

**УНИВЕРЗИТЕТ У ПРИШТИНИ
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА
КОСОВСКА МИТРОВИЦА**

УНИВЕРЗИТЕТ У ПРИШТИНИ		
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА		
КОСОВСКА МИТРОВИЦА		
ПРИМЉЕНО: 12.03.2024		
ОРГ ЈЕДИН	ЛП	ВРЕДНОСТ
	264/1	

**НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ
ФАКУЛТЕТА ТЕХНИЧКИХ НАУКА У КОСОВСКОЈ МИТРОВИЦИ**

На основу члана 55 став 1 тачка 16 Статута Факултета техничких наука у Косовској Митровици, а у складу са чланом 42 Правилника о докторским студијама Факултета техничких наука у Косовској Митровици, на седници одржаној 28.02.2024. године, Наставно-научно веће Факултета техничких наука у Косовској Митровици донело је одлуку број 197/3-5 којом се именује Комисија за оцену научне заснованости теме докторске дисертације под насловом *“Одређивање оптималних техно-економских параметара хибридних енергетских система за напајање рибњака удаљених од електродистрибутивне мреже”*, кандидата Милана Томовића, у саставу:

1. проф. др Драган Тасић, редовни професор Електронског факултета – Универзитет у Нишу, ужа научна област Електроенергетика – председник,
2. проф. др Дардан Климента, редовни професор Факултета техничких наука – Универзитет у Приштини са привременим седиштем у Косовској Митровици, ужа научна област Електроенергетика – члан-ментор и
3. проф. др Бојан Перовић, ванредни професор Факултета техничких наука – Универзитет у Приштини са привременим седиштем у Косовској Митровици, ужа научна област Електроенергетика – члан.

На основу приложене документације уз пријаву теме докторске дисертације, образложења исте, научних, стручних и конференцијских радова, као и увида у целокупну документацију и научно-истраживачку делатност кандидата, Наставно-научном већу Факултета техничких наука у Косовској Митровици Комисија подноси

**ИЗВЕШТАЈ
О
ОЦЕНИ НАУЧНЕ ЗАСНОВАНОСТИ ТЕМЕ ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ**

Кандидат Милан Томовић, дипломирани инжењер електротехнике и рачунарства-мастер, за израду докторске дисертације предложио је тему *“Одређивање оптималних техно-економских параметара хибридних енергетских система за напајање рибњака удаљених од електродистрибутивне мреже”*.

Биографски подаци

Милан (Витомир) Томовић рођен је 1985. године у Косовској Митровици. Основну школу “Јован Цвијић” и природно-математички смер гимназије “Тригорије Божовић” завршио је у Зубином Поточу. Основне академске студије Факултета техничких наука у Косовској Митровици, студијски програм Електротехничко и рачунарско инжењерство, модул Електроенергетика, уписао је 2004. године. На истом факултету је дипломирао 2011. године и стекао звање дипломирани инжењер електротехнике и рачунарства-мастер. Студијски програм докторских академских студија Електротехничко и рачунарско инжењерство Факултета техничких наука у Косовској Митровици уписао је 2017. године, и до сада је положио све испите. Још током студирања је показао интересовање за науку и активно учествовао у научно-истраживачком раду. Учествовао је на научно-истраживачком пројекту “Развој модела мале хидроелектране за изоловано напајање рибњака и микромреже са различитим обновљивим изворима енергије” бр. ТР 33046, који је финансиран од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије.

Од септембра 2017. до маја 2019. године, Милан Томовић је на Високој техничкој школи струковних студија Звечан радио као сарадник у настави, док је од маја 2019. до октобра 2021. године радио као асистент. На Академији струковних студија косовско метохијска Одсек Звечан, од октобра 2021. године до данас ради као асистент на групи предмета из уже научне области Електроенергетика.

Аутор је и коаутор 15 радова објављених у научно-стручним часописима или презентованим на научним скуповима у земљи и иностранству, и то: 2 рада категорије М22, 10 радова категорије М33, 1 рада категорије М35 и 2 рада категорије М51. Такође, коаутор је и једног помоћног уџбеника за предмет Електричне машине 1. Области интересовања Милана Томовића су: обновљиви извори енергије, хибридни системи, оптимизација и енергетска ефикасност.

Подобност кандидата

На основу приложене документације о научно-истраживачком раду, биографским и библиографским подацима, Комисија је установила да **кандидат Милан Томовић**, студент студијског програма докторских академских студија Електротехничко и рачунарско инжењерство Факултета техничких наука Универзитета у Приштини са привременим седиштем у Косовској Митровици, испуњава све прописане услове за пријаву теме докторске дисертације.

Списак објављених радова кандидата

Истакнути међународни часописи категорије M22:

1. **M. Tomović**, M. Gajić, D. Klimenta and M. Jevtić, "Optimal design of a hybrid power system for a remote fishpond based on hydro-turbine performance parameters", *Electronics*, vol. 12, no. 20, 4254, 2023. DOI: 10.3390/electronics12204254.
2. B. Perović, D. Klimenta, D. Tasić, N. Raičević, M. Milovanović, **M. Tomović**, J. Vukašinović, "Increasing the ampacity of underground cable lines by optimizing the thermal environment and design parameters for cable crossings", *IET Generation, Transmission & Distribution*, vol. 16, no. 11, pp. 2309–2318, 2022. DOI: 10.1049/gtd2.12448

Саопштења на међународним скуповима штампана у целости категорије M33:

3. Z. Bogićević, **M. Tomović**, "Selection of induction motor for crane drive with computer support", *14th DQM International Conference Life cycle engineering and management, ICDQM 2023*, Prijedor, Serbia, June 22-23, 2023, pp. 172–179. ISBN:978-86-86355-52-2.
4. **M. Tomović**, M. Jevtić, D. Klimenta, J. Radosavljević, "Optimal design and techno-economic analysis of wood-based biogas/hydro/solar hybrid system for a remote pond", *The 4th International Conference on Electrical Engineering and Green Energy – CEEGE 2021*, Munich, Germany, June 10–13, 2021.
5. **M. Tomović**, J. Radosavljević, Z. Bogićević, "State estimation in distribution networks using the measurement current modules method", *9th DQM International Conference Life cycle engineering and management, ICDQM-2018*, Prijedor, Serbia, June 28-29, 2018, pp. 363–369. ISBN 978-86-86355-37-9.
6. M. Jevtić, **M. Tomović**, M. Mišić, R. Marković, "Energetsko-ekonomska opravdanost primene drvene biomase u hibridnim sistemima napajanja električnom energijom", *XVII Međunarodni naučno-stručni simpozijum INFOTEH-JAHORINA*, Jahorina, 21-23 mart, 2018, pp. 150–155, ISBN 978-99976-710-1-1.
7. **M. Tomović**, M. Jevtić, "An economic and environmental analysis of hybrid system for trout pond supply", *International Scientific Conference "UNITECH 2015" Gabrovo*, Bulgaria, November 20–21, 2015, pp. 72–77.
8. **M. Tomović**, M. Jevtić, "Uticaj klimatskih promena na optimizaciju hibridnog sistema", *Treća međunarodna konferencija o obnovljivim izvorima električne energije, MKOIEE'15*, Beograd, 15–16 oktobar, 2015, str. 143–149.
9. J. Radosavljević, **M. Tomović**, "Određivanje optimalnih tokova snaga primenom modifikovanog gravitacionog algoritma", *XIV Međunarodni naučno-stručni simpozijum*

INFOTEH – JAHORINA, Jahorina, Vol. 14, 18-20 mart, 2015, pp. 154–159. ISBN 978-99955-763-6-3.

10. M. Jevtić, **M. Tomović**, D. Klimenta, Đ. Novković, “Energy-economic analysis of hybrid system for remote pond supply”, *III International Scientific and Technical Conference „Computer Modeling and Simulation (COMOD – 2014)“*, Saint Petersburg, July 2-4, 2014, pp. 118–122. ISBN 978-5-7422-4494-3.
11. **M. Tomović**, “Određivanje termički pouzdanog položaja za postavljanje optičkog kabla za detekciju temperature u paraleli sa dvostrukim visokonaponskim podzemnim kablovskim vodom”, *XIII Međunarodni naučno-stručni simpozijum INFOTEH – JAHORINA*, Jahorina, Vol. 13, 19-21 mart, 2014, pp. 225–230. ISBN 978-99955-763-3-2.
12. **M. Tomović**, M. Jevtić, “Analysis of possible locations for small hydro power plants in northern part of Kosovo and Metohija using the software RETScreen”, *The second international conference on renewable electrical power sources ICREPS'13*, Belgrade, October 15-17, 2013, pp. 1–6. ISBN 978-86-81505-68-7.

