

Пољопривредни факултет

32/17-7.1.

(Број захтева)

26.04.2023.

(Датум)

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

Веће научних области

биотехничких наука

(Назив већа научне области коме се захтев упућује)

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на одлуке о усвајању извештаја Комисије за оцену докторске дисертације и о именовању комисије за одбрану

Молимо да, сходно члану 48 ст. 5 тач. 4) Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета", бр. 201/2018, 207/2019, 213/2020, 214/2020, 217/2020, 230/21, 232/22, 233/22 и 236/22), дате сагласност на одлуку о усвајању извештаја Комисије за оцену докторске дисертације:

КАНДИДАТ Ценита, Фадил, Идризовић

(име, име једног од родитеља и презиме)

студент докторских студија на студијском програму Пољопривредне науке

уписана на докторске студије 2016/2017 године,

пријавила је тему докторске дисертације дана 15.06.2020. године, под називом: „Анализа утицаја климатских промена на водне ресурсе и биљну производњу у брдско-планинским сливовима“ из научне области: Мелиорације земљишта.

Универзитет је дана 10.11.2020. године својим актом под бр. 02-08 Број: 61206-3783/2-20 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила: „Анализа утицаја климатских промена на водне ресурсе и обезбеђеност усева и засада водом на брдско-планинском подручју“

Име и презиме ментора др Еника Грегорић

Комисија за оцену докторске дисертације именована је на седници одржаној 25.01.2023. године одлуком факултета под бр. 32/14-3.1., у саставу:

Име и презиме члана комисије	звање	научна област	Установа у којој је запослен
1. др Невенка Ђуровић	редовни професор	Мелиорације земљишта	Универзитет у Београду – Пољопривредни факултет;
2. др Гордана Матовић	ванредни професор	Мелиорације земљишта	Универзитет у Београду – Пољопривредни факултет;
3. др Мирјам Вујадиновић Мандић	ванредни професор	Метеорологија	Универзитет у Београду – Пољопривредни факултет;

4. др Марија Ћосић	ванредни професор	Мелиорације земљишта	Универзитет у Београду – Пољопривредни факултет;
--------------------	-------------------	----------------------	---

5. др Јасна Плавшић	редовни професор	Хидрологија	Универзитет у Београду – Грађевински факултет;
---------------------	------------------	-------------	---

Датум стављања извештаја Комисије и докторске дисертације на увид јавности 02.03.2023. год.

Наставно-научно веће факултета усвојило је извештај Комисије за оцену докторске дисертације на седници одржаној дана 26.04.2023. године.

Комисија за одбрану докторске дисертације именована је на седници одржаној 26.04.2023. године одлуком факултета под бр. 32/17-7.2., у саставу:

Име и презиме члана комисије	звање	научна област	Установа у којој је запослен
1. др Невенка Ђуровић	редовни професор	Мелиорације земљишта	Универзитет у Београду – Пољопривредни факултет;
2. др Гордана Матовић	ванредни професор	Мелиорације земљишта	Универзитет у Београду – Пољопривредни факултет;
3. др Мирјам Вујадиновић Мандић	ванредни професор	Метеорологија	Универзитет у Београду – Пољопривредни факултет;
4. др Марија Ћосић	ванредни професор	Мелиорације земљишта	Универзитет у Београду – Пољопривредни факултет;
5. др Јасна Плавшић	редовни професор	Хидрологија	Универзитет у Београду – Грађевински факултет;

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА
Проф. др Душан Живковић

Прилози:

1. Одлука Наставно-научног већа о усвајању извештаја Комисије за оцену докторске дисертације и одлука о именовању Комисије за одбрану докторске дисертације
2. Извештај Комисије о оцени докторске дисертације
3. Примедбе на извештај Комисије о оцени докторске дисертације (уколико их је било) и мишљење Комисије о примедбама

Универзитет у Београду
ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ
Број: 32/17-7.1.
Датум: 26.04.2023. године
БЕОГРАД-ЗЕМУН

На основу члана 44. Статута Пољопривредног факултета (2018. година) и члана 62. Правилника о правилима докторских академских студија, Наставно - научно веће факултета на седници одржаној 26.04.2023. године, донело је

О Д Л У К У

I УСВАЈА СЕ Извештај Комисије о позитивној оцени докторске дисертације коју је поднела **ЏЕНИТА ИДРИЗОВИЋ, мастер** и одобрава јавна одбрана дисертације по добијању сагласности од Универзитета, под насловом: **"АНАЛИЗА УТИЦАЈА КЛИМАТСКИХ ПРОМЕНА НА ВОДНЕ РЕСУРСЕ И ОБЕЗБЕЂЕНОСТ УСЕВА И ЗАСАДА ВОДОМ НА БРДСКО-ПЛАНИНСКОМ ПОДРУЧЈУ"**.

II Универзитет је дана 10.11.2020. године, актом 02-08 број: 61206-3783/2-20, дао сагласност на одлуку Наставно - научног већа факултета о прихватању теме докторске дисертације.

III Рад кандидата у научном часопису који га квалификује за одбрану докторске дисертације:

Idrizovic, D., Pocuca, V., Mandic, M. V., Djurovic, N., Matovic, G., Gregoric, E. (2020): Impact of climate change on water resource availability in a mountainous catchment: a case study of the Toplica River catchment, Serbia. Journal of Hydrology: 587, 124992.

Образложење

Наставно-научно веће факултета разматрало је и усвојило Извештај Комисије о позитивној оцени урађене докторске дисертације коју је поднела Џенита Идризовић, мастер.

Наставно-научно веће факултета је приликом доношења одлуке оцењивало да ли је завршена докторска дисертација у складу са одобреном темом и да ли наводи садржани у реферату потврђују да су се стекли услови за одбрану докторске дисертације.

Сходно изнетом одлучено је као у диспозитиву.

**ПРЕДСЕДНИК
НАСТАВНО-НАУЧНОГ ВЕЋА
ДЕКАН**

(Проф. др Душан Живковић)

Доставити: кандидату, ментору, Институту за земљиште и мелиорације, Студентској служби и архиви.

Универзитет у Београду
ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ
Број: 32/17-7.2.
Датум: 26.04.2023. године
БЕОГРАД-ЗЕМУН

На основу члана 44. Статута Пољопривредног факултета (2018. година) и члана 63. Правилника о правилима докторских академских студија, Наставно - научно веће факултета на седници одржаној 26.04.2023. године, донело је

О Д Л У К У

I У Комисију за одбрану докторске дисертације коју је поднела **ЏЕНИТА ИДРИЗОВИЋ, мастер**, под насловом: "**АНАЛИЗА УТИЦАЈА КЛИМАТСКИХ ПРОМЕНА НА ВОДНЕ РЕСУРСЕ И ОБЕЗБЕЂЕНОСТ УСЕВА И ЗАСАДА ВОДОМ НА БРДСКО-ПЛАНИНСКОМ ПОДРУЧЈУ**", именују се:

1. др Невенка Ђуровић, редовни професор
Универзитета у Београду – Пољопривредног факултета,
2. др Гордана Матовић, ванредни професор
Универзитета у Београду – Пољопривредног факултета,
3. др Мирјам Вујадиновић Мандић, ванредни професор
Универзитета у Београду – Пољопривредног факултета,
4. др Марија Ћосић, ванредни професор
Универзитета у Београду – Пољопривредног факултета и
5. др Јасна Плавшић, редовни професор
Грађевинског факултета Универзитета у Београду.

II На ову одлуку, о именовању Комисије за одбрану докторске дисертације, сагласност даје одговарајуће Веће научних области Универзитета у Београду.

**ПРЕДСЕДНИК
НАСТАВНО-НАУЧНОГ ВЕЋА
ДЕКАН**

(Проф. др Душан Живковић)

Доставити: кандидату, члановима Комисије, Институту за земљиште и мелиорације, Студентској служби и архиви.

**НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ
ПОЉОПРИВРЕДНОГ ФАКУЛТЕТА
УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ**
Датум: 10.02.2023.

