

УНИВЕРЗИТЕТ У БАЊОЈ ЛУЦИ
ФАКУЛТЕТ: МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ БАЊА ЛУКА



ИЗВЈЕШТАЈ

о оцјени подобности теме и кандидата за израду докторске дисертације

ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ

Одлуком Наставно-научног вијећа Машинског факултета Универзитета у Бањој Луци број: 16/3.893/15 од 15.05.2015. године именована је Комисија за оцјену подобности теме "Оптимизација коришћења дистрибуираних енергетских ресурса у стамбено-пословним објектима" и кандидата *мр Светлане Думоњић-Миловановић, дипл.инж.маш.* за израду докторске тезе (у даљем тексту: Комисија) у саставу:

1. Др Перо Петровић, редовни професор Машинског факултета Универзитета у Бањој Луци, уже научне области: Термотехника, предсједник Комисије;
2. Др Петар Гверо, ванредни професор Машинског факултета Универзитета у Бањој Луци, уже научне области: Термотехника, члан Комисије;
3. Др Мирко Коматина, редовни професор Машинског факултета Универзитета у Београду, уже научна област: Термотехника, члан Комисије.

Након што је прегледала и проучила Пријаву теме за израду докторске дисертације, биографију и библиографију кандидата *мр Светлане Думоњић-Миловановић, дипл.инж.маш.*, Комисија подноси Наставно-научном вијећу Машинског факултета Универзитета у Бањој Луци и Сенату Универзитета у Бањој Луци слиједећи

ИЗВЈЕШТАЈ

**О ОЦЈЕНИ ПОДОБНОСТИ ТЕМЕ И КАНДИДАТА
ЗА ИЗРАДУ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ**

1. Биографски подаци, научна и стручна дјелатност кандидата

1.1. Биографија

Светлана Думоњић-Миловановић је рођена 15.04.1968. године у мјесту Г. Детлак, општина Дервента. Завршила је средњу геодетско-техничку школу у Дервенти, као одличан ученик и добитник признања „Огњен Прица“. Основни студиј је уписала на Машинском факултету у Сарајеву гдје је, због ратних дешавања као студент треће године прекинула школовање. Звање дипломираног инжењера машинства је стекла 2008. године, на Машинском факултету у Бањој Луци на смјеру термотехника и моторизација. Постдипломске студије завршила је 2013. године на Машинском факултету у Бањој Луци и стекла звање Магистар техничких наука из области термоенергетика. Од 2002. године је била запослена у компанијама „Славија

интернационал“ д.о.о. Лакташи, „Пројект“ АД Бања Лука, те „Партнер инжењеринг“ д.о.о. Бања Лука. У досадашњим активностима као пројектант и планер је учествовала у реализацији бројне техничке документације из области термотехнике, докуменатације из области уређења простора, као и у изради већег броја студија. Објавила је више научних и стручних радова у својству аутора и коаутора. У свом раду користи се енглеским и њемачким језиком, а по питању примјене рачунарске технике, поред основних програмских пакета, користи се и пакетима за инжењерско пројектовање и математичко моделирање

1.2. Библиографија

Магистарски рад

1. *Прилог оптимизацији хибридних система за производњу електричне енергије на бази примарне енергије Сунца и вјетра са анализом примјенљивости на подручје Бање Луке*, Универзитет у Бањој Луци, Машински факултет, 2013.

Радови објављени у научним часописима националног значаја

а) Научни радови:

1. Dumonjić-Milovanović, S., Milovanović, Z. & Skundrić, J. (2013). Techno-economic analysis of a stand-alone hybrid system, Communications in Dependability and Quality Management, vol. 16, br. 4, str. 17-23.
2. Milovanović, Z. N., Knežević, D., Milašinović, A., Dumonjić-Milovanović, S.R. & Ostojić, D. (2012). Modified method for reliability evaluation of condensation thermal electric power plant, Journal of Safety Engineering, 1(4):57-67, DOI: 10.5923 /j.safety.20120104.02.
3. Миловановић, З.Н., Самарцић, М., Јеремић, Д., Кнежевић, Д., Милашиновић, А., Шкундрић, Ј. и Думоњић-Миловановић, С. (2011). Ревитализација и модернизација котловског постројења на примјеру реконструкције котловског постројења Пп-1000-25-545БТ (П-64-1) у РиТЕ Угљевик, Енергија, економија, екологија, Лист савеза енергетичара Србије, Број 1.
4. Миловановић, З., Бегич, Ф., Самарцић, М., Јеремић, Д., Думоњић-Миловановић, С. и Шкундрић, Ј. (2011). Оптимизација избора микролокације термоенергетског постројења „Станари“ методом вишекритеријалног рангирања, УДЦ: 620.92:311, ТЕРМОТЕХНИКА, Научно-стручни часопис Друштва термичара Србије, Број 1, стр. 29-40.
5. Миловановић, З., Кнежевић, Д., Милашиновић, А., Думоњић-Миловановић, С. и Шкундрић, Ј. (2011). Анализа локације и уклапања ТЕ Угљевик III 2x300 MW у електроенергетски систем Републике Српске, Енергија, Економија, Екологија, Вол. XVI, Бр. 1, стр. 456-465.

б) Стручни радови:

