

**ТЕХНО-ЕКОНОМСКА АНАЛИЗА ЕНЕРГЕТСКЕ САНАЦИЈЕ ШКОЛСКОГ ОБЈЕКТА
TECHNO-ECONOMIC ANALYSIS OF ENERGY REHABILITATION OF A SCHOOL
BUILDING**

Новица Буднић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област- ЕНЕРГЕТСКА ЕФИКАСНОСТ

Кратак садржај – У раду је представљен приједлог енергетске санације објекта Средње школе „22. октобар” из Жабља, а ради повећања енергетске ефикасности и смањења потрошње енергије. Извршен је прелиминарни енергетски преглед анализираних објекта. На основу анализе затеченог стања, предложене су мјере за енергетску санацију. Прорачун је урађен коришћењем савременог програма URSA Грађевинска физика. Дат је и кратак преглед законске регулативе из ове области. Урађена су три приједлога енергетске санације, као и техно-економска анализа истих. Анализа је показала да је најповољније инвестирати у сет мјера енергетске ефикасности из приједлога 2. Енергетска ефикасност објекта би била унапријеђена за три енергетска разреда, а прост период отплате би био непуних 10 година.

Кључне речи: Енергетска ефикасност, енергетска санација, школски објекат, енергетски пасош

Abstract – In this paper the proposal of energy rehabilitation of the High School "22nd October" from Zabalj is presented, in order to increase energy efficiency and reduce energy consumption. A preliminary energy overview of the analyzed object was performed. Based on the analysis of the current state, measures for energy rehabilitation have been proposed. The calculation was done using the modern program URSA Building Physics. A brief overview of the legislation in this area is also represented. Three sets of proposed measures for energy rehabilitation were made, as well as a techno-economic analysis. The analysis showed that it is most favorable to invest in a set of energy efficiency measures from proposal 2. The energy efficiency of the facility would be improved by three energy classes, and the simple payback period would be less than 10 years.

Keywords: Energy efficiency, energy rehabilitation, school building, energy passport

1. УВОД

Непланско трошење енергената, тренутно, представља један од већих проблема са којима се Република Србија сусреће. Неминовно, јавља се потреба за уштедама на свим пољима. Енергетска ефикасност у сектору зградарства представља ефикаснију употребу енергије за гријање и хлађење, освјетљење простора и припрему топле потрошне воде. Енергетску ефикасност требало

би посматрати кроз употребу савремених материјала и иновационих рјешења за унапређење и побољшање стања, како на нове, тако и на већ постојеће објекте који су у употреби. Спровођење мјера енергетске ефикасности представља средство, а не циљ, уз чију помоћ се долази до смањења потрошње енергије, а то за последицу има смањење емисије CO₂, очување животне средине и многе друге користи [1].

**2. ПОВЕЋАЊЕ ЕНЕРГЕТСКЕ ЕФИКАСНОСТИ
ОБЈЕКТА**

Република Србија се налази међу државама које имају најнижи степен енергетске ефикасности у Европи. Зграде у Србији троше, у просјеку, око 60% укупне потрошње енергије, док у Европи тај проценат износи око 40%. Истраживања стамбених објеката су показала да чак 85% стамбених зграда у Србији не задовољава минималне услове енергетске ефикасности.

Према тренутним подацима и статистикама сматра се да Република Србија највеће уштеде може да оствари у сектору зградарства [2]. На слици 1 је приказана структура потрошње енергије у домаћинствима у Србији.



Слика 1: Структура потрошње енергије у домаћинствима у Србији [1]

**3. РАСПОЛОЖИВИ СОФТВЕРСКИ АЛАТИ ЗА
ПРОРАЧУН МЈЕРА ЕНЕРГЕТСКЕ
ЕФИКАСНОСТИ**

На тржишту Републике Србије постоји неколико софтверских алата за прорачун мјера енергетске ефикасности. Прорачун је рад користећи софтвер URSA Грађевинска физика 2. Наведени софтвер је произведен од стране предузећа које се, већ дуги низ година, бави производњом топлотних и звучних изолација од минералне вуне и екструдираних полистирена.

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је била ванр. проф.др Бранка Гвозденац Урошевић

Програм УРСА Грађевинска физика 2 намијењен је за пројектовање идејног пројекта те за израду техничке документације, енергетских пасоша и елабората у зградарству, уз обавезно усклађивање са неким од важећих стандарда [3].

