

**НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ ФАКУЛТЕТА ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА
ВЕЋУ ЗА ТЕХНИЧКО-ТЕХНОЛОШКЕ НАУКЕ УНИВЕРЗИТЕТА У КРАГУЈЕВЦУ**

На седници Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука у Крагујевцу одржаној 21.10.2021. године (број одлуке 01-1/3545-6) и на седници Већа за техничко-технолошке науке одржаној 10.11.2021. године (број одлуке IV-04-884/22) којом смо одређени као чланови Комисије за подношење извештаја за оцену научне заснованости теме и испуњености услова кандидата за израду докторске дисертације:

Енергетско планирање климатски неутралних градова

у научној области **машинско инжењерство** кандидаткиње **Јелене Николић, маг. инж. маш.** На основу података којима располажемо достављамо следећи

ИЗВЕШТАЈ

ФАКУЛТЕТ ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА
УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ

Бр. 01-1 | 4224

3.12. 2024 год.

КРАГУЈЕВАЦ

1. Научни приступ проблему предложеног нацрта докторске дисертације и процена научног доприноса крајњег исхода рада

У предложеној пријави докторске дисертације, кандидаткиња је образложила предмет истраживања, наводећи актуелност и значај истраживања у области енергетског планирања климатски (CO₂) неутралних градова.

Употреба енергије је главни узрок емисије угљен-диоксида (CO₂), гаса са ефектом стаклене баште, једног од најзначајнијих узрочника климатских промена. Према подацима Међународне енергетске агенције (IEA), потрошња примарне енергије се, од 1990. године до сада, повећала за 62,91%¹. Како већина светске популације живи у урбаним срединама, активности у којима се енергија користи су претежно концентрисане у градовима, који су одговорни за 75% укупно потрошене примарне енергије у свету. Глобално снабдевање енергијом још увек почива на употреби фосилних горива (84% укупне примарне енергије), иако је познато да њихова употреба доводи до великог еколошког отиска. Фосилна горива не узрокују само високе емисије CO₂, већ и загађење животне средине током процеса екстракције, због чега су промене енергетских система ка ниско-угљеничним нужне. Са тим у вези, у ублажавању последица глобалног загревања, енергетске акције на нивоима градова (локалних самоуправа) имају изузетну важност. На путу енергетских транзиција, промовисање и повећање употребе обновљивих извора енергије (ОИЕ) представља главни корак. Поред позитивног утицаја на животну средину, прелазак на овакав начин снабдевања енергијом обезбеђује и сигурно снабдевање енергетског сектора. На примеру градова, који су се укључили у креирање стратегија за трансформисање система за снабдевање енергијом, може се закључити да је овај процес дуготрајан и да, поред експертизе,

¹ <https://www.iea.org/>

захтева значајну количину финансијских улагања. Стога, одрживо планирање енергетских система, поред избора најбољих доступних технологија, узима у обзир и економске, друштвене и параметре животне средине и као такво представља кључну фазу за постизање одрживости. Добро испланирано повезивање више одрживих решења може имати позитивне последице, чак и у земљама и градовима који почивају на употреби фосилних горива.

Сходно свему наведеном, може се закључити да постоје потребе за дефинисањем методологије енергетског планирања климатски неутралних градова, којом би се омогућило стварање одрживих енергетских система будућности. Резултати рада на предложеној дисертацији могу омогућити доносиоцима одлука олакшано планирање будућих енергетски одрживих градова, кроз учествовање више заинтересованих страна и дефинисање оптималног сценарија. Поред тога, како су енергетске потребе и енергетски потенцијали специфични за сваку земљу, подаци о студији случаја су од изузетне важности.

Очекивани научни доприноси предложене докторске дисертације кандидаткиње Јелене Николић су:

- приказ и систематизација резултата у подручју досадашњих истраживања,
- нова методологија за постизање климатске неутралности града,
- испитивање енергетског потенцијала и могућности креирања одрживих енергетских заједница у одређеном граду, чиме би се допринело проширивању „каталога знања“ у области одрживог енергетског развоја.

Приложени предлог докторске дисертације садржи све елементе који су потребни да би се у изради докторске дисертације дао научни допринос, значајан за даљи развој научних истраживања у области енергетског планирања градова.

Веза са досадашњим истраживањима

Увидом у радове објављене у научним и стручним часописима, као и радове објављене на међународним конференцијама, може се закључити да је Јелена Николић радила истраживања у области примене обновљивих извора енергије, повећања енергетске ефикасности и смањења емисије угљен-диоксида у стамбеним и у јавним зградама. Рад у оквиру ове дисертације омогући ће кандидату да оствари континуитет у свом научно-истраживачком раду.

