

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ ФИЗИЧКОГ ФАКУЛТЕТА УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

Пошто смо на IV седници Научно-наставног већа Физичког факултета Универзитета у Београду одржаној 25. фебруара 2026. године одређени за чланове Комисије за оцену испуњености услова и оправданости предложене теме за израду докторског рада Еме Маричић „Прецизна мерења продукције Хигсовог бозона у асоцијацији са топ кварковима помоћу експеримента АТЛАС на ЛХЦ-у” (енг. "Precision measurements of the Higgs boson production in association with top quarks with the ATLAS experiment at the LHC") и одређивање ментора дисертације, подносимо следећи

ИЗВЕШТАЈ

1 Биографски подаци

Ема Маричић је рођена 12. марта 2000. године у Чачку где је завршила основну школу и гимназију. Школске 2018/2019. године уписала је основне студије на Физичком факултету Универзитета у Београду, на смеру Теоријска и експериментална физика, које је завршила 2022. године са просечном оценом 9,74. Током основних студија била је полазница ЦЕРН-овог Летњег програма. Мастер студије на истом смеру уписала је 2022. године и завршила 4. септембра 2023. године са просечном оценом 10. Мастер рад под називом „Потрага за Хигсовим бозоном насталим у асоцијацији са паром топ кварк-антикварк у распаду на пар ботом кварк-антикварк при високим вредностима трансверзалног импулса Хигсовог бозона” израђен је на Институту за физику Београд под руководством др Јелене Јовићевић, вишег научног сарадника Института за физику Београд, и др Предрага Миленовића, ванредног професора Физичког факултета. Рад представља допринос анализи у оквиру експеримента АТЛАС, чији су резултати објављени у међународном часопису European Physical Journal C. У току својих мастер студија је била полазница летње школе Универзитета у Шлезии, као и на пракси у Лабораторији за физику високих енергија у оквиру Института за физику Београд, при чему су обе активности биле везане за физику високих енергија.

Школске 2023/2024. године уписала је заједничке докторске студије на смеру Физика високих енергија и нуклеарна физика на Физичком факултету Универзитета у Београду и Универзитету Париз-Сакле у Француској. Положила је све предвиђене испите с просечном оценом 9,5. Тема докторске дисертације „Прецизна мерења продукције Хигсовог бозона у асоцијацији са топ кварковима помоћу експеримента АТЛАС на ЛХЦ-у” одбрањена је пред Колегијумом докторских студија Физичког факултета 10. децембра 2025. године.

У јануару 2025. године успешно је завршила квалификациони задатак за ауторство на радовима колаборације АТЛАС, у оквиру ког је развила Prompt Lepton Isolation Tagger (PLIT), алгоритам за побољшану идентификацију лептона у сложеним догађајима. На основу рада и стечене експертизе, позвана је од стране колаборације АТЛАС да ко-руководи анализом Development of Prompt Lepton Isolation Tagger in Run 2 and Run 3, која обухвата развој алгоритма, одређивање радних тачака ефикасности и калибрацију ефикасности на експерименталним подацима.

Ема Маричић је учествовала на више радионица и конференција где је презентовала резултате свог рада, где се истичу излагања у оквиру конференције International Conference on High-Energy Physics (ICHEP) у Прагу, радионице Top LHC France у Паризу и састанка ЛХЦ комитета у ЦЕРН-у. Такође, била је полазница две међународне школе. Одабрана је да буде једна од три представника Републике Србије у панелу ЕКФА (енг. European Committee for Future Accelerators) за младе истраживаче и чланица је његовог организационог комитета. Од октобра 2025. године ангажована је у оквиру међународне КОСТ акције Edge Deep Learning for Particle Physics (EPIGRAPHY - CA24153) Европске комисије, а од децембра исте године у оквиру КОСТ акције Machine Learning and Quantum Computing for Future Accelerators (MLQC4FC - CA24146). Била је чланица локалног организационог одбора конференције Large Hadron Collider Physics, једне од највећих ЦЕРН-ових конференција која је 2023. године одржана у Београду. Заједно са др Јеленом Јовићевић је менторисала двоје студената основних студија у току њихових пракси на Институту за физику. Током

2022. и 2024. године је учествовала у организацији међународног програма Physics Masterclass за ученике средњих школа у Србији под покровитељством ЦЕРН-а и групе International Particle Physics Outreach Group. Овај програм обухвата Универзитет у Београду, као и Универзитет у Новом Саду, Универзитет у Нишу и Универзитет у Крагујевцу. У току 2026. године учествовала је у истом догађају као модераторка, где су ученици потицали из различитих афричких и европских земаља.

Од 7. новембра 2023. године запослена је у Лабораторији за физику високих енергија Института за физику Београд као истраживач приправник.

2 Објављени научни радови кандидаткиње

Научни резултати кандидаткиње Еме Маричић припадају области експерименталне физике високих енергија, са доприносом експерименту АТЛАС у ЦЕРН-у од 2022. године. Њен рад обухвата анализу продукције Хигсовог бозона у асоцијацији са топ кварковима, као и развој савремених алгоритама за изолацију лептона заснованих на машинском учењу (Prompt Lepton Isolation Tagger - PLIT). Резултати су презентовани у водећем међународном часопису и у зборнику међународне конференције, а остварени доприноси су примењиви у будућим мерењима у оквиру колаборације АТЛАС.

Поред резултата из области физике високих енергија, у листи радова се налази и један рад из друге области, који се наводи у складу са достављеним подацима.

На основу приложене листе публикација и додатих података, кандидаткиња је објавила:

- M21 (радови у водећим научним часописима међународног значаја): 2 рада;
- M33 (саопштења са међународних научних скупова штампано у целини): 1 саопштење.

Укупно: 3 публикације ($2 \times M21 + 1 \times M33$).