4. ПРАВНА АКТА КОЈИМ ЈЕ РЕГУЛИСАНА ОБЛАСТ ЕНЕРГЕТСКЕ ЕФИКАСНОСТИ У РЕПУБЛИЦИ СРБИЈИ

4.1. Закон о ефикасном коришћењу енергије

Закон о ефикасном коришћењу енергије објављен је у Службеном гласнику Републике Србије, број 25/2013. Чланови од 1 до 6, од 10 до 58 и од 63 до 96 престали су да важе 2021. године [4]. Преостали чланови, чије важење је актуелно, односе се на политику ефикасног коришћења енергије, а обухватају акциони план, садржину и спровођење акционог плана у Републици Србији. Чланови Закона који још увијек спадају у позитивне правне прописе свакако су они који се односе на финансирање, подстицаје ефикасног коришћења енергије. Њима се утврђује оснивање Буџетског фонда за унапређење енергетске ефикасности [4].

4.2. Закон о енергетској ефикасности и рационалној употреби енергије

Закон о енергетској ефикасности и рационалној употреби енергије примјењује се од 22. апр. 2021. године. Овим законом уређено је ефикасно коришћење енергије, политика ефикасног коришћења енергије, коришћење енергије у зградама, енергетско означавање и захтјеви у погледу еко-дизајна те многа друга питања која су значајна како за права, тако и за обавезе физичких и правних лица, а све у вези са ефикасним коришћењем енергије [5]. Циљ закона јесте стварање предуслова за унапређење енергетске ефикасности и ефикасног коришћења енергије што све утиче на остваривање уштеда енергије, сигурност снабдијевања, одрживо коришћење природних и других ресурса, те побољшање услова за економски развој.

4.3. Правилник о енергетској ефикасности зграда

Правилник о енергетској ефикасности зграда, „Службени гласник РС”, број 61, од 2011. године примјењује се од 30. септембра 2012. године.

Уводним одредбама ближе су прописана енергетска својства и начин прорачуна топлотних својстава објеката. Такође, прописани су енергетски захтјеви за постојеће објекте и новоизграђене објекте. Правилник о енергетској ефикасности зграда примјењује се на новоизграђене објекте, реконструкцију, обнову, доградњу, адаптацију и енергетску санацију постојећих објеката [6].

4.4. Правилник о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда

Ближе се прописују услови, садржина и начин издавања сертификата. Дата је дефиниција сертификата о енергетским својствима зграда [7]. У члану 2 правилника о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима

зграда дате су дефиниције и објашњење појединих израза који су употријебљени у овом правилнику, а примјера ради, неки од њих су: елаборат енергетске ефикасности, енергетска санација зGRADE, енергетска сертификација зGRADE, енергетски пасош, те енергетски преглед и други [7].

5. ПРИКАЗ ПОСТОЈЕЋЕГ СТАЊА ОБЈЕКТА

Средња школа „22. октобар” из Жабља саграђена је, 1911. године. Објекти на овој парцели су приземни и прилагођени су садржајима који се у њима одвијају. Објекат који је предмет енергетске санације је слободностојећи, а његова носива конструкција је зидана. Међуспратна конструкција је од „витла“. На слици 2 је приказан изглед сјеверне, а на слици 3 источне фасаде објекта.



Слика 2: Сјеверна фасада објекта



Слика 3: Источна фасада објекта

Као што се може видјети са слика 2 и 3 столарија на објекту је разноврсна: дрвена, једнострука, оквири од браварије дрвени и метални са једноструким стаклом. Гријање објекта је на природни гас. Топла потрошна вода се припрема уз помоћ електричне енергије. Електрична енергија се користи за освјетљење и хлађење објекта.

У табели 1 приказан је коефицијент пролаза топлоте грађевинских конструкција објекта.

Табела 1: Коefицијент пролаза топлоте грађевинских конструкција објекта

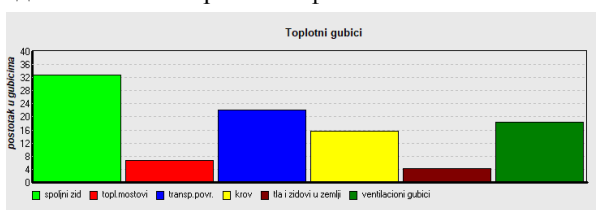
Грађевинска конструкција	Површина [m ²]	U – коefицијент W/(m ² /K)
Спољни ѕид	652,89	1,075
Коси кров	239,20	1.169
Прозор	112,5	5
Спољна врата	15,47	5
Међуспратна конструкција изнад негријаног простора	272	2,411
Под на тлу	480	0,469

6. АНАЛИЗА И ПРОРАЧУН ПОСТОЈЕЋЕГ СТАЊА УЗ ПРОГРАМ „УРСА ГРАЂЕВИНСКА ФИЗИКА 2“

Прорачун и анализа постојећег стања је урађена уз помоћ софтверског решења УРСА Грађевинска физика 2. Извршеним енергетским прегледом објекта, те анализом и прорачуном постојећег стања објекта Средње школе „22. октобар“ у Жабљу дошло се до резултата да је објекат енергетског разреда „Г“ са специфичном годишњом потребном енергијом за гријање 343,02 kWh/m²god, док је специфична годишња потрошња примарне енергије 544,90 kWh/m²god.