1. Миловановић, З.Н. и Думоњић-Миловановић, С.Р. (2015). Процјена поузданости кондензационих термелектрана, Техника - Машинство 64, УДЦ: 621.311.22:519.248, Часопис Савеза инжењера и техничара Србије, Број 1. стр. 86-94.
2. Миловановић, З., Кнежевић, Д., Милашиновић, А., Думоњић-Миловановић, С. и Шкундрић, Ј. (2014). Техничко-технолошко рјешење кондензационе термоелектране Угљевик III инсталисане снаге 2x300 MW, Енергија, Економија, Екологија, Вол. XVI, Бр. 1, стр. 246-255.
3. Миловановић, З., Кнежевић, Д., Милашиновић, А. и Думоњић-Миловановић, С. (2011). Оптимизација избора концепције постројења мале хидроелектране на унапријед утврђеној макролокацији методом вишекритеријалног рангирања – Теоретске основе, УДЦ: 627.15:626/627, Архив за техничке науке Но.5, Бијељина, стр. 1-8.
4. Миловановић, З., Кнежевић, Д., Милашиновић, А. и Думоњић-Миловановић, С. (2011). Оптимизација избора концепције постројења мале хидроелектране на унапријед утврђеној макролокацији методом вишекритеријалног рангирања – МХЕ Сућеска инсталисане снаге 2x1.015 MW, УДЦ: 627.15:626/627, Архив за техничке науке Но.5, Бијељина., стр. 9-18.
5. Думоњић-Миловановић, С., Миловановић, З.Н., Јокановић, Ј. и Шкундрић, Ј. (2011). Услови размјене топлоте код енергетских блокова са надкритичним параметрима паре, Енергија, економија, екологија, Лист савеза енергетичара Србије, Број 1, Београд.
6. Миловановић, З.Н., Кнежевић, Д., Милашиновић, А., Шкундрић, Ј., Јеремић, Д., Самарцић, М. и Думоњић-Миловановић С. (2011). Проблеми експлоатације термоенергетских постројења (ТЕП), УДЦ: 621.311:621.317.38.004, Енергија, економија, екологија, Лист савеза енергетичара Србије, Број 1, Београд, стр. 112-119.
7. Јеремић, Д., Миловановић, З.Н., Шкундрић, Ј., Самарцић, М., Јокановић, Ј. и Думоњић-Миловановић, С. (2011). Режији експлоатације и погонско билансирање термоенергетског постројења (ТЕП), Енергија, економија, екологија, Лист савеза енергетичара Србије, Број 1, Београд.
8. Миловановић, З., и Думоњић-Миловановић, С. (2011). Термоенергетска постројења и одрживи развој, УДЦ: 621.311.24:061, Архив за техничке науке, Но. 4, Бијељина, стр. 1-9.
9. Миловановић, З., Бегић, Ф., Самарцић, М., Јеремић, Д., Думоњић-Миловановић, С. и Ј. Шкундрић. (2011). Оптимизација избора микролокације термоенергетског постројења методом вишекритеријалног рангирања - Теоретске основе, УДЦ:620.92:661.311, ТЕРМОТЕХНИКА, Научно-стручни часопис Друштва термичара Србије, Број 1, стр. 29-40.
10. Јеремић, Д., Миловановић, З., Бегић, Ф., Самарцић, М., Думоњић-Миловановић, С. и Шкундрић Ј. (2011). Експлоатациони показатељи поузданости рада термоенергетских постројења, УДЦ: 620.4:662.6:621.311, ТЕРМОТЕХНИКА, Научно-стручни часопис Друштва термичара Србије, Број 1, стр. 53-63.
11. Самарцић, М., Миловановић, З., Бегић, Ф., Јеремић, Д., Думоњић-Миловановић, С. и Шкундрић, Ј. (2011). Проблематика великих ложишта парних котлова при сагоријевању угљева ниске калоричне моћи и промјењивог састава минералног дијела, УДЦ: 662.65, ТЕРМОТЕХНИКА, стр. 103-113.
12. Думоњић-Миловановић, С., Миловановић, З.Н., Шкундрић, Ј. и Јокановић, Ј.

- (2011). Енергетски блокови са ултра супер-критичним параметрима – будућност у области сагоријевања угља у лету, Енергија, економија, екологија, Лист савеза енергетичара Србије, Број 1, Београд.
13. Миловановић, З.Н. и Думоњић-Миловановић, С. (2010). Сигурност снабдијевања топлотном енергијом и технолошком паром у Републици Српској, УДЦ: 621.311.15.003/008, Енергија, економија, екологија, Лист савеза енергетичара Србије, Број 1, Београд, стр. 146-151.
 14. Миловановић, З.Н., Јеремић, Д. и Думоњић-Миловановић, С. (2010). Стратегија развоја енергетског басена Гацко - стање и могући правци, УДЦ: 622.013:621.311.22.001.6 (497.15), Енергија, економија, екологија, Лист савеза енергетичара Србије, Број 1, Београд, стр. 167-171.
 15. Миловановић, З. и Думоњић-Миловановић, С. (2010). Сигурност снабдијевања енергијом у Републици Српској, Дио II: Сигурност снабдијевања топлотном енергијом и технолошком паром, УДЦ: 621.8.036 (497.6 РС), Архив за техничке науке, Бијељина, стр. 1-8.
 16. Миловановић, З. и Думоњић-Миловановић, С. (2010). Сигурност снабдијевања енергијом у Републици Српској, Дио III: Процес либеризације енергетског тржишта у Републици Српској, УДЦ: 621.8.036:339.13 (497.6 РС), Архив за техничке науке, Бијељина, стр. 9-16.

Радови објављени на конференцијама међународног значаја

а) Научни радови:

1. Dumonjić-Milovanović, S. & Gvero, P. (2013). Optimization of hybrid systems for electricity production based on wind and sun energy conversion with analysis of its applicability on Banjaluka region, DEMI 2013, International Conference on Accomplishments in Electrical and Mechanical Engineering and Information Technology, Banja Luka, pp. 749-754.

б) Стручни радови:

1. Думоњић-Миловановић, С. (2013). Анализа расположивог вјетропотенцијала на подручју Бање Луке, DQM International Conference, Београд, стр. 813-822.
2. Думоњић-Миловановић, С. (2013). Анализа расположивог потенцијала енергије Сунца на подручју Бање Луке, DQM International Conference, Београд, стр. 823-833.
3. Миловановић, З.Н., Думоњић-Миловановић, С., Кнежевић, Д., Милашиновић, А. и Шкундрић, Ј. (2011). Нови котловски материјали – предуслов побољшања енергетске ефикасности конвенционалних енергетских постројења, Савремени материјали 2011, Академија наука и умјетности Републике Српске
4. Миловановић, З., Бабић, В. и Думоњић-Миловановић, С. (2010). Примјена техничке дијагностике за процјену стања парних турбина, Међународна конференција ЕЛЕКТРАНЕ 2010, Врњачка Бања, Друштво термичара Србије.
5. Бабић, В., Миловановић, З., Јеремић, Д. и Думоњић-Миловановић, С. (2010). Истраживање узрока отежаног рада парног котла блока 300 MW ТЕ "Гацко", Међународна конференција ЕЛЕКТРАНЕ 2010, Врњачка Бања, Друштво термичара Србије.
6. Миловановић, З., Бабић, В. и Думоњић-Миловановић, С. (2010). Парне турбине и

могућности продужења радног вијека, Међународна конференција ЕЛЕКТРАНЕ 2010, Врњачка Бања, Друштво термичара Србије.