Листа радова:

[1] ATLAS Collaboration (with E. Maričić), Measurement of the associated production of a top-antitop-quark pair and a Higgs boson decaying into a $b\bar{b}$ pair in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV using the ATLAS detector at the LHC, The European Physical Journal C 85 (2025), DOI: <https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-025-13740-x>

[2] M. Spasojević, M. Luković, S. Arnaut, E. Maričić, M. Spasojević, The influence of mechanochemical activation and thermal treatment on magnetic properties of the BaTiO₃-Fe₃O₄ powder mixture, Science of Sintering 47(1):3-14, DOI: <https://doi.org/10.1016%2Fj.matchemphys.2022.125987>

Листа саопштења:

[1] E. Maričić, Enhancing Prompt Lepton Identification: Development and Optimisation of the PLIT Tagger; ICHEP2024, Prague, Czech Republic; 17–24 Jul 2024; Proceedings of Science (2025), page 963, DOI: <https://doi.org/10.22323/1.476.0963>

3 Подаци о предложеним менторима

Име и презиме: Јелена Јовићевић

Звање: виши научни сарадник; Институт за физику Београд, Универзитет у Београду

Референце др Јелене Јовићевић:

- [1] ATLAS Collaboration (with J. Jovičević), Measurement of the associated production of a top-antitop-quark pair and a Higgs boson decaying into a $b\bar{b}$ pair in pp collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV using the ATLAS detector at the LHC, The European Physical Journal C 85 (2025), ISSN: 1434-6052, ИФ (5 година): 4,8
- [2] ATLAS Collaboration (with J. Jovičević), Measurement of top-quark pair production in association with charm quarks in proton-proton collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS detector, Phys. Lett. B 860 (2025) 139177, ISSN: 1873-2445, ИФ (5 година): 4,8
- [3] ATLAS Collaboration (with J. Jovičević), Probing the CP nature of the top-Higgs Yukawa coupling in $t\bar{t}H$ and tH events with $H \rightarrow b\bar{b}$ decays using the ATLAS detector at the LHC, Phys. Lett. B 849 (2024) 138469, ISSN:1873-2445, ИФ (5 година): 4,5
- [4] ATLAS Collaboration (with J. Jovičević), A detailed map of Higgs boson interactions by the ATLAS experiment ten years after the discovery, Nature 607, 52–59 (2022), ISSN: 1476-4687, ИФ (5 година): 48,5
- [5] ATLAS Collaboration (with J. Jovičević), Observation of $H \rightarrow b\bar{b}$ decays and VH production with the ATLAS detector, Phys. Lett. B 786 (2018) 59, ISSN:1873-2445, ИФ (5 година): 4,5

Име и презиме: Анри Башаку (фр. Henri Bachacou)

Звање: научни саветник; Institute de recherche sur les lois fondamentales de l'Univers (IRFU), Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA), Универзитет Париз-Сакле

Референце др Анрија Башаку:

- [1] ATLAS Collaboration (with H. Bachacou), Measurement of single top-quark production in association with a W boson in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector, Phys. Rev. D 110 (2024) 072010, ISSN: 2470-0029, ИФ (5 година): 5,3
- [2] ATLAS Collaboration (with H. Bachacou), Studies of the muon momentum calibration and performance of the ATLAS detector with pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV, Eur. Phys. J. C 83 (2023) 686, ISSN: 1434-6052, ИФ (5 година): 5,3
- [3] ATLAS Collaboration (with H. Bachacou), Measurement of Higgs boson decay into b-quarks in associated production with a top-quark pair in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector, JHEP 06 (2022) 97, ISSN: 1029-8479, ИФ (5 година): 5,5
- [4] ATLAS Collaboration (with H. Bachacou), CP Properties of Higgs Boson Interactions with Top Quarks in the $t\bar{t}H$ and tH Processes Using $H \rightarrow \gamma\gamma$ with the ATLAS Detector, Phys. Lett. B 784 (2018) 173, ISSN:1873-2445, ИФ (5 година): 4,5
- [5] ATLAS Collaboration (with H. Bachacou), Observation of Higgs boson production in association with a top quark pair at the LHC with the ATLAS detector, Phys. Lett. B 784 (2018) 173, ISSN:1873-2445, ИФ (5 година): 4,5

4 Предмет и циљ докторске дисертације. Очекивани резултати и научни допринос

Ема Маричић се у свом докторском раду бави истраживањима у области експерименталне физике високих енергија на експерименту АТЛАС на Великом сударачу хадрона (ЛНС) у ЦЕРН-у. Први део истраживања је развој алгоритма, Prompt Lepton Isolation Tagger (PLIT), који се користи за изолацију лептона да би се раздвојили они који потичу из директних распада W , Z и Хигсових бозона од оних који настају из секундарних распада честица створених у судару. Овај алгоритам користи се у више истраживачких тема унутар колаборације АТЛАС.

Други део истраживања је испитивање продукције Хигсовог бозона у асоцијацији са топ кварковима, $t\bar{t}H$ и tH , на енергији судара протона у систему центра масе од 13.6 TeV у периоду прикупљања података

од 2022 до 2024. године. Очекивани резултат је мерење пресека за ове процесе, а очекује се да резултат буде знатно унапређен у односу на тренутно најбоље резултате са експериментата АТЛАС и ЦМС захваљујући употреби алгоритма развијеног у првој половини докторских студија. Даље побољшање очекиваног резултата треба да произађе из употребе модерних техника машинског учења.

Стандардни модел (СМ) физике честица је теоријски оквир који описује све познате фундаменталне интеракције осим гравитације и класификује елементарне честице које чине универзум. Спрезање Хигсовог бозона и фундаменталних фермиона описано је Јукавиним интеракцијама, а константа спрезања пропорционална је маси фермиона. Константе спрезања се експериментално одређују из мерења пресека за производњу разних честица и њиховог фактора гранања, а које настају у сударима на Великом сударачу хадрона. Све константе спрезања могу се испитивати кроз директна или индиректна мерења. Директно мерење, које даје прецизније резултате, долази из процеса на нивоу стабла (tree-level process), док се индиректно одређују из процеса који се одвијају преко петљи (loop-induced), где спрезања улазе кроз виртуелне честице у петљи.

Спрезање Хигсовог бозона са топ кварком, најтежим познатим фермионом, посебно је значајно како у Стандардном моделу, тако и у моделима нове физике изван Стандардног модела. Његово испитивање омогућава тестирање конзистентности јачине спрезања са Стандардним моделом, а одступање од предвиђене вредности може да укаже који су модели нове физике релевантни. Како је топ кварк много тежи од Хигсовог бозона, ово спрезање се директно може проучавати само кроз процесе продукције. Продукција Хигсовог бозона у асоцијацији са паром топ-кваркова, $t\bar{t}H$, представља најповољнији производни мод за директно мерење Јукавиног спрезања топ кварка.

