

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ ФИЗИЧКОГ ФАКУЛТЕТА УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

Пошто смо на ПЕТОЈ седници Изборног и Наставно-научног већа Физичког факултета Универзитета у Београду, одржаној 25. марта 2026. године, одређени за чланове Комисије за оцену испуњености услова и оправданости предложене теме докторске дисертације под називом „Успешност пробабилистичких прогноза магле коришћењем нехидростатичког Ета модела“, која би била рађена под менторством др Катарине Вељовић Корачин, ванредног професора Физичког факултета Универзитета у Београду, подносимо следећи

ИЗВЕШТАЈ

1 Биографија кандидата

Драгана Мујковић (девојачко Марјановић) је рођена 26. априла 1986. у Тузли. Основну и средњу школу завршила је у Власеници. Дипломирала је у априлу 2015. године на Физичком факултету Универзитета у Београду, смер метеорологија, са средњом оценом 8.64. Дипломски рад под називом „Зависност екстремних падавина од вертикалне координате код ЕТА модела“, одбранила је под менторством ван. проф. Катарине Вељовић Корачин.

Докторске студије метеорологије уписала је на Физичком факултету Универзитета у Београду одмах по дипломирању, школске 2015/2016. Све испите на докторским студијама положила је са просечном оценом 9,5.

Од 2016. године запослена је у Контроли летења Србије и Црне Горе, где је радила на позицијама ваздухопловног метеоролошког прогностичара, специјалисте за ваздухопловно-метеоролошке прописе, као и специјалисте за технологију рада ваздухопловно-метеоролошког особља. По запослењу, за потребе службе, написала је нумерички програм за верификацију прогнозе за аеродром (Terminal Area Forecast –ТАФ)

који је био у званичној употреби до куповине одговарајућег сертификованог програма. Тренутно је на месту начелника Службе за ваздухопловне метеоролошке услуге.

Научна активност кандидата

Научно-истраживачка активност кандидата Драгане Мујковић везана је за нумеричку прогнозу времена и њену верификацију.

До сада је публиковала један *рад у међународном часопису*, настао као резултат дипломског рада:

1. **Marjanović, D.**, Veljović, K., and Zarić, M. (2017) Forecasts of extreme precipitation in the western Balkans in May 2014: model skill and sensitivity to the vertical co-ordinate. Meteorol Appl 24:387–396. <https://doi.org/10.1002/met.1636> (M21, IF: 2.391)

Имала је једно *усмено излагање* на међународној конференцији Европског метеоролошког друштва:

1. **Marjanovic, D.**, and Veljovic, K. (2015) Eta vs Sigma: Forecasts of extreme precipitation in parts of the Balkans in May 2014 using the Eta regional model, Oral preference (EMS2015-153), 15th EMS Annual Meeting & 12th European Conference on Applications of Meteorology (ECAM) Sofia (Bulgaria)), 7–11 September 2015. <https://meetingorganizer.copernicus.org/EMS2015/EMS2015-153.pdf>

На две међународне конференције имала је учешће у оквиру *постер презентација*:

2. Veljovic Koračin, K., **Mujković, D.**, and Koračin, D. (2024) Advantages of Using Probabilistic Versus Deterministic Radiation Fog Forecasts Using the Non-Hydrostatic Eta Model, 25th Symposium on Boundary Layers and Turbulence, Torino (Italy) 17-20 June 2025. <https://ams.confex.com/ams/25BLT/meetingapp.cgi/Paper/461282>
3. **Marjanovic, D.**, and Veljovic, K. (2016) Verifications of the extreme precipitation: A comparison of bias adjusted equitable threat score and extreme dependency score, 16th European Meteorology Society Annual Meeting & 11th European Conference on Applied Climatology (ECAC) Trieste (Italy) 12–16 September 2016. <https://meetingorganizer.copernicus.org/EMS2016/EMS2016-33-1.pdf>

Тему докторске дисертације одбранила је на Колегијуму докторских студија Физичког факултета Универзитета у Београду 16. јула 2025. године.

