

# **ДОКУМЕНТАЦИЈА ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА**

## **„Методологија за вредновање когенерационих пројеката у зградарству“**

### **Аутори техничког решења**

- Др Дубравка Живковић, дипл. маш. инж
- Др Давор Кончаловић, доцент, дипл. маш. инж
- Др Милун Бабић, редовни професор у пензији, дипл. маш. инж
- Др Душан Гордић, редовни професор
- Младен Јосијевић, мастер инж. маш.

### **Наручилац техничког решења**

- Министарство науке и технолошког развоја Р. Србије, у оквиру пројекта „Унапређење енергетске ефикасности и техничко – технолошких карактеристика система за производњу и дистрибуцију топлоте града Крагујевца“

### **Корисник техничког решења**

- Град Крагујевац

### **Година када је техничко решење урађено**

- 2014-2016.

### **Област технике на коју се техничко решење односи**

- Машинство, Енергетска ефикасност

## 1. Опис проблема који се решава техничким решењем

Основна дилема која прати пројектовање, уградњу и коришћење сваког когенерационог постројења је како на техно-економски најефикаснији начин обезбедити да постројење увек ради у оптималном радном режиму и да при том квалитетно задовољава све потребе корисника за електричном и топлотном енергијом, а у случајевима тригенерације и потребе за хлађењем објеката у летњим и прелазним годишњим добима. Предмет овог техничког решења је дефинисање научно засноване, квалитетне, поуздане, и у пракси примењиве методологије за вредновање пројеката когенерације у зградарству<sup>1</sup>.

Вредновање когенерационог пројекта у зградарству подразумева, пре свега, испитивање финансијске исплативости разних варијантних техничко-технолошких решења што треба да претходи реализацији сваког когенерационог пројекта у зградарству. На тај начин се успоставља финансијски оптимална корелација, у датим легислативним и економским оквирима, између капацитета изабране когенерационе технологије и:

- карактеристика грађевинског објекта (стање термичког омотача, начин функционисања, итд.),
- топлотног и електричног оптерећења тог објекта.

У истраживачким напорима да се остваре напред изнети циљеви, аутори овог техничког решења су, настојали да финална методологија и развијени софтвери постану пожељни алати при извођењу комерцијалних когенерационих пројеката. Овакво опредељење је условило да методологија и софтвер, у финалу, морају да буду:

- једноставни и транспарентно дефинисани,
- примењиви на свим категоријама грађевинских објеката,
- такви да омогућавају реализацију измена на моделу у кратком временском периоду и да
- продукују резултате који су једноставни за интерпретацију и публикавање.

## 2. Стање решености проблема у свету – приказ и анализа постојећих решења

С обзиром на циљеве које су себи поставиле земље ЕУ, али и друге земље у свету, а који се односе на повећање енергетске ефикасности, употребу ОИЕ, диверсификацију извора напајања електричном енергијом, повећање удела когенерације у производњи електричне енергије и смањењу емисија гасова стаклене баште, неминовне су промене у понашању, као и коришћење извора енергије који су до сада били мање економски атрактивни. Један од таквих извора је и мала и микро когенерација.

Когенерација је у свету раширени концепт, углавном примењен у индустријским објектима, термоелектранама и системима даљинског грејања (ДГ). Конвенционална когенерациона постројења су до сада била велика, централизована постројења са примарном производњом електричне енергије. Пара и топлотна енергија произведене у оваквим постројењима обично се користе за индустријске процесе и системе ДГ, под условом да је температура паре довољно висока.

Нови тренд је имплементација когенерације у дистрибуиране и децентрализоване системе, што значи да је јединица за производњу енергије смештена ближе потрошачима енергије, што има за последицу замену великих, централизованих система мањим. Током претходног периода, мала и микро когенерациона постројења су увођена као помоћни (резервни) системи и као примарни системи у случају удаљених објеката, ван електро мреже.

За пројекте когенерације у зградарству претежно се користе мала когенерациона постројења. Она се користе у болницама, хотелима, јавним и комерцијалним објектима и

---

<sup>1</sup> Према Правилнику о енергетској ефикасности зграда Републике Србије (10) у зграде се сврставају резиденцијални и нерезиденцијални објекти.

образовним институцијама, мада има примене малих постројења и у стамбеним објектима (зградама и породичним кућама) и пољопривредним домаћинствима. Објекти на којима се може имплементирати мала когенерација до сада су били снабдевани енергијом из конвенционалних система тј. прикључењем на електричну мрежу, гасовод или топловод, па треба узети у обзир и губитке мреже (од 4 до 7%) који би применом когенерације били избегнути. Примена когенерације и производња енергије у зградарству има значајан потенцијал (1).

Мала и микро когенерација у зградарству у РС није заступљена.

Програмом остваривања стратегије развоја енергетике Републике Србије до 2015. за период од 2007. до 2015. године примена овог вида когенерације није предвиђена (2), (3). Разлоге за ово треба тражити у неповољној инвестиционој клими која је владала у претходним деценијама, али и лошем стању у коме се налази сектор зградарства у РС.

Просечна потрошња финалне енергије у стамбеним зградама ЕУ у топлотне сврхе износи 138 kWh/m<sup>2</sup>, а у РС средња специфична потрошња топлоте за грејање и припрему топле воде у стамбеним и нестамбеним зградама које користе ДГ, сведена на 1 m<sup>2</sup> нето стамбене површине износи 228 kWh/m<sup>2</sup>.

У оквиру Стратегије развоја енергетике Републике Србије до 2025. године са пројекцијама до 2030. године (4) недостатак комбиноване производње топлотне и електричне енергије је препознат као слабост енергетског система РС. У плановима развоја енергетике је, као „услов свих услова у погледу енергетске ефикасности“ (4), истакнут значај развоја енергетског тржишта и тржишно формирање цена енергената и енергије. У оквиру тржишног формирања цена посебно се наглашава важност тржишне цене електричне енергије која представља стимуланс, између осталог, и за дистрибуирану производњу електричне енергије из микро когенерације, фотонапонских система и слично.

Очигледно је да је подршка државних институција важан фактор приликом увођења мале когенерације на тржиште. Комерцијализација когенерационих технологија мањих капацитета (до 10 MW) је у порасту у свету, па је реално очекивати да би се додатним радом на законском оквиру у РС могле искористити предности које има и мала когенерација. У домену мале когенерације, неопходно је, на првом месту, јасно и транспарентно дефинисање стандарда за прикључење произвођача електричне енергије на дистрибутивну, односно преносну мрежу.

Важно је истаћи да, за разлику од значаја који енергетска политика има када су у питању стратешки циљеви државе о начинима коришћења енергената, проширивањима дистрибутивних мрежа, коришћењу ДГ и сличних капиталних инфраструктурних пројеката, на доношење одлуке о примени когенерације пресудан утицај има људски фактор, односно само доношење одлуке да се примени когенерација у зградама, што је веома спор и осетљив процес, јер захтева промену понашања грађана. Одлука да се подрже овакве енергетске технологије се налази у рукама различитих интересних група, од политичара до власника објеката, а још није сасвим извесно како ће они поступати, јер не постоји опште уверење да они баш сасвим разумеју какав значај има примена тих технологија на одрживи развој у најширем смислу.

Када је у питању доношење одлуке за примену когенерационих постројења у зградама, истраживања показују да је за одлуку потребно размотрити више критеријума и да треба узети у обзир читав спектар утицајних фактора међу којима доминантно место заузимају: политички, социјални, економски, технички и еколошки (2), (3).