Други важан процес за испитивање овог спрезања је продукција Хигсовог бозона у асоцијацији са једним топ-кварком (tH). Овом процесу доприносе дијаграми са спрезањем Хигсовог бозона и једног топ-кварка, и дијаграми који описују спрезање Хигсовог бозона и W бозона, при чему долази до интерференције ових амплитуда. Због тога је tH продукција осетљива не само на јачине ових спрезања, већ и на њихов релативни знак.

Ради проучавања $t\bar{t}H$ и tH процеса разматраће се следећи модови распада Хигсовог бозона: $H \rightarrow ZZ^*$, $H \rightarrow WW^*$, као и $H \rightarrow \tau^+\tau^-$ где су обухваћени лептонски и хадронски модови распада тау лептона. Модови распада $H \rightarrow ZZ^*$, $H \rightarrow WW^*$ и $H \rightarrow \tau^+\tau^-$ са више лептона у финалном стању заједно чине такозвано мултилептонско (ML) финално стање. Експерименти АТЛАС и ЦМС на Великом сударачу хадрона су испитивали процесе производње $t\bar{t}H$ и tH . Тренутно најпрецизнији резултат мерења пресека за производњу Хигсовог бозона преко $t\bar{t}H$ је резултат колаборације АТЛАС, $\sigma = 411_{-92}^{+101}$ fb. Уколико се разматра само мултилептонско финално стање користећи податке из другог периода прикупљања (2015-2018, Рун 2), прецизност је нешто мања, $\sigma = 321_{-99}^{+102}$ fb.

Уколико се посматра резултат испитивања процеса $t\bar{t}H(b\bar{b})$, он је компатибилан са предвиђањем Стандардног модела и одговара посматраној (очекиваној) значајности од 4.6 (5.4) стандардних девијација (s.d.), док резултат испитивања $t\bar{t}H(\text{ML})$ одговара посматраној (очекиваној) значајности од 3.3 (5.3) s.d.. Са друге стране, испитивања процеса tH у експериментима АТЛАС и ЦМС показују неслагање веће од 2 s.d. између измерених и предвиђених вредности за његов пресек за продукцију.

Важно је такође поменути постојећа мерења колаборације АТЛАС у вези са два процеса која имају исти запис у детектору као процеси $t\bar{t}H$ и tH који су предмет истраживања ове докторске дисертације. Ови процеси, $t\bar{t}t\bar{t}$ и $t\bar{t}W$, представљају веома важну позадину за испитивање процеса $t\bar{t}H$ и tH . Стога је њихова прецизна процена неопходна. Оба мерења су спроведена користећи цео скуп података из периода Run 2 и за оба је показано благо неслагање са предвиђањима Стандардног модела. У оквиру истраживања докторске тезе, моделирање ових процеса биће испитивано у узето у обзир.

За испитивање процеса $t\bar{t}H$ и tH и мерење њихових пресека које су предмет ове тезе, користиће се подаци прикупљени током дела, од 2022. до 2024. године, трећег периода прикупљања података, Рун 3. Ово ће бити прво истраживање где се користе подаци са $\sqrt{s} = 13.6$ TeV и први резултат на овој енергији у центру масе. Такође ће се први пут истовремено испитивати оба процеса без претходне претпоставке да је иједан од њих у складу са предвиђањем Стандардног модела.

Поред нових података, очекује се да ће побољшању резултата који ће произаћи из овог истраживања значајно допринети и нови алати који су у међувремену развијени, као што је Prompt Lepton Isolation Tagger (PLIT) на пример. Поред тога, у оквиру колаборације, на пример, побољшано је препознавање наелектрисања лептона, способност разликовања цетова који потичу од b - и c - кваркова од осталих кваркова, сама идентификација ових цетова... Како је неколико делова детектора АТЛАС надограђено између периода Run 2 и Run 3, очекује се и побољшан учинак самог детектора. Ово мерење ће такође бити водила за будућа испитивања процеса $t\bar{t}H$ и tH која ће бити вршена користећи податке прикупљене током целог периода Run 3 (2022–2026).

5 Методе истраживања

Примарни циљ ове докторске дисертације је прво испитивање процеса $t\bar{t}H$ и tH у мултилептонском коначном стању током периода Run 3, користећи приступ који се ослања на минималан број претпоставки. Истраживање је усмерено на модове распада Хигсовог бозона: $H \rightarrow WW^*$, $H \rightarrow \tau^+\tau^-$ и $H \rightarrow ZZ^*$. У овом контексту, мултилептонско коначно стање обухвата оно са два лептона истог наелектрисања (2LSS) или три лептона (3L), при чему лептон (L) може бити електрон или мион. Ова два канала пружају оптималан баланс између доступне статистике сигнала и контаминације позадинским процесима. У каналу 2LSS доминантни позадински процеси су $t\bar{t}W$, $t\bar{t}Z$, $t\bar{t}t\bar{t}$ и ретка ди-/три-бозонска продукција, док у 3L каналу главне позадине потичу од процеса $t\bar{t}W$, $t\bar{t}Z$, ди-бозонске продукције, tZ и $t\bar{t}$.

У оба канала, додатни доприноси позадинским процесима потичу од догађаја са погрешно одређеним наелектрисањем лептона, са лептонима који не потичу из директних распада, као и од објеката, углавном цетова, који су погрешно идентификовани као лептони. Кључни први корак у мерењу је развој алата за разликовање електрона и миона који потичу из директних распада W , Z и Хигсових бозона, тзв. промптних, од оних који настају у распадима B -, C -, или лакших хадрона, као и других позадинских процеса. За ову сврху је развијен посебан алат за изолацију промптних лептона који је намењен да побољша не само ово истраживање, већ и читав спектар истраживања у оквиру колаборације АТЛАС. Његов развој је детаљно описан у поглављу 5.1.

Након дефинисања промптних лептона, бирају се догађаји са 2LSS и 3L коначним стањима и одговарајућим бројем цетова. Потом се врши класификација догађаја у категорије сигнала и кључних позадинских процеса, као што су $t\bar{t}W$ и $t\bar{t}t\bar{t}$. Да би се ово постигло, планира се коришћење класификатора заснованог на архитектури трансформера неуронске мреже који је описан у поглављу 5.2. Излазна вредност овог трансформера представља моћну дискриминанту која ће се користити за симултано фитовање са реалним подацима са детектора АТЛАС. У оквиру овог фитовања, слободни параметри укључују пресеке продукције tH и $t\bar{t}H$, као и нормализационе факторе за $t\bar{t}t\bar{t}$ и $t\bar{t}W$.