Саопштења на међународним скуповима штампана у изводу категорије M35:

13. **M. Tomović**, M. Jevtić, “Model of a grid connected renewable sources hybrid system”, *The 4th International Conference on Renewable Electrical Power Sources, SMEITS*, Belgrade, oktober 17-18, 2016. ISBN 978-86-81505-80-9.

Радови у водећим националним часописима категорије M51:

14. **M. Tomović**, M. Jevtić, “Određivanje optimalne konfiguracije hibridnog sistema sa korišćenjem biomase”, *Energija Ekonomija Ekologija*, vol. 18, no. 3–4, 22-25 mart, 2016, pp. 120–127.
15. **M. Tomović**, M. Jevtić, G. Milovanović, “Optimizacija hibridnog sistema za napajanje ribnjaka”, *Energija Ekonomija Ekologija*, vol. 16, no. 1-2, 25-28 mart, 2014, pp. 170–177.

Помоћни уџбеник:

16. Zorica S. Bogičević, **Milan V. Tomović**, “Praktikum za laboratorijske vežbe iz električnih mašina 1”, *Visoka tehnička škola strukovnih studija Zvečan*, 2020. ISBN 978-86-86727-24-4. COBISS.SR-ID 283354636.

На основу наведених чињеница Комисија закључује да кандидат **Милан Томовић** испуњава све прописане услове и да је **ПОДОБАН** да настави рад на изради докторске дисертације.

НАУЧНА ЗАСНОВАНOST ПРЕДЛОЖЕНЕ ТЕМЕ

Образложење теме и циљ докторске дисертације

Услед смањења залиха фосилних и нуклеарних горива и све веће бриге за животну средину, пажња целог света је усмерена ка алтернативним технологијама за производњу електричне енергије [1]. Највише експлоатисани енергетски извори из те групе током прошле деценије у Србији били су вода и сунце, понајвише због повољних подстицајних програма, изразитог технолошког напретка и доступности обновљивих извора енергије [2]. Поред испуњавања евидентних глобалних циљева за смањење емисија гасова стаклене баште [3] и умањење опште зависности човечанства од горива којих има све мање, употреба обновљивих извора енергије показала се прикладном и за напајање изолованих или удаљених локација чије повезивање са електродистрибутивном мрежом није економски исплативо, или је практично немогуће. Због неприступачности појединих изолованих или удаљених локација, електрификација истих је увелико отежана или је прескупа. Географски и просторни размештај корисника електричне енергије утичу на могућност извођења прикључка на електроенергетску мрежу. Чак и у случају прикључка на електроенергетску мрежу, због удаљености корисника квалитет електричне енергије је често под знаком питања, а снабдевање није загарантовано. У изразито непогодној ситуацији налазе се потрошачи који спадају у категорију приоритетних потрошача, а потребна им је висока расположивост електричне енергије. Потрошачи на таквим местима могу бити сеоска домаћинства, школе, болнице, друмска расвета и комунални центри [4]. Такође, метеоролошки и геолошки сензори, као и телекомуникациона опрема у удаљеним подручјима припадају групи потрошача са потребом за непрекидним напајањем [5]. Дакле, главни разлози за коришћење обновљивих извора енергије у удаљеним руралним подручјима су: високи трошкови производње, преноса и дистрибуције електричне енергије добијене из конвенционалних извора, слаба потражња за енергијом, веома низак ниво индустријализације, високи трошкови радова и одржавања електроенергетске мреже, падови напона услед преноса на велике даљине, као и велика емисија штетних гасова (CO_2 , NO_x , CO_x) [6].

У прошлости су се проблеми снабдевања изолованих или удаљених приоритетних потрошача решавали помоћу дизел агрегата, али потреба за честим одржавањем и обнављањем залиха, као и сталан пораст цене нафтних деривата, учинили су дизел агрегате неприкладним, посебно у условима када је могуће реализовати хибридни систем који се у потпуности може напајати из обновљивих извора [7,8]. Осим тога, у нафтним дериватима се налази висок садржај сумпора и угљеника па се приликом сагоревања ослобађа и велика количина штетних гасова у атмосферу што загађује животну средину. Примена више врста обновљивих извора омогућава континуиране периоде дотока енергије чији се вишак складишти у батеријама. У оваквим конфигурацијама, батерије преузимају улогу дизел агрегата, апсорбују сва колебања у производњи обновљивих

извора и одржавају напон код потрошача унутар дозвољених граница. Главни проблем при употреби обновљивих извора енергије је њихова стохастичност и непоузданост, односно немогућност гарантовања инсталисане снаге, чиме се нарушава расположивост електричне енергије према крајњем кориснику. Коришћењем само једне врсте обновљивих извора енергије потрошња се превише излаже стохастичности временских услова, али интеграцијом различитих извора енергије у јединствен хибридни систем, омогућава се знатно већа расположивост електричне енергије, а самим тим и покривеност те потрошње. Коначно, употребом система за складиштење енергије из неког управљивог извора, могуће је остварити максималну расположивост електричне енергије.

Концептом хибридног система интегришу се разни извори енергије у јединствен систем у сврху повећања расположивости енергије. Хибридни систем садржи најмање два различита извора енергије као и систем/јединицу за складиштење енергије. Извори који се користе у хибридним системима могу бити обновљиви и необновљиви извори енергије. Обновљиви извори енергије који се примењују у хибридним системима су фотонапонски модули, мали ветрогенератори и мале хидроелектране, а од класичних извора енергије најприсутнији је дизел агрегат. Складиштење енергије се најчешће врши помоћу електрохемијских батерија, док се користи и резервоар водоника у спрези са електролизером и горивним ћелијама. Зависно од врсте и интензитета обновљивих извора који су доступни на некој локацији, као и од профила потрошње електричне енергије конципира се хибридни систем. Избором извора енергије одређује се могућа покривеност потрошње. Уколико потрошњу није могуће покрити из тренутне производње примењују се резервоари енергије, где се енергија складишти када је енергија из извора доступна у већој мери него што тренутна потрошња то захтева. Енергија из резервоара се троши у тренуцима када нема производње, када је производња недовољна или уколико је то из техничких разлога потребно. На крају, одређивањем оптималних техно-економских параметара долази се до коначне конфигурације система.

Ово истраживање спровешће се са циљем одређивања оптималних конфигурација хибридних система за напајање пастрмског рибњака Јабланица, локације на територији општине Бољевац у источној Србији [9]. Дата локација нема могућност прикључења на електродистрибутивну мрежу и одговарајући хибридни систем представља једино изводљиво решење за напајање исте електричном и топлотном енергијом. Разматраће се примена следећих извора енергије и компоненти хибридних система: хидроенергетски систем, фотонапонски систем, когенеративни агрегат на дизел гориво, биогас и водоник, регулатор термичког оптерећења, електролизер, резервоар водоника, претварач једносмерне/наизменичне у наизменичну струју и обратно и батерије.

Главни и основни циљ ове докторске дисертације је да се на конкретном примеру, у односу на електричну енергију добијену из дизел и других врста горива (као што су бензин, природни гас и лож уље), демонстрира значај коришћења енергије из обновљивих извора, тзв. зелене енергије, чијом се применом у хибридним системима значајно могу

смањити цена произведене електричне енергије, укупни трошкови система и емисија гасова стаклене баште [10]. Дакле, основни циљ истраживања биће одређивање оптималних техно-економских параметара хибридних система добијених комбинацијом обновљивих извора енергије (хидроенергије, соларне и биомасе) са различитим компонентама система. Конкретно, биће то оптимизација параметара хидротурбине, угла и азимута фотонапонских панела и анализа осетљивости којом ће се показати како различите вредности улазних параметара, као што су промене референтне каматне стопе, цене дизел горива, интензитета соларног зрачења и протока реке, утичу на излазне параметре/перформансе хибридних система [11-16]. Спровођењем свеобухватне техно-економске анализе изабраће се најбоље конфигурације хибридних система у погледу минимизације укупних трошкова система кроз цео животињи век система, трошкова производње електричне енергије и емисија гасова стаклене баште. Истовремено ће се извршити максимизација производње електричне и топлотне енергије, као и удела обновљивих извора енергије у укупној производњи. Предложене нове конфигурације хибридних система разликују се од других типова хибридних система из литературе по томе што за напајање изолованог пастрмског рибака користе микрохидроелектрану која се налази уз таложник за воду из рибака и која ту воду користи за свој рад. Као студија случаја разматраће се постојећи пастрмски рибањак Јабланица, под претпоставком да се напаја помоћу сваког од предложених хибридних система понаособ. Дата студија случаја изабрана је због значаја пастрмских фарми у производњи здраве хране, као и растуће потражње за пастрмком, шараном и другим врстама рибе.

