

Др Дуња Поповић * Др Драгиша Тодоровић

ЕНЕРГЕТСКА ЕФИКАСНОСТ

АКАДЕМСКА МИСАО
Београд, 2024.

ЕНЕРГЕТСКА ЕФИКАСНОСТ

Аутори

Др Дуња Поповић

Др Драгиша Тодоровић

Рецензенти

Др Јасмина Пекез, ванредни професор, Технички факултет „Михајло Пупин“ Универзитета у Новом Саду

Др Саша Дмитровић, доцент, Физички факултет Универзитета у Београду

Др Ирис Борјановић, проф. струковних студија, Висока техничка школа струковних студија у Зрењанину

Издавач

Академска мисао, Београд

Штампа

Графопринт, Горњи Милановац

Место и година издања

Београд, 2024.

Тираж

200 примерака

ISBN 978-86-6200-005-7

©2024. Академска мисао, Београд

За моју мајку Радицу Поповић

Предговор

Енергетска ефикасност је тема наше садашњости и будућности. Ова књига може да се користи као уџбеник за високе школе за предмет Енергетска ефикасност.

Значајан допринос првом издању књиге дао је Драгиша Тодоровић својом скриптом која је цитирана у библиографији. Овом приликом му се захваљујем на том доприносу.

У овом издању тежња аутора је била да отклоне мањкавости првог издања.

Срдечно се захваљујем колегама рецензентима Пекез Јасмини, Дмитровић Саши и Борјановић Ирис, издавачкој кући Академска мисао и Вујадиновић Марку.

Ову књигу посвећујем мојој мајци, неуморној лекторки која је све моје рукописе подигла на виши ниво.

Аутор Д. П.

У Крушевцу, 25-12-2023

Предговор првом издању

Енергетска ефикасност је максимално искоришћење природних извора енергије. Њена реализација у свим сегментима друштвених активности је неопходност повезана са одрживим развојем, који нам налаже да коришћење ресурса који су нам доступни данас, мора да се континуираним напорима полако своди на ону меру са којом не бисмо угрозили наш опстанак у будућности. Циљ овог дела је да на свеобухватан начин представи научни одговор на савремено питање реализације или повећања енергетске ефикасности.

Читаоцима ове књиге постаће јасније у ком контексту би пре свега требало разматрати енергетску ефикасност и њен планетарни значај, који се може и квантификовати и чији се физички показатељи могу рачунати и мерити. Када разумемо механизме и потребу за енергетском ефикасношћу, даље ће бити описане конкретне примене за индустрију, пољопривреду, саобраћај, становање, осветљење и грејање.

Књига може да се користи као уџбеник за високе школе за предмет Енергетска ефикасност. Аутор се срдечно захваљује колегама рецензентима Дмитровић Саши и Борјановић Ирис, издавачкој кући Академска мисао и Марку Вујадиновићу.

У Крушевцу, 30. 12. 2021.

САДРЖАЈ

1	Енергетска ефикасност.....	1
1.1	Стање у свету крајем 20. века.....	1
1.2	Шта је енергетска ефикасност?	3
1.3	Основни појмови	4
2	Енергетска ефикасност – физички смисао.....	6
2.1	Енергија	6
2.2	Принципи термодинамике	7
2.3	Ентропија	8
2.4	Ексергија.....	10
2.5	Енергетска ефикасност процеса.....	10
2.5.1	Топлотна машина	11
2.5.2	Електрични омски грејач	11
2.5.3	Електрични грејач воде	11
2.5.4	Сагоревање	12
3	Извори енергије	13
3.1	Врсте енергије.....	13
3.2	Фосилна горива	13
3.2.1	Економска исплативост фосилних горива	15
3.3	Цена електричне енергије	15
3.3.1	Обрачунска снага	16
3.3.2	Тарифе и зоне (зелена, плава и црвена)	16
3.4	Обновљиви извори енергије	17
3.4.1	Сунце	17
3.4.2	Ветар.....	19
3.4.3	Вода	21
3.4.4	Зелени водоник.....	22