2. Значај и научни допринос истраживања

2.1. Значај истраживања

Основни ресурси за добијање енергије у свијету данас су фосилни горива, али су због све мањих расположивих залиха ових ресурса и њиховог негативног утицаја продуката њиховог сагоријевања на животну средину и климатске промјене евидентна настојања да се у свим областима изврши диверсификација извора енергије, уз што веће укључење обновљивих извора енергије у системе енергетског снабдијевања. Током последњих неколико деценија концепт планирања нових енергетских капацитета у свијету се значајно измијенио, гдје су кроз повећање конкуренције на отвореном тржишту и повећаног учешћа обновљивих енергетских извора (у даљем тексту: ОИЕ), централизовани системи базрани на фосилним горивима дјелимично изгубили своју улогу и атрактивност. Нови концепти за снабдијевање енергијом укључују и дистрибуирану производњу енергије, који и поред сложености уклапања таквих система у постојеће енергетске системе, ипак имају значајних предности. У том погледу нарочито се издвајају предности везане за могућност коришћења обновљивих извора енергије, повећање енергетске ефикасности и самоодрживости енергетских система. Комбинацијом више извора енергије, а такође и упоредном производњом и електричне и топлотне енергије, може се утицати на побољшање перформанси система за производњу корисне енергије. Дистрибуирани енергетски ресурси су препознати као значајан фактор даљег развоја, који као такав има карактер одрживости.

Активности које прате савремено људско друштво од енергетских система захтијевају потпуно задовољење потреба за енергијом на одржив начин. Генерално, највише енергије у Европској унији троши се у стамбеном сектору. Према неким анализама у Босни и Херцеговини и Републици Српској се у стамбеном сектору утроши око 60% од укупно утрошене енергије. Због тога, управо у тој области, постоји и највећи потенцијал за примјену мјера енергетске ефикасности. Пред системима за снабдијевање енергијом стамбено-пословних објеката постављају се захтјеви за снабдијевање електричном енергијом, топлотном енергијом за гријање и хлађење објекта, топлотном енергијом за гријање потрошне воде и слично. Посебан значај за ефикасно и сигурно снабдијевање има структура примјењених енергетских ресурса, као и капацитети појединачних компоненти система.

Докторска дисертација под радним називом "*Оптимизација коришћења дистрибуираних енергетских ресурса у стамбено-пословним објектима*" има за циљ да истражи проблематику оптималне примјене енергетског система, базираног на примјени технологија за коришћење сунчеве енергије и технологија за микрогенерацију са погоном на биомасу, у подручју снабдијевања енергијом стамбено-пословних објеката. Проблематика оптимизације огледа се у чињеницама да систем садржи компоненте чија примјена резултује снабдијевањем које може имати стохастички и детерминистички карактер. Поред тога постоји и међусобна условљеност при раду неких од компоненти система. Потрошња енергије у објекату (нарочито енергије за гријање и/или хлађење) у сваком посматраном интервалу има стохастички карактер и директно је повезана са климатским параметрима окружења, а зависна је и од типа градње, односно степена енергетске ефикасности објекта.

Оптимизација система првенствено захтијева предвиђање климатских параметара на нивоу просјечне године, предвиђање потреба за топлотном енергијом за гријање и/или хлађење објеката, те предвиђање учинка технологија за коришћење сунчеве енергије. Избор радног циклуса примијењеног у систему за комбиновану производњу енергије, као и у систему за хлађење на топлотни погон (базиран на сорпцији), такође може имати значајан утицај на оптимално снабдијевање енергијом. Због тога је планирано да се оптимизација спроведе по два критерија - економском критеријуму и критеријуму ексергијске ефикасности за више варијантних рјешења. У оквиру предложене теме, кроз студије случаја за различите локације на подручју Босне и Хрцеговине, Републике Српске и региона, биће истражени релативни односи потреба за енергијом и њихово задовољење кроз примјену система са дистрибуираним изворима енергије.

У оквиру предложене теме анализираће се могућност примјене расположивих технологија заснованих на коришћењу сунчеве енергије и биомасе у системима за микрокогенерацију. Имајући у виду све чињенице о сложености ових технологија и њиховој цијени, односно висини инвестицијских трошкова, предности примјене истих у нашем окружењу често су предмет додатних стручних и научних анализа. Степен њихове заступљености у примјени није на високом нивоу управо из горе поменутих разлога. Кроз резултате истраживања је планирано доћи до параметара везаних за оптималну примјену ових технологија, на начин да обезбјеђују ефикасно и одрживо снабдијевање уз минималне инвестиције. Многе државе у свијету су до сада успоставиле регулативу за унапређење ефикасности коришћења енергије, укључујући концепт унапређења заштите животне средине, између осталог кроз примјену ефикасних когенеративних и тригенеративних система (системи за комбиновану производњу електричне и топлотне енергије, као и енергије за хлађење), а и кроз примјену технологија за коришћење ОИЕ. Везано за ову проблематику Европски парламент је усвојио Директиву о енергетској ефикасности на страни потрошње енергије и енергетским услугама - 2012/27/EU (стављене ван снаге раније директиве 2004/8/ ЕС и 2006/32/ЕС) и Директиву о промоцији употребе енергије из ОИЕ – 2009/28/ЕС (стављене ван снаге раније директиве 2001/77/ЕС и 2003/30/ЕС). Легислатива Републике Српске и Босне и Херцеговине интензивно прати Европске директиве, па се кроз Закон о енергетици (Службени гласник Републике Српске 49/09) и Закон о обновљивим изворима енергије и ефикасној когенерацији (Службени гласник Републике Српске 39/13), такође предвиђају циљеве и мјере за планирање и подстицање производње и потрошње електричне енергије из обновљивих извора и у ефикасној когенерацији. Овдје треба поменути и Закон о енергетској ефикасности и читав сет подзаконских аката везаних за енергетску ефикасност у зградарству, који потичу мјере и активности везане за енергетску ефикасност зграда. Један од циљева истраживања у оквиру предложене теме јесте и да се у склопу рада кроз изабрану методологију оптимизације добију показатељи лако читљиви и препознатљиви који би послужили као модел за потенцијалне инвеститоре, чиме би се омогућила имплементација ових система у различитим ситуацијама на одржив начин.