Кандидаткиња је прикупила и анализирала велики број досадашњих публикација, представљених у међународним часописима и конференцијама. Предстојећа истраживања кандидаткиње у области енергетског планирања, ослањала би се на следећа истраживања:

(Wang et al., 2020) су приказали поређење модела енергетске транзиције кроз време и нове концепте енерго-еколошких оквира у земљама које предњаче у усвајању принципа одрживости. Према раду, глобални процес енергетских транзиција се може поделити у четири категорије (1890-1970;1970-1980;1980-2000;2000-сада). Процес

енергетске транзиције у ком се човечанство тренутно налази је засновано на добром урбанистичком планирању, индустријским трансформацијама, новим организационим моделима и заштити животне средине. Аутори напомињу да се је стога неопходан научни допринос како би се енерго-еколошки менаџмент у урбаним срединама окренуо концепту који подразумева смањење емисије угљен-диоксида ².

Могућност достизања енергетске будућности без емисије CO₂ у Аустралији анализирали су (Lu et al., 2021). У раду су испитиване будуће енергетске потребе и, у складу са тим, предложена су три сценарија у којима се посматрала могућност формирања одвојених енергетских мрежа за регионе; креирање „супер мреже“ која подразумева спајање више региона у интегралну енергетску мрежу; и стварање „паметне мреже“ која поред спајања енергетских потреба региона укључује и примену батерија за складиштење енергије. Формирањем супер мреже смањују се разлике у временским условима дуж континента, чиме се смањује потреба за складиштењем енергије. Резултати су показали да се овим концептом може редуковати емисија гасова са ефектом стаклене баште за 80% ³.

(Connolly et al., 2016) су у свом раду развијали методологију за постизање европског енергетског система заснованог на употреби само ОИЕ и формирању интелигентне енергетске мреже. За потребе енергетских анализа, аутори су користили софтверски пакет EnergyPLAN. У анализираном сценарију постиже се систем у коме се не користе фосилна горива, нема увоза енергије и емисија угљен-диоксида је мања од 1%. Главне технологије које су предложене за употребу у овом процесу су соларна и енергија ветра, енергетска ефикасност, употреба електричних возила, индивидуалних топлотних пумпи, даљинског грејања, гасификације, електролизе и енергетских складишта. Резултати рада указују да смањење емисије CO₂ за 80% у односу на емисију из 1990. године, поскупљује укупни трошак енергетских система за 3% у поређењу са системима који користе фосилна горива, док се приликом преласка на потпуну употребу ОИЕ процењује поскупљење од 12%. Напомиње се да ове процене нису коначне, јер прелазак на децентрализоване енергетске системе ствара могућност за отварање нових радних места ⁴.

Постизање CO₂ неутралне Југоисточне Европе уз употребу само обновљивих извора енергије (Dominković et al., 2016) су анализирали употребом софтвера EnergyPLAN. Резултати су постигнути уз прикупљање података о потенцијалима обновљивих енергетских изворима у свим земљама овог дела Европе. Показало се да је достизање сценарија могуће само интеграцијом свих енергетских система, уз повећавање њихове ефикасности. Полазиште при анализи будућег енергетског система засновано је на

² Wang, C., Zhan, J., & Xin, Z. (2020). Comparative analysis of urban ecological management models incorporating low-carbon transformation. *Technological Forecasting and Social Change*, 159, 120190. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120190>

³ Lu, B., Blakers, A., Stock, M., Cheng, C., & Nadolny, A. (2021). A zero-carbon, reliable and affordable energy future in Australia. *Energy*, 220(119678). <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.119678>

⁴ Connolly, D., Lund, H., & Mathiesen, B. V. (2016). Smart Energy Europe: The technical and economic impact of one potential 100% renewable energy scenario for the European Union. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60, 1634–1653. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.02.025>

одрживој употреби биомасе. Како снабдевање електроенергетског система добрим делом почива на употреби хидроенергије, аутори рада су спровели и анализу осетљивости у којој су показали да се повећана употребе биомасе у сушним периодима, када је смањен потенцијал водених токова, надомешћује њеним смањеним коришћењем током кишних периода ⁵.

Енергетску транзицију у Југоисточној Европи, на примеру румунског енергетског система, анализирали су (Koltsaklis et al., 2020). Систем је анализиран применом линеарног програмирања за креирање оптималног решења за оперативно вођење електроенергетског система, са циљном функцијом минималних трошкова. Оптимални енергетски сценарио је добијен итеративним поступцима за три кључне године (2020., 2030., 2040.) при чему резултати из једне кључне године представљају улазне податке за наредну годину. Како је Румунија на путу затварања термоелектрана до 2040. године, надокнада количине енергије која је у њима генерисана се може постићи само уколико се примена ОИЕ и више него удвостручи у периоду између 2020. и 2040. године. Иако се у посматраном периоду очекује отварање нових постројења на природни гас, применом предложеног система се може смањити емисија CO₂ за 87% у анализираном периоду и напомиње се да приликом постизања оваквог стања велики значај имају таксе на угљеник ⁶.