5.1 Идентификација промптних лептона помоћу алата Prompt Lepton Isolation Tagger (PLIT)

Како W , Z и Хигсови бозони имају занемарљиво кратка сопствена времена живота, лептони који настају у њиховим распадима се у апроксимацији сматрају да потичу из самог вертекса интеракције и означавају се као директни или промптни. Насупрот томе, непромптни лептони углавном настају у семилептонским распадима B - и C -хадрона. Штавише, непромптни лептони могу потицати и из хадронских распада τ -лептона, као и из распада лакших хадрона, односно распада хадрона који се састоје од u -, d - или s -кваркова или глюона. У случају електрона, конверзије фотона и електрони настали из миона такође се сматрају непромптним. У експерименту АТЛАС се користе информације из различитих поддетектора како би се идентификовале и реконструисале путање различитих честица, међу којима су и лептони. Овај процес је познат као идентификација и праћен је изолацијом лептона, односно одређивањем да ли је лептон промптан или не. Ова класификација се у великој мери заснива на одзиву детектора у непосредној близини реконструисаног лептона. Наиме, пошто B - и C -хадрони обично имају велики трансверзални импулс, њихови продукти распада имају релативно мало угаоно растојање, чија је мера $\Delta R = \sqrt{\Delta\eta^2 + \Delta\phi^2}$. Стога се у непосредној близини непромптног лептона могу очекивати и други продукти распада, па самим тим и већи одзив одговарајућег дела детектора. С друге стране, промптни лептони су обично изоловани, са мањом активношћу у својој непосредној околини. Међутим, коришћење само измерене депоноване енергије у детектору даје ограничене резултате и било је неопходно да се испита и друачија метода. Како је систематска неодређеност која одговара доприносу непромптних лептона у процесу $t\bar{t}$ била доминантна у испитивању процеса $t\bar{t}H$ у мултилептонском финалном стању током Run 2, један од циљева експеримента је да се ова неодређеност смањи. У бројним другим мерењима, ова неодређеност је била један од ограничавајућих фактора коначног резултата. Да би се ова ситуација поправила развијен је нови алгоритам PLIT.

PLIT се заснива на архитектури трансформера неуронске мреже, која се користи за идентификацију цетова пореклом од b - и c -кваркова у експерименту АТЛАС. Кандидаткиња је показала да PLIT даје боље резултате у поређењу са претходним генерацијама алгоритма изолације, од којих је један Prompt Lepton Improved Veto (PLIV). Овај претходник PLIT-а заснива се на једноставнијој архитектури и широко је коришћен у анализама током Run 2. PLIV се ослања на друге алгоритме како би извео своје улазне променљиве, а један од главних предности PLIT-а је елиминација ове зависности и поједностављење листе улазних променљивих. Као улазне променљиве, PLIT користи карактеристике самог лептона и карактеристике трагова унутар

конуса од $\Delta R < 0.4$ око лептона. С друге стране, излазне вредности алгоритма су p_{prompt} и $p_{\text{non-prompt}}$ које одговарају вероватноћама да је лептон промптан или непромптан, респективно.

Кандидаткиња је извршила оптимизацију алгоритма PLIT за услове парцијалног периода прикупљања података Run 3 (2022–2023) и целокупног Run 2 (2015–2018). Ово је обухватало три неуронске мреже за оба периода прикупљања података: једну за мионе, једну за електроне у региону бурета (енг. barrel) ($|\eta| < 1.37$) и једну за електроне у региону поклопаца (енг. endcap) ($1.52 < |\eta| < 2.5$). Тренирање је извршено на симулираним $t\bar{t}$ догађајима. Одлучено је да се користе одвојена тренирања за различите периоде прикупљања података јер се конфигурације детектора АТЛАС и Великог сударача хадрона у периоду прикупљања података Run 3 разликују у односу на оне које одговарају периоду Run 2. Такође, рад Еме Маричић обухватао је пажљив одабир улазних променљивих алгоритма, оптимизацију хиперпараметара тренинга и бројне друге студије како би се перформанс алгоритма боље разумео и унапредио. На пример, студије састава позадине показале су да су распади В-хадрона најчешћи позадински процес, након чега следе распади С-хадрона у случају миона, односно лаки хадрони у случају електрона. Кандидаткиња је спровела анализу расподеле улазних променљивих, као и више студија о избору улазних променљивих за алгоритам, што је довело до коначне поједностављене верзије листе улазних променљивих у односу на ону која одговара алгоритму PLIV. Коначна листа улазних променљивих подсећа на ону која се користи за идентификацију аромата цетова у експерименту АТЛАС. Све ове студије биће детаљно документоване у одговарајућој публикацији колаборације АТЛАС, чије је објављивање планирано у другој половини 2026. године.

Резултати које је кандидаткиња показала у свом семинарском раду доказују да PLIT показује веће вредности одбацивања непромптних лептона при истој ефикасности за промптне лептоне у поређењу са алгоритмом PLIV и стандардним радним тачкама. Приказане вредности одбацивања за електроне су очекивано мање него оне за мионе, јер мионе обично карактерише јаснији сигнал у детектору. Захваљујући овим одличним резултатима, колаборација АТЛАС је одлучила да усвоји овај алгоритам као решење проблема идентификације промптних лептона и да га учини једним од званичних алата у оба периода прикупљања података.

5.2 Идентификација догађаја помоћу трансформера

Имајући у виду да се процес $t\bar{t}H$ проучава у истом финалном стању као и $t\bar{t}W$ и $t\bar{t}t\bar{t}$, неопходно је на неки начин раздвојити ове процесе. У претходним мерењима ових процеса показано је да машинско учење може бити веома корисно за овај тип проблема. Стога ће се за раздвајање процеса најпре бити примењене једноставне селекције које се односе на број цетова, број b-цетова и слично, али ће поврх тога бити уведена и селекција на основу излазне променљиве неуронске мреже са архитектуром трансформера како би се повећала осетљивост мерења. Поред одређивања које улазне променљиве треба користити у тренирању, кандидаткиња је дефинисала селекцију догађаја која се користи за дефинисање узорка над којим се тренинг врши. Ова селекција је примењена на $t\bar{t}t\bar{t}$, $t\bar{t}H$ и $t\bar{t}W$ Монте Карло узорке, а циљ њене примене је смањење утицаја догађаја сличних сигнатура у детектору на финалан резултат. Монте Карло узорак tH није био укључен у тренинг, јер у тренутку писања семинарског рада он није био доступан. У оквиру свог излагања, кандидаткиња је показала да алгоритам има одличну моћ раздвајања процеса $t\bar{t}t\bar{t}$ од осталих процеса, али да је с друге стране теже разазнати $t\bar{t}H$ процес. Један од могућих корака ка унапређењу овог мерења је повећање броја $t\bar{t}H$ догађаја у узорку који се користи за тренирање. Сходно томе, кандидаткиња је поднела захтев колаборацији АТЛАС за нову Монте Карло продукцију и такође је планирано да у току остатка свог рада на мерењу изврши оптимизацију хиперпараметара алгоритма.

