. године), Одлуке о изменама и допунама Статута број 239/6 од 17.02.2023. године и члана 38. Правилника о докторским студијама на Универзитету у Београду - Машинском факултету, Наставно-научно веће Машинског факултета на седници од 02.10.2025. године донело је:

ОДЛУКУ

о прихватању Извештаја Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације

Прихвата се Извештај Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације кандидата **Бранислава Петровића**, магист. инж. маш. под насловом **„Моделирање утицаја вегетативних кровова на термичку инерцију и енергетске потребе објекта“**.

Извештај је поднела Комисија у саставу: др Мирко Коматина, ред. проф., др Неџад Рудоња, ванр. проф., др Ружица Тодоровић, ванр. проф., др Марина Јовановић, научни саветник, ИНН Винча Београд и др Биљана Вучићевић, виши научни сарадник, ИНН Винча Београд.

За ментора докторске дисертације именује се др Милош Бањац, ред. проф.

Одлуку доставити: Универзитету у Београду, кандидату, ментору и архиви Факултета.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Владимир Поповић

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Извештај о научном заснованости теме докторске дисертације кандидата **Бранислава Петровића, маг.инж.маш.**

Одлуком Наставно-научног већа Универзитета у Београду - Машинског факултета бр. 915/З од 04.09.2025. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације под називом „**Моделирање утицаја вегетативних кровова на термичку инерцију и енергетске потребе објекта**“, кандидата **Бранислава Петровића, маг. инж. маш.**

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1 Биографски подаци

Бранислав (Ненад) Петровић, маг.инж.маш., рођен је 03. јуна 1995. године у Краљеву, Република Србија. Основну школу „Попински борци“ и средњу школу „Гимназија Врњачка Бања“ завршио је у Врњачкој Бањи.

На Универзитет у Београду – Машински факултет уписао се школске 2014/2015. године. Основне академске студије завршио је 2017. године, одбранивши завршни рад (BSc) са оценом 10 (десет) из предмета *Термодинамика Б* и просечном оценом током Основних академских студија 9,59 (девет и 59/100). Школске 2017/2018. године уписао је Мастер академске студије на Катедри за термотехнику, а исте завршио 25. септембра 2019. године са оценом 10 (десет) и просечном оценом током Мастер академских студија 9,80 (девет и 80/100), одбранивши мастер рад (MSc) на тему „Техничко решење термотехничких инсталација резиденцијалног објекта у Београду“ из предмета *Системи вентилације и климатизације*, под менторством проф. др Александре Сретеновић. У школској 2019/2020. години, уписао је Докторске академске студије на Универзитету у Београду – Машинском факултету (број индекса Д16/19). Кандидат је положио све испите на Докторским академским студијама Машинског факултета у Београду и тренутно је студент VI семестра.

У звање истраживач-приправник изабран је 26. децембра 2019. године, а од 25. децембра 2019. године запослен је на Машинском факултету у Београду, као истраживач-приправник, и то на пројекту технолошког развоја под називом „Истраживање коришћења соларне енергије

применом вакуумских колектора са топлотним цевима и изградња демонстрационог постројења“, који је финансирало Министарство просвете, науке и технолошког развоја Владе Републике Србије (ев. бр. ТР-33048, руководилац пројекта проф. др Милан Гојак), закључно са 31. децембром 2019. године. Кандидат је од 1. јануара 2020. године и даље био запослен на Машинском факултету у Београду, такође у својству истраживача-приправника, и то на Катедри за термомеханику, у оквиру пројекта под називом „Интегрисана истраживања у области макро, микро и нано машинског инжењерства” подпројекат „Побољшања енергетске ефикасности термичких процеса и система”, а који је финансирало Министарство просвете, науке и технолошког развоја Владе Републике Србије, према уговору о реализацији и финансирању научноистраживачког рада НИО у 2020. (ев. бр. 451-03-68/2020-14/200105) и 2021. години (ев. бр. 451-03-9/2021-14/200105), руководилац пројекта: проф. др Радивоје Митровић.

Звање истраживача-приправника поново стиче 19. јануара 2023. године. Од 1. јануара 2022. године кандидат је запослен у својству истраживача-приправника на Катедри за термомеханику, где и тренутно ради у оквиру пројекта под називом „Интегрисана истраживања у области макро, микро и нано машинског инжењерства“, односно подпројекта „Побољшања енергетске ефикасности термичких процеса и система“, који је финансирало Министарство просвете, науке и технолошког развоја, односно касније Министарство науке, технолошког развоја и иновација Владе Републике Србије према уговорима о реализацији и финансирању научноистраживачког рада НИО у 2022. (ев. бр. 451-03-68/2022-14/200105), 2023. (ев. бр. 451-03-47/2023-01/200105), 2024. (ев. бр. 451-03-66/2024-03/200105) и 2025. години (ев. бр. 451-03-136/2025-03/200105), руководилац пројекта: проф. др Владимир Поповић.

За постигнуте резултате, током похађања Основних и Мастер академских студија, добио је следеће похвале и признања:

- 2015-2017. Похвале поводом Дана Машинског факултета у Београду за одличан успех постигнут на првој, другој и трећој години Основних академских студија (школска 2014/15., 2015/16., и 2016/17. година).
- 2018. Стипендија „Доситеја“ коју Фонд за младе таленте Министарства омладине и спорта Републике Србије додељује најбољим студентима завршних година академских студија.
- 2018–2019. Похвала поводом Дана Машинског факултета у Београду за одличан успех постигнут на првој и другој години Мастер академских студија (школска 2017/18. и 2018/19. година).

Од јесењег семестра школске 2020/2021. године, докторанд Бранислав Петровић, укључен је у наставни процес Катедре за термомеханику Универзитета у Београду – Машинског факултета на наставном предмету Термодинамика Б (ОАС).

Познавање страних језика

- Енглески језик – говори, чита и пише.
- Немачки језик – основно познавање.

Познавање рада на рачунару

- Напредно коришћење програма: Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint), AutoCAD, SolidWorks, Python, MATLAB, C, FORTRAN, LaTeX, HAP, CorelDraw.

Истраживачке области

- термодинамика, преношење количине топлоте, енергетска ефикасност, обновљиви

извори енергије, моделирање и симулација енергетских система, термичка инерција.

