



Република Србија  
Министарство рударства  
и енергетике



*Empowered lives.  
Resilient nations.*



# ПРИРУЧНИК ЗА ЕНЕРГЕТСКЕ МЕНАѢЕРЕ ЗА ОБЛАСТ ЕНЕРГЕТИКЕ ЗГРАДА

Овај приручник припремљен је у оквиру заједничког пројекта Министарства рударства и енергетике Републике Србије и Програма Уједињених нација за развој (UNDP) „Уклањање препрека за промовисање и подршку систему енергетског менаџмента у општинама у Србији“, који се финансира средствима Глобалног фонда за животну средину (GEF).

#### ИМПРЕСУМ

#### НАСЛОВ:

Приручник за енергетске менаџере за област енергетике зграда

#### ИЗДАВАЧ:

Програм Уједињених нација за развој (UNDP), Београд, Србија

#### ЗА ИЗДАВАЧА:

Универзитет у Београду, Машински факултет

#### АУТОРИ

1. Проф. др Милош Бањац, дипл. инж. машинства, национални директор пројекта
2. Др Маја Тодоровић, ванредни професор, дипл. инж. машинства
3. Проф. др Филип Кулић, дипл. инж. електротехнике
4. Проф. др Бранислав Живковић, дипл. инж. машинства
5. Др Милан Ристановић, ванредни професор, дипл. инж. машинства
6. Радослав Галић, дипл. инж. машинства
7. Дејан Ђукановић, дипл. инж. машинства
8. Мр Маја Матејић, дипл. инж. машинства
9. Мр Љиљана Брдаревић, дипл. економиста

#### ДИЗАЈН

Константин И. Петровић

#### ЛЕКТУРА И КОРЕКТУРА

Наташа Лекић Марковић, професор српског језика и књижевности

Електронско издање

© Сва права задржава издавач

Ставови изнети у овом приручнику су ставови аутора и не представљају нужно ставове Програма Уједињених нација за развој (UNDP).

Београд, јун 2017. године

ISBN 978-86-7728-256-1

# Приручник за енергетске менаџере за област енергетике зграда

---

Јун 2017. године

## Предговор

Народна скупштина Републике Србије је 15. марта 2013. године усвојила Закон о ефикасном коришћењу енергије са циљем да реализује стратешке циљеве и испуни преузете међународне обавезе, пре свега сходно Уговору о оснивању енергетске заједнице. Овим Законом се по први пут успоставља правни оквир и институционално уређује област ефикасног коришћења енергије у Републици Србији.

Иако је главни циљ доношења овог Закона био да обезбеђивањем правне основе подржи рационално и одрживо коришћење енергије како би се допринело сигурнијем снабдевању енергијом, конкурентности привреде и заштити животне средине, пресудан разлог за његово доношење је био захтев Енергетске заједнице да се у законодавство Србије пренесу одредбе из три тада актуелне директиве о енергетској ефикасности у финалној потрошњи енергије.

Међутим, поред испуњавања претходно наведеног разлога, овај Закон је као основни механизам за спровођење ових одредби, али и читавог низа других мера и активности којима се могу остварити уштеде енергије у свим енергетским секторима, а не само у сектору финалне потрошње енергије, предвидео и озаконио увођење сасвим аутохтоног Система енергетског менаџмента (СЕМ).

Сама идеја о успостављању СЕМ-а, чији су обвезници и јавни потрошачи енергије и јединице локалне самоуправе и сви други велики потрошачи енергије, укључујући и велике комплексе зграда, настајала је готово читаву деценију, кроз више пројеката које је реализовало Министарство рударства и енергетике (Министарство), почевши од три пројекта финансирана средствима из донације Краљевине Норвешке, а у вези са енергетским планирањем на нивоу општина, једног пројекта финансираног од стране Немачке организације за техничку сарадњу (нем. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit - GIZ), затим два пројекта са Програмом Уједињених нација за развој (UNDP), те два кључна пројекта у овој области: „Увођење система енергетског менаџмента у Србији“ и „Унапређивање система енергетског менаџмента у свим секторима потрошње енергије у Републици Србији“ које је Министарство реализовало, односно реализује у сарадњи и уз подршку Јапанске организације за међународну сарадњу (Japan International Cooperation Agency - JICA).