Основне хипотезе

Претпоставља се да је оптимизацијом параметара перформанси цевне турбине уграђене у микрохидроелектрану могуће повећати снагу и енергетску ефикасност турбине, као и побољшати перформансе сваког од хибридних система који ће се разматрати [17,18]. Према литератури, постоје различите хидротурбине и њихове бројне модификације као што су гравитациона вртложна водена турбина [19], Францисова турбина [20,21], Савониус хидрокинетичка турбина [22,23], цевна турбина [17], пропелерска S-турбина [17], итд. Међутим, утицај промене параметара перформанси турбине на неки хибридни систем и конкретна имплементација једног таквог система разматрани су само у [17,18].

Да би неки фотонапонски систем производио максималну количину електричне енергије, онда исти мора да прима максимално могућу количину оптичког сунчевог зрачења. Правилном оријентацијом фотонапонских модула, која се изводи користећи два параметра (нагиб и азимут), може се апсорбовати максимална количина зрачења која доспева на површину фотонапонских модула и остварити максимална производња електричне енергије, што даље води повећању укупне производње електричне енергије у хибридним системима који ће се разматрати. Поред тога, уградњом регулатора термичког оптерећења у неки ванмрежни систем може се вишак произведене електричне енергије из обновљивих извора претворити у топлотну енергију, а самим тим се утиче на смањење

укупних трошкова производње електричне енергије у том хибридном систему. Такође, електрична енергија из електрохемијских батерија се помоћу електролизе може трансформисати у водоничну енергију и ускладиштити у резервоар водоника, који се затим може користити као гориво у агрегату. Даље се претпоставља да ће се у 5 затворених базена од укупно 15 хранилишта пастрмског рибњака Јабланица узгајати и шаран. За његов правилан развој најзначајнију улогу има температура воде која ће се загревати помоћу регулатора термичког оптерећења, агрегата и котла.

Коначно, претпоставља се да се заменом традиционалног дизел горива, које се користи у агрегатима на биогаз (добити из биомасе), могу смањити укупни трошкови било којег од хибридних система који ће се разматрати, као и укупна емисија гасова стаклене баште. Велики број студија се бави анализом хибридних система који користе биогаз из пољопривредне биомасе [24-42], али нема података о коришћењу биогаза добијеног пиролизом буковог или отпадног дрвета (грана, коре, необрађених остатака и сл.) који ће се такође разматрати у овој дисертацији.

Методе истраживања

Критеријум за избор најбољих конфигурација хибридних енергетских система за предложену студију случаја (тј. локацију) заснован је на компромису између економичности, поузданости, одрживости и техничког аспекта. Како би се остварили циљеви ове докторске дисертације истраживачки рад ће обухватати следеће:

- Преглед и анализу научне литературе из области обновљивих извора енергије, где ће се посебна пажња посветити научним радовима објављеним у престижним међународним часописима који се баве оптимизацијом ванмрежних хибридних система;
- Примену аналитичког софтвера *HOMER Pro* који користи алгоритме оптимизације и анализе осетљивости и који се примењује за развој и дизајнирање микроенергетских система [43,44];
- Креирање блок дијаграма за спровођење симулационог процеса кроз проучавање различитих конфигурација хибридних система који ће се разматрати;
- Примену математичких метода за моделирање компонената хибридних система;
- Прикупљање података од власника рибњака о потрошњи електричне и топлотне енергије за напајање пословне зграде, затим уређаја за правилан рад рибњака, као и за загревање воде у базенима;
- Израчунавање средње месечних протока воде за Радованску реку на основу вишегодишњих мерења [45], као и израчунавање средње месечне количине дрвне биомасе на основу доступних података од власника рибњака,
- Учитавање података из базе *NASA Surface Meteorology and Solar Energy* [46] о температури ваздуха и интензитету сунчевог зрачења са просечним

месечним вредностима и индексом прозрачности за град Бољевац, општину у којој се налази рибњак Јабланица;

- Претраживање каталога и других публикација [47-54] са циљем одабира компоненти са стварним тржишним ценама које укључују инвестиционе трошкове, трошкове замене, рада и одржавања, као и њихове спецификације;
- Примену комерцијалног програма *MS Excel* за табелирање и графичко приказивање резултата;
- Практичну реализацију предложених иновативних решења.

Преглед стања у области истраживања

Прегледом литературе утврђено је да идејна решења и конфигурације хибридних система који ће се овде разматрати не постоје у литератури. Међутим, постоји велики број радова који се баве оптимизацијом различитих хибридних система за напајање локација удаљених од електродистрибутивне мреже и анализом истих у софтверу *HOMER Pro*. Оптимизација и техно-економска анализа неких хибридних система из литературе спроведене су за следеће конфигурације: хидро/солар/дизел/претварач/батерије [55-65], биомаса/биогаз [25], солар/анаеробна дигестија [66], солар/ветар [67], ветар/солар/газ/претварач/батерије [68], биогаз/солар [6], солар/ветар/дизел/претварач/батерије [69,70], солар/ветар/дизел [71,72], солар/батерије/горивне ћелије [73], солар/батерије/горивне ћелије/котао/регулатор термичког оптерећења/претварач [74], солар/ветар/дизел/претварач/батерије/електролизер/резервоар водоника [75], солар/ветар/дизел генератор/електролизер/котао [76], солар/ветар/микро гасна турбина/литијум-јонска батерија [77], солар/ветар/когенеративни микротурбински генератор/дизел генератор/батерије/конвертор/регулатор термичког оптерећења/котао [78], као и многе друге [79-102]. У већини ових радова функција циља била је минимизација трошкова система, трошкова производње електричне енергије и емисија гасова стаклене баште.

Очекивани резултати и научни допринос

Имајући у виду актуелност развоја и анализе хибридних енергетских система са обновљивим изворима енергије, очекивани научни доприноси и резултати ове дисертације су:

- Иновативно решење и предлог новог хидро/солар/дизел/претварач/батерије хибридног система за снабдевање конкретног удаљеног рибњака електричном енергијом.
- Иновативно решење и предлог новог хидро/солар/дизел/претварач/батерије/регулатор термичког оптерећења/котао хибридног система за снабдевање конкретног удаљеног рибњака електричном и топлотном енергијом.

- Иновативно решење и предлог новог хидро/солар/агрегат на биогаз или водоник/претварач/батерије/регулатор термичког оптерећења/котао/електролизер/резервоар водоника хибридног система за снабдевање конкретног удаљеног рибњака електричном и топлотном енергијом.
- Унапређивање истраживања у вези са имплементацијом обновљивих извора енергије у ванмрежне хибридне системе за изоловане и удаљене локације.
- Оптимизација и анализа изводљивости ванмрежног хибридног енергетског система за различите сценарије и услове рада пастрмског рибњака Јабланица.
- Утврђивање директне повезаности између перформанси хидротурбине, угла нагиба и азимута фотонапонских модула на перформансе целог хибридног система.
- Утврђивање зависности емисије гасова стаклене баште од врсте горива коришћеног у агрегату.
- Компаративна анализа различитих изводљивих конфигурација хибридних система састављених од хидроенергетског система, фотонапонског система, когенеративног агрегата на дизел гориво, биогаз и водоник, регулатора термичког оптерећења, електролизера, резервоара водоника, претварача и батерија.
- Извођење закључака, предлог најбољих конфигурација хибридних система с аспекта максималне производње енергије (електричне и топлотне) и повећаног удела обновљивих извора енергије, уз минимизацију укупних трошкова система, трошкова производње електричне енергије и емисије гасова стаклене баште.