2.2. Преглед досадашњих истраживања

У контексту ограничености резерви фосилних горива, потребу смањења штетних утицаја на животну средину и климатске промјене изазване њиховим коришћењем, ОИЕ су јасно промовисани као битан фактор у функцији одрживог развоја сектора

снабдијевања енергијом. Због изражене стохастичке природе појединих ОИЕ или неравномјерне просторне заступљености они не представљају истовремено и извор који у свакој ситуацији гарантује сигурност у снабдијевању. Ради побољшања сигурности у снабдијевању комбинују се са другим технологијама, мјерама енергетске ефикасности и са технологијама за комбиновану производњу топлотне и електричне енергије (Combined Heating and Power Systems – CHP Systems), односно (Combined Cooling, Heating and Power Systems – CCHP Systems), када се топлота из когенерационог процеса користи и за хлађење примјеном расхладних уређаја. Сложени системи у којима се производи енергија из више различитих извора енергије су у стручној и научној литератури познати као системи са дистрибуираним енергетским ресурсима (Distributed Energy Resources Systems – DER Systems или Multi Energy Systems - MES), а често и као хибридни системи (нпр. Hybrid Photovoltaic-Trigeneration Systems, Hybrid Photovoltaic-Cogeneration Systems и сл.). Најчешће се производња енергије из система са дистрибуираним енергетским ресурсима одвија се у непосредној близини потрошача, па је због одсуства губитака преноса и високог степена искоришћења топлоте њихова ефикасност често већа у односу на централизоване системе.

Актуелност теме истраживања, везано за сегмент који се односи на ОИЕ, потврђена је кроз велики број до сада публикованих радова. Преглед истраживања о тренутном статусу заступљености разних енергетских ресурса и предности децентрализованих система заснованих на ОИЕ у свом раду дали су Базми и Захеда (Bazmi & Zahedi, 2011). Наглашено је да савремени енергетски системи морају задовољити више важних циљева укључујући еколошке, економске и друштвене циљеве одрживог развоја. У том смислу, технологије базиране на обновљивим изворима имају велики потенцијал за развој енергетског сектора. У публикованом раду наведено је око три стотине релевантних радова са овом тематиком, било да се ради о студијама истраживања потенцијала и ефекта ОИЕ или моделирања процеса, оптимизације и симулације. Методологије за процјену система са дистрибуираним енергетским ресурсима могу имати квалитативну природу, али у највећем броју случајева квантитативна метрика је од кључне важности за обављање анализа и формулисање проблема оптимизације (Mancarella, 2014). У том контексту су споменути и софтверски алати RETScreen, EnergyPLAN, DER-CAM и други. Истраживајући могућности примјене хибридних система са ОИЕ, Џоу и сарадници (Zhou, Lou, Li, Lu & Yang, 2010) као могуће критерије оптимизације хибридних система наводе критериј анализе расположивости енергијом и неколико економских критерија. У контексту оптималног димензионисања саставних компоненти хибридних система са ОИЕ, указано је на могућности примјене софтверских рјешења као што су HOMER, HYBRID2, HOGA и HYBRIDS, а такође и могућност примјене разних оптимизационих техника, од којих су за идентификацију глобалних минимума најпогодније технике вјештачке интелигенције. Лу и сарадници (Lu, et al. 2014) оптимизацију хибридног система базирају на два критерија - максималној ексергетској ефикасности (Exergy efficiency - EE) и минималним трошковима животног циклуса (Life cycle cost - LCC). Критериј минималног трошка животног циклуса спада у економске критерије оптимизације док је концепт максималне ексергетске ефикасности заснован на чињеници да се кроз ексергију изражава и квалитативна и квантитативна мјера енергије. Ексергија је мјера максимално остваривог рада у интеракцији система и референтног окружења. Овај метод оптимизације је примијењен кроз студију случаја, гдје је спроведена оптимизација система за снабдијевање енергијом једног пословног комплекса у Кини. У односу на

примијењени радни циклус унутар постројења добијају се различити односи произведене електричне и топлотне енергије, а у контексту снабдијевања одређеног типа потрошача као предмет оптимизације може се поставити и критериј избора оптималног примјењеног радног циклуса. У истраживањима везаним за изучавање перформанси когенеративних постројења (Kanoglou & Dincer, 2009) показано је да је ексергијска анализа користан алат у процјени успјешности когенеративних система те да омогућава рационалне употребе различитих когенеративних система у односу на њихову дјелотворност. Кроз истраживање које је спроведено за подручје Рансберга у Белгији (Swolfs & Haeseldonckx, 2012), представљен је техно-економски модел оптимизације аутономног хибридног система, заснованог на примјени система за комбиновану производњу топлотне и електричне енергије, фотонапонских панела и вјетротурбина. На основу метеоролошких података, економских параметара и познатих потреба за топлотном и електричном енергијом, примјеном MATLAB и GAMS програмских пакета, извршено је моделирање процеса, а након низа итеративних процедура и избор оптималне конфигурације (примјеном линеарног програмирања кроз функцију циља). При томе су минимизирани укупни трошкови животног циклуса. Сличан примјер оптимизације представљен је и за подручје Атине, Грчка, (Mehleri, Sarimveis & Markatos, 2013), гдје је анализиран мрежно повезан хибридни систем, заснован на примјени постројења за комбиновану производњу топлотне и електричне енергије и фотонапонских панела. Функција циља оптимизације је базирана на одређивању минимума укупних трошкова енергетског система. Анализирана су три сценарија снабдијевања стамбеног сектора топлотном и електричном енергијом (конвенционални начин снабдијевања, снабдијевање уз рад СНР система са капацитетом задовољења потреба за гријањем и концепт снабдијевања енергијом преко PV-СНР система). Према резултатима спроведене оптимизације, најбољи ефекти у економском смислу везују се уз PV-СНР систем. Такође, по питању смањења емисије CO₂ овај систем је издвојен као најповољнији. У низу других истраживања значајно је издвојити упоредну анализу система на бази фотонапонско-когенеративне и фотонапонско-тригенеративне производње енергије постављених у условима истог географског подручја (Nosrat, Swan & Pease, 2013). У истраживању је примјењен фотонапонско-тригенерациони оптимизациони модел (PV-Trigeneration Optimization Model - PVTOM), базиран на генетичком алгоритму (Genetic Algorithm - GA). Кроз резултате симулације и оптимизације показано је да фотонапонско-тригенеративни систем у оптималној конфигурацији има боље перформансе са становишта ефикасности коришћења енергије у односу на фотонапонско-когенеративни систем, а такође и боље перформансе по питању смањења емисије CO₂. Истраживања везана за оптимизацију система за снабдијевања енергијом болнице у Јапану (Kawo & Ooka, 2009), уз примјену технике вишециљног генетичког алгоритма (Multi-Objective Genetic Algorithm – MOGA), указала су на могућност оптимизације структуре уређаја коришћених за непосредно снабдијевање објекта енергијом (гријање, хлађење, топла вода и електрична енергија). Полазећи од перформанси сваког од уређаја, њихове цијене и стварних потреба за енергијом, изабрана је оптимална структура према критеријумима минималне потрошње и цијене енергије. Примјеном постројења за комбиновану производњу топлотне и електричне енергије унутар хибридног система, отворају се више алтернативних могућности по питању избора примјењене технологије, односно примјењеног термодинамичког радног циклуса унутар постројења. Петровић, Миловановић и сарадници (2009), Лончар и сарадници (2009) те Ебрахими и Кашеварз (Ebrahimi & Kashavarz, 2015) у оквиру наведених референци датих у прилогу, наводе више типова таквих постројења. У оквиру