Предмет: Извештај Комисије за оцену урађене докторске дисертације Џените
Идризовић, мастер инжењер пољопривреде

Одлуком Наставно-научног већа Пољопривредног факултета Универзитета у Београду број 32/14-3.1. од 25.01.2023. године, именована је Комисија за оцену урађене докторске дисертације под насловом: „Анализа утицаја климатских промена на водне ресурсе и обезбеђеност усева и засада водом на брдско-планинском подручју“, кандидата Џените Идризовић, мастер инжењера пољопривреде.

Комисија у саставу др Невенка Ђуровић, редовни професор, Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет (ужа научна област: Мелиорације земљишта), др Гордана Матовић, ванредни професор, Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет (ужа научна област: Мелиорације земљишта), др Мирјам Вујадиновић Мандић, ванредни професор, Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет (ужа научна област: Метеорологија), др Марија Ћосић, ванредни професор, Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет (ужа научна област: Мелиорације земљишта) и др Јасна Плавшић, редовни професор, Универзитет у Београду, Грађевински факултет (ужа научна област: Хидрологија) на основу прегледа, анализе и оцене докторске дисертације подноси Наставном-научном већу Пољопривредног факултета следећи

ИЗВЕШТАЈ

1.Основни подаци о кандидату и дисертацији

1.1 Основни подаци о кандидату

Џенита Идризовић рођена је 18. новембра 1992. године у Новом Пазару где је завршила основну и средњу школу. Диплому основних студија стекла је 2015. године на Државном универзитету у Новом Пазару на студијском програму Пољопривредна производња, са просечном оценом 9,85. Мастер академске студије завршила је 2016. године на Пољопривредном факултету Универзитета у Београду, студијски програм Мелиорације земљишта, са просечном оценом 10,00. Стипендиста је Фонда за младе таленте *Доситеја* за школску 2014/2015. и 2015/2016. годину. Награђена је за најбољи рад у категорији *Млади истраживачи* на 18. Научном саветовању СДХИ и СДХ, у Нишу 2018. године. У периоду 2017–2021. године је као стипендиста Министарства просвете, науке и технолошког развоја била ангажована на научно-истраживачком пројекту „Савремени биотехнолошки приступ решавања проблема суше у пољопривреди Србије“ (ТР 31005). Школске 2016/2017. на Пољопривредном факултету Универзитета у Београду уписала је докторске академске студије, студијски програм Пољопривредне науке, модул Мелиорације земљишта. Положила је све испите

предвиђене планом и програмом докторских студија са просечном оценом 10,00. Њено научно интересовање се односи на климатске промене и управљање земљиштем и водом у пољопривреди. У сарадњи са другим ауторима, објавила је 7 научних радова, од чега је један објављен у међународном часопису изузетних вредности (M21a), један у часопису међународног значаја верификованог посебном одлуком (M24), два рада саопштена на међународном скупу, штампана у целини (M33), два саопштења са скупа националног значаја штампана у целини (M63) и једно саопштење са скупа националног значаја штампано у изводу (M64).

1.2 Основни подаци о дисертацији

Докторска дисертација Џените Ф. Идризовић, мастер инжењера пољопривреде, под насловом „Анализа утицаја климатских промена на водне ресурсе и обезбеђеност усева и засада водом на брдско-планинском подручју“ написана је у складу са Упутством за обликовање докторске дисертације Универзитета у Београду, као и у складу са пријавом теме која је одобрена од стране Наставно-научног већа Пољопривредног факултета и Већа научних области биотехничких наука Универзитета у Београду. Докторска дисертација садржи: насловну страну на српском и енглеском језику, информације о ментору и члановима Комисије, резиме на српском и енглеском језику, садржај и текст дисертације организован по поглављима.

Дисертација је написана на 185 страна текста (174 нумерисане) и садржи 63 табеле и 78 слика. Докторска дисертација садржи 6 основних поглавља, и то: Увод (стр. 1-3), Преглед литературе (стр. 4-27), Материјал и методе (стр. 28-63), Резултати и дискусија (стр. 64-143), Закључак (стр. 144-148) и Литература (стр. 149-170). Поголавља Преглед литературе, Материјал и методе, Резултати и дискусија садрже више потпоглавља. На крају текста дисертације налазе се Биографија (стр. 171), Изјава о ауторству (стр. 172), Изјава о истовестности штампане и електронске верзије докторске дисертације (стр. 173) и Изјава о коришћењу (стр. 174). Цитирано је 318 литературних извора.

2. Предмет и циљ дисертације

2.1 Предмет дисертације

Предмет ове дисертације обухвата утицај климатских промена на расположивост водних ресурса у репрезентативном сливу брдско-планинског подручја. Проучавана је расположивост површинских вода преко могуће промене режима површинских вода на излазном профилу главне реке, као и расположивост подземне воде прве издани. Такође, проучаван је утицај климатских промена на обезбеђеност усева и засада водом, на истом локалитету.

За истраживање је као репрезентативни слив брдско-планинских подручја одабран слив реке Топлице. Сливови у брдско-планинским подручјима су осетљиви на промену температуре, а самим тим и на могуће климатске промене. На подручју слива реке Топлице, на највећем делу коришћеног пољопривредног земљишта биљна производња се одвија у условима природног режима влажења, односно без примене наводњавања. За планирање развоја наводњавања на овом подручју важно је

располагати сазнањима о могућим променама режима подземних и површинских вода у будућности.

У оквиру дисертације квантификован је утицај климатских промена на расположивост водних ресурса, односно на промене у режиму реке Топлице и подземних вода прве издани. Такође, процењен је утицај климатских промена на биљну производњу која је заступљена на истраживаном подручју, са аспекта обезбеђености усева и засада водом.

2.2. Научни циљ истраживања

Основни циљ истраживања ове докторске дисертације јесте развој методологије којом би се стекао увид у потенцијалне промене (у блиској и далекој будућности) расположивости водних ресурса слива реке Топлице и анализа обезбеђености проучаваних биљних врста водом у условима климатских промена, заснованих на два сценарија емисије гасова са ефектом стаклене баште.

Методологија је развијена на пилот сливу реке Топлице као низ поступака анализе података и моделирања хидролошких процеса чија је намена да се стекне увид о утицају климатских промена на температуру (T_{sr}), количину падавина (P), потенцијалну евапотранспирацију (PET), протицај (Q) на излазном профилу реке Топлице и ниво подземних вода прве издани ($NPZV$).

У условима измењеног температурног и режима расподеле падавина очекују се и промене у обезбеђености биљака водом, што се процењује на основу разлике између евапотранспирације усева (ET_c) и ефективних падавина (P_e) на испитиваном подручју.

3. Основне хипотезе од којих се полазило у истраживању

Основне хипотезе од којих се пошло у оквиру ове докторске дисертације су следеће:

- Климатске пројекције ће показати промене у температури и падавинама у будућности на истраживаном подручју;
- Климатске промене ће утицати на доступност и унутаргодишњу расподелу водних ресурса у будућности;
- Коришћење климатских пројекција и хидролошког моделирања оправдан је приступ у процени утицаја климатских промена на водне ресурсе у будућности;
- Промене у климатским величинама одразиће се на потребе усева и засада за водом и на њихову обезбеђеност водом.

4. Кратак опис садржаја дисертације

Увод. У уводу је указано на потребу и значај квантификовања утицаја климатских промена на расположивост водних ресурса, обезбеђеност водом најзаступљенијих биљних врста и агроклиматских индекса, као и на значај добијених резултата за припрему стратегије очувања водних ресурса и предлагање мера за ублажавање неповољних климатских утицаја на пољопривредну производњу. Истакнуто је да су досадашња истраживања утицаја климатских промена на водне ресурсе у Србији обухватила неколико карактеристичних сликова на којима су

анализиране промене површинских вода, док су промене у нивоу подземних вода у доступној литератури веома мало анализиране.