У том смислу је кључан допринос ове методологије која је окренута примени когенерационих пројеката у зградарству у најширем смислу. Методологија је предвиђена за коришћење током фазе планирања и прелиминарних анализа енергетских система и у оваквом облику није до сада примењивана.

### **3. Суштина техничког решења**

Основна дилема која прати пројектовање, уградњу и коришћење сваког когенерационог постројења је како на техно-економски најефикаснији начин обезбедити да постројење увек ради у оптималном радном режиму и да при том квалитетно задовољава све потребе корисника за електричном и топлотном енергијом, а у случајевима тригенерације и потребе за хлађењем објеката у летњим и прелазним годишњим добима.

Битно је напоменути да савремени трендови у развоју когенерационих пројеката у зградарству намећу потребу за синхроним коришћењем класичних енергената и расположивих обновљивих извора енергије који су доминантни у окружењу. Дакле, конципирању и извођењу когенерационих пројеката у зградарству мора се приступити на више критеријумској основи и селектовати она пројектна решења која ће бити прихватљива за сваког конкретног корисника, или групу корисника. С обзиром на чињеницу да је за когенерациона постројења у зградама потребан одговарајући простор као и на то да је тај простор веома скуп, приликом пројектовања оваквих когенерационих постројења и њихове имплементације се мора водити веома рачуна о минимизирању њихових димензија и повећању индикатора снаге по јединици масе и њихове запремине. Све напред речено показује комплексност тематике и потребу да се на почетку процеса шире примене когенерације у Републици Србији (РС) формира, на научној бази заснована, методологија која би спречила лутања неискусних пројектаната, подигла општи степен ефикасности енергетског система и отворила простор за нова истраживања.

Суштина овог техничког решења је увођење једноставне и широко примењиве методологије чијом применом је могуће вредновати когенерационе пројекте у зградарству.

У оквиру техничког решења, а за потребе анализе финансијске исплативости разних варијантних решења сваког конкретног когенерационог техничко-технолошког решења, предложена је и методологија за симулацију енергетског понашања грађевинских објеката која подразумева коришћење низа, сада већ стандардних, софтверских пакета, уз чију помоћ се увек долази до поузданих улазних података који се, даље, обрађују у оквиру развијеног софтвера за испитивање финансијске исплативости.

Методологија предложена у оквиру овог техничког решења, дефинисана је кроз више корака, међу којима су посебно значајни следећи кораци:

1. енергетска ревизија објекта,
2. израда енергетског модела објекта,
3. избор когенерационог постројења,
4. параметарска анализа и
5. економска анализа.

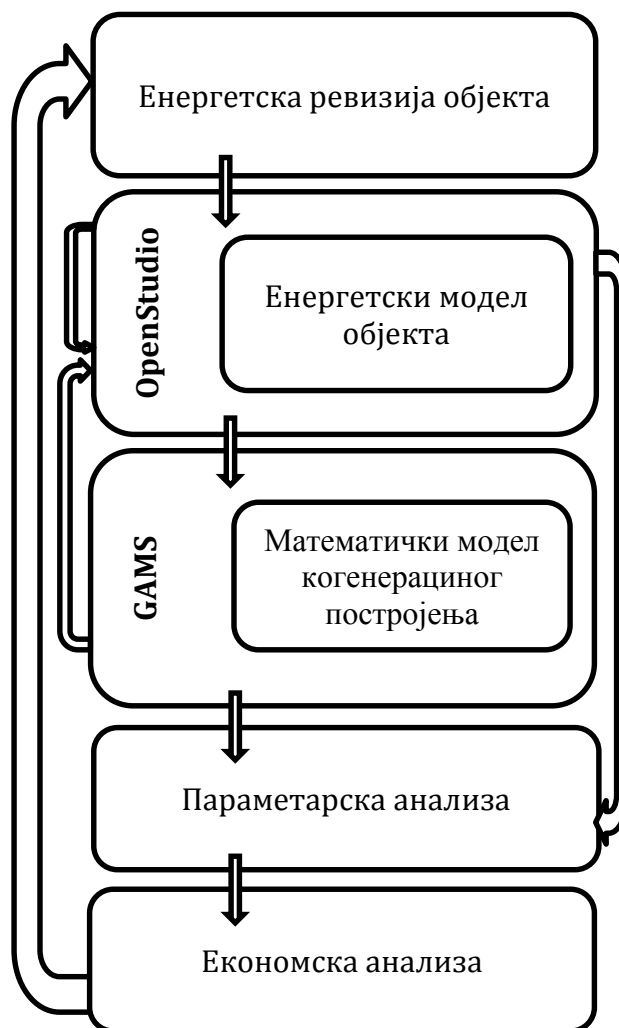
### **4. Детаљан опис техничког решења (укључујући и пратеће илустрације и техничке цртеже)**

Полазну основу за конципирање овог техничког решења чини потреба за унапређењем енергетске ефикасности у области зградарства у РС и за испитивањем примене мале и микро когенерације.

При развоју методологије главни циљ је био да предложена методологија буде транспарентна, једнозначна, поновљива у различитим ситуацијама и истовремено довољно једноставна да може да се примени у ограниченом временском периоду.

У наредном тексту изнет је детаљан преглед методологије која је развијена у оквиру овог техничког решења праћен корацима које треба спровести да би се оценио пројекат примене когенерације у зградарству.

Предлог је да се методологија за вредновање пројеката когенерације у зградарству примењује кроз пет корака (слика 1), а да се наслања на примену интегрисаног приступа пројектима енергетске оптимизације, у које, свакако, спада и когенерација у зградарству.



Слика 1 Матрица предложене методологије за верификацију когенерационих пројеката у зградарству

У првој фази врши се енергетска ревизија објекта на основу које се, у другој фази, формира енергетски модел зграде уз помоћ софтвера за симулацију. На тај начин се долази до модела основног сценарија (енг. *Baseline scenario*) у односу на који ће се посматрати потенцијал одређених, применљивих, мера енергетске ефикасности. У другој фази се формира и предлог мера за подизање енергетске ефикасности објекта и за побољшање стања термичког омотача зграде, односно дизајна објекта.

Наредна, трећа, фаза подразумева оптимизацију капацитета когенерационог постројења (на основу топлотног и електричног оптерећења добијеног помоћу софтвера за симулацију, односно коришћењем података за 8760 сати) заснованог на математичком апарату који служи за решавање линеарних, нелинеарних и целобројних математичких оптимизационих проблема. У току даљег поступка, након одабира најповољнијег когенерационог постројења, то решење се користи да би се припремио сценарио енергетског понашања грађевинског објекта са когенерационим постројењем.

У наставку овог поступка (фазе четири и пет), спроводи се параметарска и економска анализа различитих сценарија приликом примене одабраних мера, и тако долази до одабира оптималног решења.

Предложена методологија значајно штеди време и новац, а резултати који се добију погодни су за публикување.

Приликом примене методологије за вредновање когенерационих пројеката у зградарству, предлог је да се користе софтвер за симулацију OpenStudio (OS) и софтвер за математичко

програмирање GAMS. Иако OS није, за сада, у широј примени у истраживањима, он има низ погодности које су биле потребне за дефинисање ове методологије. Три су главне предности OS:

1. симулација се базира на високо оцењеном и примењеном софтверу EnergyPlus,
2. има интуитивни кориснички интерфејс који, у односу на друге софтвере, омогућава олакшану примену предложене методологије на било ком грађевинском објекту,
3. развијени модел и резултати симулације су таквог облика да се могу довољно брзо и лако изменити и делити са другим корисницима OS.