Стручно усавршавање и унапређење знања

- Лиценца Инжењерске коморе Србије - Инжењер за обављање стручних послова израде техничке документације из стручне области машинско инжењерство, уже стручне области термотехника, термоенергетика и процесна техника (број: 361И04823, ознака: МП 06-01);
- Лиценца Инжењерке коморе Србије - Извођач радова за обављање стручних послова грађења објеката, односно извођења радова из стручне области машинско инжењерство, уже стручне области термотехника, термоенергетика и процесна техника (број: 461М00824, ознака: МИ 06-01.1);
- Лиценца Инжењерке коморе Србије - Инжењер за обављање стручних послова израде елабората енергетске ефикасности и енергетске сертификације зграда из стручне области енергетска ефикасност зграда (број: 381И04523, ознака: ЕЕ 12-01);
- Лиценца Министарства рударства и енергетике Републике Србије за обављање послова енергетског менаџера за област енергетике зграда (број: ЕМЗ 0061 23);
- Лиценца Министарства рударства и енергетике Републике Србије за обављање послова енергетског менаџера за област енергетике јавног сектора (број: ЕМО 0151 24);
- Лиценца Министарства рударства и енергетике Републике Србије за обављање послова енергетског менаџера за област индустријске енергетике (број: ЕМИ 0247 24).

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

1.2.1. Активности на Докторским академским студијама

Кандидат Бранислав Петровић, маг.инж.маш., уписао је Докторске академске студије на Универзитету у Београду – Машинском факултету школске 2019/2020. године. У циљу реализације Програма усавршавања, положио је следеће обавезне и изборне предмете:

Први семестар Докторских академских студија

Назив предмета	Предметни наставник	ЕСПБ	Оцена
Виши курс математике (о*)	проф. др Слободан Радојевић	5	8 (осам)
Нумеричке методе (о*)	проф. др Миодраг Спалевић	5	10 (десет)
ОМНИР (организација и методе научно - истраживачког рада) и комуникација (о*)	проф. др Милош Недељковић	5	10 (десет)
Одабрана поглавља из термодинамике (и*)	проф. др Милан Гојак	5	9 (девет)
Истраживање и публикување - I	проф. др Мирко Коматина	10	10 (десет)

Други семестар Докторских академских студија

Назив предмета	Предметни наставник	ЕСПБ	Оцена
Одабрана поглавља из механике флуида (и*)	проф. др Александар Ћоћић	5	10 (десет)
Виши курс из преношења топлоте и супстанције (и*)	проф. др Милош Бањац	5	10 (десет)
Термодинамичка анализа процеса и уређаја (и*)	проф. др Милан Гојак	5	10 (десет)
Истраживање и публикување - II	проф. др Милан Гојак	15	10 (десет)

Трећи семестар Докторских академских студија

Назив предмета	Предметни наставник	ЕСПБ	Оцена
<i>Преношење топлоте и супстанције – нумерички приступ (и*)</i>	проф. др Милош Бањац	5	10 (десет)
<i>Одабрана поглавља из простирања топлоте и супстанције (и*)</i>	проф. др Мирко Коматина	5	10 (десет)
<i>Истраживање и публикавање - III</i>	ван. проф. др Неџад Рудоња	20	10 (десет)

Четврти семестар Докторских академских студија

Назив предмета	Предметни наставник	ЕСПБ	Оцена
<i>Истраживање и публикавање - IV</i>	ван. проф. др Неџад Рудоња	8	10 (десет)
<i>Пројекат идеје докторске дисертације</i>	проф. др Милан Гојак ван. проф. др Неџад Рудоња ван. проф. др Ружица Тодоровић	22	10 (десет)

Напомена: о* - обавезни предмет; и* - изборни предмет.

Бранислав Петровић је на Докторским академским студијама Универзитета у Београду – Машинског факултета положио 3 (три) обавезна и 6 (шест) изборних предмета (сваки вреди по 5 ЕСПБ бодова), чиме је остварио укупно 45 ЕСПБ бодова. Резултати научноистраживачког рада Бранислава Петровића на Машинском факултету у Београду, реализовани кроз рад у *Лабораторији за термодинамику и преношење топлоте и супстанције* и *Лабораторији за ефикасно коришћење енергије* (Истраживање и публикавање I-IV), а верификовани објављивањем радова, као и учествовање у извођењу наставе на наставном предмету Катедре за термомеханику, указују на то да је кандидат веома успешно остварио још 53 ЕСПБ бода. Кандидат је успешно реализовао и одбранио **Пројекат идеје докторске дисертације**, што је Комисија у саставу проф. др Милан Гојак, др Неџад Рудоња, ван. проф. и др Ружица Тодоровић, ван. проф. потврдила оценом 10 (десет), а тиме је кандидат стекао још 22 ЕСПБ бода. Дакле, у складу са чланом 21. Правилника о Докторским академским студијама Универзитета у Београду – Машинског факултета, кандидат је остварио укупно 120 ЕСПБ бодова, чиме је испунио основни услов да упише трећу годину студија и пријави тему докторске дисертације.

1.2.2. Списак објављених научних радова и других релевантних резултата и активности које опредељују афинитет кандидата за рад на предложеној теми

1.2.2.1. Радови саопштени на скуповима међународног значаја, штампани у целини

- [1] **Petrović B., Gojak M.:** *Analytical Assessment of Cooling Degree-Days for Estimating Energy Consumption in Building Sector During Cooling Season in Belgrade*, SimTerm Proceedings 2024, Niš, Serbia, October 22-25.2024. Ed. Mirjana, Laković., University of Niš, Faculty of Mechanical Engineering, Niš, 2024, pp. 188-96. ISBN 978-86-6055-192-6. (10.5937/SimTerm24188P) → **M33**.
- [2] **Petrović B., Ristić B., Banjac M., Božić I.:** *An overview on optimal modeling of hybrid renewable energy systems for enhancing energy management strategies*, XX International May Conference on Strategic Management – IMCSM24, 31 May 2024, Bor, Republic of Serbia,

Vol. 10, No. 1, pp. 132-141, ISBN 978-86-6060-131-7. (DOI: 10.5937/IMCSM24013P) → **M33**.