предложене теме нарочито ће се анализирати постројења номиналне снаге до 100 kWe, па су због тога у фокус интересовања стављене Стирлингове машине и постројења са примјеном Органског Ранкиновог циклуса са погоном на биомасу.

Анализа радова релевантних за тему дисертације показала је да су могућности истраживања у подручју оптимизације система са дистрибуираним енергетским ресурсима, као и могућности примјене различитих техника оптимизације широко распрострањене. Моделирање ових система, поред примјене теоретских сазнања и њихове математичке интерпретације, подразумијева и потребу анализирања проблема понашања окружења у којем се систем налази. Евидентно да је велики број истраживања везан за одређено географско подручје, па значај спровођења истих за подручје Републике Српске представља један од кључних циљева који се требају реализовати. У оквиру предложене теме анализираће се и међусобно дјеловање објекта и његове околине. Проблематика везана за ту област истраживана је за подручје Бање Луке кроз докторске дисертације наведене у оквиру референци датих у прилогу (Ђуричковић, 1984 и Тица, 2009). Истраживања везана за потенцијал сунчеве енергије и вјетра на овом подручју су такође у одређеној мјери истраживани. Између осталог може се навести истраживање предвиђања сунчевог зрачења и појаве вјетра за подручје Бање Луке (Думоњић-Миловановић и Гверо, 2013), гдје је анализирано и уклапање ова два ресурса у хибридни систем за производњу електричне енергије. Развијени модел предвиђања омогућио је да се примјеном технике генетичког алгоритама изврши претраживање сложеног простора у проналажењу глобалног минимума, а према критеријуму минималне цијене енергије.

Истраживања у области могућности коришћења ОИЕ на подручју Републике Српске свакако треба наставити, а приједлог за једно такво истраживање произилази и из предложене теме. Имајући у виду општу присутност сунчевог зрачења и могућност коришћења биомасе на цијелој територији Републике Српске, дошло се до одређене да се истраживање базира управо на та два енергетска ресурса, чиме је омогућено развијање модела примјењивог на цијелом подручју. Коришћење потенцијала сунчеве енергије у садејству са постројењима за комбиновану производњу електричне и топлотне енергије са погоном на биомасу представља сегмент који за ово подручје није истражен у довољној мјери. Комплексност предмета истраживања ће доћи до изражаја кроз саму реализацију предложене теме, али ће се настојати да резултати истраживања буду приказани и у форми која је лако читљива и примјењива у фази имплементације оваквих система (параметри оптималне конфигурације се могу изразити у зависности од типа градње, географске локације, као и карактеристике потрошње електричне енергије, топле воде и сл.).

2.2.1. Преглед досадашњих публикација релевантних за предложену тему дисертације:

Преглед досадашњих публикација релевантних за предложену тему истраживања:

- Bazmi, A.A. & Zahedi, G. (2011). Sustainable energy systems: Role of optimisation modeling techniques in power generation and supply - A review, *Renewable and Sustainable Reviews* 15, Elsevier.
- Mancarella, P. (2014). MES (multi-energy systems): An overview of concepts and evaluation models, *Energy* 65, Elsevier.
- Zhou, W., Lou, C., Li, Y., Lu, L. & Yang, H. (2010). Current status of research on