6 Закључак

Кандидаткиња Ема Маричић испунила је све прописане услове за приступање изради докторске дисертације. Положила је све испите на докторским студијама и одбранила је тему докторске дисертације на Колегијуму докторских студија Физичког факултета одржаном 10. децембра 2025. године. Има објављена два рада и једно саопштење са конференције. На основу извештаја, комисија је закључила да је тема дисертације значајна, добро дефинисана, и да се уклапа у савремена истраживања у експерименталној физици високих енергија. Очекивани научни допринос тезе је високо релевантан. Комисија предлаже Научно-наставном већу Физичког факултета Универзитета у Београду да Еми Маричић одобри израду дисертације „Прецизна мерења продукције Хигсовог бозона у асоцијацији са топ кварковима помоћу експеримента АТЛАС на ЛХЦ-у” под руководством др Јелене Јовићевић и др Анрија Башакуа.

Београд, 23. март 2026. године

доц. др Вукашин Милошевић

доцент
Физичког факултета
Универзитета у Београду

доц. др Никола Коњик

доцент
Физичког факултета
Универзитета у Београду

др Лидија Живковић

научни саветник
Институт за физику Београд
Универзитета у Београду

**TO THE TEACHING AND SCIENTIFIC COUNCIL
OF THE FACULTY OF PHYSICS,
UNIVERSITY OF BELGRADE**

Having been appointed at the 4th meeting of the Teaching and Scientific Council of the Faculty of Physics, University of Belgrade, held on February 25, 2026, as members of the Committee to evaluate the fulfillment of requirements and the justification of the proposed topic for the doctoral dissertation of Ema Maričić, entitled “Precision measurements of the Higgs boson production in association with top quarks with the ATLAS experiment at the LHC”, and to propose the dissertation supervisor, we hereby submit the following

REPORT

1 Biography

Ema Maričić was born on March 12, 2000, in Čačak, where she completed her primary and secondary education. In the 2018/2019 academic year, she enrolled in the Bachelor’s programme in Theoretical and Experimental Physics at the Faculty of Physics, University of Belgrade, graduating in 2022 with an average grade of 9.74. During her undergraduate studies, she participated in the CERN Summer Student Programme.

She enrolled in the Master’s programme in the same field in 2022 and completed it on September 4th, 2023, with an average grade of 10. Her Master’s thesis, entitled “Search for the Higgs boson produced in association with a top quark–antiquark pair in the decay to a bottom quark–antiquark pair at high transverse momentum of the Higgs boson”, was carried out at the Institute of Physics Belgrade under the supervision of Dr Jelena Jovičević, Senior Research Associate at the Institute of Physics Belgrade, and Dr Predrag Milenović, Associate Professor at the Faculty of Physics. The thesis constitutes a contribution to an analysis within the ATLAS experiment, the results of which have been published in the international journal *European Physical Journal C*. During her Master’s studies, she also attended the Summer School of the University of Silesia and completed an internship at the Laboratory for High Energy Physics at the Institute of Physics Belgrade, both in the field of high energy physics.

In the 2023/2024 academic year, she enrolled in a joint doctoral programme in High Energy Physics and Nuclear Physics at the Faculty of Physics, University of Belgrade, and Université Paris-Saclay, France. She passed all required examinations with an average grade of 9.5. The topic of her doctoral dissertation, “Precision measurements of the Higgs boson production in association with top quarks with the ATLAS experiment at the LHC”, was approved by the Doctoral Studies Committee of the Faculty of Physics on December 10, 2025.

In January 2025, she successfully completed the qualification task for authorship within the ATLAS Collaboration, during which she developed the *Prompt Lepton Isolation Tagger*

(*PLIT*), an algorithm for improved identification of leptons in complex events. Based on this work and the expertise gained, she was invited by the ATLAS Collaboration to co-lead the analysis *Development of Prompt Lepton Isolation Tagger in Run 2 and Run 3*, which includes algorithm development, the definition of efficiency working points, and efficiency calibration on experimental data.

Ema Maričić has participated in several workshops and conferences where she presented the results of her work, including the *International Conference on High-Energy Physics (ICHEP)* in Prague, the *Top LHC France* workshop in Paris, and a meeting of the LHC Committee at CERN. She has also attended two international schools. She was selected as one of three representatives of the Republic of Serbia in the Early-Career Researchers panel of the European Committee for Future Accelerators (ECFA) and is a member of its organising committee.

Since October 2025, she has been involved in the COST Action *Edge Deep Learning for Particle Physics (EPIGRAPHY - CA24153)* funded by the European Commission, and since December of the same year in the COST Action *Machine Learning and Quantum Computing for Future Accelerators (MLQC4FC - CA24146)*. She was a member of the Local Organising Committee of the *Large Hadron Collider Physics* conference, one of CERN's major conferences, held in Belgrade in 2023. Together with Dr Jelena Jovičević, she co-supervised two undergraduate students during their internships at the Institute of Physics.

In 2022 and 2024, she participated in the organisation of the international *Physics Masterclass* programme for high school students in Serbia, under the auspices of CERN and the *International Particle Physics Outreach Group*. This programme involves the University of Belgrade, as well as the universities of Novi Sad, Niš, and Kragujevac. In 2026, she participated in the same event as a moderator, working with students from various African and European countries.

Since November 7, 2023, she has been employed as a Junior Research Assistant at the Laboratory for High Energy Physics, Institute of Physics Belgrade.

2 Published scientific papers of the candidate

The scientific results of the candidate, Ema Maričić, belong to the field of experimental high energy physics, with contributions to the ATLAS experiment at CERN since 2022. Her work includes the analysis of Higgs boson production in association with top quarks, as well as the development of modern machine-learning-based algorithms for lepton isolation (*Prompt Lepton Isolation Tagger – PLIT*). The results have been presented in a leading international journal and in the proceedings of an international conference, and the achieved contributions are applicable to future measurements within the ATLAS Collaboration.