- [3] **Petrović B.**, Gojak M.: *Energy efficiency improvement potential and energy saving strategies in global industrial sector*, 8th International Symposium of Industrial Engineering – SIE 2022, 29-30 September 2022, Vol. 8, No.1, pp. 236-240, ISBN 978-86-6060-131-7. → **M33**
- [4] **Petrović B.**, Gojak M., Kozić Đ.: *On the way to reaching the minimal thermal conductivity value of thermal insulation materials*, 52nd International HVAC&R Congress and Exhibition, Proceedings, Vol. 52, No. 1, pp. 177-186, ISBN 978-86-85535-11-6, 01-03 December 2021, Belgrade, Serbia. → **M33**.
- [5] **Petrović B.**, Kozić Đ.: *Product Design Involving Culture, Sustainability and User Experience*, The 11th International Conference KOD2021, Machine and Industrial Design in Mechanical Engineering – Proceedings of KOD 2021, 10-12 June 2021, Novi Sad, Serbia, Vol. 109, Springer, pp. 227-235, ISBN 978-86-85535-07-9. (https://doi.org/10.1007/978-3-030-88465-9_20) → **M33**.
- [6] **Petrović B.**, Gojak M., Kozić Đ.: *Numerical analysis of the influence of basic operating parameters on the performance characteristics of solar-driven ejector cooling*, 51st International HVAC&R Congress and Exhibition, Proceedings, Vol. 51, No. 1, pp. 129-137, ISBN 978-86-85535-07-9, 02-04 December 2020, Belgrade, Serbia. (<https://doi.org/10.24094/kghk.020.51.1.129>) → **M33**.

1.2.2.2. Научни радови у водећим часописима националног значаја

- [1] **Петровић Б.**, Гојак М.: *Процена одрживости енергетских система са обновљивим изворима енергије применом ексергијске анализе животног циклуса*, Техника – машинство, Год. 76, бр. 5, стр. 595-602, ISSN 0040-2176, октобар 2021, Београд. (DOI: 10.5937/tehnika2105595P) → **M51**.

1.2.2.3. Научни радови у водећим часописима националног значаја

- [1] **Петровић Б.**, Бањац М.: *Анализа климатских података за Београд у периоду од 1998. до 2022. године за симулацију енергетских перформанси објеката применом методе степен-дана грејања*, КХГ – Климатизација, грејање, хлађење, Год 53, бр. 2, стр. 29-35, ISSN 0350-1426, Београд, јун 2024. → **M53**.
- [2] **Петровић Б.**, Гојак М., Козић Ђ.: *Технологије и принципи соларног адсорпционог хлађења*, Процесна техника, Год 33, бр. 2, стр. 44-49, ISSN 2217-2319, Београд, јануар 2022. (<https://doi.org/10.24094/ptc.021.33.2.44>) → **M53**.
- [3] Гојак М., Козић Ђ., **Петровић Б.**: *Термодинамичка анализа ејекторског соларног хлађења*, Процесна техника, Год 32, бр. 2, стр. 10-13, ISSN 2217-2319, Београд, децембар 2020. → **M53**.

1.2.3. Учешће у националним научно-истраживачким пројектима финансираним од стране Министарства за просвету, науку и технолошки развој Републике Србије

- 1) „Истраживање коришћења соларне енергије применом вакуумских колектора са топлотним цевима и изградња демонстрационог постројења“, научноистраживачки пројекат технолошког развоја који је финансиран од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије (ев. бр. ТР-33048), руководилац пројекта: проф. др Милан Гојак, Београд, 2015 – 2019.
- 2) „Интегрисана истраживања у области макро, микро и нано машинског инжењерства“ подпројекат „Побољшања енергетске ефикасности термичких процеса и система“ (ознака ТР33048), научноистраживачки пројекат технолошког развоја који је финансиран од стране Министарства просвете, науке и технолошког

развоја Владе Републике Србије, према уговорима о реализацији и финансирању научноистраживачког рада НИО у 2020. (ев. бр. 451-03-68/2020-14/200105) и 2021. години (ев. бр. 451-03-9/2021-14/200105), руководилац пројекта: проф. др Радивоје Митровић, Београд, 01.01.2020 – 31.12.2022.

- 3) *„Интегрисана истраживања у области макро, микро и нано машинског инжењерства”* подпројекат *„Побољшања енергетске ефикасности термичких процеса и система”* (ознака ТР33048), научноистраживачки пројекат технолошког развоја који финансиран од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја, односно Министарства науке, технолошког развоја и иновација Владе Републике Србије, према уговорима о реализацији и финансирању научноистраживачког рада НИО у 2022. (ев. бр. 451-03-68/2022-14/200105), 2023. (ев. бр. 451-03-47/2023-01/200105), 2024. (ев. бр. 451-03-66/2024-03/200105) и 2025. години (ев. бр. 451-03-136/2025-03/200105), руководилац пројекта: проф. др Владимир Поповић, Београд, 01.01.2022—...

1.2.4. Учешће у националним научно-истраживачким пројектима финансираним од стране Министарства за просвету, науку и технолошки развој Републике Србије

- 4) Пројекат: *„Унапређење система енергетског менаџмента ради повећања инвестиција у енергетску ефикасност јавних зграда у Србији”* (GEF project ID number: 10443, PIMS: 6388), пројекат финансиран од стране Глобалног фонда за заштиту животне средине (GEF), Програма Уједињених нација за развој (UNDP - United Nations Development Programme), Министарства рударства и енергетике, Европског заједничког фонда за Западни Балкан (EWBJF) и Развојне банке Савета Европе (WBIF), руководилац пројекат: проф. др Милош Баћац, 2023–2026.
- 5) Пројекат: *„Израда пројектне документације за реконструкцију система за грејање, хлађење и вентилацију објеката у ХЕ Бајина Башта”*, уговор бр. ЈН/2100/0142/2023 од 14.08.2023., Бајина Башта, руководилац пројекта: проф. др. Милош Баћац, 2023.
- 6) Пројекат: *„Студија изводљивости енергетске санације зграде у улици Омладинских бригада 1, Београд – Анализа могућности коришћења петрогеотермалне енергије за потребе грејања и хлађења објекта СИВ 3 – Нови Београд”*, програма „Енергетска ефикасност у зградама централне власти”, пројекат финансиран од стране Програма Уједињених нација за развој (UNDP - United Nations Development Programme), руководилац пројекта: проф. др Милош Баћац, 2023;
- 7) Пројекат: *„Израда плана и програма енергетске ефикасности града Панчева”*, уговор бр. ХИ-13-404-256/2021. од 24.02.2022. град Панчево, руководилац пројекта: проф. др Милош Баћац;
- 8) Пројекат: *„Студија изводљивости енергетске ефикасности реновирања зграде централне владе – СИВ 3 у Београду”*, програма „Енергетска ефикасност у зградама централне власти“ 2023, пројекат финансиран од стране Програма Уједињених нација за развој (UNDP - United Nations Development Programme), руководилац пројекта: проф. др Милош Баћац, 2023;
- 9) Пројекат: *„Енергетска сертификација и детаљни енергетски прегледи зграда централне власти”*, програма „Енергетска ефикасност у зградама централне власти”, пројекат финансиран од стране Програма Уједињених нација за развој (UNDP - United Nations Development Programme), руководилац пројекта: проф. др Милош Баћац, 2022 – 2023;

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Кандидат Бранислав Петровић, магистар инжењерства, својим досадашњим истраживачким активностима показао је посебну заинтересованост, квалитет и изражену способност за научноистраживачки рад.