Преглед литературе. У овом поглављу које се састоји од пет потпоглавља, изнети су доступни литературни подаци о истраживањима других аутора, која су уско повезана са предметом проучавања докторске дисертације. У потпоглављу *Клима, климатски систем, климатске промене* дате су дефиниције климе и климатских промена, опис сценарија емисије гасова са ефектом стаклене баште и климатских модела, као и преглед досадашњих истраживања осматрених климатских промена. У другом потпоглављу *Хидролошке пројекције* описани су хидролошки модели за моделирање протицаја и нивоа подземних вода. Треће потпоглавље *Неизвесности у климатским и хидролошким пројекцијама* односи се на неизвесности које су својствене сваком процесу моделирања. У четвртном потпоглављу *Утицај климатских промена на водне ресурсе* изнети су резултати истраживања утицаја климатских промена на површинске и подземне воде, док је у петом потпоглављу *Утицај климатских промена на потребе усева и засада за водом* дат преглед очекиваног утицаја климатских промена на потребе култура за водом, агроклиматске услове и мере прилагођавања на измењене климатске услове у биљној производњи

Материјал и методе. У овом поглављу наведени су коришћени подаци за рад, као и методе рада кроз 8 потпоглавља. Развијена методологија демонстрирана је на пилот подручју слива реке Топлице, који је изабран као репрезентативан слив у брдско-планинским подручјима. Карактеристике анализираног слива дате су у потпоглављима *Опис проучаваног подручја* и *Топографске, геолошке, хидрогеолошке и педолошке карактеристике подручја*. За потребе истраживања коришћени су осматрени подаци Републичког хидрометеоролошког завода Србије (РХМЗ): дневни подаци о падавинама (P) и температуре ваздуха (Tmax, Tmin и Tsr) са метеоролошких станица Ниш, Куршумлија, Прокупље и Копаоник (за период 1961-2010), дневни подаци о протицајима са хидролошке станице Дољевац (за период 1961-2010) и месечни подаци о нивоима подземне воде са 8 пијезометара у сливу Топлице (за период од 1988-2016). Пондерисање вредности осматрених климатских величина извршено је методом Thiessen-ових полигона. За прорачун дневних вредности PET коришћена је модификована Hargreaves једначина. За анализу потреба биљака за водом и обезбеђености биљака водом у условима климатских промена коришћени су подаци о заступљености усева у Топличком управном округу, добијени из публикација Републичког завода за статистику. Анализа утицаја климатских промена на водне ресурсе и обезбеђеност усева и засада водом спроведена у оквиру ове дисертације заснива се на коришћењу резултата климатских и хидролошких пројекција. За симулације примењени су климатски и хидролошки модели, током референтног периода (1971-2000) и будућег периода (2021-2100) (*Подаци коришћени у истраживању*). Примењена методологија шематски је представљена у потпоглављу *Методологија*. У потпоглављу *Модели коришћени у истраживањима* описани су климатски и хидролошки модели примењени у истраживању. Симулације падавина и температуре добијене су коришћењем резултата 7 комбинација глобалних (GCM) и регионалних климатских модела (RCM) из EURO-CORDEX пројекта, хоризонталне резолуције 12,5 km. Резултати се односе на дневне вредности P, Tmax, Tmin и Tmean у

периоду 1971-2000 и 2021-2100. Климатске пројекције засноване су на *Representative Concentration Pathways* (RCP) сценаријима емисија гасова са ефектом стаклене баште, RCP4.5 и RCP8.5. У истраживању је примењен вишемоделски ансамбл приступ (енг. *multi-model ensemble*), како би се умањио утицај грешака које потичу од различитих концепата нумеричких модела, чиме се добијају поузданије пројекције у односу на приступ коришћења једног модела. Дневне вредности климатских величине (P, Tmax, Tmin и Tmean) добијене помоћу 7 комбинација GCM-RCM, статистички су кориговане методом мапирања квантила, што је стандардан метод за уклањање системске грешке (енг. *bias*), коју у мањој или већој мери имају сви нумерички модели. Симулација отицаја са слива, тј. протицај (Q) код мерног места Дољевац, урађена је применом калибрисаног HBV-light хидролошког модела. HBV-light је семи-дистрибуирани хидролошки модел намењен континуалним хидролошким симулацијама са дужином рачунског корака најчешће један дан. Калибрација хидролошког модела урађена је применом GAP алгоритма (енг. *Genetic Algorithm and Powell local method*), према композитној критеријумској функцији која садржи Nash-Sutcliffe коефицијент ефикасности (срачунат на основу протока и логаритмованих протока), и волуметријску грешку. За калибрацију модела коришћени су пондерисани измерени подаци о P и Tsr, пондерисане срачунате вредности PET и измерене вредности Q, за период од 1961-2010. За валидацију модела коришћен је DSS тест (енг. *Differential split-sample Test*). Улазни подаци о просторној варијабилности слива (број елевационих зона у зависности од надморске висине, број зона у којима је заступљена одређена врста вегетационог покривача и њихова процентуална заступљеност у свакој елевационој зони) добијени су обрадом сателитских снимака у софтверском програму ArcGIS. За добијање података о елевационим зонама коришћени су сателитски снимци са сајта Геолошког топографског института Сједињених Америчких Држава (енг. *United States Geological Survey, USGS*). Вегетационе зоне одређене су на основу базе сателитских снимака са сајта Copernicus Land Monitoring Service (CORINE). Симулације дневних вредности Q, HBV-light моделом, засноване су на уносу пондерисаних дневних климатских података (P и Tsr) из пројекција и пондерисаних срачунатих PET вредности, са четири метеоролошке станице. Применом симулација 7 комбинација GCM-RCM за два RCP сценарија добијено је 14 низова података о Q, који представљају хидролошко предвиђање протицаја у условима климатских промена у будућем периоду од 2021. до 2100. На исти начин урађене су и симулације Q за референтни период (1971-2000). За симулације нивоа подземних вода коришћена је *soft computing* техника вештачке неуралне мреже (енг. *Artificial Neural Networks, ANN*). За потребе истраживања формирана је *feedforward* мрежа која показује добре резултате у прогнозирању нивоа подземних вода (NPZV). Коришћењем ANN моделирана је зависност NPZV прве издани од улазних варијабли, у изабраном репрезентативном пијезометру. Улазне варијабле су биле NPZV у претходном периоду и Q реке Топлице. Обуком припремљен ANN модел примењен је за сумулиције нивоа подземне воде, у периодима 1971-2000 и 2021-2100. **Процена утицаја климатских промена на обезбеђеност усева и засада водом** одређена је обрачуном дефицита, односно суфицита воде за сваки усева и засад који је у већој мери заступљен на подручју слива реке Топлице. Дефицит односно суфицит воде рачунат је као разлика између потребе усева и засада за водом и

ефективних падавина, за референтни период (1971-2000), за блиску (2021-2050) и далеку (2071-2100) будућност. Потребе усева и засада за водом изражене су преко евапотранспирације културе (ET_c). Евапотранспирација култура је рачуната као производ симулиране потенцијалне евапотранспирације (PET) и коефицијента културе (K_c). **Агроклиматски услови** анализирани су на основу агроклиматских индекса: просечан датум појаве позног пролећног и раног јесењег мраза, просечан број мразних ($T_{min} < 0^{\circ}C$) и ледених дана ($T_{max} < 0^{\circ}C$), просечан број летњих ($T_{max} > 25^{\circ}C$) и тропских ($T_{max} > 30^{\circ}C$) дана, сума ефективних температура и дужина вегетационог периода. Утицај климатских промена на климатолошке и хидролошке величине у будућности анализиран је у периоду од 2021. до 2100. године, на годишњем и месечном нивоу и током периода април-септембар (1. април - 30. септембар) и октобар-март (1. октобар – 31. март). Промене свих посматраних климатолошких и хидролошких величина у будућности изражене су у односу на референтни период 1971-2000. Пројекције климатских и хидролошких модела у себи садрже одређени степен грешке или одступања (енг. *bias*). Да би се делимично елиминисао утицај те грешке, симулиране вредности у будућности поређене су са симулираним вредностима у референтном периоду (1971-2000), а не са осматреним. У циљу умањења утицаја екстремних вредности, за које се очекује већа учесталост у будућности, и грешака климатолошких модела, анализирани су медијане. Временска варијација промене праћена је на низу од 51 податка, формираном од временских исечака (енг. *time-slice*) са померањем од једне године у периоду од 2021. до 2100. На овим временским низовима је испитано постојање тренда и његова статистичка значајност. Расподела временских серија анализираних хидролошких и климатских варијабли испитана је применом Kolmogorov-Smirnov и Shapiro-Wilk теста ($p = 0,05$) који су показали да временске серије тестираних података немају нормалну расподелу, те не испуњавају услов за примену параметарских тестова. Стога су изабране непараметарске методе, Mann-Kendall тренд тест и Sen's slope метода за оцену нагиба, за утврђивање тренда и његову статистичку значајност. Статистичка значајност промена медијане P, T_{mean}, PET, Q и DPZV на годишњем и месечном нивоу и током периода април-септембар и октобар-март у периоду блиске (2021-2050) и далеке (2071-2100) будућности, у односу на референтни период (1971-2000) процењена је Mann-Whitney тестом на нивоу значајности $p=0,05$. Статистичка значајност разлике вредности ET_c, као и дефицита, односно суфицита воде за сваки усев и засад у блиској (2021-2050) и далекој (2071-2100) будућности у односу на референтни период (1971-2000) анализирана је такође применом Mann-Whitney теста, на нивоу значајности $p=0,05$. Анализа података урађена је на вегетационом и месечном нивоу (**Методологија обраде података**).

