

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата **Предрага Шкобаља**, дипл. инж. машинства.

Одлуком бр. 35/641 од 29.12.2016. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата **Предрага Шкобаља**, дипл. инж. машинства под насловом:

„Мултикритеријална анализа одрживости термоенергетских блокова применом ASPID методологије“.

После прегледа достављене Дисертације и других пратећих материјала и разговора са Кандидатом, Комисија је сачинила следећи

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

У октобру 2008. кандидат **Предраг Шкобаљ**, уписао је докторске студије на Технолошко-металуршком факултету на смеру Хемијско инжењерство.

29.6.2015. Кандидат **Предраг Шкобаљ**, дипл. инж. машинства пријавио је тему докторске дисертације под називом **„Мултикритеријална анализа одрживости термоенергетских блокова применом ASPID методологије“**. Наставно-научно веће Технолошко-металуршког факултета, Универзитета у Београду је дана 09.07.2015. године, усвојило састав Комисије за оцену научне заснованости предложене теме.

17.09.2015. на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета, на основу извештаја Комисије, донета је Одлука о прихватању предлога теме докторске дисертације, **Предрага Шкобаља**, дипл. инж. машинства, под називом **„Мултикритеријална анализа одрживости термоенергетских блокова применом ASPID методологије“**. За ментора ове докторске дисертације именована је Др Мирјана Кијевчанин, редовни професор ТМФ-а.

19.10.2015. на седници Већа научних области техничких наука Универзитета у Београду дата је сагласност на предлог теме докторске дисертације **Предрага Шкобаља**, дипл. инж. машинства, под називом **„Мултикритеријална анализа одрживости термоенергетских блокова применом ASPID методологије“**.

29.12.2016. На седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета, донета је одлука о именовању чланова комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације, **Предрага Шкобаља** под називом **„Мултикритеријална анализа одрживости термоенергетских блокова применом ASPID методологије“**.

1.2. Научна област дисертације

Истраживања у оквиру ове докторске дисертације припадају научној области Технолошко инжењерство, ужа научна област Хемијско инжењерство, за коју је Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду матична установа.

Ментор ове докторске дисертације, др Мирјана Кијевчанин, редовни професор ТМФ-а, објавила је преко 80 радова у часописима на SCI листи.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Предраг Шкобаљ је рођен 20.03.1983. у Сарајеву, Република Босна и Херцеговина. Основну школу „Петар II Петровић Његош“ је завршио 1997. у Београду. Потом је похађао гимназију „Свети Сава“ такође у Београду, коју је завршио 2001. Током школовања учествовао је на такмичењима из математике и физике.

Машински факултет у Београду је уписао 2001. Студије на Машинском факултету, Универзитета у Београду, завршио је 26.10.2007., смер процесна техника, и стекао звање дипломирани инжењер машинства. Докторске студије на Технолошко-Металуршком факултету Универзитета у Београду је уписао у октобру 2008.

Од 01.11.2007. радио је у фирми „Сокоинжињеринг“-Београд на пројектовању и извођењу термотехничких инсталација.

Од 01.01.2009. запослен је у Институту за нуклеарне науке - Винча, Лабораторија за термотехнику и енергетику као истраживач приправник. Од пријема у радни однос ангажован је на пројекту Министарства науке: „Смањење аерозагађења из термоелектрана у ЈП Електропривреда Србије” – Ш 42010 и „Побољшање квалитета и технологије сагоревања домаћих лигнита у циљу повећања енергетске ефикасности и смањења штетних материја из термоелектрана ЈП Електропривреде Србије”. У току досадашњег рада поседује два рада објављена у међународном научном часопису, 7 изложених научних радова на међународној конференцији и десет интерних извештаја. Поред тога учествовао је у организационом одбору Друштва термичара Србије поводом међународне конференције "Power Plants 2010", која је одржана од 25-38. октобра 2010. у Врњачкој Бањи, у сарадњи са ЈП “Електропривреда” Србије, а под покровитељством Министарства енергетике, развоја и заштите животне средине, Министарства природних ресурса, рударства и просторног планирања и Министарства просвете, науке и технолошког развоја републике Србије.