6.1. Резултати анализе постојећег стања

Са слике 4 може се примјетити да су највећи топлотни губици за грађевинску конструкцију „Спољни ѕид“, затим на транспарентним површинама објекта, те на вентилационим губицима. Такође, види се да су топлотни губици за топлотне мостове, тла и ѕидове у земљи скоро занемарљиви у односу на спољни ѕид, транспарентне конструкције и вентилационе губитке. Закључак анализе постојећег стања објекта је да се објекат налази у веома лошем стању, те да је неопходно примјенити одређене мјере ради повећања енергетске ефикасности.



Слика 4: Графички приказ топлотних губитака анализираног објекта

7. ПРЕДЛОЖЕНА РЕШЕЊА ЗА ЕНЕРГЕТСКУ САНАЦИЈУ ОБЈЕКТА

Након извршене анализе постојећег стања објекта, урађена су и три могућа приједлога за енергетску ефикасност и унапређена стања за дати објекат како би се показало који је од понуђена три приједлога најефикаснији и најекономичнији.

Приједлог 1 састоји се од постављања камене фасадне вуне, дебљине 5cm, изолација таванице минералном вуном, дебљине 5cm. Постављање ПИР панела, дебљине 5cm, те замјена фасадне столарије са двоструким стаклом и 5 комора.

Приједлог 2 састоји се од постављања камене фасадне вуне, дебљине 8cm, изолација таванице минералном вуном, дебљине 8cm. Постављање ПИР панела, дебљине 8cm, те замјена фасадне столарије са троструким стаклом и 5 комора.

Приједлог 3 састоји се од постављања камене фасадне вуне, дебљине 12cm, изолација таванице минералном вуном, дебљине 12cm. Постављање ПИР панела, дебљине 12cm, те замјена фасадне столарије са троструким стаклом и 6 комора.

7.1. Сумирани резултати за три приједлога

Након урађене анализе коришћењем претходно поменутог софтвера за сва три приједлога мјера енергетске ефикасности дошло се до резултата који су представљени како слиједи.

Према прорачуну се претпоставља да ће, након спороведених мјера енергетске санације, „Приједлог 1“, енергетско стање објекта бити унапријеђено за два енергетска разреда, тј. из енергетског разреда „Г“ у енергетски разред „Е“ са специфичном годишњом потребном енергијом за гријање 145,55 kWh/m²god.

Према прорачуну се претпоставља да ће, након спороведених мјера енергетске санације, „Приједлог 2“, енергетско стање објекта бити унапријеђено за три енергетска разреда, тј. из енергетског разреда „Г“ у енергетски разред „Д“ са специфичном годишњом потребном енергијом за гријање 111,84 kWh/m²god.

Према прорачуну, претпоставља се да ће након спороведених мјера енергетске санације, „Приједлог 3“, енергетско стање објекта бити унапријеђено је за три енергетска разреда, тј. из енергетског разреда „Г“ у енергетски разред „Д“ са специфичном годишњом потребном енергијом за гријање 93,81 kWh/m²god.

Долази се до закључка да је сврха енергетске санације испуњена јер је, у сваком од три приједлога, енергетски разред објекта унапријеђен бар за један, а све то у складу са „Правилником о енергетској ефикасности зграда“ (Службени гласник РС, број 061/2011) и „Правилником о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда“ (Службени гласник РС, број 69/2012 и 44/2018) и другим релевантним законима.

8. ТЕХНО-ЕКОНОМСКА АНАЛИЗА ОПРАВДАНОСТИ САНАЦИЈЕ ШКОЛСКОГ ОБЈЕКТА

Један од кључних фактора за реконструкцију објеката и унапређења енергетске ефикасности објеката јесте исплативост инвестиционог улагања. Како би се видјело да ли је, са економске стране, оправдана инвестиција енергетске ефикасности и који је период отплате инвестиције неопходно је извршити техно-економску анализу.

Техно-економска анализа је урађена за сва три приједлога мјера енергетске санације објекта како би се утврдило које од три понуђена решења је најисплативије. Уз помоћ простог периода отплате (simple pay back) и динамичких метода за оцену пројекта све три предложене опције су вредноване.

У таб. 2 су приказани износи инвестиција и израчунати периоди отплате почетне инвестиције за сва три предлога на основу очекиваног смањења годишње потрошње природног гаса са повећањем енергетске ефикасности објекта. Из табеле 2 се види да је рок отплате за сва три решења мањи од 10 година.