Резултати и дискусија. Резултати истраживања обрађени су у оквиру пет потпоглавља и приказани су на прегледан начин кроз табеле, слике и графиконе. Дискусија резултата је темељна и концизна уз адекватно поређење са резултатима сличних истраживања која су доступна у литератури. У потпоглављу **Калибрација и валидација** приказани су резултати калибрације хидролошког модела HBV light који се користио за предвиђање протицаја у реци Топлици на основу дневних података. Постигнуте вредности критеријума ефикасности за изабрани сет параметара модела за период калибрације 1994-1999 износиле су: OF – 0,83, NSE – 0,76, NSE_{logQ} – 0,82 и VE –

1. За калибрациони период укупно одступање симулираних вредности протицаја, добијених на бази улазног сета параметара, од мерених дугогодишњих протицаја, по месецима, у референтном периоду 1971–2000 износи 5,28%. Ово потпоглавље приказује и резултате калибрације ANN модела који се користи за предвиђање нивоа подземне воде. За моделирање NPZV као репрезентативан изабран је пијезометар 3-540 који показује статистички значајну корелацију између флукуација NPZV на тој локацији и флукуација у осталих 7 постојећих пијезометара, на нивоу значајности $p=0,01$. Резултати корелационе анализе показали су да између NPZV и протицаја постоји значајна позитивна корелација ($R=0,87$; $p=0,01$), док климатски елементи на месечном нивоу не показују статистички значајну корелацију са NPZV. *Анализа утицаја климатских промена на водне ресурсе у сливу реке Топлице* је потпоглавље које је обрађено преко 3 потпоглавља нижег реда. У првом су приказани резултати *Утицаја климатских промена на климатолошке величине*. Резултати Mann-Kendall теста показују статистички значајан тренд повећања апсолутне промене медијане T_{mean} до краја века, по оба сценарија. Предвиђено је повећање годишње T_{mean} од $0,02\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{година}^{-1}$ и $0,05\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{година}^{-1}$ за RCP4.5 и RCP8.5 сценарио, респективно. Као и код температуре предвиђа се статистички значајан тренд повећања медијане PET на нивоу године, месеца и периода април-септембар и октобар-март према предвиђањима сценарија са интензивнијом емисијом GHG до 2100. године (МК, $p=0,05$). Током периода април-септембар до краја века предвиђено је повећање медијане PET од 6,1% (RCP4.5) и 12,7% (RCP8.5) према MW тесту ($p=0,05$). На годишњем нивоу очекује се повећање медијане P са највећом статистички значајном променом од 7,2% у периоду далеке будућности (RCP8.5). У периоду април-септембар који је значајан са аспекта пољопривреде очекује се смањење медијане P, док у другом делу године очекује се повећање падавина које је и статистички значајно и креће се у интервалу од 12,2% до 18,8%. У другом потпоглављу *Утицај климатских промена на хидролошке величине* праћене су промене протицаја и дубине подземне воде. За период април-септембар, током 21. века предвиђен је статистички значајан тренд смањења медијане Q у односу на референтни период, од $0,07\%\cdot\text{година}^{-1}$ (RCP4.5) и $0,34\%\cdot\text{година}^{-1}$ (RCP8.5) (МК; $p=0,05$). Промена медијане DPZV на месечном нивоу у блиској и далекој будућности у односу на референтни период креће се у интервалу од -4,6% до 2,6%. На годишњем нивоу није добијена статистички значајна промена медијане DPZV. Највеће статистички значајно релативно одступање од 2,8% предвиђено је у далекој будућности (RCP8.5) за период април-септембар. Треће потпоглавље је *Процена утицаја климатских промена на доступност водних ресурса*. До краја века (RCP8.5) не очекују се значајне варијације у количини воде на годишњем нивоу као последица климатских промена. У будућности се очекује смањење количине доступне воде у летњим месецима, а повећање у зимским, што указује на израженију неуниформност месечне расподеле P, Q и NPZV. Смањење Q и NPZV предвиђено је током осам месеци, што указује на продужење периода са смањеном количином воде. Предвиђено смањење P, Q и NPZV у летњим месецима, када је и током историјског периода примећен недостатак воде, може негативно утицати на пољопривреду, водоснабдевање, хидроенергетику, рибарство, речни екосистем и туризам. Потпоглавље *Анализа утицаја климатских промена на обезбеђеност усева и засада водом* такође садржи три потпоглавља нижег

реда. У првом потпоглављу *Утицај климатских промена на климатолошке величине за подручје општина у Топличком округу* дат је преглед симулираних величина и промена T_{mean} , PET, P и ефективних падавина (P_{eff}), за метеоролошке станице Прокупље и Куршумлија. Статистичка анализа показала је да се до краја века на подручју округа Топлице (четири општине) може очекивати статистички значајно загревање у свим испитиваним временским интервалима (година, месец и периоди април-септембар и октобар-март) (MW; $p=0,05$). До краја века, за станицу Прокупље, током периода април-септембар очекује се повећање медијане PET од 41 mm према RCP4.5, односно 83 mm према RCP8.5 сценарију. За станицу Куршумлија у истом периоду очекује се повећање медијане PET од 40 mm (RCP4.5) и 84 mm (RCP8.5). Највеће смањење P, у периоду април-септембар, је симулирано у блиској будућности (RCP4.5) са нешто већим смањењем на локалитету Куршумлија (21 mm) у односу на Прокупље (16 mm). У периоду октобар-март, на оба локалитета, у свим испитиваним периодима, према симулацијама оба сценарија очекује се статистички значајно повећање медијане P (MW; $p=0,05$). Максимално повећање очекује се у периоду далеке будућности (RCP8.5) и то 53 mm у Прокупљу и 47 mm у Куршумлији. С обзиром да су ефективне падавине рачунате на основу падавина очекују се промене у складу са падавинама. Усклађивање коефицијената култура базирано је на просечним вредностима минималне релативне влаге и брзине ветра за станице Прокупље и Куршумлија у периоду 1971-2013. У потпоглављу *Утицај климатских промена на потребе усева и засада за водом* указано је да се у условима климатских промена на посматраним локалитетима у односу на референтни период у будућности очекује статистички значајно повећање потреба за водом на нивоу вегетационе сезоне свих посматраних усева и засада, по оба RCP сценарија. До краја 21. века, према сценарију RCP8.5, потребе за водом посматраних култура, у односу на референтни период, биће у порасту од 50 mm (пшеница и јечам – Прокупље и Житорађа) до 97 mm (луцерка – Куршумлија и Блаце). Посматране културе показују највеће потребе за водом током летњих месеци (јун-август) у референтном и будућим периодима, изузев пшенице и јечма за које су највеће потребе предвиђене у априлу и мају. У потпоглављу *Утицај климатских промена на обезбеђеност усева и засада водом* процењена је доступност воде изабраним усевима и засадима у будућности. Током вегетационе сезоне анализираних биљних врста потребе за водом не могу се задовољити симулираним количинама P_{eff} , услед чега се јавља дефицит воде у референтном и будућим периодима за посматране културе гајене на подручју округа Топлице. Предвиђени недостатак воде у будућности повећава се у односу на референтни период. Највеће вредности дефицита за сваку културу предиковане су у периоду далеке будућности по сценарију RCP8.5. Све културе гајене на подручју Прокупља и Житорађе су током вегетационе сезоне изложене дефициту воде. За разлику од Прокупља и Житорађе, на подручју Куршумлије и Блаца за пшеницу и јечам симулирани су вишкови воде. Суфицит воде за пшеницу и јечам у референтном периоду износи 33 mm. Остале културе изложене су недостатку воде током референтног и будућних периода. Највеће вредности дефицита на овом подручју добијене су за воћарске засаде, јабуку и вишњу, шљиву, као и за кромпир. Потпоглавље *Агроклиматски индекси* се састоји од 6 потпоглавља нижег реда, у којима је анализирана промена агроклиматских индекса у будућности у односу на референтни