Говори енглески језик и служи се руским језиком.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата, **Предрага Шкобаља**, дипл. инж. машинства, написана је на 239 страна, укључује 61 табелу, 43 слике, као и 135 литературних навода. Докторска дисертација садржи седам поглавља и три прилога: Увод, Енергетски системи и одрживи развој, Опције за анализу одрживости термоенергетских блокова, Мултикритеријална анализа термоенергетских блокова, Резултати и анализа резултата одрживости енергетског система, Закључак, Литература и Прилози.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У оквиру ове дисертације проучавана је одрживост термоенергетских блокова применом једне од метода мултикритеријалне анализе (ASPID) кроз пример блока 2 ТЕ "Колубара -А". За разматрани термоенергетски објекат формиране су опције одрживости, а за сваку су израчунате вредности индикатора и њихових подиндикатора. Формирани су индикатори

ресурса, економски, еколошки и социјални. Ови индикатори описују термоенергетски систем и одређују његов утицај на животну средину, економске токове, социјални утицај, као и саму ефикасност система. Одлучивање на основу једног критерија је оцењено неадекватним након прве енергетске кризе крајем седамдесетих година прошлог века и од тог времена се развијају методе мултикритеријалне анализе које помажу доносиоцима одлука и креаторима енергетске политике.

Уводно поглавље даје приказ проблематике која је обрађена у овој докторској дисертацији. Кроз поглавље Увод представљена је актуелност истраживање датих у дисертацији. У овом поглављу дати су и циљеви докторске дисертације.

Термоенергетски блокови представљају део енергетског система. Највећи удео у производњи електричне енергије у свету и поред значајног пораста производње електричне енергије из обновљивих извора представљају чврста горива (фосилна, отпад итд.). Унутар другог поглавља дат је приказ капацитета, производње и потрошње електричне енергије у свету и Републици Србији. Поред приказа енергетског система, дате су и основе одрживог развоја. Концепту одрживости припада централно место у разматрању дугорочне перспективе опстанка и напретка човечанства. Унутар другог поглавља приказан је концепт одрживости и његове компоненте. Анализирани су јака и слаба одрживост као различити погледи природних и друштвених наука. Такође. У другом поглављу су уведени и индикатори одрживости. Употреба индикатора омогућава да се избегне мноштво података који се користе као алат за добијање информација. Индекси служе да смање велику количину података, на једноставан облик тако да задрже суштинско значење о питањима која карактеришу дате податке. Одређивање индикатора одрживости неког система представља суштински предуслов за унапређење одрживости. Имајући ово у виду, представљен је и појам енергетских индикатора одрживог развоја - индикатора ресурса, економског, еколошког и социјалног индикатора, као и скуп индикатора и подиндикатора везаних за анализирани систем блока 2 ТЕ "Колубара - А".

У поглављу *Опције за анализу одрживости термоенергетских блокова*, дат је предлог 7 опција за које се разматра одрживост. Опција 1 представља ревитализацију блока на угљ (колубарски лигнит) у кондензационом режиму. Опција два представља ревитализовано постројење које за косагоревање користи угљ (колубарски лигнит) и СРФ. Опција три, за разлику од опције два, за косагоревање са угљем (колубарским лигнитом) користи биомасу, а опција 4 отпадне материје. Ревитализовано комбиновано гасно-парно постројење анализирано је у склопу опције 5. Опција 6 и опција 7 представљају потпуно нова постројења за производњу електричне енергије која користе обновљиве изворе енергије. Опција 6 као извор користи енергију ветра, а опција 7 сунчеву енергију.

Доношење одлука и креирање политике у било којој друштвеној сфери представља комплексан процес. У поглављу *Мултикритеријална анализа термоенергетских блокова* приказане су методе које омогућавају доносиоцу одлука да на основу математичких модела омогући објективно сагледавање проблема и доношење одлука. Крајњи резултат након примене било које методе, поред поменутог математичког модела, највише зависи од вредности тежинских коефицијената. Приказане су методе мултикритеријалне анализе аналитичко хијерархијски поступак (eng. Analytical Hierarchy Proces – АНП), метод елиминације и избора у прихватању реалности (eng. ELECTRE), метод одређивања ранга алтернатива (eng. PROMETHEE), метода искориштености мултиатрибута (eng. MAUT). Посебна пажња обрађена је на приказивање ASPID методологије која је коришћена за мултикритеријалну анализу у овој дисертацији.