Оквирни опис садржаја дисертације

После наслова, апстракта и кључних речи датих на српском и енглеском језику биће презентован садржај докторске дисертације. Дисертација ће поред увода, укупно садржати пет тематских целина, закључак, списак коришћене литературе и додатак.

У уводу дисертације биће представљени предмет и циљеви дисертације. Поред тога, биће представљена досадашња истраживања из области теме дисертације, методологија, структура и организација саме дисертације, као и применљивост стратегије и уредби које се односе на коришћење обновљивих извора енергије и емисију гасова стаклене баште у Србији до 2025. године са пројекцијама до 2030. године.

У другом поглављу биће представљен концептуални однос између симулације, оптимизације и анализе осетљивости у софтверу *HOMER Pro*, као и физичко и математичко моделирање компонената хибридних система, моделирање укупних трошкова система, трошкова производње електричне енергије, а биће представљени и модели помоћу којих се израчунавају вишак произведене електричне енергије и учешће обновљивих извора енергије у укупној производњи.

У трећем поглављу биће извршена анализа хидро/солар/дизел/претварач/батерије хибридног система уз посебан нагласак на оптимизацију хидротурбине са циљем ефикаснијег рада. Разматраће се следећа два типа пропелерских S-турбина (I и II) и три различита случаја рада (1, 2 и 3): (I) хидротурбина са фиксним лопатицама пропелера и фиксним водећим лопатицама за (1) рад са просечним средњим протоком воде кроз таложни базен и (II) хидротурбина са фиксним лопатицама пропелера и подесивим водећим лопатицама за: (2) рад са мањим протоком воде кроз таложни базен (тј. нижим степеном ефикасности хидротурбине у летњим месецима и у сушним годинама), односно за брзину протока који је 20 % мањи од годишњег просечног протока кроз таложни базен; (3) рад са већим протоком воде кроз таложни базен (тј. ефикаснији рад хидротурбине у зимским месецима).

Са променом функције рибњака (тј. са повећањем понуде врста рибе) промениће се захтеви за оптерећењем, а самим тим долази до промене и садржаја компоненти у систему. Сходно томе, у четвртном поглављу биће извршена анализа хидро/солар/дизел/претварач/батерије/регулатор термичког оптерећења/котао хибридног система. Посебна пажња биће посвећена искоришћењу регенерисане отпадне топлоте из дизел агрегата и вишка електричне енергије из обновљивих извора чија је функција покривање потреба за топлотном енергијом. Биће показано да ово може додатно допринети смањењу укупних трошкова система и емисије штетних гасова у животну средину, чиме ће се указати на неопходност примене регулатора термичког оптерећења у ванмрежним хибридним системима.

У петом поглављу разматраће се конфигурација која се састоји само од обновљивих извора енергије, дакле без дизел агрегата. Анализираће се хидро/солар/агрегат на биогаз или водоник/претварач/батерије/регулатор термичког оптерећења/котао/електролизер/резервоар водоника хибридни систем, где ће се за покретање агрегата користити следеће три врсте горива: (а) биогаз произведен из чистог буковог дрвета; (б) биогаз произведен из отпадног дрвета и (ц) водоник. Такође, у овом делу дисертације биће спроведена и анализа осетљивости како би се квантификовао утицај улазних променљивих на излазне параметре/перформансе система, као што су промене каматне стопе, цене горива, интензитета зрачења и протока воде у реци, а све у циљу минимизације трошкова система и емисије гасова стаклене баште.

У шестом поглављу биће представљени резултати анализе и дискусија добијених резултата. Извршиће се упоређивање оптималних конфигурација из претходних поглавља, а резултати биће представљени табеларно и графички.

Након шестог поглавља биће дат закључак где ће се издвојити конфигурације хибридних система које су најбоље за напајање различитих типова потрошње пастрмског рибњака Јабланица. Издвојене конфигурације требало би да буду најбоље с аспекта укупних нето садашњих трошкова система, нивелисаних трошкова енергије, укупне производње електричне и топлотне енергије и емисије гасова стаклене баште. Такође,

биће предложене методе и идеје за даље унапређивање ванмрежних хибридних енергетских система за напајање изолованих и удаљених локација.

После закључка и листе референци следиће додаток који садржи номенклатуру, листу скраћеница коришћених у дисертацији, затим пописе једначина и илустрација којима ће се употпунити резултати спроведених истраживања.

Литература

- [1] J. L. Holechek, H. M. E. Geli, M. N. Sawalhah and R. Valdez, "A global assessment: Can renewable energy replace fossil fuels by 2050?", *Sustainability*, vol. 14, no. 8, 4792, 2022. DOI: 10.3390/su14084792.
- [2] Ministry of Mining and Energy of the Republic of Serbia, "Incentive measures for preferential electricity producers – Feed-in tariff" (in Serbian), "Official Gazette of the RS", no. 24/14, 1 Mar. 2014. [Online]. Available: <https://arhiva.mre.gov.rs/latinica/faq-energetska-efikasnost-obnovljivi-izvori.php>
- [3] J. H. Williams, A. DeBenedictis, R. Ghanadan, A. Mahone, J. Moore, W. R. Morrow III, S. Price and M. S. Torn, "The technology path to deep greenhouse gas emissions cuts by 2050: The pivotal role of electricity", *Science*, vol. 335, no. 6064, pp. 53–59, 2012. DOI: 10.1126/science.1208365.
- [4] R. Ramakumar, J. J. Bzura, J. Eyer, J. Gutierrez-Vera, T. E. Hoff, C. Herig, J. Iannucci and M. R. Milligan, "Renewable technologies and distribution systems", *IEEE Power Engineering Review*, vol. 19, no. 11, pp. 5, 1999. DOI: 10.1109/MPER.1999.799631.
- [5] J. W. Kimball, B. T. Kuhn and R. S. Balog, "A System Design Approach for Unattended Solar Energy Harvesting Supply", *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. 24, no. 4, pp. 952–962, 2009. DOI: 10.1109/TPEL.2008.2009056.
- [6] M. R. Borges Neto, P. C. M. Carvalho, J. O. B. Carioca and F. J. F. Canafistula, "Biogas/photovoltaic hybrid power system for decentralized energy supply of rural areas", *Energy Policy*, vol. 38, no. 8, pp. 4497–4506, 2010. DOI:10.1016/j.enpol.2010.04.004.
- [7] F. Valenciaga and P. F. Puleston, "Supervisor Control for a StandAlone Hybrid Generation System Using Wind and Photovoltaic Energy", *IEEE Transactions on Energy Conversion*, vol. 20, no. 2, pp. 398–405, 2005. DOI: 10.1109/TEC.2005.845524.
- [8] S. A. Daniel and N. AmmasaiGounden, "A Novel Hybrid Isolated Generating System Based on PV Fed Inverter-Assisted WindDriven Induction Generators", *IEEE Transaction on Energy Conversion*, vol. 19, no. 2, pp. 416–422, 2004. DOI: 10.1109/TEC.2004.827031.
- [9] "Технички извештај изведеног станја мале хидроелектране у оквиру пројекта под називом: Пастрмски рибњак "Јабланца" Болјевач", MRI TECH d.o.o Beograd, 2014.
- [10] M. Jevtić, **M. Tomović**, M. Mišić, R. Marković, "Energetsko-ekonomska opravdanost primene drвне biomase u hibridnim sistemima napajanja električnom energijom", *XVII Međunarodni naučno-stručni simpozijum INFOTEH-JAHORINA*, Jahorina, 21–23 mart, 2018, pp. 150–155. ISBN 978-99976-710-1-1.