Публиковани научни радови у зборницима радова скупова међународног и националног значаја, као и у водећим часописима националног значаја и осталим часописима националног значаја, указују на изразит смисао кандидата да се бави комплексним и мултидисциплинарним научним истраживањима.

Биографски подаци, објављени научни радови, експериментална истраживања кроз ангажовање на научним пројектима технолошког развоја (*ев. бр. ТР-33048, ев. бр. 451-03-68/2020-14/200105, ев. бр. 451-03-9/2021-14/200105, ев. бр. 451-03-68/2022-14/200105, ев. бр. 451-03-47/2023-01/200105, ев. бр. 451-03-66/2024-03/200105 и ев. бр. 451-03-136/2025-03/200105*), као и други остварени резултати Бранислава Петровића, магистар инжењерства, суштински су повезани са научном облашћу којој припада предложена тема докторске дисертације, што кандидата, према мишљењу Комисије, квалификује за самосталан, успешан и ефикасан теоријски и експериментални научноистраживачки рад на предметној докторској дисертацији.

2. Предмет и циљ истраживања

2.1 Предмет истраживања

Климатске промене, ограниченост резерви фосилних горива и процене да ће оне бити исцрпљене до краја века, као и све чешће енергетске и геополитичке кризе изазване позиционирањем држава и компанија за преостале ресурсе – укључујући и ретке елементе и метале потребне за обновљиве изворе – довели су до тога да рационализација потрошње и енергетска ефикасност постану приоритет у политикама многих држава [1]. Иако се одређени аспекти ових изазова могу регулисати кроз законске оквире, суштински решење ових проблема тражи се кроз научна истраживања и кроз развој иновативних технологија и техничких решења.

С обзиром на то да сектор зграда у развијеним земљама учествује са око 35–40% у укупној потрошњи енергије, а у Србији између 40 и 50%, јасно је да управо овај сектор има изузетно велики потенцијал за постизање енергетских уштеда [2,3].

Групу најефикаснијих мера за унапређење енергетске ефикасности зграда чине мере побољшања топлотно изолационих својстава термичког омотача зграде. Овим мерама, трансмисиони и инфилтрациони топлотни губици објекта значајно се смањују, што директно доводи до смањења количине топлоте потребне за грејање и хлађење и побољшања термичког комфора корисника.

У случају слободностојећих породичних кућа које немају адекватну или имају слабу топлотну изолацију, један од најзначајнијих губитака представљају топлотни губици кроз таванске и кровне конструкције. Анализе показују да се у оваквим објектима приближно 25% од укупних топлотних губитака оствари управо кроз кровне конструкције [4]. Са друге стране, у летњим месецима кров је најизложенији директном сунчевом зрачењу, па су и топлотни добици кроз кровне конструкције изузетно велики. Код већих и виших објеката, попут вишепородичних стамбених зграда, губици топлоте преко кровне конструкције су релативно мањи, али и даље значајни, а њихова величина зависи од спратности зграде, односно односа између површине крова и површине спољашњих зидова и отвора, као и од самог конструктивног решења крова.

Традиционалне кровне конструкције, које се најчешће примењују у градњи стамбених и пословних објекта, обухватају носећу конструкцију у комбинацији са термоизолационим слојем, хидроизолацијом и по потреби завршним покривним материјалима. Температура на спољашњој површи ових кровова током најтоплијих летњих дана, посебно у условима интензивног сунчевог зрачења може достићи веома високе вредности, и то између 50-75 °C [5,6], што резултира већим температурним градијентом и повећаним топлотним протоком ка унутрашњости објекта. Постављањем додатног слоја термоизолационог материјала смањује се проток топлоте кроз кровну конструкцију, али због мале густине и малог топлотног капацитета ових материјала, термичка маса (способност акумулисања топлоте) кровне конструкције остаје готово непромењена, самим тим се и термичка стабилност зграде (способност зграде да при промени температуре спољашњег ваздуха и других климатских услова одржава приближно сталну температуру ваздуха унутар зграде), бива само делимично унапређена.

Како би се зграде учиниле ефикаснијим, у последње време посебни напори улажу се у развој нових материјала и нових конструктивних решења, која обухватају тзв. рефлективне „хладне“ кровове (енг. *cool roofs*) – кровове који користе материјале и технологију радијативног хлађења (енг. *radiative cooling*), кровове са материјалима које мењају агрегатно стање (енг. *phase change materials, PCM*) усмерене на контролисану акумулацију топлоте, као и вегетативне, односно „зелене“ кровове (енг. *green roofs*), који обједињују оба ефекта уз додатно коришћење ефекта пасивног хлађења испаравањем влаге и деловањем физиолошких процеса биљака (фотосинтеза и евапотранспирација) [7].

Како су стандардни прорачуни којима се одређују потребе зграде за енергијом за грејање и хлађење засновани на претпоставци стационарности процеса пролажења топлоте, ефекти утицаја акумулације топлоте, тј. термичка маса и термичка стабилност зграде, који се манифестују као ублажавање и пригушење температурних осцилација у слојевима термичког омотача зграде, узимају се у обзир само посредно. Најчешће само кроз фактор искоришћења добитака топлоте, уз врло грубо и паушално претпостављање вредности тзв. динамичког топлотног капацитета. На овај начин, прорачуном се не обухвата стварни ефекат акумулационих својстава објекта, што доводи до грубих грешака у прорачуну. Ово је посебно изражено код претходно наведених савремених кровних конструкција, јер на основу постојећих прорачуна ниједан од набројаних ефеката не може адекватно узети у обзир.