период. У првом потпоглављу *Дужина вегетационе сезоне* дате су промене датума почетка и краја вегетационе сезоне у будућности. На подручју Прокупља и Житорађе у току референтног периода просечна дужина вегетационе сезоне износила је 248 дана, а на подручју Куршумлије и Блага је нешто краћа и износила је 239 дана. Почетак вегетационе сезоне до краја века биће померен за 19 (RCP4.5) и 43 (RCP8.5) дана раније у односу на референтни период, а за крај вегетационе сезоне предиковано је одлагање од 14 (RCP4.5) и 28 (RCP8.5) дана (Прокупље и Житорађа). У истом периоду, на подручју Куршумлије и Блага, почетак вегетационе сезоне наступиће раније за 20 (RCP4.5) и 51 (RCP8.5) дан, док се крај вегетационе сезоне одлаже за 13 дана (RCP4.5), односно 30 дана (RCP8.5) у поређењу са датумима симулираним у референтном периоду. До краја века, вегетациона сезона биће дужа за просечно 33 (RCP4.5) и 71 (RCP8.5) дан на подручју Прокупља и Житорађе, односно 33 (RCP4.5) и 81 (RCP8.5) дан на подручју Куршумлије и Блага. У потпоглављу *Појава позног пролећног и раног јесењег мраза*, праћена је промена датума њихове појаве. На посматраним локалитетима, у будућности се очекује ранија појава позног пролећног и одлагање раног јесењег мраза, у односу на датум појаве у референтном периоду, што условљава продужење трајања периода без мраза. У потпоглављу *Просечан број мразних ($T_{min} < 0$ °C) и ледених ($T_{max} < 0$ °C) дана* анализирана је њихова промена у блиској и далекој будућности, по оба сценарија. У условима климатских промена на посматраним локалитетима очекује се смањење просечног броја мразних и ледених дана у будућности у односу на референтни период. У потпоглављу *Просечан број летњих ($T_{max} > 25$ °C) и тропских ($T_{max} > 30$ °C) дана* показана је тенденција пораста броја поменутих дана у будућности. До краја века, према сценарију са интензивнијим емисијама GHG, просечан број летњих дана повећаће се за 45 и 55 дана, а број тропских за 70 и 64 дана, на подручју Прокупља и Житорађе и Куршумлије и Блага, респективно. У наредном потпоглављу *Сума ефективних температура (GDD)* рачуната је за најзаступљеније културе на подручју округа Топлица. За анализиране културе, на подручју оба локалитета очекује се да сума ефективних температура расте у будућности. У последњем потпоглављу урађена је *Процена утицаја климатских промена на агроклиматске индексе* у будућности да би се стекао увид у утицај климатских промена на биљну производњу у округу Топлица. Услед повећања суме ефективних температура, очекује се да вегетациони период култура буде краћи у односу на референтни период, што уз повећање потенцијалне дужине вегетационе сезоне ствара могућност за увођење више култура у плодород. Смањење просечног броја дана са екстремно ниским температурама указује да би се у будућности могли очекивати погоднији агроклиматски услови за производњу озимих усева и смањење ризика од измрзавања вишегодишњих засада. Са друге стране, повећање просечног броја летњих и тропских дана у летњем периоду повећава ризик од топлотног стреса код усева и засада. **Адаптационе мере.** У условима климатских промена, током 21. века очекује се повећање недостатка воде за посматране културе, осим за пшеницу и јечам. Да би се остварили високи и стабилни приноси култура у условима повећаног водног дефицита, неопходно је применити наводњавање као меру адаптације. Највеће потребе за наводњавањем предвиђене су у летњим месецима, јулу и августу, када се очекује и смањење Q и повећање DPZV. Услед климатских промена очекује се

смањење доступности водних ресурса у топлом делу године, тако да формирање акумулација, поновно коришћење пречишћених отпадних вода и рационално коришћење подземних вода могу бити решења за обезбеђивање потребне воде за наводњавање. Ранија појава позног пролећног мраза омогућава померање рокова сетве као мере адаптације. Ранијом сетвом пролећних усева умањио би се негативан утицај суше и топлотног стреса који се очекује у летњим месецима, избегло би се повећање дефицита воде, а тиме и повећање потребе за наводњавањем у односу на садашње услове. Наводњавање и померање рокова сетве показали су се ефикасном методом за ублажавање последица климатских промена. Неке од наведених мера адаптације које пољопривредни произвођачи могу применити директно на газдинствима су: увођење и гајење сорти и хибрида отпорних на сушу и температурни стрес, узгој сорти и хибрида ранијег зрења, повећање површина под озимим усевама, правовремено обављање обраде земљишта и сетве.

Закључак. Докторска дисертација се бави развојем методологије за анализу утицаја климатских промена на расположивост водних ресурса на сливовима у брдско-планинским подручјима. Посебан акценат је стављен на предикцију агроклиматских услова у будућности и процену обезбеђености водом изабраних биљних врста.

Примењени методолошки приступ спроведен је кроз следеће кораке:

- Симулације климатолошких величина применом 7 комбинација GCM-RCM, засноване на два сценарија (RCP4.5 и RCP8.5);

- За симулацију протока примењен је хидролошки HBV-light модел, који је калибрисан применом GAP алгорита;

- Моделирање нивоа подземних вода урађено је применом вештачких неуралних мрежа. За потребе истраживања формирана је вишеслојна *feedforward* мрежа са једним скривеним слојем. За обуку ANN коришћен је Levenberg-Marquardt (LM) метод пропагације грешке уназад;

- Прорачун вредности евапотранспирације културе (ET_c), дефицита/суфицита воде за сваки усев и засад и агроклиматских индекса урађен је на основу резултата климатских симулација;

- Квантификовање утицаја климатских промена на климатолошке, хидролошке и величине које описују агроклиматске услове и обезбеђеност култура водом урађено је праћењем промене на годишњем и месечном нивоу и током периода април-септембар и октобар-март. Тренд промене праћен је у периоду 2021-2100, на низу од 51 податка, у односу на референтни период. Промена наведених параметара у блиској (2021-2050) и далекој будућности (2071-2100) процењена је у односу на референтни период (1971-2000);

- Постојање тренда и његова статистичка значајност анализирани су применом Mann-Kendall тренд теста (МК) и Sen's slope методе за оцену нагиба ($p=0,05$). Статистичка значајност промене у периоду блиске и далеке будућности у односу на референтни период процењена је Mann-Whitney (MW) тестом ($p=0,05$).

Примењивост методологије је тестирана на сливу реке Топлице, који је изабран као пилот подручје у Србији.