(Chaudry et al., 2021) су креирали модел енергетског снабдевања у једном региону у Енглеској, тако да, у складу са циљевима предвиђеним за 2050. годину, нема емисије CO₂. За потребе рада коришћен је принцип анализе на више нивоа (укључујући пренос, дистрибуцију и остало) који је резултирао енергетским, емисионим и финансијским билансима. Анализе су показале да, на примеру посматраног региона, електрификација сектора грејања и хлађења представља најисплативији начин смањења емисије угљендиоксида, али да захтева значајне промене постојећих инфраструктура. Аутори су истакли значај укључивања доносиоца одлука при усвајању мера за смањење трошкова које ове иницијалне промене енергетског система захтевају, јер се само тако могу остварити несметане промене ка CO₂ неутралности ⁷.

(Ćosić et al., 2012) су анализирали енергетски систем који се заснива на потпуној употреби обновљивих изора енергије у Македонији, применом софтвера EnergyPLAN. Модел је направљен балансирањем енергетских и топлотних потреба у свим секторима и анализом је утврђено да је постизање поменутог сценарија могуће само уз високо искоришћење биомасе, соларног и ветро потенцијала и применом различитих технологија за складиштење енергије. Напомиње се да енергетска ефикасност представља основни предуслов за постизање жељеног стања, јер се само њеним

⁵ Dominković, D. F., Bačeković, I., Ćosić, B., Krajačić, G., Pukšec, T., Duić, N., & Markovska, N. (2016). Zero carbon energy system of South East Europe in 2050. *Applied Energy*, 184, 1517–1528. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.03.046>

⁶ Koltsaklis, N. E., Dagoumas, A. S., Seritan, G., & Porumb, R. (2020). Energy transition in the South East Europe: The case of the Romanian power system. *Energy Reports*, 6, 2376–2393. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2020.07.032>

⁷ Chaudry, M., Jayasuriya, L., & Jenkins, N. (2021). Modelling of integrated local energy systems: Low-carbon energy supply strategies for the Oxford-Cambridge arc region. *Energy Policy*, 157, 112474. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112474>

унапређењем могу генерисати довољне количине енергије из ОИЕ. На основу анализе тренутног стања енергетског сектора и предвиђања у вези будућег енергетског система, аутори су закључили да је генерисање 50% енергије из ОИЕ реалнији сценарио за Македонију ⁸.

Променом EPLANopt модела анализу енергетске транзиције испитивали су (Prina et al., 2020). Циљ њиховог рада огледа се у креирању енергетског модела у складу са акционим планом до 2030. године у Италији, чиме су утврђени енергетски циљеви и укупни трошкови енергетског система. Оптимизација будућег сценарија дефинисана је у функцији од минималних трошкова и емисије CO₂. Утврђено је да се може постићи смањење од 10% у емисији гасова, уколико цена трошкова енергетског система остане непромењена ⁹.

Батас-Бјелић (2016) је у докторској дисертацији планирао будући одржив енергетски систем Републике Србије, заснованом на усаглашавању енергетске политике Европске Уније и Србије до 2030. године. За потребе својих анализа, аутор рада је креирао спрегнуту методу на бази симулација у којој је користио софтвере EnergyPLAN и GENOPT. Будући енергетски систем је оптимизован у зависности од укупних трошкова који укључује и монетизацију емисије гасова (плаћање угљеничних такси). У закључним разматрањима рада је истакнуто да разрада будућих система на локалном нивоу захтева моделирање додатних аспеката локалног енергетског планирања, која би омогућила реализацију и управљање системом спровођења плана из аспекта ефективне политике ¹⁰.

(Icaza et al., 2021) су, применом EnergyPLAN-а, испитивали могућност промене енергетског система града у Еквадору. За постизање енергетског система у коме се генерише енергија из обновљивих енергетских извора је потребно размотрити више периода. У таквом приступу 2050. година представља годину у којој, као резултат претходних активности, треба да настане систем у коме се не користе необновљиви енергетски извори. Иако у раду нису анализирани државне регулативе, претпоставља се да би до њиховог успостављања долазило са напретком енергетске транзиције. Аутори истичу да је анализирано стање комплексан социо-економски процес и да је потребно предузети више мера за његово постизање и да се свака мера мора размотрити из аспекта више заинтересованих страна, тако да се ни на који начин негативно не одрази на услове живота ¹¹.