Поред тога, за вегетативне кровове још увек нису успостављене корелације између запреминске влажности тла и потрошње енергије у објектима, а постоје и размимоилажења у начинима одређивања суве и латентне топлоте за ове врсте кровне покривке.

Полазећи од наведеног, предвиђено је да предмет истраживања ове дисертације буде проучавање комплексних нестационарних процеса преношења топлоте и супстанце (влаге) који се остварују у грађевинским конструкцијама вегетативних кровова, квантитативно одређивање њиховог утицаја на термичку инерцију, као и утврђивања њиховог утицаја на енергетске потребе и термичку стабилност објекта.

2.2 Циљ истраживања

Циљ истраживања је утврђивање и повезивање свих процеса преношења топлоте и супстанце (влаге) који се остварују у грађевинским конструкцијама вегетативних кровова и формирање математичког модела понашања овог система, на основу којег ће моћи да се успостави корелација између параметра термичке инерције и потрошње енергије потребне за хлађење/грејање објекта. У случају да ниједан од постојећих параметра термичке инерције не може довољно квалитетно да послужи за успостављање ове корелације, циљ истраживања би се проширио на проналажење новог параметра термичке инерције којим ће то бити могуће.

2.3 Преглед стања у области истраживања

У постојећој научној и стручној литератури вегетативни кровови, као савремена технологија кровних конструкција, широко су проучавани у погледу смањења потрошње енергије и њиховог утицаја на побољшање климатских услова у градском подручју. Ова истраживања спроведена су применом експерименталних, аналитичких, статистичких и нумеричких приступа, односно развојем нумеричких модела и одговарајућих симулација њиховог понашања [8-13]. Међутим, у овим истраживањима изостало је сагледавање утицаја вегетативних покривки на повећање термичке инерције и акумулационих својстава објекта. Истраживање овог утицаја утолико је значајније, јер за разлику од других једноставних грађевинских елемената, код којих се ово својство донекле може обухвати коришћењем појединих параметара и поједностављених корелација, у случају вегетативних покривки, које обилују различитим процесима и механизмима који директно и индиректно утичу на термичку инерцију, изостанак њиховог обухватања доводи до некавалитетних резултата и одступања од стварног понашања система.

Вегетативне кровне покривке у свом горњем слоју садрже биљке или траве, при чему се по правилу користе врсте отпорне на сушне услове (нпр. *Sedum* или *Delosperma*) [14]. Испод вегетационог слоја налази се супстрат који представља порозни слој, сличан земљишту, а омогућава раст биљака задржавањем влаге и хранљивих материја. Испод супстрата налази се филтрациона мембрана која онемогућава продирање супстрата и корења у доње слојеве и спречава запушавање дренажног слоја. Дренажни слој, најчешће израђен од гумених гранула одводи вишак падавина до олучне кровне вертикале. Испод дренажног слоја, налази слој отпоран на продор корења и на самом дну налази се хидроизолација, која спречава продор влаге ка кровној конструкцији на којој је постављен вегетациони систем. Ради обезбеђивања топлотне заштите кровне конструкције термоизолациони слој се такође поставља као њен саставни слој.

Захваљујући слојеној слојевитој структури вегетативне кровне конструкције која се састоји од вегетативне покривке и кровне конструкције, она обједињује термо-физичке особине грађевинских материјала и биолошке процесе присутне у вегетацији и супстрату. У њима се истовремено одвија више међусобно повезаних и комплексних процеса преношења топлоте и влаге које су условљене међусобном интеракцијом између вегетације, супстрата, воде, ваздуха и осталих слојева кровне конструкције. Поред тога, термо-физичке особине супстрата се мењају у зависности од садржаја влаге, који варира услед количине падавина, испаравања са површине и из унутрашњих слојева супстрата, као и услед транспирације кроз вегетацију. Последице преношења топлоте и влаге одликују се изразитом нелинеарношћу и временски променљивом карактеру.

У поређењу са конвенционалним кровним системима који, без икаквог присуства унутрашњих механизма термичке регулације показују готово „линеарно“ термичко понашање, вегетативни кровови због присуства различитих активних физичких и биолошких механизма, у сложеним процесима преношења топлоте и супстанце, који доприносе смањењу температуре кровне површи и успоравању преношење топлоте ка унутрашњости објекта, као што је већ наведено показују изразито „нелинеарно“ термичко понашање [15]. Они, функционишући као динамичка баријера између спољашње средине и унутрашњег простора, истовремено обезбеђују и висок ниво топлотне стабилности објекта и унапређују енергетску ефикасност објекта [16].

Да би се формулисао поуздан и применљив модел понашања вегетативног крова, потребно је детаљно познавање свих физичких процеса који се у њему остварују. За успостављање што тачнијег енергетског биланса система потребно је да буду размотрени сви топлотни протоци који се остварују између вегетативне кровне конструкције и околине услед различитих механизма преношења топлоте и супстанце. Ови топлотни протоци обухватају: 1) топлотни

проток услед апсорпције сунчевог зрачења које доспева на површину вегетације и супстрата, односно краткоталасног зрачења које обухвата директну и дифузиону компоненту 2) топлотни проток услед апсорпције апсорпције атмосферског дуготаласног сунчевог зрачења са површине вегетације или супстрата; 3) топлотни проток услед емисије дуготаласног зрачења са површине вегетације или супстрата према околини; 4) топлотни проток услед конвективног преношења топлоте између површине вегетације или супстрата и околног ваздуха; 5) топлотни проток латентне топлоте услед фазне промене воде из течног у гасовито агрегатно стање у процеса евапотранспирације, који обухвата испаравање воде из супрата и транспирацију – отпуштање водене паре кроз поре на површини листова биљака (стоме) и 6) топлотни проток услед провођења топлоте кроз слојеве супстрата и осталих слојева кровне конструкције [17]. Поред разматрања топлотних протока са спољашње стране вегетативног крова, потребно је узети у обзир и топлотни проток услед конвективног преношења топлоте између унутрашње површине кровне конструкције и унутрашњег ваздуха.