Симулације климатолошких величина добијене су са 7 комбинација GCM-RCM и односе се на дневне вредности P , T_{max} , T_{min} и T_{mean} у периоду 1971-2000 и 2021-

2100 према два сценарија. Симулиране климатолошке величине из тачака мреже најближих локацијама четири метеоролошке станице просторно су осредњене методом Тисенових полигона, да би се припремиле као улазни подаци у HBV-light модел, који дозвољава унос само једног сета климатолошких вредности. У процесу калибрације хидролошког HBV-light модела, на основу задатих критеријума ефикасности, одабран је сет параметара калибрационог периода 1994-1999, за који су постигнуте следеће вредности критеријума ефикасности: OF – 0,83, NSE – 0,76, NSE_{logQ} – 0,82 и VE – 1. У процесу валидације задати критеријуми ефикасности модела постигнути су у топлим, сувим и влажним периодима валидације, док су у хладном периоду постигнути нешто лошији резултати симулације. Применом калибрисаног HBV-light модела добијено је укупно одступање симулираних од мерених вредности протицаја, у референтном периоду 1971–2000, од 5,28%. Корелационом анализом установљено је да постоји статистички значајна позитивна веза ($R=0,87$; $p=0,01$) између NPZV у пијезометру 3-540 и протицаја, док између NPZV и климатолошких величина није утврђена статистички значајна корелација. Сходно томе архитектура неуралне мреже је изабрана на тај начин да улазни параметри буду одбирци мерења протицаја реке Топлице а излазни сигнал модела ниво подземних вода. У циљу формирања ваљаног модела извршено је обучавање неуралне мреже Levenberg–Marquardt методом, а затим валидација и тестирање. Коефицијент корелације за податке из обучавајућег скупа је био највећи што је и очекивано, и износио је 0,95. Коефицијент корелације за податке из тестирајућег скупа 0,91, док је за целокупни скуп података овај параметар 0,93. На подручју слива Топлице, током 21. века, на нивоу године, месеца и периода април-септембар и октобар-март очекује се статистички значајан тренд загревања према пројекцијама RCP8.5 сценарија (МК; $p=0,05$). Према пројекцијама RCP4.5 сценарија, тренд загревања је статистички значајан на годишњем нивоу, за периоде април-септембар и октобар- март и за месеце фебруар, март, мај и септембар (МК; $p=0,05$). У односу на референтни период, до краја века очекује се статистички значајно повећање медијане годишње T_{mean} до 2 °C (RCP4.5), односно 4,2 °C (RCP8.5) (MW; $p=0,05$). Према MW тесту ($p=0,05$), промена медијане T_{mean} у периоду блиске и далеке будућности у периодима април-септембар и октобар-март, као и по месецима статистички је значајна, при чему се већа промена очекује у периоду далеке будућности и према RCP8.5 сценарију. Највећи пораст предвиђен је у летњим (јул и август) и зимским месецима (јануар и март).

Према пројекцијама сценарија са интензивнијом емисијом GHG до 2100. године предвиђа се статистички значајан тренд повећања медијане PET на нивоу године, периода април-септембар и октобар-март, као и у свим месецима (МК; $p=0,05$). У периоду блиске и далеке будућности, очекује се статистички значајан пораст медијане годишње PET, који би на крају века износио 7,1% (RCP4.5) и 14,5% (RCP8.5) (MW; $p=0,05$). Током периода април-септембар, до краја века предвиђено је повећање медијане PET од 6,1% и 12,7%, према RCP4.5 и RCP8.5 сценарију, респективно. Период октобар-март карактерише пораст медијане PET у будућности, при чему се највећа промена очекује крајем века по RCP8.5 сценарију (18,4%). У блиској и далекој будућности очекује се пораст на месечном нивоу, према оба сценарија, при чему добијена промена није статистички значајна само у октобру и априлу блиске

будућности према RCP4.5 (MW; $p=0,05$). Промена медијане годишњих P не показује статистички значајан тренд промене током периода 2021-2100, док је статистички значајан тренд смањења предвиђен само за период април-септембар према RCP4.5, и за јун (RCP8.5) (МК; $p=0,05$). Очекивани пораст медијане годишње P, статистички је значајан само у периоду далеке будућности по RCP8.5 (пораст од 7,2%) (MW; $p=0,05$). Пораст медијане P карактеристичан је такође и за период октобар-март, као и за месеце које обухвата тај период. До краја века, према строжијем сценарију, највеће статистички значајно повећање очекује се у марту (30%). На месечном нивоу, највеће смањење очекује се у августу далеке будућности према RCP8.5 (35%) (MW; $p=0,05$). Анализом података о релативној промени медијане Q у периоду 2021-2100, на нивоу године, месеца и периода април-септембар и октобар-март, статистички значајан тренд утврђен је само за период април-септембар, по оба сценарија и месец мај, по RCP8.5 (смањење, МК; $p=0,05$). На годишњем нивоу, очекиван је пораст медијане Q, од око 13%, у периоду блиске будућности према оба сценарија, а до краја века, према RCP8.5, повећање износи 2% (MW; $p=0,05$). Током зимских месеци предвиђа се пораст Q, а његово смањење у летњим и раним јесећим месецима. Највеће статистички значајно повећање медијане Q предвиђено је за месеце јануар и децембар а смањење у августу и септембру, по RCP8.5 на крају века (MW; $p=0,05$). Статистички значајан тренд промене медијане DPZV утврђен је за период април-септембар (RCP4.5 и RCP8.5) и месеце јануар и мај (RCP4.5), као и за јул, август и новембар (RCP8.5) (МК; $p=0,05$). На годишњем нивоу, предвиђено је смањење медијане DPZV, односно повећање NPZV за период блиске и далеке будућности по RCP4.5 и блиске будућности по RCP8.5, док је повећање медијане DPZV од 0,7% предвиђено за период далеке будућности (RCP8.5). Очекује се смањење и за период октобар-март, а повећање за период април-септембар. Промена на месечном нивоу у блиској и далекој будућности креће се у интервалу од -4,6% до 2,6%, а промена је статистички значајна у 44% месеци, према MW тесту ($p=0,05$). Прегледом добијених резултата може се закључити да се на подручју слива реке Топлице, према сценарију RCP8.5, до краја века не очекују значајне варијације у количини воде на годишњем нивоу као последица климатских промена. Значајне промене предвиђају се на месечном нивоу, у односу на садашњу унутаргодишњу расподелу. У будућности се очекује смањење количине доступне воде у летњим месецима, а повећање у зимским, што указује на израженију неуниформност месечне расподеле P, Q и DPZV у будућности. Као резултат предикованог загревања, очекује се смањење максималних вредности Q, као и њихова ранија појава у односу на садашње услове. Током историјског периода највеће вредности Q забележене су у пролећним месецима, те се предвиђено смањење Q у будућности може протумачити позитивно у смислу смањења ризика од поплава у том периоду. Предвиђено повећање P и T у зимским месецима условиће повећање Q у периоду од новембра до фебруара. Последица ових промена је и смањење DPZV (повећање NPZV), од децембра до марта (RCP8.5), односно са месец дана закашњења. Смањење Q и NPZV предвиђено је током осам месеци, што указује на продужење периода са смањеном количином воде. Предвиђено смањење P, Q и NPZV у летњим месецима, када је и током историјског периода примећен недостатак воде, може негативно утицати на пољопривреду, водоснабдевање, хидроенергетику, рибарство, речни екосистем и туризам.