In addition to the results in high energy physics, the list of publications also includes one paper from another field, which is reported in accordance with the submitted materials.

Based on the provided list of publications and accompanying documentation, the candidate has published:

- **M21** (papers in leading international scientific journals): 2 papers;
- **M33** (full papers in the proceedings of international scientific conferences): 1 contribution.

Total: **3 publications** ($2 \times \text{M21} + 1 \times \text{M33}$).

List of publications:

[1] ATLAS Collaboration (with E. Maričić), *Measurement of the associated production of a top-antitop-quark pair and a Higgs boson decaying into a $b\bar{b}$ pair in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV using the ATLAS detector at the LHC*, *European Physical Journal C* 85 (2025),
DOI: <https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-025-13740-x>

[2] M. Spasojević, M. Luković, S. Arnaut, E. Maričić, M. Spasojević, *The influence of mechanochemical activation and thermal treatment on magnetic properties of the $\text{BaTiO}_3\text{--Fe}_x\text{O}_y$ powder mixture*, *Science of Sintering* 47(1):3–14,
DOI: <https://doi.org/10.1016%2Fj.matchemphys.2022.125987>

List of conference proceedings:

[1] E. Maričić, *Enhancing Prompt Lepton Identification: Development and Optimisation of the PLIT Tagger*; ICHEP2024, Prague, Czech Republic; 17–24 Jul 2024; *Proceedings of Science* (2025), page 963,
DOI: <https://doi.org/10.22323/1.476.0963>

3 Information on the proposed supervisors

Name and surname: Jelena Jovičević

Title: Senior Research Associate; Institute of Physics Belgrade, University of Belgrade

Selected references of Dr Jelena Jovičević:

- [1] ATLAS Collaboration (with J. Jovičević), *Measurement of the associated production of a top-antitop-quark pair and a Higgs boson decaying into a $b\bar{b}$ pair in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV using the ATLAS detector at the LHC*, *European Physical Journal C* 85 (2025), ISSN: 1434-6052, 5-year IF: 4.8
- [2] ATLAS Collaboration (with J. Jovičević), *Measurement of top-quark pair production in association with charm quarks in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector*, *Physics Letters B* 860 (2025) 139177, ISSN: 1873-2445, 5-year IF: 4.8
- [3] ATLAS Collaboration (with J. Jovičević), *Probing the CP nature of the top-Higgs Yukawa coupling in $t\bar{t}H$ and tH events with $H \rightarrow b\bar{b}$ decays using the ATLAS detector at the LHC*, *Physics Letters B* 849 (2024) 138469, ISSN: 1873-2445, 5-year IF: 4.5
- [4] ATLAS Collaboration (with J. Jovičević), *A detailed map of Higgs boson interactions by the ATLAS experiment ten years after the discovery*, *Nature* 607, 52–59 (2022), ISSN: 1476-4687, 5-year IF: 48.5
- [5] ATLAS Collaboration (with J. Jovičević), *Observation of $H \rightarrow b\bar{b}$ decays and VH production with the ATLAS detector*, *Physics Letters B* 786 (2018) 59, ISSN: 1873-2445, 5-year IF: 4.5

Name and surname: Henri Bachacou

Title: Senior Research Scientist; *Institute of Research into the Fundamental Laws of the Universe (IRFU)*, *Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA)*, Université Paris-Saclay

Selected references of Dr Henri Bachacou:

- [1] ATLAS Collaboration (with H. Bachacou), *Measurement of single top-quark production in association with a W boson in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector*, *Physical Review D* 110 (2024) 072010, ISSN: 2470-0029, 5-year IF: 5.3
- [2] ATLAS Collaboration (with H. Bachacou), *Studies of the muon momentum calibration and performance of the ATLAS detector with pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV*, *European Physical Journal C* 83 (2023) 686, ISSN: 1434-6052, 5-year IF: 5.3
- [3] ATLAS Collaboration (with H. Bachacou), *Measurement of Higgs boson decay into b -quarks in associated production with a top-quark pair in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector*, *Journal of High Energy Physics* 06 (2022) 97, ISSN: 1029-8479, 5-year IF: 5.5
- [4] ATLAS Collaboration (with H. Bachacou), *CP Properties of Higgs Boson Interactions with Top Quarks in the $t\bar{t}H$ and tH Processes Using $H \rightarrow \gamma\gamma$ with the ATLAS Detector*, *Physics Letters B* 784 (2018) 173, ISSN: 1873-2445, 5-year IF: 4.5

[5] ATLAS Collaboration (with H. Bachacou), *Observation of Higgs boson production in association with a top quark pair at the LHC with the ATLAS detector*, *Physics Letters B* 784 (2018) 173, ISSN: 1873-2445, 5-year IF: 4.5

4 The subject and the objective of the doctoral dissertation. Expected results and scientific contribution

Ema Maričić’s doctoral research is conducted in the field of experimental high energy physics within the ATLAS experiment at the Large Hadron Collider (LHC) at CERN. The first part of the research focuses on the development of the *Prompt Lepton Isolation Tagger (PLIT)*, an algorithm used for lepton isolation in order to distinguish leptons originating from prompt decays of W , Z , and Higgs bosons from those produced in secondary decays of particles generated in the collision. This algorithm is used in multiple physics analyses within the ATLAS Collaboration.

The second part of the research concerns the study of Higgs boson production in association with top quarks, $t\bar{t}H$ and tH , for proton–proton collisions at the centre-of-mass energy of $\sqrt{s} = 13.6$ TeV, using data collected during the 2022–2024 period. The expected outcome is the measurement of the production cross sections for these processes, with a significant improvement over the current best results from the ATLAS and CMS experiments, driven in part by the use of the algorithm developed during the first phase of the doctoral studies. Further improvements are expected from the application of modern machine learning techniques.

The Standard Model (SM) of particle physics provides a theoretical framework describing all known fundamental interactions except gravity and classifies the elementary particles that constitute the Universe. The coupling of the Higgs boson to fundamental fermions is described by Yukawa interactions, with coupling strengths proportional to the fermion masses. These couplings are experimentally determined from measurements of production cross sections and branching fractions of particles produced in collisions at the LHC. All couplings can be probed through direct or indirect measurements. Direct measurements, which provide higher precision, arise from tree-level processes, while indirect determinations are obtained from loop-induced processes, where the couplings enter through virtual particles in the loops.