Поглавље *Резултати и анализа резултата одрживости енергетског система*, даје анализу резултате анализе одрживости седам предложених опција за 16 формираних група. Свака група састоји се од одређеног броја случајева. За сваки анализирани случај дата је предност одређеном индикатору, као и њиховим подиндикаторима. У овом поглављу примењена је ASPID методологија.

У поглављу *Закључак* сумирани су најзначајнији резултати проистекли из ове докторске дисертације.

Унутар поглавља *Литература* наведене су све референце цитиране у докторској дисертацији.

У овој докторској дисертацији налазе се и три прилога. Формирање индикатора одрживости и израчунавање њихових вредности за седам наведених опција приказани су у Прилогу 1 под називом Прорачун индикатора за анализу одрживости блока 2 ТЕ "Колубара-А". Унутар Прилога 2 приказани су добијени резултати анализираних група IX – XVI. Наслов Прилога 3 гласи Вредности тежинских коефицијената и стандардне девијације анализираних случајева.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Потребе за енергијом су све веће, услед повећања броја становника, као и убрзаног економског развоја. Потребе за електричном енергијом на Земљи су се удвостручиле у периоду од 1990 – 2011. и предвиђања су да ће се тај тренд наставити. Пораст потрошње енергије и употреба технологије добијања енергије из фосилних горива доводи у питање расположивост енергетских извора на Земљи и глобално нарушавање животне средине, тако да се овом проблему мора посветити изузетна пажња у циљу одрживог развоја. Највећи део енергетских потреба задовољава се конверзијом хемијске енергије фосилних горива у топлотну и електричну енергију. На основу тренутних истраживања види се да је на Земљи сваки даном све мање фосилних горива, њихова цена расте, а употреба изазива еколошке проблеме. Термоенергетски блокови су важан део енергетских система, а посебно у земљама које као ресурс користе фосилна горива. У Републици Србији основни ресурс који се користи за добијање електричне енергије представља угаљ (лигнит), а из термоенергетских блокова се процентуално произведе највећа количина електричне енергије, тако да одрживост ових блокова представља изузетно важно питање.

У овој докторској дисертацији развијена је методологија за формирање енергетских индикатора одрживог развоја за термоенергетске блокове. Формирани су индикатор ресурса, економски, еколошки и социјални. У склопу ових индикатора формиран су и подиндикатори. Посебан значај у овој докторској тези заузима формирање социјалног индикатора који приказује како енергетски систем утиче на друштвену заједницу. Значај формираних индикатора огледа се у томе што се методологија њиховог формирања може применити за различите енергетске системе. Формирани индикатори одређени су унутар анализираних опција одрживости на примеру блока 2 ТЕ "Колубара-А".

Доношење одлука унутар пословног система и креирање енергетске политике представља комплексан задатак. У овој тези, на основу мултикритеријалне анализе, формиран је модел применом ASPID методологије, који омогућава боље сагледавање проблема унутар енергетског система и доношење одлука које су у складу са одрживости. То у идеалном случају подразумева енергетски систем са високом ефикасношћу, ниским трошковима

производње и одржавања, смањењем емисије гасова стаклене баште, као и задовољавајућим социјалним ефектима.

Савременост и оригиналност истраживања приказаних у овој докторској дисертацији потврђени су и публикавањем радова из тезе у међународним часописима и саопштењима на скуповима од међународног значаја.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Кандидат је током израде докторске дисертације извршио преглед научне и стручне литературе из релевантних научних области везаних за проблематику докторске тезе. Највећи део прегледане научне литературе састоје се од научних радова публикованих у водећим међународним часописима од стране еминентних стручњака из области и проблематике предметне докторске тезе. На основу тога кандидат је стекао потпун увид у до сада објављене резултате одрживости енергетских система, примену метода мултикритеријалне анализе при доношењу одлука, методологијама за формирање индикатора одрживости, најновијим технолошким решењима при производњи електричне енергије из фосилних горива и обновљивих извора. Комплетним увидом у досадашње објављене резултате, кандидат је извршио одабир адекватних модела, метода и референтних вредности на основу којих је извршио моделовање и одређивање одрживости термоенергетског блока. Верификацију резултата садржаних у овој тези, кандидат је извршио публикавањем радова у међународним часописима и саопштењима на скуповима од међународног значаја, чиме је дао свој научни допринос на пољу предметне проблематике и проширењу базе података одрживости термоенергетских блокова.