Утицај климатских промена на обезбеђеност усева и засада водом процењен је праћењем разлике вредности евапотранспирације културе (ЕТс) односно дефицита/суфицита воде за сваки усев и засад, у блиској (2021-2050) и далекој (2071-2100) будућности у односу на референтни период (1971-2000). На исти начин праћена је и промена агроклиматских индекса. У будућности се очекује статистички значајан пораст потреба за водом посматраних култура на нивоу вегетационе сезоне (MW; $p=0,05$). Добијена промена већа је у периоду далеке будућности по RCP8.5 сценарију у поређењу са променом у блиској будућности и променом по RCP4.5 сценарију. До краја века, према RCP8.5 сценарију, највећи пораст потреба за водом предвиђен је за луцерку (95 mm и 97 mm), јабуку и вишњу (92 mm и 93 mm) и детелину (91 и 92 mm), за локалитете Прокупље и Житорађа, односно Куршумлија и Блаце, респективно. Највеће потребе за водом предвиђене су током летњих месеци (јун-август) изузев за пшеницу и јечам за које су највеће потребе предвиђене у априлу и мају. Добијено повећање ЕТс, статистички је значајно у свим месецима, осим у априлу и октобру у периоду блиске будућности по RCP4.5 сценарију (MW; $p=0,05$). Вегетациона сезона већине посматраних култура (кукуруз, кромпир, поврће и воћарски засади) одвија се у периоду април-октобар, за који је карактеристично смањење Р, а пораст Т, РЕТ и ЕТс што условљава недостатак воде. Највећем недостатку воде у будућности биће изложени воћарски засади јабуке, вишње и шљиве, засади паприке, парадајза и кромпира, док се вишак воде предвиђа само за пшеницу и јечам на подручју Куршумлије и Блаца. Предвиђени суфицит за пшеницу и јечам на овом локалитету биће у порасту у будућности у односу на референту вредност ($33 \text{ mm} \cdot \text{вегетациона сезона}^{-1}$), док се у далекој будућности очекује смањење суфицита (RCP8.5). Израженији пораст дефицита воде предвиђен је за период далеке будућности по RCP8.5 сценарију, у поређењу са периодом блиске будућности и пројекцијама RCP4.5 сценарија. Према RCP8.5 сценарију, до краја века дефицит воде за посматране културе биће у опсегу од 57 mm (пшеница и јечам) до 590 mm (јабука и вишња), за локалитет Прокупља и Житорађе односно од 245 mm (детелина) до 511 mm (јабука и вишња), за Куршумлију и Блаце. Резултати овог истраживања указују да климатске промене неће имати негативан ефекат на производњу пшенице и јечма, са аспекта обезбеђености водом у периоду блиске будућности. До краја века, према пројекцијама RCP8.5 сценарија очекује се мали пораст дефицита воде у априлу и мају, што би могло утицати на крајњи принос пшенице и јечма. За остале културе, највећи недостаци воде очекују се у летњим месецима, јулу и августу, када се одвијају фазе развића у којима су биљке осетљиве на недостатак воде. У том периоду може се очекивати изражен негативан утицај климатских промена на приносе свих пролећних усева. Да би се стекао детаљнији увид у утицај климатских промена у будућности на биљну производњу у округу Топлица, урађена је анализа агроклиматских индекса на основу пројекција Т. До краја века, превиђено је повећање суме ефективних температура (GDD), те се може очекивати да вегетациони период култура буде краћи у односу на референтни период. Уз повећање GDD, очекује се и повећање потенцијалне дужине вегетационе сезоне чиме би се могли стећи услови за увођење више култура у плодоред. Пројекције указују да се у будућности може очекивати ранија појава позног пролећног мраза и каснија појава раног јесењег мраза, тиме и продужење периода без мраза у току године. У односу на

референтни период, појава позног пролећног мраза у периоду далеке будућности очекује се за 34 и 31 дан раније, а појава раног јесењег мраза за 32 и 36 дана касније, за локалитете Прокупље и Житорађа, односно Куршумлија и Блаце, респективно (RCP8.5). Предикције указују да ће се до краја века дужина вегетационе сезоне статистички значајно повећати (MW; $p=0,05$) за 71 дан (Прокупље и Житорађа), односно 81 дан (Куршумлија и Блаце) (RCP8.5). Смањењем просечног броја ледених и мразних дана у току године створиће се повољнији услови за производњу озимих усева и смањење ризика од измрзавања вишегодишњих засада. До краја века, према RCP8.5, број мразних дана ($T_{min} < 0\text{ }^{\circ}\text{C}$) биће мањи за око 80 дана и не очекује се појава ледених дана ($T_{max} < 0\text{ }^{\circ}\text{C}$) на посматраним локалитетима. Повећање просечног броја дана са екстремно високим температурама повећава ризик од топлотног стреса код усева. У периоду далеке будућности, просечан број тропских дана ($T_{max} > 30\text{ }^{\circ}\text{C}$) повећаће се за 70 дана (Прокупље и Житорађа) и 64 дана (Куршумлија и Блаце) (RCP8.5). Јасан утицај загревања до краја века огледа се у појави тропских дана већ у априлу, за разлику од референтног периода када су се тропски дани јављали од маја до октобра. Узимајући у обзир резултате анализа климатолошких варијабли, обезбеђености водом култура и агроклиматских индекса, може се закључити да ће климатске промене изменити агроклиматске услове на подручју слива Топлице у будућности. Пројекције показују да се до краја века на испитиваном подручју могу очекивати повећани ризици од недостатка воде, суше и екстремних климатских појава. Стога је у будућности у пољопривредној производњи потребно применити одговарајуће мере ублажавања (адаптације) на измењене климатске услове како би се постигли стабилни и високи приноси култура.

Примена наводњавања предложена је као мера адаптације у условима повећаног ризика од суше, поготово у летњем периоду (јул и август). Како је управо у тим месецима предвиђено и смањење доступних водних ресурса, јавља се потреба за рационалним управљањем водним ресурсима. Потребна вода за наводњавање може се обезбедити изградњом акумулација, поновним коришћењем пречишћених отпадних вода и рационалним коришћењем подземних вода. У циљу рационалног коришћења воде у пољопривреди, неке од предложених мера адаптације су унапређивање постојећих система за наводњавање, примена метода редукованог наводњавања, гајење усева и сорти са већом толеранцијом на сушу. Ранија појава позног пролећног мраза у будућности пружа могућност раније сетве пролећних усева, чиме би се умањио негативан утицај суше и топлотног стреса биљака у летњим месецима и смањила потреба за наводњавањем, у односу на услове са непромењеним датумом сетве. Повећање површина под озимим усевима омогућило би боље искоришћавање резерви влаге у земљишту. Примена противградних мрежа у воћњацима као мера адаптације предложена је како би се смањила температура и потрошња воде у воћњаку, а самим тим и потреба за наводњавањем. Такође, могу се применити алтернативне агротехничке мере као што су увођење редуковане обраде земљишта (енг. minimum tillage), малчирање, гајење покровних и здружених усева, које поспешују конзервацију влаге у земљишту. Осим наведених мера које пољопривредни произвођачи могу применити у производњи, за прилагођавање на измењене климатске услове потребно је ангажовање надлежних институција у виду доношења стратешког и правног оквира за спровођење

мера адаптације у пољопривреди, субвенционисање имплементације мера адаптације, едукација пољопривредника, као и спровођење истраживања у области утицаја климатских промена на биљну производњу. Наведени закључци могу се применити у развоју стратешких планова адаптације пољопривреде, али и других сектора који се ослањају на водне ресурсе, на испитиваном и другим подручјима са сличним климатским условима и упоредивим физичко-географским карактеристикама. Посебан допринос дисертације односи се на чињеницу да је ово иницијална студија пројекције нивоа подземних вода на испитиваном подручју, применом предложене методологије која ефикасно комбинује soft computing технику (вештачке неуралне мреже – Artificial Neural Network, ANN) и концептуални хидролошки модел са климатским моделима. Шири значај методологије је да је применљива и на друге мале сливове. У овом истраживању нису разматране неизвесности у целом ланцу моделирања, што је следећи корак у даљим истраживањима. У циљу умањења неизвесности у климатским и хидролошким пројекцијама потребно је примени већи број климатских и хидролошких модела, као и анализирати опсег вероватноћа резултата ансамбла. Предложену методологију за процену утицаја климатских промена на расположивост водних ресурса за развој биљних култура требало би применити на више сливова, чиме би се употпунила досадашња сазнања о утицају климатских промена у Србији, омогућило одрживо планирање мера прилагођавања у свим секторима привреде који се ослањају на коришћење вода и тестирала методологија на сливовима другачијих физичко-географских карактеристика. Од посебног значаја за биљну производњу било би симулирање утицаја предложених мера адаптације на параметре биљне производње, посебно на обезбеђеност биљака водом и на њихов коначан принос.

Закључци су правилно изведени и у потпуности произилазе из добијених резултата.