- [11] **M. Tomović**, M. Jevtić, D. Klimenta, J. Radosavljević, "Optimal design and techno-economic analysis of wood-based biogas/hydro/solar hybrid system for a remote pond", *The 4 th International Conference on Electrical Engineering and Green Energy – CEEGE 2021*, Munich, Germany, June 10–13, 2021.
- [12] **M. Tomović**, M. Jevtić, "An economic and environmental analysis of hybrid system for trout pond supply", *International Scientific Conference UNITECH*, Gabrovo, vol. 1, November 20-21, 2015, pp. 72–77.
- [13] **M. Tomović**, M. Jevtić, "Određivanje optimalne konfiguracije hibridnog sistema sa korišćenjem biomase", *Energ. Ekon. Ekol.*, vol. 18, no. 3–4, 22-25 mart, 2016, pp. 120–127.
- [14] **M. Tomović**, M. Jevtić, G. Milovanović, "Optimizacija hibridnog sistema za napajanje ribnjaka", *Energ. Ekon. Ekol.*, vol. 16, no. 1-2, 25-28 mart, 2014, pp. 170–177.
- [15] **M. Tomović**, M. Jevtić, "Uticaj klimatskih promena na optimizaciju hibridnog sistema", *Treća međunarodna konferencija o obnovljivim izvorima električne energije, MKOIEE'15*, Beograd, 15-16 oktobar, 2015, pp. 143–149. ISBN 978-86-81505-78-6.
- [16] M. Jevtić, **M. Tomović**, D. Klimenta, Đ. Novković, "Energy-economic analysis of hybrid system for remote pond supply", *III International Scientific and Technical Conference „Computer Modeling and Simulation (COMOD – 2014)“*, Saint Petersburg, July 2-4, 2014, pp. 118–122. ISBN 978-5-7422-4494-3.
- [17] Đ. Novković, N. Maričić, M. Jevtić and Z. Glavčić, "Improving small bulb turbine performances using CFD", *Energ. Ekon. Ekol.*, no. 3–4, pp. 309–316, 2013.
- [18] **M. Tomović**, M. Gajić, D. Klimenta and M. Jevtić, "Optimal design of a hybrid power system for a remote fishpond based on hydro-turbine performance parameters", *Electronics*, vol. 12, no. 20, 4254, 2023. DOI: 10.3390/electronics12204254.
- [19] R. Ullah and T. A. Cheema, "Experimental investigation of runner design parameters on the performance of vortex turbine", *Eng. Proc.*, vol. 23, no. 1, 14, 2022. DOI: 10.3390/engproc2022023014.
- [20] L. Duan, D. Wang, G. Wang, C. Han, W. Zhang, X. Liu, C. Wang, Z. Che and C. Chen, "Piecewise causality study between power load and vibration in hydro-turbine generator unit for a low-carbon era", *Energies*, vol. 15, no. 3, 1207, 2022. DOI: 10.3390/en15031207.
- [21] M. V. Kumar, T. S. Reddy, P. Sarala, P. S. Varma, O. C. Sekhar, A. Babqi, Y. Alharbi, B. Alamri and C. R. Reddy, "Experimental investigation and performance characteristics of Francis turbine with different guide vane openings in hydro distributed generation power plants", *Energies*, vol. 15, no. 18, 6798, 2022. DOI: 10.3390/en15186798.
- [22] K.-T. Wu, K.-H. Lo, R.-C. Kao and S.-J. Hwang, "Numerical and experimental investigation of the effect of design parameters on Savonius-type hydrokinetic turbine performance", *Energies*, vol. 15, no. 5, 1856, 2022. DOI: 10.3390/en15051856.
- [23] A. Kumar and R. P. Saini, "Performance analysis of a Savonius hydrokinetic turbine having twisted blades", *Renew. Energy*, vol. 108, pp. 502–522, 2017. DOI: 10.1016/j.renene.2017.03.006.

- [24] M. Mahalakshmi and S. Latha, "An economic and environmental analysis of biomass-solar hybrid system for the textile industry in India", *Tur. J. Elec. Eng. Comp. Sci.*, vol. 23, pp. 1735–1747, 2015. DOI: 10.3906/elk-1404–228.
- [25] S. Goel and R. Sharma, "Optimal sizing of a biomass-biogas hybrid system for sustainable power supply to a commercial agricultural farm in northern Odisha, India" *Environ. Dev. Sustain.*, vol. 21, pp. 2297–2319, 2019. DOI: 10.1007/s10668-018-0135-x.
- [26] P. Anand, S. K. Bath and M. Rizwan, "Feasibility analysis of Solar-Biomass Based Standalone Hybrid System for Remote Area" *Amer. J. Elec. Power Ener. Sys.*, vol. 5, no. 6, pp. 99–108, 2016. DOI: 10.11648/j.epes.20160506.16.
- [27] M. K. Shahzad, A. Zahid, T. ur Rashid, M. A. Rehan, M. Ali and M. Ahmed, "Techno-economic feasibility analysis of a solar-biomass off grid system for the electrification of remote rural areas in Pakistan using HOMER software", *Renew. Energy*, vol. 106, pp. 264–273, 2017. DOI: 10.1016/j.renene.2017.01.033.
- [28] J. Ahmad, M. Imran, A. Khalid, W. Iqbal, S. R. Ashraf, M. Adnan, S. F. Ali and K. S. Khokhar, "Techno economic analysis of a wind-photovoltaic-biomass hybrid renewable energy system for rural electrification: A case study of Kallar Kahar", *Energy*, vol. 148, pp. 208–234, 2018. DOI: 10.1016/j.energy.2018.01.133.
- [29] M. S. Islam, R. Akhter and M. A. Rahman, "A thorough investigation on hybrid application of biomass gasifier and PV resources to meet energy needs for a northern rural off-grid region of Bangladesh: A potential solution to replicate in rural off-grid areas or not?", *Energy*, vol. 145, pp. 338–355, 2018. DOI: 10.1016/j.energy.2017.12.125.
- [30] Md. S. Hossain and Md. F. Rahman, "Hybrid Solar PV/Biomass Powered Energy Efficient Remote Cellular Base Stations", *Int. J. Renew. Energy Res.*, vol. 10, no. 1, March, 2020.
- [31] M. Mahalakshmi and S. Latha, "Simulation and Optimization of Biomass Based Hybrid Generation System for Rural Electrification", *Lect. Not. Elect. Eng.*, vol. 326, pp. 407–416, 2015. DOI: 10.1007/978-81-322-2119-7_41.
- [32] A. Bhatt, M. P. Sharma and R. P. Saini, "Feasibility and sensitivity analysis of an off-grid micro hydro–photovoltaic–biomass and biogas–diesel–battery hybrid energy system for a remote area in Uttarakhand state, India", *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 61, pp. 53–69, 2016. DOI: 10.1016/j.rser.2016.03.030.
- [33] M. M. Tehrani, M. Akhtari, A. Kasaeian, M. A. V. Rad, A. Toopshekan and M. S. Motlagh, "Techno-economic investigation of a hybrid biomass renewable energy system to achieve the goals of SDG-17 in deprived areas of Iran", *Energy Convers. Manag.*, vol. 291, 117319, 2023. DOI: 10.1016/j.enconman.2023.117319.
- [34] M. Das and R. Mandal, "The effect of photovoltaic energy penetration on a Photovoltaic-Biomass-Lithium-ion off-grid system and system optimization for the agro-climatic zones of West Bengal", *Sustain. Energy Techn. Assess.*, vol. 53, part B, 102593, 2022. DOI: 10.1016/j.seta.2022.102593.