Референце које су коришћене у овој докторској дисертацији обухватају области хемијског инжењерства, термодинамике, хемије, енергетике, заштите животне средине, законске регулативе везане за примену обновљивих извора енергије, законске регулативе за емисију гасова и прашкастих материја и статистичких извештаја о производњи електричне енергије у Републици Србији.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

У изради ове дисертације методе истраживања обухватиле су анализу постојећих података и модела за одрживост термоенергетских блокова. Најзначајнија су била статистичка истраживања везана за ресурсе (фосилна горива, комунални чврсти отпад, отпадне материје настале у процесу производње на површинским коповима) и потенцијале (ветар, сунце, биомаса) из којих се производи електрична енергија, као и израчунавање енергетских индикатора на основу ових истраживања. Методе истраживања обухватиле су и анализе елементарног састава угља (колубарски лигнит), комуналног чврстог отпада и биомасе који се могу сагоревати у циљу добијања електричне енергије. Применом мултикритеријалне ASPID методе за оцену квалитета термоенергетског блока отварају се нове могућности за смањење потрошње енергије, смањење емисије гасова стаклене баште, смањење трошкова производње енергије и инвестиција, а нарочито процену утицаја на друштво кроз социјалну димензију одрживости.

3.4. Применљивост остварених резултата

Резултати који су приказани у овој докторској дисертацији имају вишеструку примену. Основни допринос и применљивост остварени резултати имају у енергетици, заштити животне средине и доношењу пословних одлука као и креирању енергетске политике применом ASPID методологије. Формирање индикатора за анализирани блок 2 ТЕ "Колубара-

A" може се користити као метод за формирање и израчунавање индикатора било ког термоенергетског блока, а могу се користити и као подлоге за пројектовање енергетски ефикасних тероблокова. Значајан допринос и применљивост остварених резултата ове доктроске дисертације представља развијени модел применом ASPID методологије који се може користити за доношење пословних одлука и праваца развоја.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

У току израде докторске дисертације, кандидат је потпуно оспособљен да самостално и критички направи литературни преглед, поставку проблема, примену одговарајућих нумеричких метода, да анализира добијене резултате, као и да извуче неопходне закључке. Током израде дисертације под називом „**Мултикритеријална анализа одрживости термоенергетских блокова применом ASPID методологије**“, кандидат је исказао стручност и самосталност у свим фазама израде тезе, пружајући допринос у областима одрживости термоенергетских постројења кроз формирање енергетских индикатора одрживог развоја и мултикритеријалну анализу

На основу изнетог, Комисија је мишљења да кандидат поседује све квалитете који су неопходни за научно-истраживачки рад и самосталну презентацију добијених резултата.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Докторска дисертација кандидата **Предрага Шкобаља**, дипл. инж. машинства, под називом „**Мултикритеријална анализа одрживости термоенергетских блокова применом ASPID методологије**“ пружа значајан научни допринос на пољу оптимизације процеса у термоенергетским блоковима, као и у енергетској анализи и оптимизацији енергетски високо захтевних процеса. Истраживања остварена у оквиру ове докторске дисертације дала су више значајних научних доприноса, при чему се може издвојити следеће:

- Развијена је методологија за оптимизацију рада термоенергетских блокова.
- Формирани су енергетски индикатори одрживог развоја термоенергетских блокова (индикатори ресурса, економски, еколошки и социјални индикатори).
- Развијен је модел мултикритеријалне анализе применом ASPID методологије који омогућава лакше доношење пословних одлука и креирања енергетске политике, а све у циљу одрживости.
- Примењена је мултикритеријална анализе на различите опције одрживости термоблокова, на основу које је могуће направити поређење између опција.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Примарни допринос предметне докторске дисертације је успостављање методологије за анализу одрживости термоенергетских блокова, као и у проширењу базе података на пољу одрживости термоенергетских постројења. У оквиру ове тезе анализирани су потенцијали за производњу електричне енергије Републици Србији кроз пример термоенергетског блока 2 ТЕ "Колубара - А". У склопу представљених методологије, формирани је скуп енергетских индикатора и њихових подиндикатора.