У досадашњој пракси енергетског моделирања зграда трансфер знања, односно размена модела и резултата симулација је таква да сваки корисник треба да тумачи рад свог претходника, што повећава могућност грешке и утицај људског фактора, а то се најбоље види у великим варијацијама модела и резултата енергетског моделирања (5). Применом коришћења OS начин дефинисања и промене на моделу, као и резултати симулације, су транспарентни и није потребно посебно тумачење или објашњење, што омогућава примену овог софтвера у комерцијалне сврхе, у конкретном случају приликом оцењивања пројекта когенерације у зградарству.

Осим примене интегрисаног приступа на пројекте когенерације, предлога конкретних корака и предлога софтверских алата за методологију, новина у овом приступу је и начин оптимизације капацитета когенерационог постројења. Да би методологија била довољно приступачна за оцењивање конкретних пројеката, за оптимизацију когенерационог постројења, предлаже се коришћење приступа „сиве кутије“. То значи да се користи поједностављени модел постројења за когенерацију и не улази у детаље његовог функционисања, нити параметре рада појединачних компоненти когенерационог модула. У конкретном случају предложеног оптимизационог приступа само две једначине описују когенерациони модул („сиву кутију“). То су једначина односа произведене топлотне и електричне енергије и једначина којом се описује конверзија горива у топлотну и електричну енергију.

За оптимизацију избора когенерационог постројења коришћен је модел заснован на нелинеарном програмирању са дисконтинуираним изводима, тј. на тзв. *DNLP* програмирању (енг. *Nonlinear Programming with Discontinuous Derivatives*). Модел је за потребе ове дисертације развијен коришћењем програмског језика GAMS (енг. *Generic Algebraic Modeling System*).

GAMS (енг. *General Algebraic Modeling System*) представља високо развијени софтвер за моделирање математичких линеарних, нелинеарних и целобројних оптимизационих проблема. GAMS је иницијално развијен и финансиран од стране Светске банке (6).

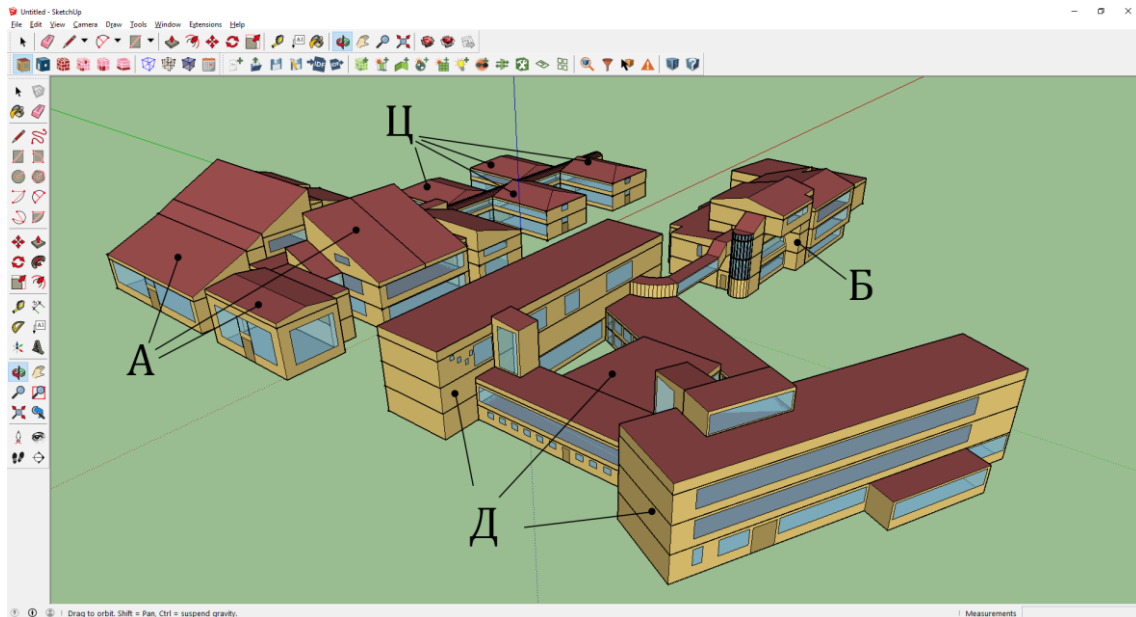
Примењени приступ коришћења резултата симулације за оптимизацију избора когенерационог постројења је омогућио и да се користе подаци за свих 8760 сати рада постројења уместо уобичајеног приступа у моделирању коришћењем типичних (репрезентативних) дана<sup>2</sup> (7), (8), (9). Shaneb и остали у раду (7) износе значај коришћења већег броја дана за оптимизацију и утицај који има коришћење типичне недеље уместо типичног дана на повећање тачности модела.

Треба напоменути и да преложена методологија није ограничена само на случај примене когенерационих постројења, већ да је уз њену помоћ могуће оценити и примену соларних колектора, фотонапонских панела, горивих ћелија, топлотних пумпи и других технологија којима се може утицати на енергетску ефикасност објекта.

---

<sup>2</sup> Приступ поједностављивања математичког програмирања смањењем временског периода за оптимизирање груписањем дана сличних карактеристика, те свођењем године на одређени број дана (један дан по сезони, једна недеља за целу годину, један дан за цео месец, итд.).

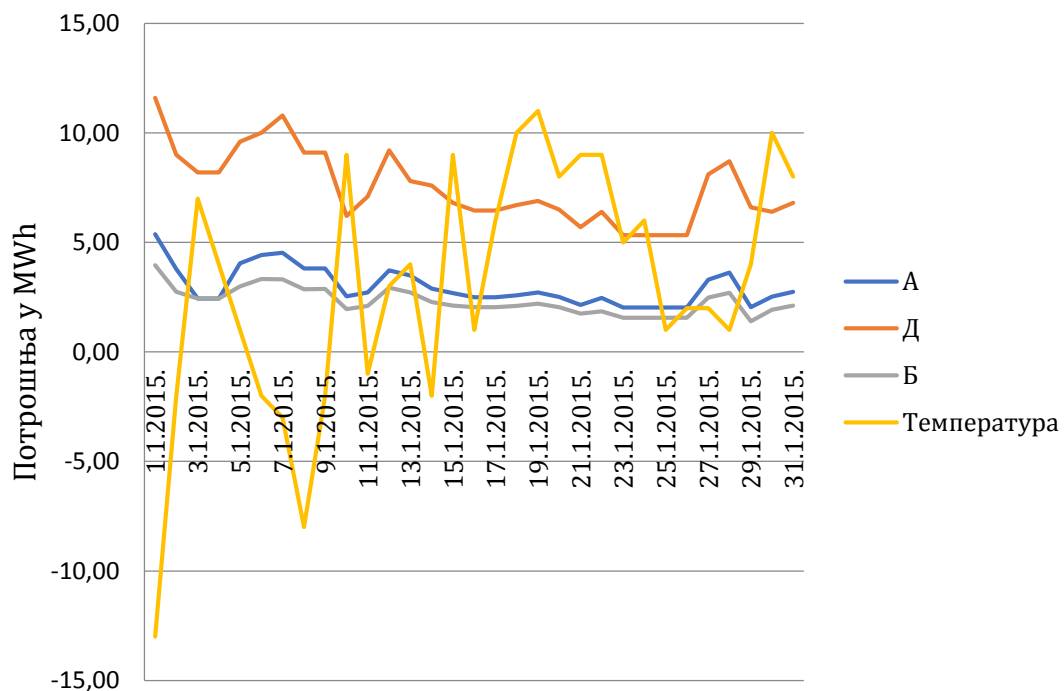
Предложено техничко решење је примењено приликом испитивања исплативости примене когенерације у образовним институцијама на територији Града Крагујевца. У наставку текста предложени приступ је детаљно описан на примеру објекта Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу (ФИНК).