Приликом моделирања система вегетативног крова и разматрања свих механизма преношења топлоте и супстанце, како између слојева вегетативног крова, тако и између слојева и његове околине, потребно је узети у обзир количину топлоте акумулисану у кровној конструкцији, која зависи од термичке масе њених појединачних слојева. Уколико се сагледа улога термичке масе, може се проценити ефекат термичке инерције вегетативних кровова, што омогућава да се одреди укупно термичко понашање система у условима променљивих спољашњих услова и сагледа допринос топлотној стабилности објекта и потрошњи енергије потребне за његово грејање/хлађење.

Прорачун неустаљеног преношења топлоте кроз грађевинске елементе, који обухвата акумулацију топлоте у грађевинским материјалима, омогућава свеобухватнију процену стварних енергетских перформанси зграда у условима променљивих спољашњих услова. У динамичким радним условима, термичка инерција се не може занемарити. Док термички отпор утиче на успоравање преношења топлота кроз грађевинске елементе, термичка инерција узрокује временско одлагање преношења топлоте ка унутрашњем простору, при чему се највећа вредност топлотног протока ка унутрашњем простору јавља са закашњењем у односу тренутак појаве максималне температуре спољашњег ваздуха. Временско кашњење последица је количине топлоте акумулисане у слојевима конструкције, чиме се доприноси постизању топлотне стабилности објекта. Међусобним усклађивањем термичког отпора (као статичког) и термичке инерције (као динамичког) својства конструкције може се утицати на смањење потрошње енергије и побољшање термичког комфора корисника.

У научној литератури постоје различите дефиниције појма термичке инерције грађевинских материјала које, иако формулисане са намером да буду универзалне, у пракси оне ипак одговарају захтевима појединачних случајева. При томе, ниједан од постојећих параметара којима се дефинише својство термичке инерције не обухвата ефекте пасивног радијативног хлађења, ефекте латентног хлађења услед испаравања влаге, нити утицај физиолошких процеса биљака и процеса евапотранспирације који су присутни у вегетативним покривкама.

Термичка инерција се уобичајено дефинише као особина материјала која одређује брзину одзива температуре материјала на промену температуре спољашњег ваздуха [18]. С друге стране, свеобухватнија и прецизнија дефиниција термичке инерције, која истиче њен утицај на термичке услове у унутрашњем простору, подразумева да термичка инерција представља способност материјала да акумулише топлоту и одложи њено преношење, односно успори промену температуре материјала [19].

Иако се у релевантној научној литератури термичка маса поистовећује са термичком инерцијом [20], та два појма нису једнака јер термичка маса представља физичку величину која директно зависи од масе материјала и специфичног топлотног капацитета док термичка инерција представља шири појам, који поред способности складиштења топлоте унутар материјала узима у обзир и динамику преношења топлоте кроз материјал, у условима

променљивих спољашњих термичких утицаја. Термичка инерција представља сложену својство конструктивних елемената, која не зависи од једне физичке величине, већ је за њено потпуно описивање, поред заједничког дејства термо-физичких својстава материјала потребно узети у обзир и геометријске карактеристике посматраних слојева конструкције и њихов међусобни распоред. Поред тога, за потпуно описивање термичке инерције, неопходно је да се разматрају временски променљиви механизми преношења топлоте између појединачних слојева конструкције и околине и између конструкције и њене околине [21].

Иако због своје сложености, термичка инерција не може бити сведена на један параметар, који представља временски зависан одговор на спољашње термичке услове, у оквиру анализе неустаљеног (нестационарног) провођења топлоте кроз грађевинске елементе, као један од карактеристичних показатеља динамичког понашања материјала користи се параметар топлотне дифузивности (или температурна проводност) материјала, a [m^2/s] [22]. У научној литератури се често наводи да је топлотна дифузивност један од најрелевантнијих показатеља за процену термичке инерције, јер као својство специфично за материјал, она дефинише однос између способности материјала да ефикасно проводи топлоту у односу на његову способност да је складишти, чиме указује на брзину простирања топлоте унутар материјала у условима неустаљеног провођења топлоте. Материјали са високом топлотном дифузивношћу брзо реагују на температурне промене, јер омогућавају брзо ширење топлоте кроз материјал. Ипак, као физичка величина, она није сама по себи довољан параметар за описивање термичке инерције, јер термичка инерцију утичу и други фактори, као што су геометријске карактеристике слојева конструкције, њихова међусобна конфигурација, механизми преношења топлоте, као и укупна количина топлоте акумулисане у материјалу и ослобађа током времена.

Поред термичке дифузивности, топлотна ефузивност b [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{s}^{0,5}$] представља још један од параметара који служи за описивање својства термичке инерције материјала, а односи се на способност материјала да размењује топлоту са околином, односно описује термички одзив површинске температуре на промену површинског топлотног протока на површини [20]. Што је нижа вредност топлотне ефузивности материјала, већа је осетљивост површинске температуре на промене топлотног протока на површини, док са друге стране више вредности топлотне ефузивности одговарају материјалима који иако лако могу да акумулишу велику количину топлоте, истовремено брзо и ослобађају топлоту на својој површини у околину, што није пожељно са аспекта повећања термичке инерције грађевинске конструкције. Изражава се као квадратни корен производа три термофизичка својства материјала, и то: топлотне проводљивост, густине и специфичног топлотног капацитета.

За разлику од термичке дифузивности и термичке ефузивности, које су особине материјала, динамички показатељи термичке инерције и с њом повезаног термичког одзива грађевинске конструкције као целине формиране међусобним деловањем њених слојева, а који су најчешће анализирани у научној литератури су временско кашњења температурних осцилација η [h] и фактора пригушења амплитуде осцилације температуре ν [-] [23]. Фактор пригушења амплитуде осцилација температуре представља однос амплитуде осцилација температуре спољашњег ваздуха и амплитуде температуре унутрашњег ваздуха. Временско кашњења температурних осцилација представља временски период који је потребан да поремећај настао променом температуре спољашњег ваздуха, изазове промену температуре унутрашње површине грађевинске конструкције.