⁸ Ćosić, B., Krajačić, G., & Duić, N. (2012). A 100% renewable energy system in the year 2050: The case of Macedonia. *Energy*, 48(1), 80–87. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2012.06.078>

⁹ Prina, M. G., Manzolini, G., Moser, D., Vaccaro, R., & Sparber, W. (2020). Multi-Objective Optimization Model EPLANopt for Energy Transition Analysis and Comparison with Climate-Change Scenarios. *Energies*, 13(12), 3255. <https://doi.org/10.3390/en13123255>

¹⁰ Батас-Бјелић, И. (2016). *Спрегнута метода за оптимално планирање одрживих енергетских система на бази симулација.*, докторска дисертација, Универзитет у Београду.

¹¹ Icaza, D., Borge-Diez, D., & Galindo, S. P. (2021). Proposal of 100% renewable energy production for the City of Cuenca- Ecuador by 2050. *Renewable Energy*, 170, 1324–1341.

<https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.02.067>

(Menapace et al., 2020) су приказали нови приступ у анализи могућности за постизање града у коме се користе само обновљиви енергетски извори. Комбинујући различите конфигурације енергетских система, добијених у EnergyPLAN са вишекритеријумском анализом у Matlab радном окружењу, дефинисан је најбољи сценарио са техничког аспекта. Развијена методологија локалног енергетског планирања је приказана на примеру италијанског града и показано је да је, применом оптималног решења, могуће постићи одржив град у овом делу Европе ¹².

(Thellufsen et al., 2020) су представили методологију у којој су посматрали могућност формирања паметне енергетске мреже у којој се користе ОИЕ у граду. Основна разлика у методолошком приступу представљеном у овом раду, у односу на претходне радове, се огледа у томе да је град посматран као део комплетног енергетског система државе, а не као засебна целина. Методологија је примењена на граду у Данској, за будући енергетски систем дефинисан у зависности од броја становника и равномерне расподеле свих енергетских потреба. За испитивање енергетског система и његово поређење са базним сценаријом коришћен је софтвер EnergyPLAN. У раду је дефинисан оптималан енергетски сценарио који ће омогућити сигурно енергетско снабдевање ¹³.

(Ullah et al., 2021) су у свом прегледном раду представили анализу 23 студије случаја у жељи да одреде утицај технолошких достигнућа у процесу постизања заједница без емисија CO₂. За сваки анализирани град приказане су коришћене технологије, начини производње и складиштења енергије, на основу чега су изведени закључци о утицају поменутих технологије на смањење потрошње енергије и емисије гасова, као и додатни предлози за унапређење постојећих мера. Неуспешно остваривање замишљеног концепта настаје као последица неадекватне и неприлагођене употребе технологија за производњу енергије, недостатку система за контролу и праћење и недостатак микро енергетских мрежа на нивоу посматране заједнице. У закључку рада се наводи да правилан одабир мера за постизање CO₂ неутралне заједнице зависи и од климатских фактора у којима се она налази и оне се не могу униформно посматрати за свако подручје ¹⁴.

(Hansen et al., 2019) су у прегледном раду указали на недостатке досадашњих истраживања у области постизања енергетских система који користе само ОИЕ. Истакнуто је да се при оваквим анализама често посматра само један енергетски сектор, а да се прави увид у реално стање може остварити само кроз синтезу свих енергетских сектора. При овом процесу се никако не смеју занемарити могуће уштеде у свим сегментима потрошње и да се тек таквим енергетским потребама треба

¹² Menapace, A., Thellufsen, J. Z., Pernigotto, G., Roberti, F., Gasparella, A., Righetti, M., Baratieri, M., & Lund, H. (2020). The design of 100 % renewable smart urban energy systems: The case of Bozen-Bolzano. *Energy*, 207, 118198. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.118198>

¹³ Thellufsen, J. Z., Lund, H., Sorknaes, P., Østergaard, P. A., Chang, M., Drysdale, D., Nielsen, S., Djørup, S. R., & Sperling, K. (2020). Smart energy cities in a 100% renewable energy context. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 129, 109922. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.109922>

¹⁴ Ullah, K. R., Prodanovic, V., Pignatta, G., Deletic, A., & Santamouris, M. (2021). Technological advancements towards the net-zero energy communities: A review on 23 case studies around the globe. *Solar Energy*, 224, 1107–1126. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2021.06.056>

испитивати могућност за креирање будућег енергетског система. До сада су анализирани само одређени делови света и истиче се значај даљих испитивања, са посебним освртом на анализу у градовима ¹⁵.

(Gomez Echeverri, 2018) је испитивао брзу декарбонизацију у градовима, с обзиром да зграде, транспортни сектор, отпад и отпадне воде имају највећи потенцијал за смањење емисија и да се у њих исплати инвестирати. Аутор истиче да је главни проблем код доношења одлука заправо недостатак институција у којима се све интересне групе, укључујући стручна лица, политичаре и представнике локалних заједница окупљају како би покренули заједнички рад на регулативама и одабира инвестиција. Напомиње се да је постизање декарбонизације у градовима могуће искључиво заједничким деловањем свих заинтересованих страна, и да је потребно обезбедити опсежне информације о економским аспектима у раној фази планирања стратегије ¹⁶.