Слика 2 Приказ зграде ФИНК

Сама анализа система (прикупљање историјских података, мерења, прелиминарна и детаљна енергетска ревизија, предлог мера уштеде енергије, итд.) се не разликује умногоме од уобичајеног система управљања енергијом (слика 3 и слика 4).

### Дневна потрошња топлотне енергије у јануару 2015. године



Слика 3 Пример прикупљених историјских података за прелиминарну енергетску ревизију

University in Kragujevac - Faculty of Mechanical Engineering - Object D

THEORETICAL CONSUMPTION OF THE FACULTY FOR HEATING

Energy losses calculation

Area	Tau	U-Coefficient	Losses	
m <sup>2</sup>	Coefficient	W/C m <sup>2</sup>	W/C	
Roof	2124.50	1.00	1.73	3675.39
Walls	2650.47	1.00	2.56	6401.20
1. Concrete panels with single pane	334.0	1	5.3	1.753.6
2. Wood windows, one frame with	783.1	1	3.30	2.584.1
3. Metal panels, with single pane	604.1	1	5.8	3.504.0
4. Wood doors, U-value (W/m <sup>2</sup> C)	6.1	1	4.7	29.4
5. Metal doors with single pane U	59.1	1	5.8	342.6
6. ALU windows, U-value (W/m <sup>2</sup> C)	15.9	1	1.7	27.0
Basement	319	1	1.95	623.3
Total	6746.40			18.911

Needs for envelope losses: 1,189,059 kWh/year Percentage of envelope losses 50%

Degree-days: 2,520 Heated volume: m<sup>3</sup> 19,950

Heated area: m<sup>2</sup> 5,167 Air change rate in vol. per hour: 0.1

Air change: m<sup>3</sup>/h 1,995 Energy need for air change losses 42,657

Air change losses: W/C 670 kWh/year 18,966

Air infiltrat from window: kWh/year 1,143,917 Total air losses W/C 18,966

Total air losses: kWh/year 1,192,573 Percentage of air losses 50%

Air change losses per m<sup>2</sup> window/year: kWh/m<sup>2</sup> year: 24

Energy needs: kWh/year: 2,381,673 Total losses per m<sup>2</sup> year: 411 kWh/m<sup>2</sup> year

Design temperature: 18 Specific heat demand: 74 (W/m<sup>2</sup>)

Indoor temperature: 21 Specific heat demand: 286 (W/m<sup>2</sup>)

Delta indoor/design temperature: 3

Global heating system efficiency: 89% Boiler generation efficiency: 1

Heat pipes losses, control efficiency, boiler efficiency: ) Temperature control efficiency: 0.92

Energy Consumption: kWh/year: 2,668,840 Piping radiator efficiency: 0.93

Consumption per square meter: kWh/yr m<sup>2</sup> 517 Total: 0.82

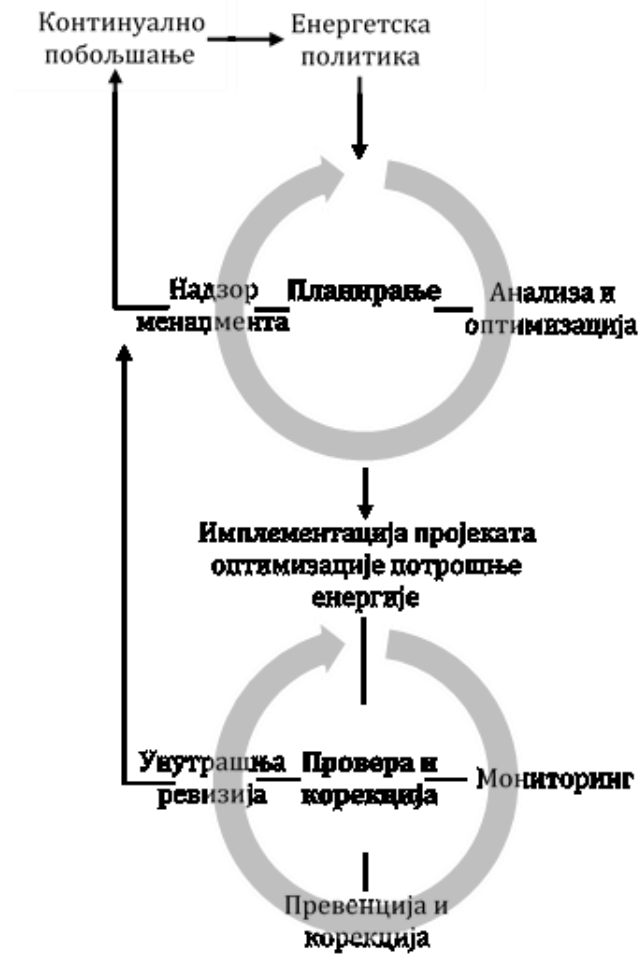
Consumption per Degree Day: kWh/DD: 1019

2,520 degree-days 180 heating days 24 hours a day

Слика 4 Пример прикупљања и анализе података за прелиминарну енергетску ревизију

Интегрисани приступ коришћен у оквиру методологије посебну пажњу даје анализи и оптимизацији мера уштеде енергије и усклађивања са стратешким циљевима објекта, па аутори техничког решења предлажу анализу и оптимизацију мера за уштеду енергије насталих током енергетске ревизије објекта коришћењем софтверских алата за симулацију и оптимизацију (слика 5).

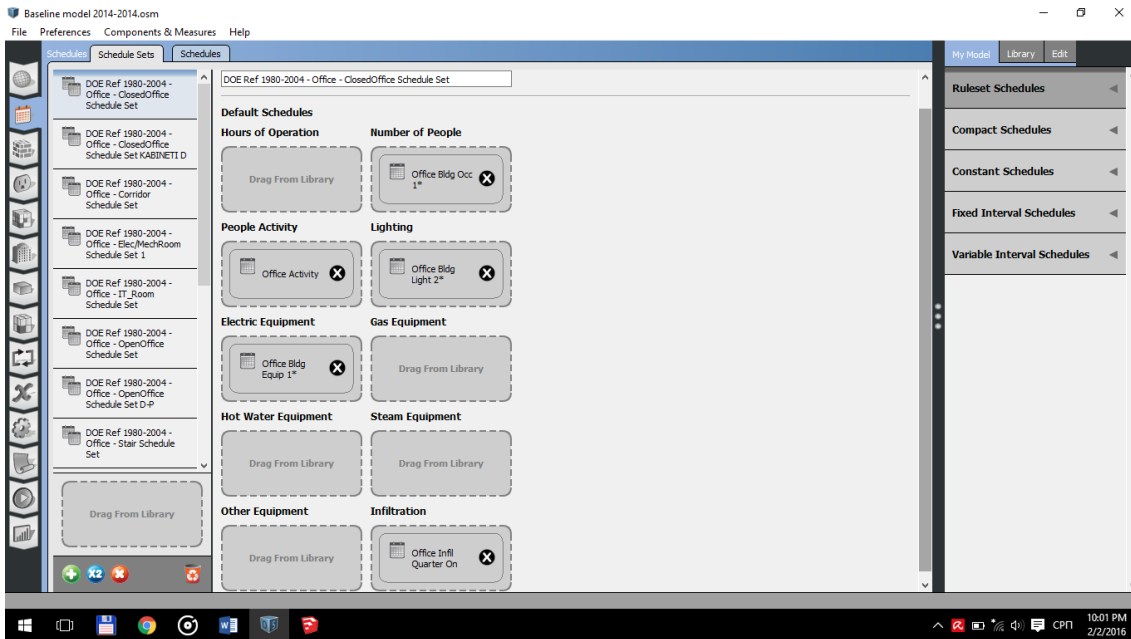




Слика 5 Матрица планирање – извршење – провера – деловање система управљања енергијом приликом интегрисаног приступа пројекатима примене когенерације у зградарству