У наставку су наведена нека од релевантних и кључних научних достигнућа, која се баве поменутом тематиком, што представља основ за покретање научног истраживања предвиђеног овом докторском дисертацијом:

- [1] Бањац, М и др.: *Приручник за обуку енергетских саветника*, ISBN 978-86-6060-213-0, Машински факултет Београд, 2025.
- [2] https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-performance-buildings/energy-performance-buildings-directive_en,
- [3] Стратегије развоја енергетике РС до 2040. године са пројекцијама до 2050. године, Министарство рударства и енергетике, 2024,
- [4] <https://energysavingtrust.org.uk/energy-at-home/reducing-home-heat-loss>,
- [5] Maiolo, M., Pirouz, B., Bruno, R., Palermo, S. A., Arcuri, N., Piro, P.: *The Role of the Extensive Green Roofs on Decreasing Building Energy Consumption in the Mediterranean Climate*, - Sustainability, Vol 12, No 1, 2020, Art. 359, pp. 1–13,
- [6] Baryła, A., Gnatowski, T., Karczmarczyk, A., Szatylowicz, J.: *Changes in Temperature and Moisture Content of an Extensive-Type Green Roof*, - Sustainability, Vol 11, No 9, 2019, pp. 1–18,
- [7] Cascone, S., Coma, J., Gagliano, A., Pérez, G.: *The evapotranspiration process in green roofs — A review*, - Building and Environment, Vol 147, 2019, pp. 337–355,
- [8] Chagolla-Aranda, M.A., Simá, E., Hernández-López, I., Piña-Ortiz, A., Ávila-Hernández A.: *Dynamic thermal evaluation of a green roof system under warm weather conditions: Case of tropical and dry climates*, - Journal of Building Engineering, Vol 103, 2025, pp. 1–18,
- [9] Wang, J., Mei, G., Garg A., Liu, N.: *A coupled heat and mass transfer model of green roof with water storage layer*, - Building and Environment, Vol 235, 2023, pp. 1–14,
- [10] Agualeles, M., Calvo-Schwarzwalder, M., Font, F., Myers, T.G.: *A mathematical model for the energy stored in green roofs*, - Applied Mathematical Modelling, Vol 115, 2023, pp. 513–540,
- [11] Gunn, P., Gunay, H.B., Van Geel, P.J., Baldwin, C.: *Development of resistor-capacitor and finite difference models to evaluate green roof thermal performance*, - Building and Environment, Vol 226, 2022, pp. 1–15,
- [12] Djedjig, R., Ouldboukhite, S.-E., Belarbi, R., Bozonnet, E.: *Development and validation of a coupled heat and mass transfer model for green roofs*, - International Communications in Heat and Mass Transfer, Vol 39, No 6, 2012, pp. 752–761,
- [13] Quezada-García, S., Espinosa-Paredes, G., Polo-Labarríos, M.A., Espinosa-Martínez, E.G., Escobedo-Izquierdo, M.A.: *Green roof heat and mass transfer mathematical models: A review*, - Building and Environment, Vol 170, 2020, pp. 1–10,
- [14] Vera, S., Pinto, C., Tabares Velasco, P.C., Bustamante, W.: *A critical review of heat and mass transfer in vegetative roof models used in building energy and urban environment simulation tools*, - Applied Energy, Vol 232, 2018, pp. 752–764,
- [15] Nguyen, C.N., Muttill, N., Tariq, M.A.U.R., Ng, A.W.M.: *Quantifying the benefits and ecosystem services provided by green roofs — A review*, - Water, Vol 14, No 1, 2022, pp. 1–37,
- [16] De Cristo, E., Evangelisti, L., Barbaro, L., De Lieto Vollaro, R., Asdrubali, F.: *A Systematic Review of Green Roofs' Thermal and Energy Performance in the Mediterranean Region*, - Energies, Vol 18, No 10, 2025, pp. 1-38,
- [17] Škerget, L., Tadeu, A., Almeida, J.: *Unsteady coupled moisture and heat energy transport through an exterior wall covered with vegetation*, - Energies, Vol 14, No 15, 2021, pp. 1–26,
- [18] Ng, S.-C., Low, K.-S., Tioh, N.-H.: *Newspaper sandwiched aerated lightweight concrete wall panels — Thermal inertia, transient thermal behavior and surface temperature prediction*, - Energy and Buildings, Vol 43, No 7, 2011, pp. 1636–1645,

- [19] Ferrari, S.: Building envelope and heat capacity: *Re-discovering the thermal mass for winter energy saving*, - Proceedings of the 2nd PALENC Conference and 28th AIVC Conference on Building Low Energy Cooling and Advanced Ventilation Technologies in the 21st Century, Crete, Greece, 2007, pp. 346–351,
- [20] Verbeke, S., Audenaert, A.: *Thermal inertia in buildings: A review of impacts across climate and building use*, - Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol 82, 2018, pp. 2300–2318,
- [21] CIBSE: Guide A — Environmental Design, - 8th ed., Chartered Institution of Building Services Engineers, London, 2015 (ponovljeno izdanje sa ispravkama: januar 2016; revidirano: jun 2018; ažurirano: 2021), ISBN 978-1-906846-55-8 (PDF),
- [22] Ghattas, R., Ulm, F., Ledwith, A.: *Mapping Thermal Mass Benefit*, - MIT Concrete Sustainability Hub, Cambridge, MA, 2013,
- [23] Toure, P.M., Dieye, Y., Gueye, P.M., Sambou, V., Bodian S., Tiguampo S.: *Experimental determination of time lag and decrement factor*, - Case Studies in Construction Materials, Vol 11, 2019.

3. Полазне хипотезе

Полазне хипотезе ове докторске дисертације су:

- процеси преношења топлоте и супстанце (влаге) који се остварују у вегетативним кровним покривкама су динамички (нестационарни) и термички нелинеарни процеси;
- процес преношења влаге који се остварује у вегетативним кровним покривкама значајно утиче на његова термо-физичка својства и интензитет испаравања воде са површине супстрата;
- могуће је креирати математички модел понашања вегетативне кровне конструкције, заснован на енергетским билансима дефинисаних по слојевима вегетативне кровне покривке, на основу којег ће бити могуће извршити анализу ефекат његове термичке инерције;
- да би се моделом обухватио динамичко понашање вегетативних кровова, граничним условима морају бити укључене временски променљиве спољашњи климатски утицаји (температура ваздуха, сунчево зрачење, брзина ветра, релативна влажност);
- ефекат термичке инерције вегетативних кровова има значајан утицај на термичку стабилност унутрашњег простора доприносећи контролисаном одлагању и ублажавању температурних осцилација кроз слојеве кровне конструкције;
- врло је вероватно да ниједан постојећи параметар термичке инерције не може довољно добро да квантификује термичку инерцију вегетативне кровне покривке.