- optimum sizing of stand-alone hybrid solar-wind power generation systems, *Applied Energy* 87, Elsevier.
- Lu, H., Yu, Z., Alanne, K., Zhang, L. Fan, L., Xu, X. & Martinac, I. (2014). Transition path towards hybrid systems in China: Obtaining net-zero exergy district using a multi-objective optimization method, *Energy and Buildings* 85, Elsevier.
 - Kanoglu, M. & Dincer, I. (2009). Performance assessment of cogeneration plants, *Energy Conversion and Management* 50, Elsevier.
 - Swolfs, S. & Haeseldonckx, D. (2012). Technical-economic optimisation of the integration of renewables and combined heat and power systems into electric-vehicle charging infrastructure using linear programming, *9th National Congress on Theoretical and Applied Mechanics, Brussels*.
 - Mehleri, E.D., Sarimveis, H. & Markatos, N.C. (2013). Optimal design and operation of distributed energy systems: Application to Greek residential sector, *Renewable Energy* 51, Elsevier.
 - Nosrat, A.H., Swan, L.G. & Peace, J.M. (2013). Improved performance of hybrid photovoltaic-trigeneration systems over photovoltaic-cogen including effects of battery storage, *Energy* 49, Elsevier.
 - Kayo, G. & Ooka, R. (2009). Application multi-objective genetic algorithm for optimal design method of distributed energy system, *Eleventh International IBPSA Conference, Glasgow*.
 - Ooka, R. & Komamura, K. (2007). Optimal design method for buildings and urban energy systems using genetic algorithms, *Proceedings: Building Simulation*.
 - Geidl, M. & Andersson, G. (2005). *Operational and topological optimisation of multi-carrier energy systems*, Swiss Federal Institute of Technology Zurich, Switzerland.
 - Liu, P., Fu, Y. & Kargarjian Marvasti, A. (2014). Multi-stage stochastic optimal operation of energy-efficient building with combined heat and power systems, *Electric Power Components and Systems* [Computer software and manual], Retrieved December 23, 2014, from <http://dx.doi.org/10.1080/15325008.2013.862324>.
 - Varun, Bhat, I.K. & Prakash, R. (2009). LCA of renewable energy for electricity generation systems – A review, *Renewable and Sustainable Reviews* 13, Elsevier.
 - Mellit, A., Kalogirou, S.A., Hontoria, L. & Shaari, S. (2009). Artificial intelligence techniques for sizing photovoltaic systems: A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13, Elsevier.
 - Cadorin, M., Ruggero Spina, P. & Venturini, M. (2010). Feasibility analysis of micro-CHP systems for residential building applications, *Proceeding of Ecos 2010, Lausanne*.
 - Duan, C., Wang, X., Shu, S., Jing, C. & Chang, H. (2014). Thermodynamic design of Stirling engine using multi-objective particle swarm optimisation algorithm, *Energy Conversion and Management* 84, Elsevier.
 - Brandoni, C. & Renzi, M. (2015). Optimal sizing of hybrid solar micro-CHP systems for the household sector, *Applied Thermal Engineering* 75, Elsevier.
 - Iremescu, A. & Lelea, D. (2010). Thermodynamic analysis of gas turbine powered cogeneration systems, *Journal of Scientific & Industrial Research*.
 - Uzunescu, K., Popescu, G., Panait, T. & Dragan, M. (2011). Thermodynamic analysis of Stirling engine used as prime mover in a CCHP biomass system, *Revista Termotehnica*.
 - Maraver, D., Quoilin, S. & Royo, J. (2014). Optimisation of biomass-fuelled combined cooling, heating and power (CCHP) systems integrated with subcritical or

- transcritical organic Rankine cycles (ORCs), *Entropy* 2014, 16, 2433-2453.
- Srihirin, P., Aphornratana, S. & Chungpaibulpatana, S. (2001). A review of absorption refrigeration technologies, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 5, Elsevier.
 - Adhikari, R.S., Aste, N. & Manfren, M. (2012). Optimisation concepts in district energy design and management – A case study, *Energy Procedia* 14, Elsevier.
 - Brandoni, C. & Renzi, M. (2015). Optimal sizing of hybrid solar micro-CHP systems for the household sector, *Applied Thermal Engineering* 75, Elsevier.
 - Park, S.R., Pandey, A.K., Tyagi, V.V. & Tyagi, S.K. (2014). Energy and exergy analysis of typical renewable energy systems, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 30, Elsevier.
 - Ebrahimi M. & Kashavarz A. (2015). *Combined Cooling, Heating and Power*, Elsevier.
 - Марковић, Д., Фуртула, С. и Јовковић, Б. (2012). Компаративна анализа развоја и имплементације когенеративних система у ЕУ и Републици Србији, УДЦ: 620.9.001.6, *Енергија, економија, екологија, Лист савеза енергетичара Србије, Број 5, Београд, стр. 35-45.*
 - Петровић, П., Миловановић, З., Милановић, Д., Кнежевић, Д., Котур, М., Тица, Г. и Папуга, С. (2009). *Анализа могућности перспективе коришћења когенерације и тригенерације у Републици српској*, Универзитет у Бањој Луци, Машински факултет Бања Лука, Научно-истраживачки пројекат суфинансиран од стране Министарства науке и технологије.
 - Ђуричковић, В. (1984). *Топлификациони систем као сложен вјероватносни систем*, Докторска дисертација, Универзитет у Бањој Луци, Машински факултет.
 - Тица, Г. (2009). *Прилог изучавању међусобног дјеловања хлађеног објекта и његове околине*, Докторска дисертација, Универзитет у Бањој Луци, Машински факултет.
 - Dumonjić-Milovanović, S. & Gvero, P. (2013). Optimization of hybrid systems for electricity production based on wind and sun energy conversion with analysis of its applicability on Banjaluka region, *DEMI 2013, International Conference on Accomplishments in Electrical and Mechanical Engineering and Information Technology, Banja Luka, pp. 749-754.*
 - Lončar, D., Krajačić, G. i Vujanović, M. (2009). *Podrška developerima – primjeri najbolje prakse za kogeneraciju na drvnu biomasu*, Centar za transfer tehnologije – СТТ i Hrvatska banka za obnovu i razvitak, Renewable Energy Resources Project No. P071464.
 - Pavlović, T., Milosavljević, D. & Pirsl, D. (2013). Simulation of photovoltaic systems electricity generation using HOMER software in specific locations in Serbia, *Thermal Science, Vol. 17, No. 2, pp. 333-347.*

2.3. Радна хипотеза са циљем истраживања

До рјешења постављеног проблема у докторској дисертацији, која се односи на оптимизацију система са дистрибуираним енергетским ресурсима у подручју снабдијевања енергијом стамбено-пословних објеката, доћи ће се кроз разраду следећих хипотеза:

- Развојем модела предвиђања утицаја климатских параметара на потрошњу енергије за гријање и хлађење у објектима одређеног типа градње, могуће је успоставити зависности излазних параметара утрошка енергије од улазних параметара окружења;
- Избор карактеристичног радног циклуса унутар сваке компоненте енергетског система и његових радних параметара, у интеракцији система и референтног окружења, утиче на способност претварања енергије у рад (ексергијску ефикасност) и може се оптимизирати;
- Примјеном одговарајућег еволуцијског алгоритма уз коришћење модела предвиђања рада сваке компоненте енергетског система у односу на референтно окружење и економских параметара могуће је одредити оптималну конфигурацију система.

Циљ истраживања у оквиру редложене теме је оптимизација у сврху избора оптималног система са дистрибуираним енергетским ресурсима за задовољење потреба за енергијом у стамбено-пословним објектима. Овај циљ се планира остварити кроз истраживање ексергијске ефикасности и економске оправданости примјене система за дефинисане случајеве. Ова два критерија оптимизације у самој поставци нису екомпатибилни, јер се односи цијена и ексергијске ефикасности различитих технологија по правилу не могу превести у облик математички интерпретиране зависности, али нису и нужно супростављени. Основни задатак оптимизације јесте проналажење компромиса с обзиром на значај појединачних карактеристика, а кроз дефинисање скупа прихватљивих и одрживих рјешења за могућу имплементацију.