The coupling of the Higgs boson to the top quark, the heaviest known fermion, is of particular importance both within the SM and in models of physics beyond the SM. Its study enables tests of the consistency of the coupling strength with SM predictions, while any deviation from the predicted value may indicate which extensions of the SM are relevant. As the top quark is significantly heavier than the Higgs boson, this coupling can be directly probed only through production processes. The associated production of a Higgs boson with a top-quark pair, $t\bar{t}H$, represents the most sensitive production mode for a direct measurement of the top-quark Yukawa coupling.

Another important process for probing this coupling is the production of a Higgs boson in association with a single top quark (tH). This process receives contributions from diagrams involving the Higgs boson coupling to the top quark and from diagrams involving its coupling to the W boson, with interference between the corresponding amplitudes. As a result, tH production is sensitive not only to the magnitudes of these couplings but also to their relative sign.

For the study of the $t\bar{t}H$ and tH processes, the following Higgs boson decay channels will be considered: $H \rightarrow ZZ^*$, $H \rightarrow WW^*$, and $H \rightarrow \tau^+\tau^-$, including both leptonic and hadronic decay modes of the τ lepton. These decay channels, characterized by multiple leptons in the final state, form the so-called *multilepton (ML)* final state.

The ATLAS and CMS experiments at the LHC have already studied the $t\bar{t}H$ and tH production processes. The most precise current measurement of the $t\bar{t}H$ production cross section is obtained by the ATLAS Collaboration, $\sigma = 411_{-92}^{+101}$ fb. When only the multilepton final state is considered using Run 2 data (2015–2018), the precision is somewhat lower, $\sigma = 321_{-99}^{+102}$ fb.

For the $t\bar{t}H(b\bar{b})$ channel, the result is consistent with the SM prediction and corresponds to an observed (expected) significance of 4.6 (5.4) standard deviations, while the $t\bar{t}H(\text{ML})$ result corresponds to an observed (expected) significance of 3.3 (5.3) standard deviations. On the other hand, studies of the tH process in the ATLAS and CMS experiments show a discrepancy of more than 2 standard deviations between the measured and predicted production cross sections.

It is also important to consider existing ATLAS measurements of processes that have similar detector signatures to the $t\bar{t}H$ and tH processes studied in this thesis. These processes, $t\bar{t}t\bar{t}$ and $t\bar{t}W$, constitute important backgrounds for the study of $t\bar{t}H$ and tH and therefore require precise modelling. Both measurements have been performed using the full Run 2 dataset and exhibit mild tension with Standard Model predictions. Within the scope of this doctoral research, the modelling of these processes will be carefully evaluated.

The study of the $t\bar{t}H$ and tH processes and the measurement of their cross sections in this thesis will be based on data collected during part of the Run 3 data-taking period (2022–2024). This will constitute the first study using data at $\sqrt{s} = 13.6$ TeV and the first result at this centre-of-mass energy. In addition, both processes will be studied simultaneously for the first time without imposing prior assumptions that either of them follows the SM prediction.

In addition to the new dataset, significant improvements in the expected results are anticipated from newly developed analysis tools, such as the *Prompt Lepton Isolation Tagger (PLIT)*. Furthermore, within the collaboration, improvements have been achieved in lepton charge identification, in the discrimination of jets originating from b - and c -quarks, and in their identification performance. As several components of the ATLAS detector have been upgraded between Run 2 and Run 3, improved detector performance is also expected.

This measurement will provide important guidance for future studies of the $t\bar{t}H$ and tH processes using the full Run 3 dataset (2022–2026).

5 Research methodology

The primary objective of this doctoral dissertation is the first study of the $t\bar{t}H$ and tH processes in the multilepton final state during the Run 3 data-taking period, using an approach based on a minimal set of assumptions. The analysis focuses on the following Higgs boson decay channels: $H \rightarrow WW^*$, $H \rightarrow \tau^+\tau^-$, and $H \rightarrow ZZ^*$.

In this context, the multilepton final state includes events with two same-sign leptons (2LSS) or three leptons (3L), where a lepton (L) denotes an electron or a muon. These two channels provide an optimal balance between the available signal statistics and the level of background contamination. In the 2LSS channel, the dominant background processes are

$t\bar{t}W$, $t\bar{t}Z$, $t\bar{t}t\bar{t}$, and rare di- and tri-boson production, while in the 3L channel the main backgrounds arise from $t\bar{t}W$, $t\bar{t}Z$, diboson production, tZ , and $t\bar{t}$ processes.

In both channels, additional background contributions originate from events with misidentified lepton charge, non-prompt leptons, and objects—primarily jets—misidentified as leptons. A key initial step in the measurement is the development of tools to distinguish electrons and muons originating from prompt decays of W , Z , and Higgs bosons from those produced in decays of B -, C -, or lighter hadrons, as well as other background sources. For this purpose, a dedicated prompt lepton isolation tool has been developed, aimed at improving not only this analysis but also a broad range of studies within the ATLAS Collaboration. Its development is described in detail in Chapter 5.1.

After defining prompt leptons, events with 2LSS and 3L final states and the corresponding number of jets are selected. These events are then classified into signal and key background categories, such as $t\bar{t}W$ and $t\bar{t}t\bar{t}$. To achieve this, the use of a classifier based on a transformer neural network architecture is foreseen, as described in Chapter 5.2. The output of this transformer provides a powerful discriminant, which will be used in a simultaneous fit to data collected with the ATLAS detector. In this fit, the free parameters include the production cross sections of tH and $t\bar{t}H$, as well as normalization factors for the $t\bar{t}t\bar{t}$ and $t\bar{t}W$ processes.

5.1 Prompt lepton identification using Prompt Lepton Isolation Tagger (PLIT)

As the W , Z , and Higgs bosons have negligibly short lifetimes, leptons produced in their decays are, to a good approximation, considered to originate from the primary interaction vertex and are referred to as prompt leptons. In contrast, non-prompt leptons predominantly arise from semileptonic decays of B - and C -hadrons.

Furthermore, non-prompt leptons can also originate from hadronic decays of τ leptons, as well as from decays of light hadrons, i.e. hadrons composed of u -, d -, or s -quarks or gluons. In the case of electrons, photon conversions and electrons originating from muons are also classified as non-prompt.