4. Научне методе истраживања

Током реализације циљева истраживања предложене теме користиће се следеће научне методе:

- Методе математичког моделирања – развој поузданог математичког модела понашања вегетативног крова, заснован на енергетским билансима који се дефинишу за сваки појединачни слој;
- Нумеричке методе моделирања – примена одговарајуће нумеричке методе за решавање математичког модела процеса преношења топлоте и супстанце у слојевима вегетативних кровова, узимајући у обзир граничне услове у складу са локалним и временски променљивим климатским условима (температура, сунчево зрачење, брзина ветра, влажност ваздуха);

- Методе верификације, тј. поређања резултата добијених нумеричким и експерименталним методама;
- Метода параметарске анализе – на основу нумеричких резултата добијених на основу формираног математичког модела, испитаће се утицај појединачних улазних параметара (термофизичке особине материјала, дебљина појединачних слојева, распоред слојева у конструкцији, тип и густина вегетације као и ефекат сенчења који она ствара, присуство изолационог слоја, садржај воде у супстрату, итд.) на термичку инерцију кровне покривке;
- Методе за развој и поређење параметара који описују термичку инерцију вегетативних кровова.

5. Очекивани научни допринос

Научна истраживања, у оквиру предметне докторске дисертације, подразумевају остваривање следећих очекиваних научних доприноса:

- Формирање математичког модела понашања вегетативне кровне покривке на основу којег ће се утврдити корелација параметра термичке инерције и потрошње енергије потребне за хлађење/грејање објекта у реалним условима;
- Утврђивање оптималног параметра термичке инерције којим се повезује структура и термо-физичка својства слојева вегетативног крова.

6. План истраживања и структура рада

Истраживање утицаја ефеката термичке инерције вегетативних кровова на термичку стабилност унутрашњег простора и енергетске потребе објекта ће се спровести кроз следеће фазе и активности:

- 1) Детаљно изучавање стручне и научне литературе из области преношења топлоте и супстанце (влаге) у системима вегетативних кровова и до сада развијених математичких модела које описују њихово понашање;
- 2) Детаљно изучавање стручне и научне литературе из области термичке инерције и до сада примењиваних параметара који описују термичку инерцију ;
- 3) Спровођење анализа до сада развијених математичких модела преношења топлоте и влаге кроз слојеве вегетативног крова (слоја вегетације, слоја земље, слоја хидро и термоизолације), као и анализа модела размене топлоте и влаге вегетативног крова са његовом околином;
- 4) Осмишљавање унапређеног математичког модела преношења топлоте и влаге, који ће на свеобухватан начин обухватити све комплексне процесе који се јављају унутар вегетативних кровова под утицајем временски променљивих граничних услова;
- 5) Формирање математичког модела понашања вегетативне кровне покривке на основу којег ће се спровести утицај термичке инерције;
- 6) Формирање нумеричког модела за решавање математичког модела и спровођење нумеричких симулације понашања вегетативног крова у претходно дефинисаним (задатим) сценаријима;
- 7) Поређење резултата добијених нумеричком симулацијом са доступним експерименталним резултатима и верификација формираног математичког модела;
- 8) Коришћење нумеричког модела за спровођење параметарске анализе и поређење вегетативних кровова и традиционално коришћених кровних конструкција и погледу утицаја термичке инерције.

Оквирна структура предложене докторске дисертације обухвата следеће целине:

- 1) Уводна разматрања;
- 2) Преглед доступне литературе и досадашњих релевантних истраживања;
- 3) Опис проблема који се решава дисертацијом;
- 4) Опис физичког модела вегетативне кровне покривке;
- 5) Формирање математичког модела понашања вегетативне кровне покривке на основу којег ће се утврдити корелација параметра термичке инерције и потрошње енергије потребне за хлађење/грејање објекта у реалним условима;
- 6) Формирање програмског решења (нумеричког модела) за решавање математичког модела;
- 7) Валидација математичког модела поређењем резултата добијених нумеричком симулацијом са резултатима добених експерименталним путем, као и резултата;
- 8) Утврђивање оптималног параметра термичке инерције којим се повезује структура и термо-физичка својства слојева вегетативног крова и потрошње енергије потребне за хлађење/грејање објекта;
- 9) Закључци и предлози за даљи рад.

7. Закључак и предлог

На основу анализе поднете пријаве теме докторске дисертације кандидата Бранислава Петровића, мастер инжењера машинства, архивирани под евиденцијом бројем 915/1 од 03.07.2025. године, а сходно сагласности Колегијума наставника Катедре за термомеханику, као и према Одлуци Наставно-научног већа број 915/3 од 04.09.2025. године, Комисија за подношење извештаја о научној заснованости теме докторске дисертације закључује да је предложена тема научно утемељена и адекватна за израду докторске дисертације високог ранга, као и да кандидат испуњава законске и друге услове за рад на предметној докторској дисертацији, тако да предлаже Наставно-научном већу Универзитета у Београду – Машинског факултета да се

Браниславу Петровићу, магистру инжењерства.

одобри израду докторске дисертације са темом под насловом

Моделирање утицаја вегетативних кровова на термичку инерцију и енергетске потребе објекта

научна област: **машинско инжењерство** (уџа научна област – **термомеханика**).

На основу Одлуке Наставно-научног већа број 915/3 од 04.09.2025. године, за **ментора** кандидата Бранислава Петровића, магистру инжењерства, током рада на предметној докторској дисертацији, Комисија предлаже да буде именован **др Милош Бањац, редовни професор** Универзитета у Београду – Машинског факултета који у претходних десет година има 14 објављених радова у часописима са импакт фактором са SCI-Web of Science® листе (Образац 3.), и то у домену машинског инжењерства – термомеханике, дакле има све неопходне компетенције у оквиру научне области којој припада тема докторске дисертације, са чиме је Комисија у потпуности сагласна.

Београд, 25.09.2025. год.

С поштовањем,

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....
др Мирко Коматина, редовни професор,
Универзитет у Београду - Машински факултет

.....
др Неџад Рудоња, ванредни професор
Универзитет у Београду - Машински факултет

.....
др Ружица Тодоровић, ванредни професор,
Универзитет у Београду - Машински факултет

.....
др Марина Јовановић, научни саветник,
Институт за нуклеарне науке „Винча“

.....
др Биљана Вучићевић, виши научни сарадник,
Институт за нуклеарне науке „Винча“