2.4. Материјал и метод рада

У доказивању постављених хипотеза могу се издвојити три основне цјелине, које обухватају почетни преглед литературе и доступних истраживања у области, анализу и постављање оптимизованог метода у конкретном случају, те анализу добијених резултата и закључак. У оквиру прегледа литературе анализираће се досадашња истраживања у области примјене дистрибуираних енергетских ресурса у стамбено-пословним објектима. Након проведене анализе биће дефинисан приједлог алгоритма за оптимизацију, прилагођеног датим активностима и специфичностима које важе за овакве системе на подручју изабране макролокације. Након тог корака требали би бити дефинисани одређени показатељи који ће одражавати и пратити укупну ефективност, расположивост, одрживост, учинак и квалитет реализације активности на анализираним системима у току њихове експлоатације. Сакупљање података према предложеном плану рада реализоваће се у почетној фази израде дисертације. Предмет истраживања у овој фази јесте типичност изабраних географских подручја у погледу интензитета основних климатских параметара, те анализа њиховог утицаја на стварне потребе објеката за енергијом гријања/хлађења,

што у овој ситуацији има експериментално значење

Такође, кроз реализацију предложене теме истраживања, на бази доступних теоријских сазнања, детаљно ће се образложити цјелине које се односе на анализу примијењених технологија, природу присутних процеса и појава, те моделе који их описују и који се могу примијенити у оптимизацији и рјешавању постављеног проблема.

У процесу доказивања постављених хипотеза примјењиваће се различити приступи рјешавању проблема. Када је у питању рјешавање проблема утицаја климатских параметара на потрошњу енергије за гријање и хлађење у објектима одређеног типа градње, због њихове стохастичке природе развијаће се модел предвиђања климатских параметара базиран на подацима просјечних вриједности и вјероватносним расподјелама, те случајном сценарију њихове појаве у континуираном временском раздобљу. Примјеном теоретских сазнања из области преноса топлоте предвидјеће се зависност излазних параметара утрошка енергије од улазних параметара окружења. Избором више типова карактеристичног радног циклуса унутар сваке компоненте енергетског система, те систематичном промјеном њихове структуре, анализираће се укупна ексергијска ефикасност система за разне комбинације. У тој фази разраде извршиће се и моделирање процеса унутар система, са циљем дефинисања економске изводљивости, а затим и утврђивање интеракције система и референтног окружења, имајући у виду квантитативну заступљеност сваке компоненте система у интегрисаном моделу. Коришћењем одговарајућег еволуционог алгорита дефинисаће се скуп рјешења, који са становишта постављених критерија одлучивања представљају оптимална рјешења. Развијени приступ оптимизацији оваквих система примијениће се на неколико географских локација на подручју Републике Српске, Босне и Херцеговине или региона, кроз студије случаја, уз коришћење података о просјечним вриједностима основних климатских параметара.

Развој дигиталних рачунарских система омогућава реализацију веома сложених задатака, који у својој основи имају проблематику моделирања сложених апстрактних система и симулације процеса у њима.

У току истраживања примјењиваће се следеће методе научног рада и истраживања:

- метода анализе, које ће се примијенити у почетној фази истраживања,
- општенаучне методе за обраду улазних батза података (статистичке методе, математичко моделирање, рачунарска симулација, и сл.);
- метода дескрипције, користиће се за описивање релевантних сазнања и резултата до којих се дошло досадашњим истраживањима, с циљем доказивања полазне хипотезе истраживања,
- метода индукције, примјењиваће се да се из великог броја познатих примјера успјешне практичне примјене различитих модела коришћења дистрибуираних енергетских ресурса изаберу они најзначајнији за извлачење општих закључака о моделима који се могу користити за регион Бања Луке,
- метода моделовања, користиће се приликом пројектовања побољшаних модела за коришћење дистрибуираних енергетских система за конкретну макро и микролокацију,

- методе оптимизације, уз претходно дефинисане критеријуме за оптимизацију;
- методе вишекритеријалног одлучивања (већи број критеријума, које мора креирати доносилац одлуке, велика вјероватноћа постојања конфликта између критеријумима, непоредиве (различите) јединице мјере (по правилу сваки критеријум има различите јединице мјере), као и пројектовање или избор најоптималнијих концепција на унапријед утврђеном простору);
- метода синтезе, користиће се у завршном дијелу истраживања, при анализи резултата истраживања и доношењу закључака,
- студија случаја.

2.5. Научни допринос истраживања

Подручје које ће се истраживати у оквиру ове дисертације има тенденцију раста интензитета истраживања са стране научне јавности, као и врло јасну потребу стручне јавности и енергетског сектора. Истраживање ће обухватити више области које се односе на ефикасност зграда, гријање и климатизацију, термотехничке системе, математичко моделирање и примјену оптимизационих техника. Улазни подаци, који ће се користити реализацију предложене теме, обухватају податке везане за основне климатске параметре (сунчево зрачење и температура) за више географских подручја на простору Републике Српске, Босне и Херцеговине и региона. С циљем добијања временске расподјеле климатских података, биће развијени одређени апликациони рачунарски програми, а добијени резултати ће се упоређивати са просјечним дневним вриједностима које нуди база података PVGIS или друге доступне базе података.. На основу доступних теоријских сазнања из области истраживања, у првој години реализације докторске дисертације биће дефинисани и развијени неопходни модели, гдје ће резултати симулација процеса дати основне зависности параметара. Проблематика оптимизације биће рјешена кроз избор и примјену одговарајућег алгоритма, што ће заједно са анализом резултата бити реализовано у току друге године израде докторске дисертације. Очекивани резултати истраживања требају дати значајан допринос рјешавању конкретних практичних проблема у области примјене дистрибуираних енергетских ресурса за конкретни регион, те послужити као алат за одлучивање у реализацији оваквих пројаката у конкретним ситуацијама. Сагледавање свих могућности практичне примјене предложеног алгоритма оптимизације на бази утврђених критеријумима за оптимизацију, треба допринијети унапријеђењу постојеће праксе постизања одрживости и веће ефикасности њихове експлоатације.