Нови град који почива на поменутиим начелима зеленог дизајна, одрживости и без емисије приказан је у раду (Griffiths & Sovacool, 2020). Аутори су приказали развојни пут града Масдар у Уједињеним Арапским Емиратима. Током формирања града, дошло је смањења буџета, што је допринело продужетку времена имплементације идеје са 8 на више од 20 година. На основу свега приказаног, може се закључити да постизање оваквих система захтева добро планирање сваког размотреног корака и да се промене не могу догодити у кратком временском периоду јер су финансијски врло интензивне и укључују више заинтересованих страна ¹⁷.

(Bortoluzzi et al., 2021) су кроз анализу 142 објављена рада испитивали актуелност примене вишекритеријумске анализе у областима енергетског планирања. У последњим годинама број публикација са овом темом је у значајном порасту, јер овакав приступ омогућава доносиоцима одлука да лакше организују проблем и стекну утисак о кључним индикаторима ¹⁸.

(Prina et al., 2019) су развили нови методолошки оквир за оптимизацијом резултата генерисаних у EnergyPLAN-у, применом EPLANoptTP модела, за вишекритеријумску оптимизацију. Нови модел детерминише најбољи пут за остваривање будућих енергетских сценарија, али одређује и оптимално време за проширивање процеса декарбонизације, у зависности од економских показатеља ¹⁹.

¹⁵ Hansen, K., Breyer, C., & Lund, H. (2019). Status and perspectives on 100% renewable energy systems. *Energy*, 175, 471–480. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.03.092>

¹⁶ Gomez Echeverri, L. (2018). Investing for rapid decarbonization in cities. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 30, 42–51. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2018.02.010>

¹⁷ Griffiths, S., & Sovacool, B. K. (2020). Rethinking the future low-carbon city: Carbon neutrality, green design, and sustainability tensions in the making of Masdar City. *Energy Research & Social Science*, 62, 101368. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2019.101368>

¹⁸ Bortoluzzi, M., Correia de Souza, C., & Furlan, M. (2021). Bibliometric analysis of renewable energy types using key performance indicators and multicriteria decision models. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 143, 110958. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110958>

¹⁹ Prina, M. G., Lionetti, M., Manzolini, G., Sparber, W., & Moser, D. (2019). Transition pathways optimization methodology through EnergyPLAN software for long-term energy planning. *Applied Energy*, 235, 356–368. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.10.099>

Унапређење енергетског система у Ирану анализирали су (Alizadeh et al., 2020), кроз развијање модела за стратегију доношења одлука. Модел се заснива на употреби вишекритеријумске анализе и заснован је на анализи процеса, добробити, трошкова и ризика приликом одабира будућих одабира ОИЕ. Примена оваквог приступа је показала да ће у Ирану соларна енергија и енергија ветра увек бити приоритети када се говори о примени обновљивих извора енергије, чак и када се разматрају сви потенцијални ризици ²⁰.

Могућности примене ОИЕ у електроенергетском систему Тајвана испитивали су (Lee & Chang, 2018). Ово питање је значајно, с обзиром да Тајван увози преко 95% енергије из других земаља. Из тог разлога, увођење обновљивих извора енергије има велики значај и важно је да се енергетска транзиција спроведе на оптималан начин. Из тог разлога, аутори су у одабир технологија укључили поређење више метода вишекритеријумске анализе, која је за рангирање ОИЕ укључивала економске, техничке, социјалне факторе и утицај на животну средину и на тај начин допринели олакшавању доношења одлука при различитим условима. Поред тога, у раду је компаративно приказан преглед 25 научних радова у којима је вишекритеријумска а анализа коришћена у области енергетског планирања ²¹.

Могућност употребе поменуте вишекритеријумске анализе у области одрживог енергетског планирања приказана је и у прегледном раду (Lak Kamari et al., 2020). У раду су систематизовани сви критеријуми који утичу на доношење одлука у области одрживог развоја енергетског система, а који су повезани са економским, еколошким, технолошким и друштвеним аспектима енергетске транзиције. Поред ових критеријума, који се најчешће користе, у литератури се могу пронаћи и фактори ризика, као и друштвено прихватање понуђених мера ²².