У дисертацији су мултикритеријалном анализом, односно применом ASPID методологије, рангиране формиране опције одрживости. Као крајњи резултат мултикритеријалне анализе

произилази индекс одрживости (ИО). Овим резултатима доносиоцима одлука се омогућава сагледавање целокупног проблема који се разматра и лакше креирање пословних одлука. Имплементацијом успостављених модела и предложених решења из ове дисертације у процесу производње електричне енергије из термоенергетских блокова очекује се смањење потрошње енергије посматраних енергетских система, побољшање енергетске ефикасности, повећање коришћења обновљивих извора енергије, смањење емисија загађујућих материја у животну средину, смањење трошкова производње и позитиван утицај на друштвени систем што се верификује кроз социјалну димензију .

4.3. Верификација научних доприноса

Кандидат **Предраг Шкобаљ** је публикувао три рада из докторске дисертације и то: један рад у водећем међународном часопису (M21a), један рад у истакнутом међународном часопису (M22) и један рад са међународног скупа штампан у целини (M33), чиме је верификовао научни допринос своје докторске тезе.

Радови у водећим међународним часописима (M21a):

1. **P. Škobalj**, M. Kijevčanin, N.H. Afgan, M. Jovanović, V. Turanjanin, B. Vučićević Multi-Criteria sustainability analysis of thermal power plant Kolubara – A unit 2, Energy (2017) (DOI 10.1016/j.energy.2017.02.027; IF (2016) = 4.292; ISSN: 0360-5442)

Радови у истакнутим међународним часописима (M22):

1. **P. Škobalj**, M. Kijevčanin, M. Jovanović, N.H. Afgan, M. Erić Energy indicators impact in multicriteria sustainability analyse of thermal power plant unit, Thermal Science (2016) doi: [10.2298/TSCI160215178S](https://doi.org/10.2298/TSCI160215178S) (IF (2014) = 1.222; ISSN:0354-9836)

Радови са међународних скупова штампани у целини (M33):

1. **P. Škobalj**, M. Jovanović, B. Vučićević, V. Turanjanin, M. Kijevčanin, Application of multi-criteria assessment in decision-making proces in planning of sustainable development of energy system options, First International Conference on Multidisciplinary Engineering Design Optimization, September 14-16, Belgrade, Serbia, 2016, ISBN

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу претходно наведеног, мишљење Комисије је да докторска дисертација кандидата **Предрага Шкобаља**, дипл. инж. машинства, под називом „**Мултикритеријална анализа одрживости термоенергетских блокова применом ASPID методологије**“ представља оригиналан научни допринос предметне области истраживања. Оригиналност докторске дисертације кандидата је потврђена објављивањем више радова у часописима међународног значаја. Постављени предмет и циљеви докторске дисертације су остварени, на основу чега Комисија износи своје мишљење да докторска дисертација под називом „**Мултикритеријална анализа одрживости термоенергетских блокова применом ASPID методологије**“ у потпуности испуњава све захтеване критеријуме као и да је кандидат током израде дисертације показао научно истраживачку способност у свим фазама ове дисертације.

Имајући у виду квалитет, обим и научни допринос постигнутих и приказаних резултата, Комисија предлаже Наставно-научном већу Технолошко-металуршког факултета, Универзитета у Београду, да прихвати овај Реферат, пружи на увид јавности поднету докторску дисертацију кандидата **Предрага Шкобаља**, дипл. инж. машинства, у законом предвиђеном року, као и да Реферат упути Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду и да након завршетка процедуре позове кандидата на усмену одбрану дисертације пред Комисијом у истом саставу.

У Београду, 13.02.2017.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

др Мирјана Кијевчанин, редовни професор
Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет

др Ивона Радовић, ванредни професор
Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет

др Марина Јовановић, виши научни сарадник
Универзитет у Београду, Институт за нуклеарне науке Винча

др Валентина Турањанин, виши научни сарадник
Универзитет у Београду, Институт за нуклеарне науке Винча

др Невен Дуић, редовни професор
Свеучилишта у Загребу, Факултет стројарства и бродоградње