3.4.5	Биоенергија	23
3.4.6	Биомаса	24
3.4.7	Складиштење енергије	25
3.4.8	Одрживи енергетски развој	26
4	Законска регулатива о енергетској ефикасности	28
4.1	Препреке примени енергетске ефикасности.....	28
4.2	Развој законодавства енергетске ефикасности у свету	29
4.2.1	Јапан	29
4.2.2	САД	29
4.2.3	Кина	30
4.2.4	Европска унија	31
4.2.5	Европске земље.....	31
4.2.6	Србија	32
4.3	Глобалне иницијативе и покровитељи.....	35
4.4	Повратно дејство	35
5	Ознаке за енергетску ефикасност	37
5.1	Врсте енергетских ознака	37
5.2	Енергетска ознака Европске Уније	38
5.3	Означавање производа у Србији	39
6	Енергетска ефикасност стамбених зграда	41
6.1	Енергетски разред и енергетски пасош зграде	41
6.2	Енергетска ефикасност зграда.....	42
6.2.1	Омотач зграде, зидови и кров	42
6.2.2	Изолација	43
6.2.3	Прозори и врата - столарија	44
6.2.4	Термовизијско снимање.....	44
6.3	Савремени материјали у грађевинарству	46
6.3.1	Провидно дрво	46

6.4	Пасивне зграде	48
7	Енергетска ефикасност у системима грејања	50
7.1	Системи грејања	50
7.1.1	Грејалице и радијатори	50
7.1.2	ТА пећ	51
7.1.3	Клима уређај, топлотна пумпа	52
7.1.4	Котларница	54
7.1.5	Централно (даљинско) грејање	54
7.2	Побољшање енергетске ефикасности у системима грејања ...	55
8	Енергетска ефикасност у систему осветљења	56
8.1	Извори светлости.....	56
8.2	Упоредивање извора светлости.....	58
8.3	Побољшање енергетске ефикасности у системима расвете....	59
9	Енергетска ефикасност у потрошњи воде	60
9.1	Мерење протока.....	60
9.2	Пример добре праксе – ЈКП Водовод - Крушевац.....	61
9.3	Побољшање енергетске ефикасности коришћења воде.....	62
10	Енергетска ефикасност у саобраћају	63
10.1	Мотор са унутрашњим сагоревањем	63
10.2	Горива.....	63
10.2.1	Бензин	64
10.2.2	Дизел	64
10.2.3	Алкохоли	64
10.2.4	ТНГ	64
10.2.5	Керозин	65
10.2.6	Водоник.....	65
10.3	Издувни гасови	65
10.4	Енергетски ефикасне технологије.....	66

10.5	Електрични аутомобил.....	67
10.6	Литијум-јонска батерија.....	67
10.7	МАГЛЕВ возови	68
10.8	Енергетска ефикасност саобраћаја у Србији.....	69
11	Енергетска ефикасности у индустрији	70
11.1	Механизми примењени у Европској Унији.....	70
11.2	Електране и индустрија у Србији	70
11.3	Побољшање енергетске ефикасности у индустрији	71
11.4	Когенерација.....	72
12	Енергетска ефикасност у пољопривреди	73
12.1	Пољопривредна биомаса у Србији.....	73
12.2	Биосенс институт	73
13	Енергетска ефикасност и рециклажа.....	76
13.1	Пример добре праксе – спалионица отпада у Бечу.....	77
13.2	Пример добре праксе – Ражањ.....	77
14	Енергетска ефикасност, интернет ствари и паметни градови	79
14.1	Пример мера енергетске ефикасности - Крушевац	80
14.2	Енергетска ефикасност и појединац	80
	Библиографија.....	83
	Библиографија – слике	90
	О ауторима	94

1 ЕНЕРГЕТСКА ЕФИКАСНОСТ

1.1 Стање у свету крајем 20. века

Од 1750. до 2000. године светска популација се увећала за 5.5 милијарди људи експоненцијалним растом. Да се увећање популације одвијало линеарним порастом, 2000. године би на Земљи живела 1.5 милијарда становника. Експоненцијалним растом се увећава и урбана популација, економија, тј. бруто национални производ, индустријска производња, потрошња ђубрива и износ просечне уштеђевине по становнику.