²⁰ Alizadeh, R., Soltanisehat, L., Lund, P. D., & Zamanisabzi, H. (2020). Improving renewable energy policy planning and decision-making through a hybrid MCDM method. *Energy Policy*, 137, 111174. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.111174>

²¹ Lee, H.-C., & Chang, C.-T. (2018). Comparative analysis of MCDM methods for ranking renewable energy sources in Taiwan. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 92, 883–896. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.05.007>

²² Lak Kamari, M., Isvand, H., & Alhuyi Nazari, M. (2020). Applications of multi-Criteria Decision-Making (MCDM) Methods in Renewable Energy Development: A Review. *Renewable Energy Research and Application*, 1(1). <https://doi.org/10.22044/rera.2020.8541.1006>

2. Образложење предмета, метода и циља који уверљиво упућује да је предложена тема од значаја за развој науке

Предмет, циљеви и хипотезе ове дисертације обухватају следеће

Предмет рада на предложеној докторској дисертацији је дефинисање методологије енергетског планирања климатских (CO₂) неутралних градова, узимајући у обзир економске, друштвене и еколошке критеријуме. Анализа енергетских система у граду подразумева анализу енергетских трансформација у дефинисаном обухвату енергетског биланса града, што представља први корак у методологији којом се утврђују укупне енергетске потреба града и еквивалентна емисија CO₂. Постојећи енергетски систем града треба да буде оптимизован тако да се оствари најмања могућа емисија угљен-диоксида, уз примену одрживих технолошких решења. Резултати оптимизованог модела биће улаз за вишекритеријумску анализу у којој ће се, на основу дефинисаних тежинских фактора, утврђених партиципативним приступом, одредити редослед приоритета за сваку од мера у оптимизованом моделу.

Циљ рада је креирање методологије за остваривање услова климатски неутралног града, која укључује употребу обновљивих извора енергије и интелигентних енергетских мрежа, кроз спрегу предвиђеног енергетског модела и употребе вишекритеријумске анализе. Развијена методологија ће бити примењена у једном граду у Републици Србији.

Основне полазне хипотезе предложене докторске дисертације, које су проистекле из дефинисаног циља и анализе досадашњих литературних извора у домену истраживања, сачињене су од следећих претпоставки:

1. Замена конвенционалних енергетских система подразумева комплексну синергију између различитих енергетских сектора;
2. Оптимално решење за климатски неутрални град се заснива на употреби обновљивих извора енергије и интелигентних енергетских мрежа;
3. Партиципативно учешће свих заинтересованих страна може омогућити објективност у дефинисању важности критеријума на основу којих се одређује редослед имплементације мера за постизање климатски неутралних градова.

Методе истраживања

Ради остваривања дефинисаног научног циља кандидаткиња ће најпре детаљно теоријски анализирати досадашња научна истраживања у областима енергетског планирања, и применама оптимизације и вишекритеријумске анализе у енергетском планирању. Потребно је систематизовати податке о садашњој потрошњи у свим енергетским секторима и дефинисати такозвани базни сценарио и будући подразумевани сценарио, који ће служити за поређење са предложеним моделом сценаријом будућег енергетског система. Прикупљањем и проучавањем релевантних

података о свим доступним технологијама омогућава се правилна процена могућности унапређења постојећег енергетског система. Планирање будућег енергетског система узимаће у обзир опште принципе интелигентних мрежа који се заснивају на дефинисању одрживе употребе ОИЕ, одређивању енергетских потреба транспортног, индустријског сектора, као и потреба за грејањем и хлађењем стамбеног и јавног сектора и постизање сигурног снабдевања електричном енергијом. За оптимизацију анализираних енергетских потреба, са циљем постизања најмање емисије угљендиоксида, користиће се EnergyPLAN (уз могуће коришћење додатних скрипти типа, EPLANopt и сл.). Добијени резултати оптимизације представљаће улаз за вишекритеријумску анализу, која ће се користити за процену (рангирање) предложених мера, у зависности од међусобно независних критеријума (смањење емисије CO₂, трошкови имплементације, број нових радних места, заузетост простора, дужина припремне и фазе уградње, итд.). Тежински фактор за сваки критеријум биће дефинисан партиципативним приступом уз учешће различитих заинтересованих страна на нивоу града.

Оквирни садржај докторске дисертације

Кандидаткиња је планирала реализацију докторске дисертације кроз следећа поглавља:

1. Увод
2. Преглед досадашњих истраживања
3. Теоријска разматрања
 - 3.1. Употреба примарне и финалне енергије у свету
 - 3.2. Енергетске политике градова и законска регулатива
 - 3.3. Преглед потенцијала обновљивих извора енергије
 - 3.4. Преглед технологија
 - за производњу, конверзију и складиштење енергије
 - за спровођење техничких мера енергетске ефикасности
 - 3.5. Енергетско планирање и оптимизација
 - 3.6. Вишекритеријумска анализа
4. Дефинисање методологије
 - 4.1. Анализа потенцијала ОИЕ
 - 4.2. Анализа могућности за коришћење технологија
 - 4.3. Креирање базног и подразумеваног сценарија
 - 4.4. Дефинисање оптималног сценарија
 - 4.5. Партиципативни поступак за одређивање приоритета
5. Примена методологије на одређеном граду у Републици Србији.
6. Закључак
7. Литература