Развијајући основну идеју ових пројеката – да је потребно успоставити систем организованог управљања енергијом којим ће се пратити њени токови од места њеног настанка, преко процеса преноса и дистрибуције, па све до њене потрошње, а ради њихове оптимизације и рационализације и повезујући сопствена искуства у области општинске енергетике, јапанска искуства у сектору индустрије и европска искуства у вези са зградама у надлежности органа јавне власти – настајао је нови и оригиналан систем енергетског менаџмента.

После усвајања Закона о ефикасном коришћењу енергије, од 2013. године, кључни кораци на реализацији успостављања СЕМ-а спроведени су најпре у кроз пројекат „Унапређивање система енергетског менаџмента у свим секторима потрошње енергије у Републици Србији“, кроз који је JICA донирала Министарству лабораторијску опрему и мерне инструменте неопходне за практичну обуку енергетских менаџера. На предлог Министарства, Влада у фебруару 2015. године доноси Закључак о прибављању у својину Републике Србије и давању



на коришћење ове опреме Универзитету у Београду, Машинском факултету. Са добијеном опремом, Машински факултет уз помоћ JICE формира и опрема Лабораторију за практичну обуку енергетских менаџера. Истовремено, по спроведеном Јавном позиву за избор Организације за обуку, Решењем Министра, 19. октобра 2015. године, Универзитет у Београду, Машински факултет добија овлашћење да обавља послова обуке енергетских менаџера.

Паралелно са овим активностима, Министарство ради и на изради неопходних подзаконских аката неопходних за потпуно успостављање СЕМ-а, као и припреми одговарајућих софтвера, база података и приручника за обуку енергетских менаџера. У сарадњи са UNDP-ом 2013. године, Министарство је започело са спровођењем пројекта „Успостављање информационог система за енергетски менаџмент (ИСЕМ) у јавним зградама у Републици Србији“. Међу најважнијим резултатима овог пројекта били су управо увођење и успостављање ИСЕМ, али и израда **Приручника за обуку енергетских менаџера за област општинске енергетике.**

Не заустављајући се на томе, 2016. године Министарство, поново уз помоћ Универзитета у Београду, Машинског факултета, припрема и **Приручник за обуку енергетских менаџера за област индустријске енергетике.**

Нешто раније, крајем 2015. Године, Министарство и UNDP су почели са спровођењем још једног пројекта под називом “Уклањање препрека за промовисање и подршку систему енергетског менаџмента у општинама у Србији”, а који се финансира средствима Глобалног фонда за животну средину (GEF). Пројекат се надовезује на претходне, чиме се обезбеђује континуитет рада на развоју институционалног и правног оквира за енергетски менаџмент.

Софтверска база података СЕМ-а, као и овај **Приручник за обуку енергетских менаџера за област енергетике зграда**, који је написан у потпуности у складу са Правилником о начину спровођења и садржини програма обуке за енергетског менаџера, трошковима похађања обуке, као и ближим условима, програму и начину полагања испита за енергетског менаџера, Сл. гласник, бр. РС 12/15, представљају само неке од резултата овог пројекта.

Што се тиче самог **Приручника за обуку енергетских менаџера за област енергетике зграда**, он је писан и намењен првенствено полазницима обуке за енергетског менаџера за област енергетике зграда, али може послужити уџбеник и за све друге курсеве који се баве проблематиком рационалног коришћења енергије у зградама и системом енергетског менаџмента. Сходно томе, приручник стоји на располагању инжењерима различитих дисциплина, као и студентима техничких факултета. Ознаке које су коришћене у приручнику су, у највећој могућој мери, усклађене са стандардом SRPS EN ISO 80000.

Унапред захваљујемо свима, а посебно колегама по струци, ако нам укажу на евентуалне грешке, како би их исправили у следећем издању.