Слика 1-1: Пораст светске популације 1750-2000. године.

Наведени пораст не може да се настави у недоглед јер томе стају на пут физичка и социјална ограничења. Најбитније физичко ограничење представља ослањање раста на природне ресурсе који нису обновљиви. Ту спадају пре свега фосилна горива – енергенти данашњице који се несразмерно споро обнављају и чије резерве су при крају. Осим фосилних горива физичка ограничења намећу и расположива храна (обрадиво земљиште, свежа вода), материјали (посебно метали), друга горива (нуклеарна, на пример), као и капацитет екосистема за рециклажу и апсорпцију отпада (шуме и океани). У социјална ограничења спадају чиниоци светског мира, социјалне стабилности, образовања, запослености и технолошког развоја.

Светска резерва угља износи 1.2 милијарде тона. Да се потрошња наставила стопом из седамдесетих година, ова резерва се не би исцрпла још 2300 година, док би са годишњим порастом потрошње од 4%

резерва трајала само 111 година. Слично је са нафтом, где резерва износи 72 милијарде кубних метара и да се трошила стопом из седамдесетих година, трајала би 31 годину, док би уз пораст од само 4% трајала 20 година.

Већ пар деценија енергетске кризе предочавају потребу да се потрошња поменутих енергената стави у прихватљиве границе. Нафтна криза 1973. године је настала када су земље извозници нафте увеле нафтни ембарго Западу. То је учинило да јасније осећамо да енергенти које црпемо свакодневно не могу да се регенеришу довољно брзо и у складу са њиховом будућом потребом друштву.

Битне последице ослањања на фосилна горива као погонску снагу нису само њихова ограничена резерва, већ и стварање загађења које је алармантно за целу планету. Најбитнији примери су присуство угљен-диоксида у атмосфери, нуклеарног отпада, олова у леду на Гренланду или кисеоника у Балтичком мору.



Слика 1-2: Неосветљена ознака у Америци током нафтне кризе 1973.

Међународни панел за климатске промене (IPCC) указује како на промену глобалне температуре на Земљи услед глобалног загревања, тако и на учесталу појаву климатских екстрема. Главни узрок развоја климатских промена јесте глобална емисија гасова стаклене баште као што су угљен-диоксид CO_2 , метан CH_4 , азот-субоксид N_2O . Ови гасови су провидни за Сунчеву светлост која загрева Земљу, али апсорбују инфрацрвено зрачење чијим одавањем се Земља хлади. Примарни извор емисије гасова стаклене баште је сагоревање фосилних горива од стране човечанства, због чега се тај утицај назива антропогени фактор. Присуство гасова стаклене баште у атмосфери може се регулисати једино глобалним смањењем интензитета процеса у којима се они

ослобађају или налажењем начина да се емитовани угљен-диоксид успешно одложи у Земљино тло.

1.2 Шта је енергетска ефикасност?

У физици је енергија способност вршења рада, коју сходно томе сматрамо за ресурс. Ефикасност је способност да се ресурс искористи. Енергетска ефикасност означава смањење потрошње енергије за производњу одређеног производа, пружену услугу или обављену активност. Она је мера успешности употребе енергетских ресурса са што већим добицима. Смањење енергетских губитака може бити последица техничко-технолошких унапређења или боље осмишљене организације.

Констатовали смо да су енергетски ресурси ограничени, а да енергетске потребе и потражња расту, а то повлачи и пораст цене енергије. И енергетски ефикасне технологије захтевају енергенте, те је битно и да се са фосилних горива пређе на глобалну употребу обновљивих извора енергије као што су Сунце, ветар, вода и биомаса. Енергетска ефикасност доприноси сигурности снабдевања енергијом, те се с правом може назвати горивом, а термини који се налазе у оптицају су и прво и скривено гориво. Енергетска ефикасност се чак и назива воћем на ниским гранама, због своје доступности. Као најефикаснији начин увођења енергетске ефикасности показала се промена законске регулативе.