In the ATLAS experiment, information from various subdetectors is used to identify and reconstruct particle trajectories, including those of leptons. This process is referred to as identification and is accompanied by lepton isolation, i.e. the determination of whether a lepton is prompt or non-prompt. This classification relies strongly on the detector response in the immediate vicinity of the reconstructed lepton.

Since B - and C -hadrons typically have large transverse momentum, their decay products tend to be collimated, resulting in a small angular separation quantified by $\Delta R = \sqrt{(\Delta\eta)^2 + (\Delta\phi)^2}$. Therefore, additional decay products—and consequently increased detector activity—are expected in the vicinity of a non-prompt lepton. In contrast, prompt leptons are typically isolated, with lower activity in their surroundings. However, relying solely on the measured energy deposited in the detector yields limited performance, motivating the exploration of alternative approaches. As the systematic uncertainty associated with non-prompt leptons in $t\bar{t}$ processes was dominant in the study of $t\bar{t}H$ production in the multilepton final state during Run 2, reducing this uncertainty has been one of the key objectives of the experiment. In many other measurements, this uncertainty has also been a limiting factor in the final result. To address this issue, a new algorithm, *PLIT*, has been developed.

The *PLIT* algorithm is based on a transformer neural network architecture, similar to

those used for the identification of jets originating from b - and c -quarks in the ATLAS experiment. The candidate has demonstrated that *PLIT* achieves improved performance compared to previous generations of isolation algorithms, including the *Prompt Lepton Improved Veto (PLIV)*. This predecessor relies on a simpler architecture and was widely used in analyses during Run 2. The *PLIV* algorithm depends on other algorithms to construct its input variables, whereas one of the main advantages of *PLIT* is the removal of this dependence and the simplification of the input feature set. As input variables, *PLIT* uses properties of the lepton itself and features of tracks within a cone of $\Delta R < 0.4$ around the lepton. The outputs of the algorithm are p_{prompt} and $p_{\text{non-prompt}}$, corresponding to the probabilities that the lepton is prompt or non-prompt, respectively.

The candidate performed an optimisation of the *PLIT* algorithm for the conditions corresponding to a partial Run 3 dataset (2022–2023) and the full Run 2 dataset (2015–2018). This included training three neural networks for each data-taking period: one for muons, one for electrons in the barrel region ($|\eta| < 1.37$), and one for electrons in the endcap region ($1.52 < |\eta| < 2.5$). The training was performed using simulated $t\bar{t}$ events. Separate trainings were used for different data-taking periods due to differences in the ATLAS detector configuration and LHC running conditions between Run 2 and Run 3.

The work of Ema Maričić also included a careful selection of input variables, optimisation of training hyperparameters, and numerous additional studies aimed at better understanding and improving the algorithm performance. For example, studies of the background composition showed that decays of B -hadrons constitute the dominant background, followed by decays of C -hadrons in the case of muons and light hadrons in the case of electrons. The candidate performed detailed studies of the input variable distributions, as well as multiple investigations of input feature selection, leading to a final, simplified set of input variables compared to that used in *PLIV*. The final set of input features resembles that used in jet flavour tagging in the ATLAS experiment. All these studies will be documented in detail in a forthcoming ATLAS Collaboration publication, planned for the second half of 2026.

The results presented by the candidate in her seminar work demonstrate that *PLIT* achieves higher rejection of non-prompt leptons at the same prompt lepton efficiency compared to *PLIV* and standard working points. The rejection performance for electrons is, as expected, lower than that for muons, due to the typically cleaner detector signature of muons. Owing to these excellent results, the ATLAS Collaboration has decided to adopt this algorithm as a solution for prompt lepton identification and to establish it as one of the official tools for both Run 2 and Run 3 data-taking periods.

5.2 Event identification with transformers

Given that the $t\bar{t}H$ process is studied in the same final state as $t\bar{t}W$ and $t\bar{t}t\bar{t}$, it is necessary to distinguish between these processes. Previous measurements have demonstrated that machine learning techniques can be highly effective for this type of problem. Therefore, the separation of processes will first rely on basic event selections based on variables such as the number of jets and the number of b -tagged jets. In addition, a selection based on the output of a neural network with a transformer architecture will be introduced in order to enhance the sensitivity of the measurement.

In addition to defining the input variables used for training, the candidate has established an event selection used to construct the training sample. This selection was applied to Monte Carlo samples of $t\bar{t}t\bar{t}$, $t\bar{t}H$, and $t\bar{t}W$ processes, with the goal of reducing the

impact of events with similar detector signatures on the final result. The tH Monte Carlo sample was not included in the training, as it was not available at the time of the seminar work.

In her presentation, the candidate demonstrated that the algorithm provides excellent discrimination of the $t\bar{t}\bar{t}$ process from the other processes, while the separation of the $t\bar{t}H$ process remains more challenging. One possible step towards improving the measurement is to increase the number of $t\bar{t}H$ events in the training sample. Accordingly, the candidate has submitted a request to the ATLAS Collaboration for a new Monte Carlo production and plans to further optimise the algorithm hyperparameters in the continuation of this work.

6 Conclusion

The candidate, Ema Maričić, has fulfilled all the prescribed requirements for commencing work on her doctoral dissertation. She has passed all required doctoral examinations and successfully defended the topic of her doctoral dissertation before the Doctoral Studies Committee of the Faculty of Physics on December 10, 2025. She has published two papers and one conference proceedings.

Based on the submitted report, the Committee has concluded that the proposed dissertation topic is significant, well-defined, and aligned with contemporary research in experimental high energy physics. The expected scientific contribution of the thesis is highly relevant.

The Committee therefore recommends to the Teaching and Scientific Council of the Faculty of Physics, University of Belgrade, that Ema Maričić be granted approval to undertake the doctoral dissertation entitled “Precision measurements of the Higgs boson production in association with top quarks with the ATLAS experiment at the LHC”, under the supervision of Dr Jelena Jovičević and Dr Henri Bachacou.

Belgrade, 23 March 2026

Ass. Prof. Dr. Vukašin Milošević
Assistant Professor
Faculty of Physics
University of Belgrade

Ass. Prof. Dr. Nikola Konjik
Assistant Professor
Faculty of Physics
University of Belgrade

Dr. Lidija Živković
Senior Research Scientist
Institute of Physics Belgrade
University of Belgrade