Литература. У дисертацији је на правиан начин цитирано 318 релевантних литературних извора

5. Остварени резултати и научни допринос дисертације

Дисертација даје оригинални научни допринос у виду развијене методологије као ланца специфичних анализа и моделирања за процену утицаја климатских промена на расположивост вода за биљну производњу. Посебан допринос ове дисертације се огледа у интердисциплинарном сагледавању утицаја климатских промена на расположивост водних ресурса и обезбеђеност водом најзаступљенијих култура, као и на агроклиматске услове на сливовима у брдско-планинским подручјима. У овој докторској дисертацији анализа је изведена на пилот подручју слива реке Топлице, који је изабран као репрезентативан слив. Предложена методологија ефикасно комбинује soft computing технику ANN и концептуални хидролошки модел са климатским моделима. Посебно је значајно да је предложена методологија у потпуности заокружена и применљива и на друге сливове у анализама на различитим нивоима, од студија, преко пројектовања до стратешког планирања. Резултати добијени применом предложене методологије имају велики практични значај јер могу послужити као

основа за развој стратешких планова адаптације пољопривреде, али и других сектора који се ослањају на коришћење водних ресурса.

6. Објављени и саопштени резултати

У сарадњи са другим ауторима кандидаткиња је написала и објавила 7 (седам) научних радова који су садржински повезани са дисертацијом.

Рад у међународном часопису изузетних вредности (M21a)

Idrizovic, Dz., Pocuca, V., Vujadinovic Mandic, M., Djurovic, N., Matovic, G., Gregoric, E. (2020): Impact of climate change on water resource availability in a mountainous catchment: A case study of the Toplica River catchment, Serbia. *Journal of Hydrology*, Vol. 587. August, 2020. 124992, inpress. ISSN: 00221694 <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.124992>

Рад у часопису међународног значаја верификованог посебном одлуком (M24)

Идризовић, Ц., Матовић, Г., Грегорић, Е., Стричевић, Р. (2018): Анализа седам индиректних метода за прорачун референтне евапотранспирације у климатским условима Србије. *Journal of Agricultural Sciences*, 63(1), стр. 67-81.

Рад изложен на међународном скупу, штампан у целини (M33)

Idrizovic, Dz., Pocuca, V., Matovic, G., Gregoric, E., Djurovic, N. (2018): Evaluation of HBV-light Model Efficiency with Different Potential Evapotranspiration Inputs. 10th Eastern European Young Water Professionals Conference - New Technologies in Water Sector, 7-12 May, Zagreb, Croatia, pp. 63-69.

Matovic, G., Pocuca, V., Gregoric, E., **Idrizovic, Dz.** (2018): Prediction of soil moisture in double cropping using the FAO AQUACROP model. IX International Agriculture Symposium "AGROSYM 2018" Jahorina, 4-7 October 2018, Bosnia and Herzegovina, pp. 625-630.

Саопштење са скупа националног значаја штампано у целини (M63)

Идризовић, Ц., Матовић, Г., Грегорић, Е., Анђелковић, В., Домановић, З. (2018): Процена губитка приноса услед производње кукуруза у условима без наводњавања, применом CROPWAT модела. Зборник научних радова, 24 (1-2) са XXXII Саветовања агронома, ветеринара, технолога и агроекономиста, 21-22. 2. 2018, Институт ПКБ Агроекономик, Падинска Скела, Београд, Србија, стр 31-39.

Идризовић, Ц., Грегорић, Е., Почуча, В., Матовић, Г. (2018): Анализа суше за подручје лесковачке котлине. Зборник радова 18. Научног саветовања СДХИ и СДХ, 25-26. октобар 2018. године, Ниш, Србија, ISBN 978-86-7518-204-7, стр. 100-111.

Саопштење са скупа националног значаја штампано у изводу (M64)

Матовић, Г., Мардешкић, Ж., Радовановић, С., Грегорић, Е., Почуча, В., **Идризовић, Ц.** (2019): Влажност земљишта у ризосферном слоју јабучњака високо интезивне производње. Симпозијум Српског друштва за проучавање земљишта - Земљиште основно природно добро – узроци и последице, 19-21. јун 2019. године, Гоч, Србија, стр. 20.

7. Закључак и предлог комисије

Докторска дисертација под насловом „Анализа утицаја климатских промена на водне ресурсе и обезбеђеност усева и засада водом на брдско-планинском подручју“, коју је поднела Џенита Идризовић, мастер инжењер пољопривреде представља оригинални и самостални научни рад из области мелиорација земљишта. Дисертација је урађена у складу са програмом који је предложен у одобреној Пријави теме докторске дисертације. Кандидаткиња је адекватно дефинисала предмет и програм истраживања, применила адекватну научну методологију, поставила циљ и хипотезе и проучила претходна истраживања која су се бавила истом или сличном проблематиком. Развијена методологија за процену утицаја климатских промена на обезбеђеност биљне производње водом представља савремен интердисциплинарни поступак заснован на хидролошком моделирању у комбинацији са пројекцијама климатолошких величина. Даље, кандидаткиња је спровела прикупљање и анализу многобројних података који се односе на испитивани слив уз поређење резултата са истраживањима других аутора. Дискусија резултата је успешно вођена, а закључци добро изведени, у сагласности са добијеним резултатима. Остварени резултати истраживања су у складу са постављеним циљевима и у потпуности потврђују све полазне хипотезе. Резултати истраживања значајни су како за науку тако и за праксу. Могу се применити у различитим областима управљања водним ресурсима у пољопривреди у условима климатских промена, као и за одрживо планирање мера адаптације у свим секторима привреде који се ослањају на коришћење вода.

Имајући у виду наведено, а нарочито значај теме, квалитет рада, добијене резултате истраживања и њихов научни и практични допринос Комисија позитивно оцењује докторску дисертацију кандидаткиње Џените Идризовић, под насловом „Анализа утицаја климатских промена на водне ресурсе и обезбеђеност усева и засада водом на брдско-планинском подручју“, и са задовољством предлаже Наставно-научном већу Пољопривредног факултета, Универзитета у Београду, да прихвати позитивну оцену и омогући Џенити Идризовић да јавно брани свој рад.

Београд, 10.02.2023.

Чланови комисије:

др Невенка Ђуровић, редовни професор
Универзитет у Београду
Пољопривредни факултет,
ужа научна област: Мелиорације земљишта

др Гордана Матовић, ванредни професор
Универзитет у Београду
Пољопривредни факултет,
ужа научна област: Мелиорације земљишта

др Мирјам Вујадиновић Мандић, ванредни професор
Универзитет у Београду
Пољопривредни факултет,
ужа научна област: Метеорологија

др Марија Ћосић, ванредни професор
Универзитет у Београду
Пољопривредни факултет,
ужа научна област: Мелиорације земљишта

др Јасна Плавшић, редовни професор
Универзитет у Београду
Грађевински факултет,
ужа научна област: Хидрологија

Прилог:

Објављен рад Џените Ф. Идризовић, мастер инжењера у научном часопису на SCI листи који квалификује кандидата за одбрану дисертације:

Idrizovic, D., Pocuca, V., Mandic, M. V., Djurovic, N., Matovic, G., Gregoric, E. (2020): Impact of climate change on water resource availability in a mountainous catchment: a case study of the Toplica River catchment, Serbia. Journal of Hydrology: 587, 124992.

ОЦЕНА ИЗВЕШТАЈА О ПРОВЕРИ ОРИГИНАЛНОСТИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

На основу Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду и налаза у извештају из програма iThenticate којим је извршена провера оригиналности докторске дисертације **„Анализа утицаја климатских промена на водне ресурсе и обезбеђеност усева и засада водом на брдско-планинском подручју”**, аутора Џените Идризовић мас. инж, констатујем да утврђено подударање текста износи 14%. Овај степен подударности последица је цитата, личних имена, библиографских података о коришћеној литератури, тзв. општих места и података, као и претходно публикованих резултата докторандових истраживања, посебно из публикованог рада са SCI листе, који је обавезан за оцену и одбрану докторске дисертације и који мора бити из истраживања обухваћених докторском дисертацијом (где је подударање највеће – 2%), што је у складу са чланом 9. Правилника.

На основу свега изнетог, а у складу са чланом 8. став 2. Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду, изјављујем да извештај указује на оригиналност докторске дисертације, те се прописани поступак припреме за њену одбрану може наставити.

29.12.2022. године

Ментор

Др Еника Грегорић ред. проф.