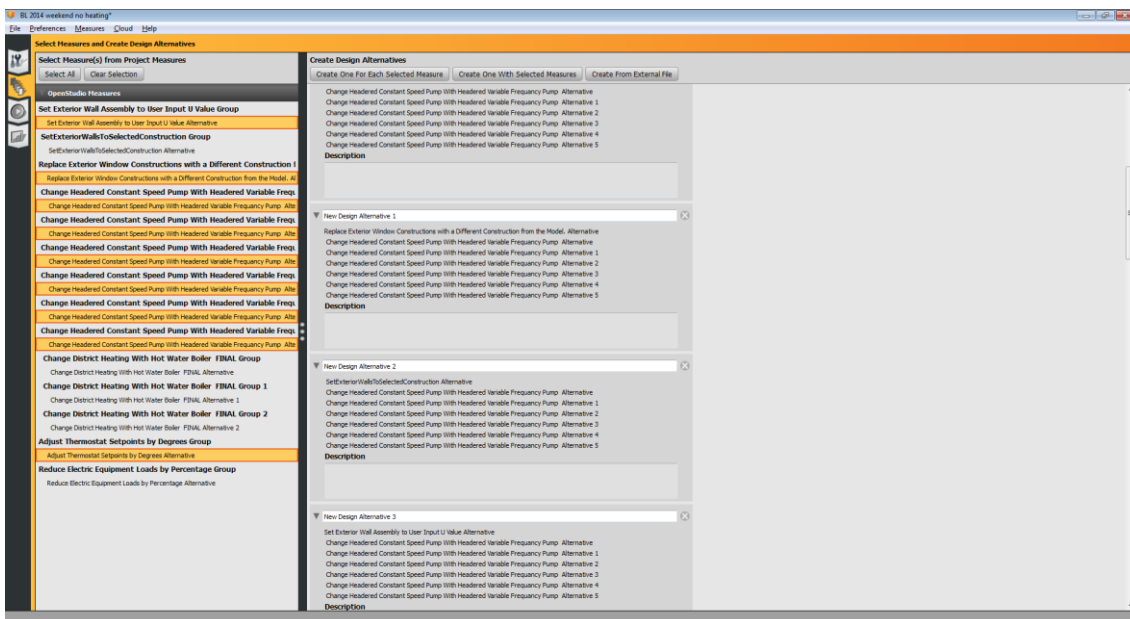
Приликом анализе мера уштеде енергије, након чије би се примене остварила добит, неопходно је урачунати и евентуалну реконструкцију/модернизацију која би могла да се спроведе захваљујући оствареној добити. У том смислу, приликом анализирања мера уштеде производње, дистрибуције и потрошње енергије, неопходно је размотрити и могућности замене енергената, промене добављача енергената, коришћења ОИЕ, производње електричне енергије, когенерације, промене у навикама и управљању потрошњом, и др.

Добар начин анализе и провере предложених мера, а који штеди време и новац, било да се ради о објекту који тек треба да се изгради или о објекту који треба да се реконструише, је примена софтверских алата за симулацију енергетског понашања објекта (слика 6).



Слика 6 Пример корисничког интерфејса OpenStudio софтвера коришћеног за енергетско моделирање објекта

С обзиром на број различитих, често и супротстављених мера које је потребно испитати, а које су у складу са техничким и финансијским могућностима инвеститора, јавља се потреба за коришћењем програма за оптимизацију (слика 7).



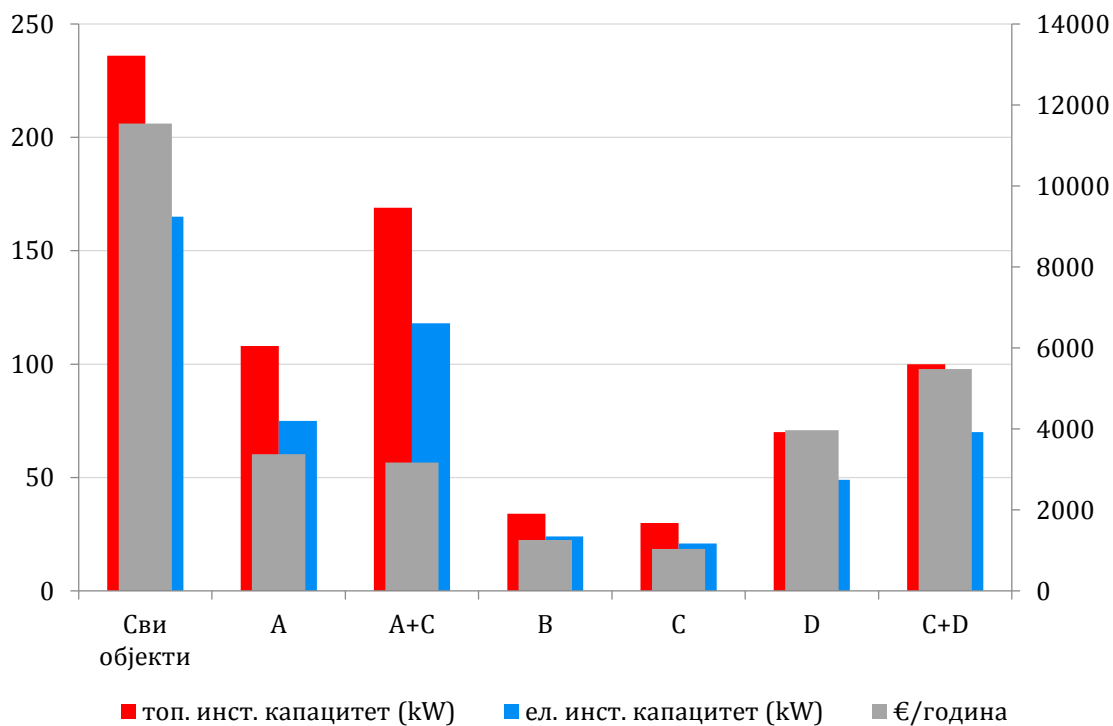
Слика 7 Пример корисничког интерфејса OpenStudio софтвера коришћеног за параметарску анализу више различитих мера за измене на објекту

Када се, захваљујући енергетском моделу развијеном у OpenStudio софтверу, између осталог располаже и подацима о захтевима објекта за електричном и топлотном енергијом, могуће је искористити неки од алата математичког програмирања како би се дошло до предлога оптималног капацитета когенерационе јединице.