- [35] A. A. Youssef, S. Barakat, E. Tag-Eldin and M. M. Samy, "Islanded green energy system optimal analysis using PV, wind, biomass, and battery resources with various economic criteria", *Results Eng.*, vol. 19, 101321, 2023. DOI: 10.1016/j.rineng.2023.101321.
- [36] Md. S. Hossain, A. Jahid, K. Z. Islam and Md. F. Rahman, "Solar PV and Biomass Resources-Based Sustainable Energy Supply for Off-Grid Cellular Base Stations", *IEEE Access*, vol. 8, pp. 53817–53840, 2020. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.2978121.
- [37] N. Ennemiri, A. Berrada, A. Emrani, J. Abdelmajid and R. E. Mrabet, "Optimization of an off-grid PV/biogas/battery hybrid energy system for electrification: A case study in a commercial platform in Morocco", *Energy Convers. Manag.*, vol. 21, 100508, 2024. DOI: 10.1016/j.ecmx.2023.100508.
- [38] F. K. Abo-Elyousr and A. N. Nozhy, "Bi-objective Economic Feasibility of Hybrid Micro2 Grid Systems with Multiple Fuel Options for Islanded Areas in Egypt", *Renew. Energy*, vol. 128, part A, pp. 37–56, 2018. DOI: 10.1016/j.renene.2018.05.066.
- [39] A. Cano, P. Arevalo and F. Jurado, "Energy analysis and techno-economic assessment of a hybrid PV/HKT/ BAT system using biomass gasifier: Cuenca-Ecuador case study", *Energy*, vol. 202, 117727, 2020. DOI: 10.1016/j.energy.2020.117727.
- [40] H. Al-Najjar, C. Pfeifer, R. A. Afif and H. J. El-Khozondar, "Performance Evaluation of a Hybrid Grid-Connected Photovoltaic Biogas-Generator Power System", *Energies*, vol. 15, no. 9, 3151, 2022. DOI: 10.3390/en15093151.
- [41] H. A. El-Sattar, S. Kamel, H. Sultan, M. Tostado-Véliz, A. M. Eltamaly and F. Jurado, "Performance Analysis of a Stand-Alone PV/WT/Biomass/Bat System in Alrashda Village in Egypt", *Applied Sciences*, vol. 11, no. 21, 10191, 2021. DOI: 10.3390/app112110191.
- [42] K. V. Konneh, H. Masrur, M. L. Othman, H. Takahashi, N. Krishna and T. Senjyu, "Multi-Attribute Decision-Making Approach for a Cost-Effective and Sustainable Energy System Considering Weight Assignment Analysis", *Sustainability*, vol. 13, no. 10, 5615, 2021. DOI: 10.3390/su13105615.
- [43] HOMER Energy. HOMER Pro Version 3.16.2 User Manual; HOMER Energy: Boulder, CO, USA, 2023.
- [44] T. Lambert, P. Gilman and P. Lilienthal, "Chapter 15: Micropower system modeling with HOMER", in *Integration of Alternative Sources of Energy*, F. A. Farret and M. G. Simões, Eds.; John Wiley & Sons, Inc.: Hoboken, NJ, USA, 2006, pp. 379-418.
- [45] "Katastar malih hidroelektrana na teritoriji Republike Srbije van SAP", Energoprojekt-Hidroinženjering i Institut Jaroslav Černi, Beograd, 1987.
- [46] NASA/SSE. Surface Meteorology and Solar Energy. Available online: <https://power.larc.nasa.gov/>
- [47] T. Janić, N. Tica, V. Zekić, "Sečka od drveta kao biogorivo", *Savremena poljoprivredna tehnika*, Vol. 40, No. 4, decembar 2014, pp. 199–210.
- [48] "Resursi biomase u regionima Monatana i Sofija (Bugarska) i Nišavskom, Zaječarskom i Jablaničkom okrugu (Srbija)", Bioergy, Bulgaria-Serbia IPA Cross-border Programme, Novembar, 2013.

- [49] "Promovisanje održivog korišćenja biomase za dobijanje energije u prekograničnom pojasu", Bioergy, Bulgaria-Serbia IPA Cross-border Programme, Februar, 2011.
- [50] D. Z. Djurdjevic, "Perspectives and assessments of solar PV power engineering in the Republic of Serbia", *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 15, no. 5, pp. 2431–2446, 2011. DOI: 10.1016/j.rser.2011.02.025.
- [51] T. Pavlović, D. Milosavljević, I. Radonjić, L. Pantić, A. Radivojević and M. Pavlović, "Possibility of electricity generation using PV solar plants in Serbia", *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 20, pp. 201–218, 2013. DOI: 10.1016/j.rser.2012.11.070.
- [52] M. Panić, M. Urošev, A. Milanović Pešić, J. Brankov and Ž. Bjeljac, "Small hydropower plants in Serbia: Hydropower potential, current state and perspectives", *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 23, pp. 341–349, 2013. DOI: 10.1016/j.rser.2013.03.016.
- [53] C. A. Nallolla and V. Perumal, "Optimal design of a hybrid off-grid renewable energy system using techno-economic and sensitivity analysis for a rural remote location", *Sustainability*, vol. 14, no. 22, 15393, 2022. DOI: 10.3390/su142215393.
- [54] "Strategija razvoja energetike Republike Srbije do 2025. godine sa projekcijama do 2030. godine", Službeni glasnik Republike Srbije, 2015.
- [55] J. Kenfack, F. P. Neirac, T. T. Tatietse, D. Mayer, M. Fogue and A. Lejeune, "Microhydro-PV hybrid system: Sizing a small hydro-PV-hybrid system for rural electrification in developing countries", *Renew. Energy*, vol. 34, no. 10, pp. 2259–2263, 2009. DOI: 10.1016/j.renene.2008.12.038.
- [56] N. V. Ogueke, I. I. Ikpamezie and E. E. Anyanwu, "The potential of a small hydro/photovoltaic hybrid system for electricity generation in FUTO, Nigeria" *Int. J. Ambient Energy*, vol. 37, no. 3, pp. 256–265, 2016. DOI: 10.1080/01430750.2014.952841.
- [57] L. E. Teixeira, J. Caux, A. Beluco, I. Bertoldo, J. A. S. Louzada and R. C. Eifler, "Feasibility study of a hydro PV hybrid system operating at a dam for water supply in Southern Brazil", *J. Power Energy Eng*, vol. 3, no. 9, pp. 70–83, 2015. DOI: 10.4236/jpee.2015.39006.
- [58] A. Beluco, P. K. Souza and A. Krenzinger, "PV hydro hybrid systems", *IEEE Latin America Trans.*, vol. 6, no. 7, pp. 626–631, 2008. DOI: 10.1109/TLA.2008.4917434.
- [59] A. S. Aziz, M. F. N. Tajuddin, M. R. Adzman, A. Azmi and M. A. M. Ramli, "Optimization and sensitivity analysis of standalone hybrid energy systems for rural electrification: A case study of Iraq", *Renew. Energy*, vol. 138, pp. 775–792, 2019. DOI: 10.1016/j.renene.2019.02.004.
- [60] J. O. Oladigbolu, M. A. M. Ramli and Y. A. Al-Turki, "Optimal design of a hybrid PV solar/micro-hydro/diesel/battery energy system for a remote rural village under tropical climate conditions", *Electronics*, vol. 9, 1491, 2020. DOI: 10.3390/electronics9091491.
- [61] B. Adebajji, G. A. Adepoju, J. O. Oni and P. K. Olulope, "Optimal sizing of an off-grid small hydro-photovoltaic-diesel generator hybrid power system for a distant village", *Int. J. Sci. Techn. Research*, vol. 6, no. 8, pp. 208–213, 2017. ISSN 2277-8616.