Емисија CO₂ која је наведена у табели 2 представља количину угљен-диоксида који ће бити емитован у атмосферу у току једне године.

Табела 2: Резултати техно-економске анализе

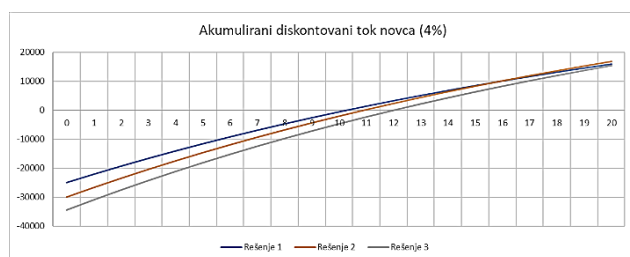
	„Приједлог 1”	„Приједлог 2”	„Приједлог 3”
Инвестиција [€]	25.000,00	29.921,00	34.392,00
Уштеда [€/god]	897	1.325,4	1.554,6
SPB [god]	8,28	8,67	9,35
Енергетски разред	Е	Д	Д
Емисија CO ₂ [kg/god]	15.387,47	12.079,76	10.311,25

У табели 3 су приказани резултати динамичке техно-економске анализе. У табели 3 је приказана висина инвестиције за сва три приједлога, интерна стопа поврата инвестиције (IRR) и нето садашња вриједност пројекта (NPV). Посматрани период је 20 година, са дисконтном стопом од 4 %.

Табела 3: Резултати динамичке анализе

	Инвестиција [€]	IRR	NPV (4%) [€]
“Приједлог 1”	25.000,00	10%	15.930,00
“Приједлог 2”	29.921,00	10%	16.837,00
“Приједлог 3”	34.392,00	9%	15.482,00

На слици 5 је представљен графички приказ резултата акумулације нето дисконтваног новчаног тока. Са графика се може видјети да је рок отплате инвестиције око 10 година, у зависности од решења.



Слика 5: Графички приказ акумулираног новчаног тока

За реализацију пројекта унапређења енергетске ефикасности свакако најважнија ствар јесте финансијска подршка тим пројектима. Постоји више начина финансирања пројекта за унапређење енергетске ефикасности.

С обзиром на то да је објекат, који је предмет енергетске санације, јавна установа и да се налази у власништву јединице локалне самоуправе није разматран ни један други начин финансирања осим из сопствених извора.

Осим финансирања оваквих пројекта из сопствених извора, постоје и инострани извори за финансирање пројекта енергетске ефикасности и обновљивих извора енергије, као и комерцијални кредити који

нуде банке, али они нису били разматрани у овом раду.

9. ЗАКЉУЧАК

На основу представљених резултата прорачуна долази се до закључка да је употреба енергетске ефикасности у зградарству од великог значаја, како за уштеду новчаних средстава и смањење рачуна за гријање, тако и за очување заштите животне средине на локалном нивоу.

Употреба мјера енергетске ефикасности, не само да доприноси смањењу трошкова и очувању животне средине, већ показује мноштво других користи као што су управљање и контрола микроклиматских услова у просторији, повећање комфора и услова живота људи који бораве у објекту.

Из спроведених анализа овога рада, закључује се да је улагање у енергетску санацију јавног школског објекта „22. октобар“ из Жабља исплативо. Инвестиција у енергетску санацију овог објекта ће се исплатити након 10 година.

Оно што се могло примијетити из овог рада јесте да потрошња енергије у зградарству и индустрији представља један од најважнијих аспеката који у блиској будућности мора добити доста више пажње, а све у циљу унапређења и осавремењивања како постојећих, тако и нових објеката.

10. РЕФЕРЕНЦЕ

- [1] Д. Гвозденац, Б. Гвозденац-Урошевић, З. Морвај “Енергетска ефикасност”, Нови Сад, 2012
- [2] Министарство грађевинарства, саобраћаја и инфраструктуре, Становање и одржаваље зграда
- [3] <https://www.ursa.rs>
- [4] Закон о ефикасном коришћењу енергије, “Службени гласник Републике Србије”, број 25/2013 и 40/2021, Београд
- [5] Закон о енергетској ефикасности и рационалној употреби енергије, Службени гласник Републике Србије, број 40 од 22. априла 2021.
- [6] Правилник о енергетској ефикасности зграда, “Службени гласник Републике Србије”, број 61/2011, Београд
- [7] Правилник о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда “Службени гласник Републике Србије”, број 69/2012 и 44/2018, Београд
- [8] <https://www.mre.gov.rs/>

Кратка биографија:



Новица Буднић рођен је у Требињу 1997. год. Основне студије на Факултету техничких наука из области Чисте енергетске технологије завршио је 2020. године. Тренутно је студент мастер студија на смјеру Чисте енергетске технологије.