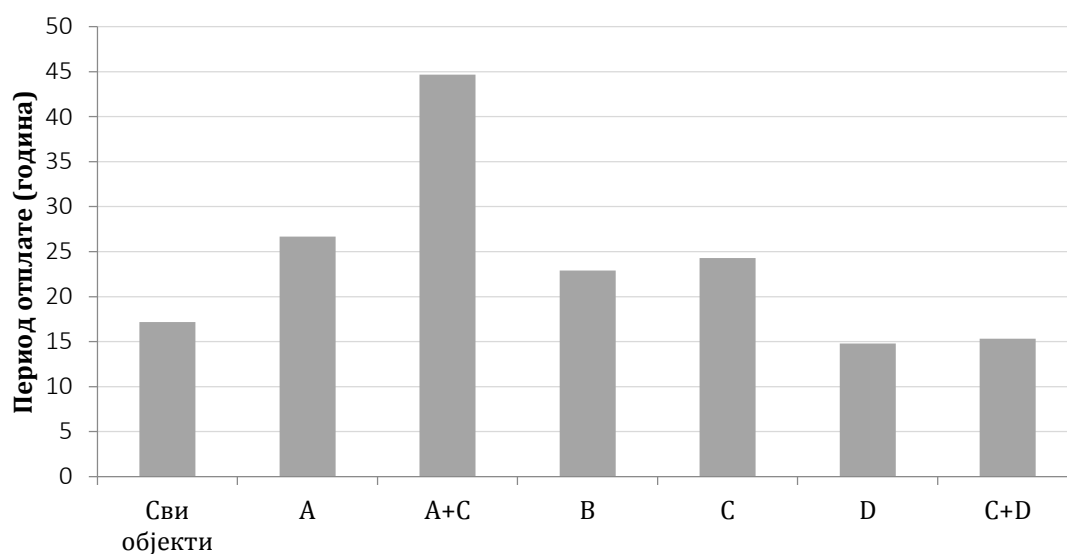
За оптимизацију избора когенерационог постројења коришћен је модел заснован на нелинеарном програмирању са дисконтинуираним изводима, тј. на тзв. *DNLP*

програмирању коришћењем програмског језика GAMS. Детаљи о развијеном софтверу за оптимизацију избора когенерационог постројења се могу пронаћи у оквиру техничког решења „Софтвер за дефинисање оптималног капацитета когенерационе јединице приликом примене у зградарству“.

Иако према резултатима софтвера за оптимизацију избора когенерационог постројења и према резултатима економске анализе примена когенерационог постројења није исплатива у РС (слике 8 и 9), најоптималније решење у оквиру студије случаја, понуђени сценарио за објекат Д је укључен у енергетски модел (слике 10, 11, 12) и на тај начин је у потпуности обрађена предложена методологија.

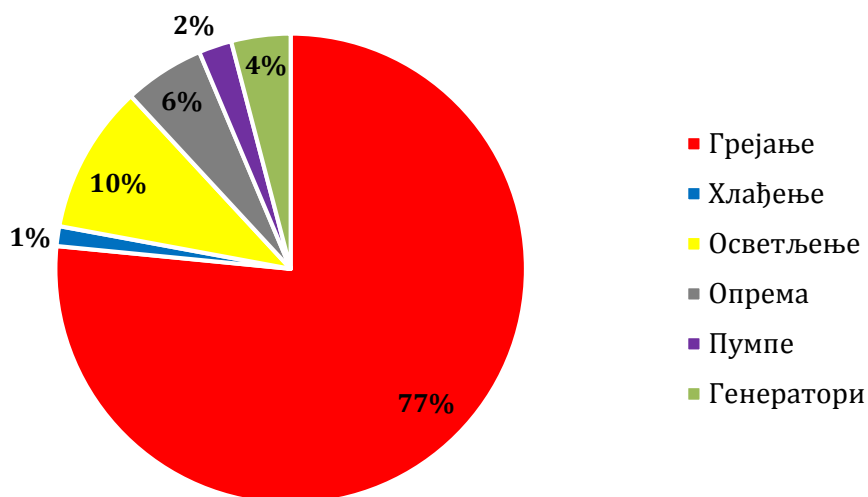


Слика 8 Инсталирани топлотни и електрични капацитет – лево (kW), и очекивани приход (€/година) – десно, у зависности од сценарија



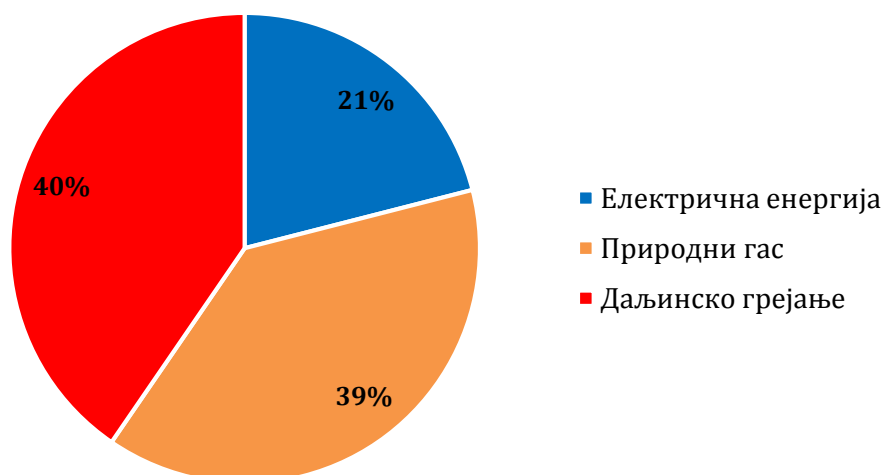
Слика 9 Периоди отплате за основне сценарије

На слици 11 је дат приказ укупне годишње потрошње енергије уколико би се на основном моделу направила измена на систему грејања објекта Д. Објекат Д би се у том случају грејао коришћењем котла на природни гас и когенерационог постројења са СУС мотором, капацитета 50 kWe, добијеног DNLP анализом. Остали објекти би наставили да се снабдевају топлотном енергијом из система ДГ, с тим што би се објекат Ц снабдевао грејањем из подстанице објекта А.



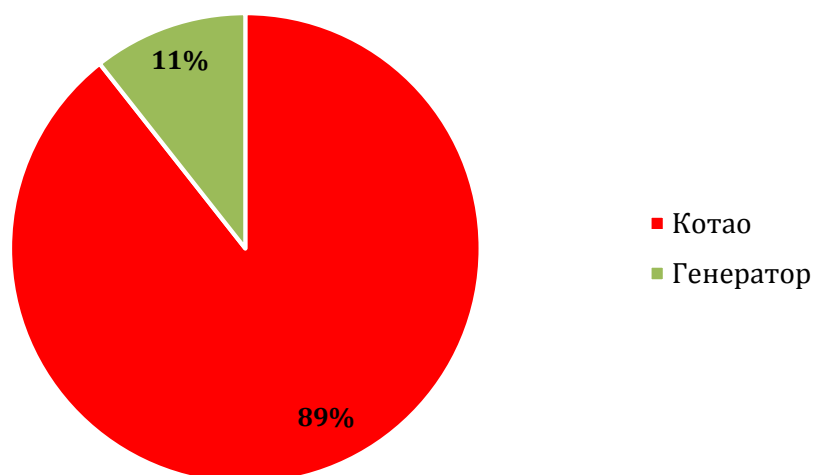
Слика 10 Потрошња енергије у објектима ФИНК у kWh на годишњем нивоу

Са слике 12 се уочава да се за грејање објекта Д користи иста количина топлотне енергије као и за преостала три објекта (А, Б и Ц). На основу тога реконструкција термичког омотача објекта Д може да постави као приоритет у примени енергетских мера.