- [62] T. Nigussie, W. Bogale, F. Bekele and E. Dribssa, "Feasibility study for power generation using off-grid energy system from micro hydro-PV-diesel generator-battery for rural area of Ethiopia: The case of Melkey Hera village, Western Ethiopia", *AIMS Energy*, vol. 5, no. 4, pp. 667–690, 2017. DOI: 10.3934/energy.2017.4.667.
- [63] S. S. Al-Juboori, A. H. Mutlag, R. H. Abduljabbar, "Evaluation of stand alone remote area hybrid power system", *Int. J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 3, no. 1, pp. 61–68, 2014.
- [64] A. V. Anayochukwu and N. A. Ndubueze, "Potentials of optimized hybrid system in powering off-grid macro base transmitter station site", *Int. J. Renew. Energy Res.*, vol. 3, no. 4, pp. 861–871, 2013.
- [65] D. Akinyele, I. Okakwu, E. Olabode, R. Blanchard, T. Ajewole and C. Monyei, "Integrated TEEP approach to microgrid design and planning with small hydro/solar/diesel resources for standalone application", *e-Prime – Adv. Electr. Eng. Electron. Energy.*, vol. 2, 100091, 2022. DOI: 10.1016/j.prime.2022.100091.
- [66] J. G. Castellanos, M. Walker, D. Poggio, M. Pourkashanian and W. Nimmo, "Modelling an off-grid integrated renewable energy system for rural electrification in India using photovoltaics and anaerobic digestion", *Renew. Energy*, vol. 74, pp. 390–398, 2015. DOI: 10.1016/j.renene.2014.08.055.
- [67] Z. Benhachani, B. Azoui, R. Abdessemed and M. Chabane, "Optimal sizing of a solar-wind hybrid system supplying a farm in a semi-arid region of Algeria", *47th Int. Univ. Power Eng. Conf. (UPEC)*, pp. 1–6, 2012. DOI: 10.1109/upec.2012.6398688.
- [68] M. A. Abbaszadeh, M. J. Ghourichaei and F. Mohammadkhani, "Thermo-economic feasibility of a hybrid wind turbine/PV/gas generator energy system for application in a residential complex in Tehran, Iran", *Environ. Prog. Sustainable Energy*, vol. 39, no. 4, e13396, 2020. DOI: 10.1002/ep.13396.
- [69] S. Rashid, S. Rana, S. K. A. Shezan, S. A. B. Karim and S. Anower, "Optimized design of a hybrid PV-wind-diesel energy system for sustainable development at coastal areas in Bangladesh", *Environ. Prog. Sustainable Energy*, vol. 36, no. 1, pp. 297–304, 2017. DOI: 10.1002/ep.12496.
- [70] S. K. A. Shezan, A. Al-Mamoon and H. W. Ping, "Performance investigation of an advanced hybrid renewable energy system in Indonesia", *Environ. Prog. Sustainable Energy*, vol. 37, no. 4, pp. 1424–1432, 2018. DOI: 10.1002/ep.12790.
- [71] M. Hossain, S. Mekhilef and L. Olatomiwa, "Performance evaluation of a stand-alone PV-wind-diesel-battery hybrid system feasible for a large resort center in South China Sea, Malaysia", *Sustain. Cities Soc.*, vol. 28, pp. 358–366, 2017. DOI: 10.1016/j.scs.2016.10.008.
- [72] M. J. Khan, A. K. Yadav and L. Mathew, "Techno economic feasibility analysis of different combinations of PV-Wind-Diesel-Battery hybrid system for telecommunication applications in different cities of Punjab, India", *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 76, pp. 577–607, 2017. DOI: 10.1016/j.rser.2017.03.076.

- [73] H. S. Das, C. W. Tan, A. H. M. Yatim and K. Y. Lau, "Feasibility analysis of hybrid photovoltaic/battery/fuel cell energy system for an indigenous residence in East Malaysia", *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 76, pp. 1332–1347, 2017. DOI: 10.1016/j.rser.2017.01.174.
- [74] L.-N. Xing, H.-L. Xu, A. K. Sani, Md. A. Hossain and S. M. Muyeen, "Techno-economic and environmental assessment of the hybrid energy system considering electric and thermal loads", *Electronics*, vol. 10, no. 24, 3136, 2021. DOI: 10.3390/electronics10243136.
- [75] C. A. Nallolla and V. Perumal, "Optimal design of a hybrid off-grid renewable energy system using techno-economic and sensitivity analysis for a rural remote location", *Sustainability*, vol. 14, no. 22, 15393, 2022. DOI: 10.3390/su142215393.
- [76] M. R. Akhtari and M. Baneshi, "Techno-economic assessment and optimization of a hybrid renewable co-supply of electricity, heat and hydrogen system to enhance performance by recovering excess electricity for a large energy consumer", *Energy Convers. Manag.*, vol. 188, pp. 131–141, 2019. DOI: 10.1016/j.enconman.2019.03.067.
- [77] B. K. Das and M. Hasan, "Optimal sizing of a stand-alone hybrid system for electric and thermal loads using excess energy and waste heat", *Energy*, vol. 214, p. 119036, 2021. DOI: 10.1016/j.energy.2020.119036.
- [78] M. R. Elkadeem, K. M. Kotb, K. Elmaadawy, Z. Ullah, E. Elmolla, B. Liu, S. Wang, A. Dán and S. W. Sharshir, "Feasibility analysis and optimization of an energy-water-heat nexus supplied by an autonomous hybrid renewable power generation system: An empirical study on airport facilities", *Desalination*, vol. 504, p. 114952, 2021. DOI: 10.1016/j.desal.2021.114952.
- [79] H. Elsaraf, M. Jamil and B. Pandey, "Techno-economic design of a combined heat and power microgrid for a remote community in Newfoundland Canada", *IEEE Access*, vol. 9, pp. 91548–91563, 2021. DOI: 10.1109/ACCESS.2021.3091738.
- [80] M. R. Akhtari, I. Shayegh and N. Karimi, "Techno-economic assessment and optimization of a hybrid renewable earth – air heat exchanger coupled with electric boiler, hydrogen, wind and PV configurations", *Renew. Energy*, vol. 148, pp. 839–851, 2020. DOI: 10.1016/j.renene.2019.10.169.
- [81] I. Prasetyaningsari, A. Setiawan and A. A. Setiawan, "Design optimization of solar powered aeration system for fish pond in Sleman Regency, Yogyakarta by HOMER software", *Energy Procedia*, vol. 32, pp. 90–98, 2013. DOI: 10.1016/j.egypro.2013.05.012.
- [82] S. Vendoti, M. Muralidhar and R. Kiranmayi, "Techno-economic analysis of off-grid solar/wind/biogas/biomass/fuel cell/battery system for electrification in a cluster of villages by HOMER software", *Environ. Dev. Sustain.*, vol. 23, pp. 351–372, 2021. DOI: 10.1007/s10668-019-00583-2.
- [83] B. K. Das, N. Hoque, S. Mandal, T. K. Pal and M. A. Raihan, "A techno-economic feasibility of a stand-alone hybrid power generation for remote area application in Bangladesh", *Energy*, vol. 134, pp. 775–788, 2017. DOI: 10.1016/j.energy.2017.06.024.

- [84] J. D. D. Niyonteze, F. Zou, G. N. O. Asemota, S. Bimenyimana and G. Shyirambere, "Key technology development needs and applicability analysis of renewable energy hybrid technologies in off-grid areas for the Rwanda power sector", *Heliyon*, vol. 6, no. 1, p. e03300, 2020. DOI: 10.1016/j.heliyon.2020.e03300.
- [85] C.-T. Tsai, T. M. Beza, E. M. Molla and C.-C. Kuo, "Analysis and sizing of mini-grid hybrid renewable energy system for islands", *IEEE Access*, vol. 8, pp. 70013–70029, 2020. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.2983172.
- [86] Md. F. Ishraque, Sk. A. Shezan, M. M. Rashid, A. B. Bhadra, Md. A. Hossain, R. K. Chakraborty, M. J. Ryan, S. R. Fahim, S. K. Sarker and S. K. Das, "Techno-economic and power system optimization of a renewable rich islanded microgrid considering different dispatch strategies", *IEEE Access*, vol. 9, pp. 77325–77340, 2021. DOI: 10.1109/ACCESS.2021.3082538.
- [87] S. A. Goudarzi, F. Fazelpour, G. B. Gharehpetian and M. A. Rosen, "Techno-economic assessment of hybrid renewable resources for a residential building in Tehran", *Environ. Prog. Sustain. Energy*, vol. 38, no. 5, p. 13209, 2019. DOI: 10.1002/ep.13209.
- [88] G. Zhang, C. Xiao and N. Razmjoo, "Optimal operational strategy of hybrid PV/wind renewable energy system using Homer: A case study", *Int. J. Ambient Energy*, vol. 43, no. 1, pp. 3953–3966, 2022. DOI: 10.1080/01430750.2020.1861087.
- [89] H. K. Pujari and M. Rudramoorthy, "Optimal design and techno-economic analysis of a hybrid grid-independent renewable energy system for a rural community", *Int. Trans. Electr. Energ. Syst.*, vol. 31, no. 7, e13007, 2021. DOI: 10.1002/2050-7038.13007.
- [90] R. Al Afif, Y. Ayed and O. N. Maaitah, "Feasibility and optimal sizing analysis of hybrid renewable energy systems: A case study of Al-Karak, Jordan", *Renew. Energy*, vol. 204, pp. 229–249, 2023. DOI: 10.1016/j.renene.2022.12.109.
- [91] S. Bahramara, M. P. Moghaddam and M. R. Haghifam, "Optimal planning of hybrid renewable energy systems using HOMER: A review", *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 62, pp. 609–620, 2016. DOI: 10.1016/j.rser.2016.05.039.
- [92] K. Murugaperumala, S. Srinivasan and G.R.K.D. S. Prasad, "Optimum design of hybrid renewable energy system through load forecasting and different operating strategies for rural electrification", *Sustain. Energy Techn. Assess.*, vol. 37, 100613, 2020. DOI: 10.1016/j.seta.2019.100613.
- [93] T. O. Araoye, E. C. Ashigwuike, S. V. Egoigwe, F. U. Ilo, Adeyinka C. Adeyemi and R. S. Lawal, "Modeling, simulation, and optimization of biogas-diesel hybrid microgrid renewable energy system for electrification in rural area", *IET Renew. Power Gen.*, vol. 15, no. 10, pp. 20302–2314, 2021. DOI: 10.1049/rpg2.12164.
- [94] Md. R. Islam, H. Akter, H. O. R. Howlader and T. Senjyu, "Optimal Sizing and Techno-Economic Analysis of Grid-Independent Hybrid Energy System for Sustained Rural Electrification in Developing Countries: A Case Study in Bangladesh", *Energies*, vol. 15, no. 17, 6381, 2022. DOI: 10.3390/en15176381.