3. Образложење теме за израду докторске дисертације које омогућава закључак да је у питању оригинална идеја или оригиналан начин анализирања проблема

У нацрту предложене докторске дисертације предвиђено је да кандидаткиња развије нову методологију енергетског планирања климатски неутралних градова, кроз дефинисање будућег енергетског сценарија и употребу вишекритеријумске анализе, партиципативним учешћем заинтересованих страна. Имајући у виду да не постоје публиковане студије у којој је предложена методологија коришћена у области енергетског планирања градова, предложена дисертација ће бити од значаја у даљем развоју ове актуелне научне области.

Комисија закључује да је предложена тема докторске дисертације „Енергетско планирање климатски неутралних градова“ кандидаткиње Јелене Николић, са образложеним предметом и циљевима рада, научним доприносима и очекиваним резултатима, који су настали детаљном анализом доступних научних радова, у научном и стручном смислу, оригинална идеја.

4. Усклађеност дефиниције предмета истраживања, основних појмова, предложене хипотезе, извора података, метода анализе са критеријумима науке уз поштовање научних принципа у изради коначне верзије докторске дисертације

Кандидаткиња Јелена Николић, маг. инж. маш. је у предлогу докторске дисертације обухватила научне критеријуме, сходно светским стандардима научно-истраживачког рада. У достављеној пријави теме, кандидаткиња се служила одговарајућом терминологијом из области енергетике и енергетске ефикасности.

На основу приказа савремене доступне литературе, може се рећи да је кандидаткиња показала способност анализе научних радова и утврђивања претпоставки за даља научна истраживања. Предмет истраживања, предложене хипотезе, као и методе истраживања дефинисани су уз поштовање научних принципа.

Приказани циљеви и методолошки приступ омогућавају добијање научно поузданих резултата, који ће омогућити извођење закључка у циљу научне провере дефинисаних хипотеза.

5. Преглед научно-истраживачког рада кандидата

а) Кратка биографија кандидаткиње

Јелена Р. Николић је рођена 21.04.1994. године у Смедеревској Паланци. Основну школу „Јован Јовановић-Змај“ у Свилајнцу завршила је као носилац Вукове

дипломе. Средњошколско образовање је наставила у Првој крагујевачкој гимназији, коју је са одличним успехом завршила 2013. године.

Основне академске студије у трајању од три године на Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу уписала је 2013. године. Одбраном завршног рада под називом „Иницијална процена применљивости когенерације у термоелектранама“, завршила је основне академске студије са просечном оценом 9,21 на смеру Енергетика и процесна техника, чиме је стекла звање инжењер машинства.

Мастер академске студије у трајању од две године уписала је 2016. године на Факултету инжењерских наука, на Катедри за енергетику и процесну технику. Мастер студије је завршила одбраном мастер рада под називом „Енергетско билансирање затворених базена - студија случаја - Затворени пливачки базени у Крагујевцу“ и просечном оценом током студија 9,53, чиме је стекла звање мастер инжењер машинства.

Докторске академске студије, у трајању од три године, на Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, на Катедри за енергетику и процесну технику уписала је 2018. године, под менторством проф. Др. Душана Гордића. Све испите предвиђене планом и програмом положила је са просечном оценом 10.

Као студент мастер академских студија, у оквиру програма размене студената ERASMUS+ International Credit Mobility, зимски семестар школске 2017/2018 године је одслушала на Политехничком Универзитету у Вроцлаву у Пољској. За мастер рад је 2018. године награђена Теслином наградом за најбољи студентски рад из области енергетике, коју додељује ПУ Електромашинogradња и Фондација „Никола Тесла“.

Као студент докторских академских студија, учествовала је у реализацији пројекта ресорног министарства ИИИ42013, под називом „Истраживање когенерационих потенцијала у комуналним и индустријским енерганима Републике Србије и могућности за ревитализацију постојећих и градњу нових когенерационих постројења“.

У периоду од 02-19. септембра 2019. године била је у студијској посети Универзитету у Гливицама у Пољској, у оквиру СЕЕРУС студијског програма. У току академске 2020/2021. године, ангажована је као оцењивач СЕЕРУС III мрежа.

Рецензент је у часописима „Energy Efficiency“ и „Energija, ekonomija, ekologija“.

Као истраживач-приправник, била је сарадник у извођењу наставе из следећих предмета: Термодинамика, Енергија и животна средина, Инжењерски алати I, Техничко цртање са компјутерском графиком, Енерго-еколошки менаџмент, Управљање енерго-еколошким пројектима.