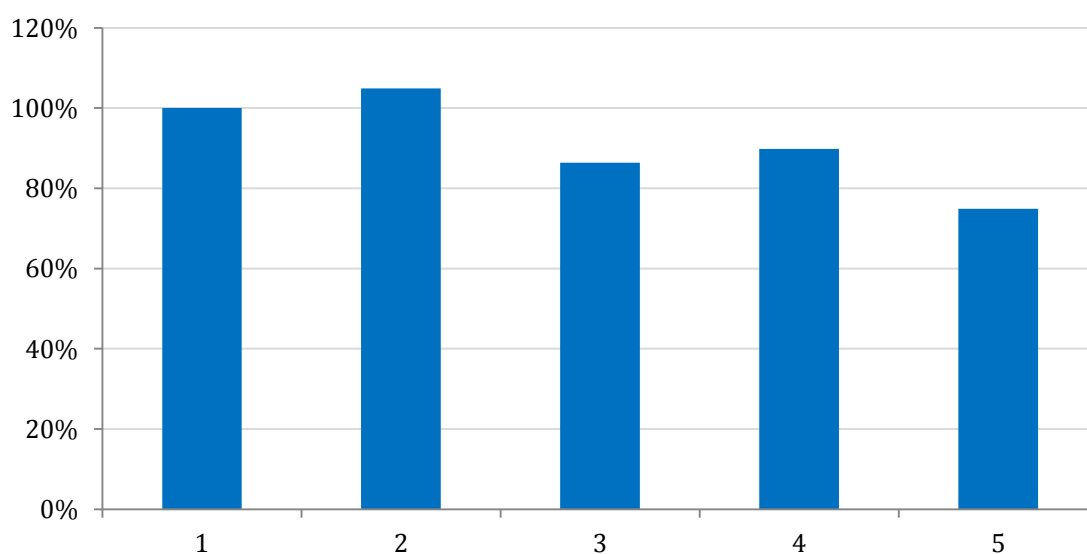
Слика 11 Потрошња енергената у објектима ФИНК у kWh на годишњем нивоу

На слици 13 је дат приказ удела (11%) когенерационог постројења у потрошњи природног гаса.



Слика 12 Потрошња природног гаса у објекту Д у kWh на годишњем нивоу

На укупном нивоу когенерационо постројење би произвело 4% потребне електричне енергије, али уколико би се посматрао објекат Д издвојено, когенерационо постројење би произвело 15% потребне електричне енергије. Међутим, осим што финансијски није оправдано улагање у когенерационо постројење, са оваквим стањем термичког омотача објекта Д, није оправдано улагање ни ако се посматра као мера уштеде енергије. Приликом инсталације котла и когенерационог постројења, у објекту Д повећала би се потрошња енергената за 4,9% у односу на основни сценарио (слика 14). Уколико би се на објекту Д изоловали постојећи зидови од цигле и заменили прозори, потрошња енергената би се смањила за 25,1%, а период отплате ове мере износи 21,8 година. Ако се има у виду неповољан период отплате замене прозора, предлог је да се садашњих 37% застакљених површина смањи за 10% (садашњи прозори на учионицама и светларници на степеништу су погодни за ову измену) и на тај начин повећају уштеде енергије и смањи период отплате.



Слика 13 Утицај примене мера енергетске ефикасности на објекту Д (1 – основни сценарио – објекат Д – даљинско грејање; 2 – котао на гас и когенерационо постројење; 3 – изоловање зидова; 4 – замена прозора; 5 – изолација зидова и замена прозора)

## 5 Литература

1. Kari Alanne, Arto Saari. *Sustainable small-scale CHP technologies for buildings: the basis for multi\_perspective decision-making*. s.l. : Elsevier, 2004. pp. 401-431. Vol. 8.
2. Влада Републике Србије. Уредба о утврђивању програма остваривања стратегије развоја енергетике Републике Србије до 2015. године за период 2007. до 2012. године. Београд : Сл. гласник РС, 2010. 27/2010.
3. Влада Републике Србије. *Уредба о изменама и допунама Уредбе о утврђивању програма остваривања стратегије развоја енергетике Републике Србије до 2015. године за период од 2007. до 2012. године, Програм остваривања стратегије*. Београд : Влада Републике Србије, 2010.
4. Влада Републике Србије. *Стратегија развоја енергетике Републике Србије до 2025. године са пројекцијама до 2030. године*. s.l. : Службени гласник Републике Србије број 101/2015, 2015.
5. Amir Roth, David Goldwasser, Andrew Parker. *There's a measure for that!* s.l. : Elsevier, 2015.
6. GAMS. *An Introduction to GAMS*. [На мрежи] [Цитирано: 1 10 2013.] <http://www.gams.com/docs/intro.htm>.
7. O.A. Shaneb, G. Coates, P.C. Taylor. *Sizing of residential CHP systems*. s.l. : Elsevier, 2011. pp. 1991-2001. Vol. 43.
8. J. Ortiga, J.C. Bruno, A. Coronas. *Selection of typical days for the characterisation of energy demand in cogeneration and trigeneration optimiyation models for buildings*. s.l. : Elsevier, 2011. pp. 1934-1942. Vol. 52.
9. Fernando Domínguez-Munoz, José M. Cejudo-López, Antonio Carrillo-Andrés, Manuel Gallardo-Salazar. *Selection of typical demand days for CHP optimization*. s.l. : Elsevier, 2011. pp. 3036-3043. Vol. 43.
10. Влада Републике Србије. *Правилник о енергетској ефикасности зграда*. s.l. : Службени гласник Републике Србије, 19.08.2011. Т. 061/2011.

Бр. 011 11372

18-04 2017 год.

КРАГУЈЕВАЦ

Датум: март 2017

**Предмет: Мишљење о испуњености критеријума за признавање техничког решења**

На основу достављеног материјала, у складу са одредбама *Правилника о поступку, начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача*, који је донео Национални савет за научни и технолошки развој Републике Србије („Службени гласник РС“, бр 24/2016) рецензент доцент др Горан Вучковић оценио је да су испуњени услови за признање својства техничког решења следећем резултату научно истраживачког рада:

**Назив техничког решења: Методологија за вредновање когенерационих пројеката у зградарству**

**Аутори:** др Дубравка Живковић, др Давор Кончаловић, др Милун Бабић, др Душан Гордић и Младен Јосијевић

**Категорија техничког решења:** Битно побољшано техничко решење, метод примењен у Републици Србији М84

**Предложено решење урађено је за:**

Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије у оквиру пројекта III 42013 „Истраживање когенерационих потенцијала у комуналним и индустријским енерганама Републике Србије и могућности за ревитализацију постојећих и градњу нових когенерационих постројења“ финансираног кроз програм Интегралних и интердисциплинарних истраживања.

**Субјект који је решење прихватио и примењује:**

Град Крагујевац

**Образложење:**

Техничко решење „Методологија за вредновање когенерационих пројеката у зградарству“ аутора др Дубравка Живковић, др Давор Кончаловић, др Милун Бабић, др Душан Гордић и Младен Јосијевић, настало је од 2014. до 2016. године у оквиру пројекта Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије са циљем примене у јавним и комерцијалним објектима. У оквиру уговора „Уговор о пружању услуга за израду програма енергетске ефикасности Града Крагујевца за период 2017-2020 година“ са Градом Крагујевцем примењено је и предложено техничко решење за испитивање могућности примене когенерације у образовним институцијама.