2.6. Подобност кандидата

Кандидат у својству аутора и коаутора има у свом досадашњем раду више објављених научних и стручних радова, што га кандидује за реализацију поступка израде докторске дисертације.

2.7. Биографски подаци, научна и стручна дјелатност предложеног ментора

- **Др Петар Гверо, ванредни професор**, Универзитет у Бањој Луци, Машински факултет Бања Лука, Ужа научна област: Термотехника

Др Петар Гверо је рођен 30.01.1966. године. Основне студије завршио је 1992. године на Машинском факултету у Бањој Луци, гдје је стекао звање дипломираног инжењера машинства. Специјалистичке студије завршио је на Машинском факултету у Београду 1994. године, а постдипломске студије на истом факултету 1997. године, одбраном магистарског рада под називом „Истраживање кинетике ослобађања горивих испарљивих материја дрвета“, ужа научна област Термомеханика - сагоријевање. Научно звање доктора наука стекао је 2003. године, на Машинском факултету у Београду, одбраном докторске тезе под називом „Моделирање процеса деволатилизације биомасе“, ужа научна област Термомеханика - сагоријевање. Од 1995. године ради на Машински факултету Бања Лука, Универзитет у Бањој Луци, гдје је и данас запослен као ванредни професор на Катедри за термотехнику Машинског факултета Бања Лука. Током реализације докторске дисертације провео је мјесец дана на TU Graz, Аустрија. Током 2005. године боравио је у Јапану на ЈСА програму усавршавања "CDM/JI Механизми Кјото протокола". У досадашњем раду учествовао је у реализацији више сложених задатака, који подразумевају познавање вјештина пројектовања опреме и моделирања процеса пиролизе и сагоријевања биомасе, комплексних анализе процеса сагоријевања у термоелектранама, примјене обновљивих извора енергије за гријање у индустријском и стамбеном сектору, мониторинга квалитета ваздуха и емисија, термодинамичких анализа процеса у топланама, когенерацијским постројењима и расхладним постројењима, CDF моделирања, Cost benefit анализе и сл. Учествовао је или координирао испред Универзитета у Бањој Луци на EU FP6, FP7 научно-истраживачким пројектима, као и TEMPUS пројектима које финансира ЕУ, као и HERD пројекту који финансира Влада Норвешке. Учествовао је у реализацији неколико пројеката за Босну и Херцеговину, финансираних од стране ЕУ (сарадња са GIZ, UNDP и другим међународним организацијама). Члан је више професионалних струковних удружења, као што су Adria Section of Combustion Science Institute, FP7- Програмски комитет за енергију за Седми оквирни програм у име БиХ, сада је члан програмског комитета за сектор енергије испред Босне и Херцеговине за ЕУ програм Horizont 2020, Одбор за енергетску ефикасност Савеза општина и градова Републике Српске и предсједник савјета за климатске промјене града Бања Лука. Члан је регионалног уређивачког одбора научног часописа Thermal Science, који издаје Друштво термичара Србије и који се налази на SCI листи. Објавио је преко 60 научних и стручних радова у часописима и на научно-стручним скуповима у земљи и иностранству. Учествовао је у реализацији више од 60 пројеката и студија за потребе индустрије и друштвене заједнице. У наставку је дат преглед дијела објављених научних и стручних радова.

2.8. Изјава да ли је пријављена тема под истим називом на другој високошколској институцији

Кандидат је дао изјаву да пријављена тема докторске дисертације под овим истим називом није пријављена на другој високошколској институцији.

2.9. Процјена потребног времена израде дисертације, мјесто истраживања

Планирано је да се укупна процедура израде и одбране докторске дисертације заврши до септембра 2018. године, у складу са важећим Законом о високом образовању. С обзиром на прегледану пријаву дисертације, врсту проблема и његов обим којим ће се кандидат позабавити, реално је очекивати да се рад на изради ове докторске дисертације може завршити у року од 30 мјесеци.

3. ОЦЈЕНА И ПРИЈЕДЛОГ

Након што је прегледала Пријаву теме за израду докторске дисертације и извршила увид у досадашњи научно-истраживачки рад, биографију кандидата и библиографију објављених радова Комисија констатује да мр Светлана Думоњић-Миловановић испуњава све услове да може да приступи изради докторске дисертације у складу са важећим прописима, а посебно са чланом 58. Закона о универзитету и Статутом Универзитета у Бањој Луци.

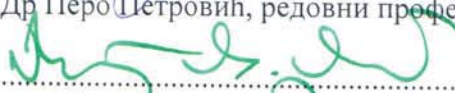
Предложена тема за израду докторске дисертације је актуелна, недовољно истражена и значајна, како са научног становишта, тако и са становишта примјене добијених резултата у пракси. Комисија сматра да постоје реални услови да кандидат у даљем истраживању успјешно реализује постављене циљеве и добије значајне оригиналне резултате. Предложена тема докторске дисертације "*Оптимизација коришћења дистрибуираних енергетских ресурса у стамбено-пословним објектима*" кандидата мр Светлане Думоњић-Миловановић, дипл.инж.маш. задовољава све критерије за пријаву теме докторске дисертације.

На основу детаљне анализе Пријаве теме за израду докторске дисертације Комисија упућује позитивну оцјену Наставно-научном вијећу Машинског факултета у Бањој Луци и Сенату Универзитета у Бањој Луци, те предлаже да се ова оцјена прихвати и кандидату Светлане Думоњић-Миловановић, дипл.инж.маш. одобри израда докторске дисертације под измијењеним називом "*Оптимизација коришћења дистрибуираних енергетских ресурса у стамбено-пословним објектима*".

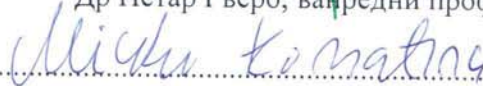
За ментора се предлаже др Петар Гверо, ванредни професор Машинског факултета Универзитета у Бањој Луци.

ПОТПИС ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ


.....
Др Перо Петровић, редовни професор, предсједник



.....
Др Петар Гверо, ванредни професор, члан



.....
Др Мирко Коматина, редовни професор, члан

ИЗДВОЈЕНО МИШЉЕЊЕ: Члан комисије који не жели да потпише извјештај јер се не слаже са мишљењем већине чланова комисије, дужан је да унесе у извјештај образложење, односно разлоге због којих не жели да потпише извјештај.