Изабране референце предложеног ментора

1. Kovačević, N., Veljović Koračin, K., Putniković, S., 2025, Climatological study of freezing rain in Belgrade from 1949 to 2022. *Theoretical and Applied Climatology* 156: 200. <https://doi.org/10.1007/S00704-025-05426-X> (M22, IF: 2.8, ISSN: 0177-798X)
2. Koracin, D., Pandzic, K., Veljovic Koracin, K., 2024, Climate variations of heat waves on the Croatian Adriatic coast for the period 1961-2018. *Theoretical and Applied Climatology* 155:9731–9750. <https://doi.org/10.1007/s00704-024-05206-z> (M22, IF: 2.8, ISSN: 0177-798X)
3. Veljović Koračin, K., Kovačević, N., Koračin, D., 2023, Regional characteristics of cloudiness in Serbia during the period 1991–2017. *Meteorological Applications*, 30(2), e2120. <https://doi.org/10.1002/met.2120> (M23, IF: 2.7, ISSN: 1350-4827)
4. Mesinger, F., Veljovic, K., 2020, Topography in weather and climate models: Lessons from cut-cell eta vs. european centre for medium-range weather forecasts experiments. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 2020, 98(5): pp. 881–900. <https://doi.org/10.2151/jmsj.2020-050>. (M21, IF: 3.356 ISSN: 0026-1165)
5. Veljović, K., Vujović, D., 2019, Climatology of fog occurrence over a wide flat area in Serbia based on visibility observations. *International Journal of Climatology* 39:1331–1344. <https://doi.org/10.1002/joc.5883>. (M21, IF: 4.069, ISSN: 0899-8418)
6. Marjanovic, D., Veljovic, K., Zaric, M. 2017, Forecasts of extreme precipitation in the western Balkans in May 2014: model skill and sensitivity to the vertical co-ordinate. *Meteorological Applications* 24: 387-396. <https://doi.org/10.1002/met.1636>. (M21, IF: 2.391 ISSN:1350-4827)

2 Предмет и циљ докторске дисертације

Магла је сложен феномен који се јавља унутар планетарног граничног слоја атмосфере и настаје као резултат сложених међусобних интеракција енергетске равнотеже на површини Земље, зрачења, микрофизичких процеса и турбуленције. Настанак магле је условљен још и стањем фактора средине као што су температура, влага, ветар, облачни

покривач и услови на земљиној површини, пре свега присуство аеросола. Показано је да у развоју магле важну улогу играју и прерасподеле садржаја течне воде, брзина радијационог хлађења, брзина кондензације и гравитационо таложење капљица при којем може доћи до падавина, али и не мора. Појава магле везана је за два синоптичка услова: један су мирни, антициклонални услови, а други је пролазак хладног фронта. Тако, процеси који играју улогу у настанку, развоју и ишчезавању магле покривају размере од синоптичких до микроразмера. Пречник језгара кондензације магле је $0,1 \mu\text{m}$ (10^{-7} m) или мањи, а процеси синоптичких размера релевантни за маглу имају ред величине од 10^6 m или више, тако да распон просторне размере за магле је реда величине око 10^{13} . Једном када се магла формира, њено одржавање зависи од сложених интеракција између тих процеса.

Због тако велике бројности и комплексности физичких процеса релевантних за стварање, развој и ишчезавање магле, као и тога да магла често може бити изразито локална, прогноза магле је отежана и представља велики изазов како у истраживању тако и у оперативном раду. Један од проблема прогнозе магле је и тај да је магла дисконтинуалан (бинарни) догађај: 0 (нема) и 1 (има) за разлику од континуалних променљивих као што су на пример температура, влага, итд. У складу са тим, прогнозе магле захтевају нумеричке моделе високог разлагања, детаљне и реалистичне физичке параметризације, као и тачне почетне и граничне услове.

Велики број студија бавио се проблематиком прогнозирања магле нумеричким моделима за прогнозу времена (NWP – Numerical Weather Prediction). Могуће су две врсте прогноза. Детерминистичке прогнозе – на основу јединствених почетних и граничних услова и јединственог сета једначина добија се једно решење. Упркос високом разлагању, поред проблема нелинеарности једначина модела, проблем ове прогнозе је што су почетни и гранични услови приближно познати – имају неодређености и грешке, тако да ни један модел и ни један сет поставки модела нису апсолутно најбољи ни идеални – то се побољшава коришћењем пробабилистичке прогнозе. За исти временски случај користе се сетови (ансамбли) више модела и/или више улазних података и/или варијација критичних параметара физичких параметризација. Добијају се скупови решења које воде до статистички највероватнијег решења и распона решења који указује на неодређеност и грешке прогнозе. Такође, код рачунања прогноза моделом за ограничену област јавља се

додатни проблем – проблем бочних граничних услова (LBC–Lateral Boundary Conditions). Неусклађеност мрежа и физике модела на границама модела финог разлагања углавном доводи до грешке у прогнози модела за ограничену област. По питању студије испитивања утицаја бочних граничних услова тродимензионалног атмосферског модела на прогнозу магле применом ансамбл-технике, тема се показала као актуелна, што потврђују и објављени радови Parde et al. (2022) и Wang et al. (2023).