Наведено техничко решење, у оквиру кога је представљена нова методологија за оцењивање пројеката когенерације у зградама је једноставно и транспарентно дефинисана, примењива на свим категоријама грађевинских објеката, омогућава

измене на моделу у кратком временском периоду, а резултати су једноставни за интерпретацију и публикавање.

Техничким решењем се решава проблем како на техно-економски најефикаснији начин проценити да ли је објекат, у датим техничким и економским условима, погодан за примену когенерације. Техничким решењем се решава и питање како обезбедити да постројење увек ради у оптималном радном режиму, а да се при томе квалитетно задовољава све потребе корисника за електричном и топлотном енергијом, а у случајевима тригенерације и потребе за хлађењем објеката у летњим и прелазним годишњим добима.

Методологија се примењује проласком кроз пет јасно дефинисаних корака:

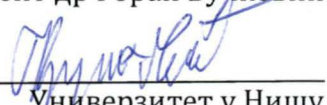
1. енергетска ревизија објекта,
2. израда енергетског модела објекта,
3. избор когенерационог постројења,
4. параметарска анализа и
5. економска анализа.

За реализацију методологије коришћени су стандардни софтверски пакети уз чију помоћ се увек долази до поузданих улазних података који се, даље, обрађују у оквиру развијеног софтвера за испитивање финансијске исплативости.

Предложено техничко решење нуди нови приступ приликом евалуације примене пројеката когенерације у зградама. Применом савремених софтверских пакета и коришћењем погодности енергетског моделирања и оптимизације дефинисана је методологија којом се може поуздано и кратком временском периоду донети одлука да ли је неки објекат погодан за примену когенерације.

**На основу свега као рецензент именован одлуком Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука бр. 01-1/935-29 од 23.03.2017. оцењујем да резултат научноистраживачког рада под називом „Методологија за вредновање когенерационих пројеката у зградарству“ представља научни резултат који поред стручне компоненте пружа оригинални научно-истраживачки допринос и по важећим критеријумима се може сврстати у категорију М84.**

Доцент др Горан Вучковић

  
Универзитет у Нишу  
Машински факултет

Научна област: Термотехника, термоенергетика и процесна техника



Бр. 011 1321

18.04. 2017 год.

КРАГУЈЕВАЦ

Датум:  
март 2017. године

**Предмет:**

**Мишљење о испуњености критеријума за признавање техничког решења**

На основу достављеног материјала, у складу са одредбама *Правилника о поступку, начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача*, који је донео Национални савет за научни и технолошки развој Републике Србије („Службени гласник РС“, бр 24/2016) рецензент професор др Мирко Коматина оценио је да су испуњени услови за признање својства техничког решења следећем резултату научно истраживачког рада:

**Назив техничког решења:**

**Методологија за вредновање когенерационих пројеката у зградарству**

**Аутори:**

др Дубравка Живковић, др Давор Кончаловић, др Милун Бабић, др Душан Гордић и Младен Јосијевић

**Категорија техничког решења:**

Битно побољшано техничко решење, метод примењен у Републици Србији М84

**Предложено решење урађено је за:**

Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије у оквиру пројекта III 42013 „Истраживање когенерационих потенцијала у комуналним и индустријским енерганама Републике Србије и могућности за ревитализацију постојећих и градњу нових когенерационих постројења“ финансираног кроз програм Интегралних и интердисциплинарних истраживања.

**Субјект који је решење прихватио и примењује:**

Град Крагујевац

**Образложење:**

Аутори техничког решења др Дубравка Живковић, др Давор Кончаловић, др Милун Бабић, др Душан Гордић и Младен Јосијевић су јасно приказали и теоријски обрадили комплетну структуру техничког решења „Методологија за вредновање когенерационих пројеката у зградарству“.

Техничко решење је развијено током пројекта ИИИ42013, финансираног од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја Р. Србије, а примењено у оквиру сарадње са Градом Крагујевцем 2017. године кроз „Уговор о пружању услуга за израду програма енергетске ефикасности Града Крагујевца за период 2017-2020 година“.

Предложеним техничким решењем се решава сложен проблем техно-економске примењивости поступка когенерације у зградарству, поштујући дате техничке и

економске услове, услове које намеће окружење као и друге, додатне захтеве који се могу поставити пред пројекат имплементације когенерације.

Додатно, предложено техничко решење нуди одговор на питање како обезбедити да постројење увек ради у оптималном радном режиму, са приоритетом задовољавања потреба корисника за електричном и топлотном енергијом.

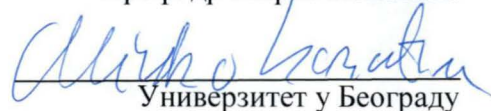
Примењена методологија реализује се кроз пет предефинисаних корака:

1. енергетски преглед објекта,
2. енергетски модела објекта,
3. избор адекватног постројења за когенерациону производњу енергије,
4. параметарска анализа и
5. економска анализа.

Техничко решење је фокусирано на методологију за оцењивање пројеката когенерације у зградама, транспарентно је и једнозначно дефинисано, прилагодљиво различитим грађевинским објектима, док су резултати прегледни и једноставни за тумачење. Предметно техничко решење се ослања на савремене софтверске пакете, енергетско моделирање и оптимизацију па се и до резултата стиже брзо, што скраћује време потребно за доношење одлука у, по правилу, захтевном пројектном окружењу.

**На основу свега као рецензент именован одлуком Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука бр. 01-1/935-29 од 23.03.2017. оцењујем да резултат научноистраживачког рада под називом „Методологија за вредновање когенерационих пројеката у зградарству“ представља научни резултат који поред стручне компоненте пружа оригинални научно-истраживачки допринос и по важећим критеријумима се може сврстати у категорију М84.**

Проф. др Мирко Коматина



Универзитет у Београду

Машински факултет

Научна област: Преношење топлоте и супстанције, Техничка термодинамика



УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ  
Факултет инжењерских наука  
Број: 01-1/1355-24  
25.04.2017. године  
Крагујевац

Наставно-научно веће Факултета инжењерских наука у Крагујевцу на својој седници од 25. 04. 2017. године на основу члана 205. Статута Факултета инжењерских наука, донело је

## ОДЛУКУ

Усвајају се позитивне рецензије техничког решења „**Методологија за вредновање когенерационих пројеката у зградарству**“, чију су аутори: др Дубравка Живковић, др Давор Кончаловић, др Милун Бабић, др Душан Гордић и Младен Јосијевић.

Решење припада класи **M84**, према класификацији из Правилника о поступку, начину вредновању и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача („Сл. Гласник РС“ - бр. 24/2016).

Рецензенти су:

1. **Др Мирко Коматина**, редовни професор, Машински факултет, Универзитет у Београду,  
Уже научне области: Преношење топлоте и супстанције, Техничка термодинамика,
2. **Др Горан Вучковић**, доцент, Машински факултет, Универзитет у Нишу,  
Уже научне области: Термотехника, термоенергетика и процесна техника.

Достављено:

- Ауторима
- Архиви



ДЕКАН ФАКУЛТЕТА ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА

Др Добрица Миловановић, редовни професор