- [95] S. V. Shah and B. M. Jha, "Rural electrification and optimization of biogas–solar–wind hybrid system for decentralized energy generation in India: a case study of Ringhim village, Sikkim", *Electr. Eng.*, Online, 2023. DOI: 10.1007/s00202-023-02030-y.
- [96] W. S. Aga, A. N. Legese, A. D. Tolche, N. T. Roba, S. A. Jabasingh, S. A. Mohammed, S. K. Kasaye, N. Jaya and J. A. Kumar, "Rural electrification with hybrid renewable energy-based off-grid technology: a case study of Adem Tuleman, Ethiopia", *Energ. Ecol. Environ.*, vol. 8, pp. 420–438, 2023. DOI: 10.1007/s40974-023-00290-9.
- [97] Y. Sawle, S. C. Gupta and A. K. Bohre, "Review of hybrid renewable energy systems with comparative analysis of off-grid hybrid systemw", *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 81, pp. 2217–2235, 2018. DOI: 10.1016/j.rser.2017.06.033.
- [98] B. E. K. Nsafon, A. B. Owolabi, H. M. Butu, J. W. Roh, D. Suh and J-Soo Huh, "Optimization and sustainability analysis of PV/wind/diesel hybrid energy system for decentralized energy generation", *Energy Strat. Rev.*, vol. 32, 100570, 2020. DOI: 10.1016/j.esr.2020.100570.
- [99] K. Murugaperumal and P. A D. V. Raj, "Feasibility design and techno-economic analysis of hybrid renewable energy system for rural electrification", *Solar Energy*, vol. 188, pp. 1068–1083, 2019. DOI: 10.1016/j.solener.2019.07.008.
- [100] A. K. Nag and S. Sarkar, "Modeling of hybrid energy system for futuristic energy demand of an Indian rural area and their optimal and sensitivity analysis", *Renew. Energy*, vol. 118, pp. 477–488, 2018. DOI: 10.1016/j.renene.2017.11.047.
- [101] S. Y. Wong and C. Li, "Techno-economic analysis of optimal hybrid renewable energy systems – A case study for a campus microgrid", *Energy Reports*, vol. 9, no. 12, pp. 134–138, 2023. DOI: 10.1016/j.egyr.2023.09.153.
- [102] B. K. Das, M. Hasan and F. Rashid, "Optimal sizing of a grid-independent PV/diesel/pump-hydro hybrid system: A case study in Bangladesh", *Sustain. Energy Techn. Assess.*, vol. 44, 100977, 2021. DOI: 10.1016/j.seta.2021.100977.

Компетенције ментора

На основу детаљне анализе приложене документације Комисија предлаже да се менторство за израду ове докторске дисертације повери проф. др Дардану Клименти, редовном професору Факултета техничких наука Универзитета у Приштини са привременим седиштем у Косовској Митровици, чија је ужа научна област Електроенергетика.

У складу са стандардном 9.3 Правилника о стандардима и поступку за акредитацију студијских програма (“Службени гласник РС”, бр. 13 од 28. Фебруара 2019, 1 од 11. Јануара 2021, 19 од 5. Марта 2021, 51 од 22. Јуна 2023, 102 од 17. Новембра 2023.), проф. др Дардан Климента има најмање пет научних радова категорије M20 из уже научне области Електроенергетика објављених у научним часописима у претходних десет година и не води више од пет докторанада истовремено. Конкретно, проф. др Дардан Климента у протеклих десет година има публикованих 37 радова категорије M20, његова ужа научна област је Електроенергетика, а кандидат Милан Томовић је тренутно његов једини докторанд. Према томе, проф. др Дардан Климента испуњава све прописане услове по основу компетенција за ментора ове докторске дисертације. Пет репрезентативних референци проф. др Дардана Клименте из области теме докторске дисертације су:

1. M. Tomović, M. Gajić, **D. Klimenta**, M. Jevtić, “Optimal design of a hybrid power system for a remote fishpond based on hydro-turbine performance parameters”, *Electronics*, vol. 12, no. 20, 4254, 2023. **M22**, DOI: 10.3390/electronics12204254.
2. **D. Klimenta**, D. Minić, L. Pantić-Randelović, I. Radonjić-Mitić, M. Premović-Zečević, “Modeling of steady-state heat transfer through various photovoltaic floor laminates”, *Applied Thermal Engineering*, vol. 229, **2023**, Article 120589. **M21**, DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2023.120589.
3. M. Milovanović, **D. Klimenta**, M. Panić, J. Klimenta, B. Perović, “An application of Wild Horse Optimizer to multi-objective energy management in a micro-grid”, *Electrical Engineering*, vol. 104, issue 10, **2022**, pp. 4521–4541. **M23**, DOI: 10.1007/s00202-022-01636-y.
4. **D. Klimenta**, M. Mihajlović, I. Ristić, D. Andriukaitis, “Possible scenarios for reduction of carbon dioxide emissions in Serbia by generating electricity from natural gas”, *Energies*, vol. 15, no. 13, **2022**, Article 4792, pp. 1–33. **M23**, DOI: 10.3390/en15134792.
5. D. Javor, N. Raicevic, **D. Klimenta**, A. Janjic, “Multi-criteria optimization of vehicle-to-grid service to minimize battery degradation and electricity costs”, *Elektronika Ir Elektrotehnika*, vol. 28, no. 3, **2022**, pp. 24–29. **M23**, DOI: 10.5755/j02.eie.31238.

ЗАКЉУЧАК

На основу прегледа приложене документације, биографије и списка објављених радова кандидата, као и детаљне анализе приложеног образложења научне заснованости теме докторске дисертације, Комисија закључује да кандидат Милан Томовић, дипломирани инжењер електротехнике и рачунарства-мастер, формално и суштински испуњава све прописане услове у вези са научном заснованошћу предложене теме и одобрењем израде докторске дисертације, а у складу са Законом о високом образовању Р. Србије, Статутом Универзитета, Статутом Факултета, Правилником о докторским студијама Универзитета и Правилником о докторским студијама Факултета.

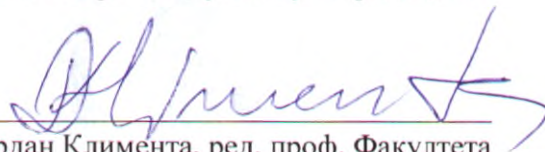
Према томе, Комисија закључује да је предложена тема докторске дисертације научно заснована и предлаже да се за ментора за израду ове докторске дисертације одреди проф. др Дардан Климента, редовни професор Факултета техничких наука Универзитета у Приштини са привременим седиштем у Косовској Митровици, а да се кандидату Милану Томовићу одобри израда докторске дисертације под насловом *“Одређивање оптималних техно-економских параметара хибридних енергетских система за напајање рибњака удаљених од електродистрибутивне мреже”*.

У Косовској Митровици и Нишу,
11.03.2024. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ:



Проф. др Драган Тасић, ред. проф. Електронског
факултета Универзитета у Нишу – председник



Проф. др Дардан Климента, ред. проф. Факултета
техничких наука Универзитета у Приштини са
привременим седиштем у Косовској
Митровици – члан-ментор



Проф. др Бојан Перовић, ванр. проф. Факултета
техничких наука Универзитета у Приштини са
привременим седиштем у Косовској
Митровици – члан