Пошто су питања енергената од глобалног значаја, глобалне инвестиције су мера успешности примене принципа енергетске ефикасности. На жалост, у мање развијеним земљама су прелаз на енергетски ефикасне методе и коришћење обновљивих извора енергије отежани.

Велики ефекти се могу постићи и применом мера енергетске ефикасности у домаћинствима. Од примене штедљивих кућних апарата људи су финансијски на добитку, а емисија гасова стаклене баште опада. Ако смањимо потрошњу електричне енергије за само 1 kWh, уштедели бисмо 0.4 kg угља, 1.0 kg угљен-диоксида, који је гас стаклене баште, 15 g сумпор-диоксида, који узрокује киселе кише и 2-25 динара пре ПДВ-а на рачуну за потрошњу електричне енергије.

Пошто енергетска ефикасност доводи до редукције емисије гасова стаклене баште, она је препозната као други најефикаснији начин за

борбу против даљег развоја глобалног загревања. Међународна агенција за енергију (IEA) сматра да је енергетска ефикасност најсигурнији пут за истовремено решење проблема климатских промена и домаћинског коришћења електричне енергије. Тим путем би се глобални пораст температуре зауставио на порасту од 2°C, а присуство угљен-диоксида у атмосфери би могло да се задржи на 450 ppm.

1.3 Основни појмови

Енергетска штедња означава смањење коришћења енергије по цену жртвовања животног стандарда и/или продуктивности. Енергетска уштеда је термин у широкој употреби, а стручно означава смањење коришћења енергије услед повећане енергетске ефикасности, при чему се не жртвују ни животни стандард, ни продуктивност. Она се може регистровати у свим конкретним применама за индустрију, пољопривреду, саобраћај, становање, осветљење, грејање итд. До енергетске уштеде долази када се спроведу мере енергетске ефикасности којима се промени технологија, организација или неки уређај, те потрошња енергије опадне. Уколико у домаћинству замените сијалицу са волфрамовим влакном ЛЕД лампама учинили сте корак ка повећању енергетске ефикасности. Уколико уместо сијалице користите само дневно светло, реч је о енергетској штедњи.

Енергетска ефикасност се математички изражава као однос корисне и уложене енергије. Системи код којих се енергетска ефикасност активно разматра и сматра за битну су потрошачи у домаћинству (пре свега електрични уређаји као што су ТА пећ, бојлер, тостер, радијатор, шпорет, веш машина, пегла итд.), затим системи зграда, грејања и хлађења, пречишћавања воде и осветљења, процеси у индустрији, пољопривреди и саобраћају. Индикатори енергетске ефикасности могу бити термодинамички (степен корисног дејства), физички (на пример кубни метри произведене воде, квадратни метри грејане површине или тоне производа по уложеном киловат-часу енергије) или економски (енергетска добит према БДП). У последњем наведеном случају сматрамо да је реч о енергетској интензивности, чија јединица мере је: еквивалентна вредност у тонама нафте (toe – tonne of oil equivalent – енергија која се добије сагоревањем једне тоне нафте, апроксимативно 42 GJ), еквивалентна вредност у тонама угља (TCE) или мега-цул по хиљаду долара бруто домаћег производа.

Активности енергетске ефикасности су свако ангажовање које води ефикасној употреби енергетских извора. Мерљиве активности енергетске ефикасности су инвестиције, док су немерљиве активности енергетске ефикасности развој законодавства или јачање капацитета. Прописи енергетске ефикасности имају за циљ да подстакну поштовање мера енергетске ефикасности и редовно их побољшавају. Политика такође одређује напредак примена енергетске ефикасности на следеће начине: обезбеђивањем сигурног снабдевања енергијом на националном нивоу, повећањем конкурентности индустрије, смањењем рачуна за енергетску потрошњу домаћинстава или утицајем на редукацију загађења ваздуха и промене климе.