б) Научно истраживачки рад

Кандидаткиња је, као аутор или коаутор, објавила укупно 6 радова у научно-стручним часописима, као и на међународним и домаћим научно-стручним скуповима.

Рад у истакнутом међународном часопису (M22)

1. **Nikolic Jelena**, Gordic Dusan, Jurisevic Nebojsa, Vukasinovic Vladimir, Milovanovic Dobrica, Energy auditing of indoor swimming facility with multi-criteria decision analysis for ranking the proposed energy savings measures, Energy Efficiency, ISSN 1570-6478, Vol.14, No.4, Doi 10.1007/s12053-021-09949-w, 2021

Рад у међународном часопису (M23)

1. Gordić Dušan, **Nikolić Jelena**, Vukašinić Vladimir., Influence of Global Warming on Primary Energy Consumption for Heating and Cooling in Public Buildings, Thermal Science, ISSN 2334-7163, Vol.23, No.5, pp. S1719-S1726, Doi 10.2298/TSCI190527383G, 2019

Саопштење са међународног скупа штампано у целини (M33)

1. Živković Dubravka, Končalović Davor, Vukašinić Vladimir, Josijević Mladen, **Nikolić Jelena**, Novaković Ivan, PRELIMINARY COST-BENEFIT ANALYSIS FOR THE HEAT PUMP APPLICATION IN INDUSTRY, XX međunarodni simpozijum INFOTEN-JAHORINA, Istočno Sarajevo, Republika Srpska, Bosna i Hercegovina, 2021, 17.-19. Mart, pp. 138-142, ISBN 978-99976-710-8-0

Рад у истакнутом националном часопису (M52)

1. **Николић Јелена**, Алексић Наталија, Шуштершич Вања, Гордић Душан, Анализа исплативост уградње УАСБ дигестора за третман отпадних вода у пивари – Студија случаја пиваре у Републици Србији, Трактори и погонске машине, ISSN 0354-9496, Vol.25, No.3/4, pp. 76-81, 2020

Саопштење са скупа националног значаја штампано у целини (M63)

1. Јовановић Давор, Гордић Душан, **Николић Јелена**, Јосијевић Младен, Јуришевић Небојша, ТОПЛОТНО БИЛАНСИРАЊЕ И ПОВЕЋАЊЕ ЕФИКАСНОСТИ КОРИШЋЕЊА ТОПЛОТНЕ ЕНЕРГИЈЕ ВРТИЋА „ЗЕКА“ У ГРАДУ КРАГУЈЕВЦУ, Србија, Енергија, економија, екологија, Златибор, Србија, 2020, ИСБН 978-86-86199-02-7
2. Ракић Никола, Шуштершич, Вања, Гордић Душан, Јосијевић Младен, Јуришевић Небојша, **Николић Јелена**, ОДНОС ИНОКУЛУМ/СУПСТРАТ: ПРОРАЧУНСКЕ МЕТОДЕ, Енергија, економија, екологија, Златибор, Србија, 2020, ИСБН 978-86-86199-02-7

ЗАКЉУЧАК КОМИСИЈЕ

Јелена Николић, мастер инжењер машинства, испунила је све предвиђене услове за одобрење израде докторске дисертације.

Комисија предлаже Наставно-научном већу Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу и Већу за техничко-технолошке науке Универзитета и Крагујевцу да наведену предложену тему за докторску дисертацију:

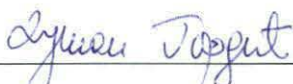
„ЕНЕРГЕТСКО ПЛАНИРАЊЕ КЛИМАТСКИ НЕУТРАЛНИХ ГРАДОВА“

прихвати и одобри њену израду кандидаткињи **Јелени Николић**, мастер инжењеру машинства.

Комисија предлаже да коментори ове дисертације буду др Душан Гордић, редовни професор Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу и др Дубравка Живковић, научни сарадник Института за информационе технологије Универзитета у Крагујевцу.

У Крагујевцу и Београду, 24.11.2021.

КОМИСИЈА



др Душан Гордић, редовни професор - председник Комисије
Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу
Ужа научна област: Енергетика и процесна техника



др Дубравка Живковић, научни сарадник - члан
Институт за информационе технологије, Универзитет у Крагујевцу
Научна област: Техничко-технолошке науке - рударство, енергетика и енергетска ефикасност



др Владимир Вукашиновић, доцент - члан
Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу
Ужа научна област: Енергетика и процесна техника



др Дејан Ивезић, редовни професор - члан
Рударско-геолошки факултет, Универзитет у Београду
Ужа научна област: Нафтно рударство, механизација и аутоматизација у рударству



др Илија Батас-Бјелић, научни сарадник - члан
Институт техничких наука САНУ, Универзитет у Београду
Научна област: Електротехника и рачунарство