Циљ истраживања је да се, с обзиром на стохастичку природу магле, процени предност примене пробабилистичког приступа у односу на детерминистички приступ прогнозе магле.

До сада није било познатих истраживања у којима су за подручје Србије коришћене пробабилистичке ансамбл прогнозе магле. Недостају и студије које би анализирале примену ансамбл приступа у прогнозирању појаве и трајања магле, посебно у контексту локалних орографских и микроклиматских услова карактеристичних за подручје Србије. Осим тога, не постоје ни радови у којима је Ета модел коришћен за прогнозу магле. С обзиром на наведено, истраживање представља допринос, како у погледу примене методе пробабилистичке ансамбл прогнозе у прогнози магле уопште, тако и у смислу географског подручја.

3 Основне хипотезе и методе истраживања

Истраживање магле као бинарне појаве (има-нема) која настаје као резултат комплексних атмосферских процеса, отежано је услед недостатка адекватних мерења у већини подручја. Из тог разлога неопходно је интегрисати мерења и моделирање ради добијања целовите слике.

У експериментима ће се користити Ета регионални атмосферски модел. Овај модел има примену како у истраживању тако и оперативно. У досадашњим истраживањима примена ансамбл метода у оквиру Ета модела показала је предности у односу на детерминистичке прогнозе. С обзиром на то да је акценат на прогнози магле, која представља феномен подмрежних размера, користиће се нехидростатичка верзија модела високог разлагања, односно Eta Non-Hydrostatic Regional Climate Model.

Чланови ансамбла се генеришу на два начина: први приступ подразумева иницирање модела коришћењем различитих почетних и граничних услова добијених из ансамбла прогноза тренутно најсавременијег, глобалног ECMWF модела, док ће се други генерисати коришћењем варијација физичких шема параметаризације унутар самог регионалног нумеричког модела.

Верификација ће се вршити поређењем резултата ансамбл прогноза и детерминистичке прогнозе у односу на осмотрене вредности (слично као у Marjanović et al. (2017)). За осмотрене вредности користиће се подаци о измереним вредностима водности, тј. садржаја течне воде (Liquid Water Content – LWC), видљивости, као и сателитске слике. Неодређеност у прогнози LWC-а која потиче од системске грешке модела ће се испитати помоћу Талаграндовога дијаграма и према облику дијаграма ће се урадити статистичка поправка ансамбла прогноза. Испитаће се развој грешке прогнозираних променљивих током времена. Такође, посебна пажња биће посвећена и идентификацији основних извора неодређености у прогнозирању магле на основу анализе резултата појединачних чланова ансамбла.

Методологија истраживања заснована је на анализи неколико студија случаја појаве магле (case study), при чему ће се прогноза моделима иницирати најмање 12 до 36 сати пре осмотреног настанка магле, како би се проценила прецизност којом модел у том временском оквиру може да прогнозира појаву магле. Одабрани временски оквир од 12 до 36 сати унапред заснован је на претпоставци да је то период у којем је потребно прогнозирати могућност настанка магле, како би, у контексту примене прогнозе у авијацији, авиокомпаније могле благовремено да донесу оперативне одлуке. То подразумева распоређивање ваздухоплова и посада које су опремљене односно обучене за рад у условима смањене видљивости. С друге стране, за потребе припреме аеродромских служби и служби контроле летења, као и за безбедно вођење ваздухоплова у условима смањене видљивости, прецизна прогноза појаве магле је потребна око два сата унапред. Због тога, овакав пробабилистички систем прогноза може бити једна од основних компоненти предочавања (nowcasting) магле на аеродромима, као и у случају других екстремних појава.

4 **Закључак**

На основу горе наведеног, закључујемо да је кандидат Драгана Мујковић испунила све прописане услове за приступ изради докторске дисертације. Представљена тема је од значаја за област како нумеричке прогнозе времена, тако и предочавања (nowcasting), проблематика је добро дефинисана и очекивани научни резултати су релевантни.

Комисија предлаже Наставно-научном већу Физичког факултета Универзитета у Београду да докторанду Драгани Мујковић одобри израду докторске дисертације „Успешност пробабилистичких прогноза магле коришћењем нехидростатичког Ета модела“ под менторством др Катарине Вељовић Корачин, ванредног професора Физичког факултета Универзитета у Београду.

У Београду, 16. април 2026. год.

др Владимир Ђурђевић

редовни професор Физичког факултета
Универзитета у Београду

др Драгана Вујовић

ванредни професор Физичког факултета
Универзитета у Београду

др Мирјам Вујадиновић Мандић

редовни професор Пољопривредног
факултета Универзитета у Београду