Београд, јун 2017. године

Аутори

## Садржај

Предговор .....	4
Садржај .....	6
Листа акронима и скраћеница .....	16
Табеле .....	17
Слике .....	19
<b>1</b> Општи појмови и регулатива о енергетској ефикасности и систему енергетског менаџмента ..	28
1.1 Енергетски сектор Србије .....	28
1.1.1 Значај енергетике .....	28
1.2 Енергетска политика Србије .....	28
1.2.1 Стратегија развоја енергетике Републике Србије до 2025. године са пројекцијама до 2030. године .....	30
1.2.2 Политика енергетске ефикасности и Енергетска заједница .....	30
1.2.3 Закон о ефикасном коришћењу енергије .....	32
1.2.4 Закон о планирању и изградњи .....	34
1.3 Систем енергетског менаџмента .....	34
1.3.1 Обавезе обвезника СЕМ-а .....	39
1.3.2 Енергетски менаџери .....	40
1.3.3 Обука за енергетске менаџере за област енергетике зграда .....	41
1.3.4 Овлашћени енергетски саветници .....	43
ЛИТЕРАТУРА .....	45
<b>2</b> ЕНЕРГИЈА .....	47
2.1 Увод .....	47
2.2 Потребе за енергијом .....	48
2.3 Извори енергије за планету Земљу .....	48
2.4 Облици енергије према степену трансформације .....	49
2.4.1 Примарна енергија .....	50
2.4.2 Секундарна енергија .....	50
2.4.3 Корисна енергија .....	51
2.4.4 Финална или крајња енергија .....	52

2.5	Ефикасност претварања или степен искоришћења енергије.....	52
<b>3</b>	<b>Термодинамички систем, начини преношења топлоте и енергетски биланс .....</b>	<b>55</b>
3.1	Основни појмови из термодинамике.....	55
3.2	Врсте термодинамичких система .....	55
3.3	Термодинамичко стање система и термодинамичке величине стања.....	56
3.4	Унутрашња (термичка) енергије и енталпија.....	57
3.5	Једначине стања супстанце .....	58
3.6	Промена стања система.....	60
3.7	Топлотни капацитет .....	61
3.8	Први закон термодинамике или биланс енергије за затворени термодинамички систем .. .....	62
3.9	Први закон термодинамике или биланс енергије за отворени термодинамички систем.. .....	63
	Литература.....	65
<b>4</b>	<b>Преношење топлоте .....</b>	<b>66</b>
4.1	Начини преношења топлоте .....	66
4.1.1	Провођење топлоте.....	66
4.1.2	Прелажење топлоте (конвекција).....	69
4.1.3	Пролажење топлоте .....	70
4.2	Зграда као отворени термодинамички систем .....	73
	Литература.....	75
<b>5</b>	<b>Основне одредбе стандарда СРПС ЕН ИСО 50001:2001 .....</b>	<b>77</b>
5.1	Порекло стандарда SRPS EN ISO 50001:2012.....	77
5.2	Други стандарди из области управљања енергијом.....	77
5.3	Основне одредбе стандарда SRPS EN ISO 50001:2012 .....	79
5.4	Поређење стандарда ISO 50001 са другим стандардима система менаџмента .....	85
5.5	Сертификација организације према SRPS EN ISO 50001:2012 .....	86
	Литература.....	89
<b>6</b>	<b>Енергетска сертификација зграда и мере ЕЕ на омотачу .....</b>	<b>90</b>
6.1	Појам енергетског сертификата, његова улога и законска регулатива .....	90
6.1.1	Потрошња енергије у зградама.....	92

6.1.2	Закон о планирању и изградњи и Правилници о енергетској ефикасности .....	94
6.1.3	Методологија прорачуна потребне енергије за грејање .....	100
6.2	Топлотни биланс зграде .....	102
6.3	Параметри који утичу на потрошњу енергије.....	105
6.4	Прорачун укупне годишње потребне енергије .....	107
6.5	Изолација цевовода .....	109
6.6	Испоручена и примарна енергија, годишња емисија CO <sub>2</sub> .....	111
6.7	Примена мера унапређења енергетске ефикасности .....	112
6.8	Примена мера унапређења термичког омотача зграде .....	114
6.8.1	Пример примене мера унапређења термичког омотача .....	114
	Литература.....	119
<b>7</b>	<b>Системи за грејање зграде и припрему санитарне топле воде .....</b>	<b>120</b>
7.1	Локални уређаји за грејање .....	121
7.2	Уређаји и опрема система централног грејања .....	127
7.2.1	Котлови за централно грејање .....	127
7.2.2	Пумпе у системима централног грејања .....	130
7.2.3	Карактеристика пумпе и радна тачка .....	131
7.3	Грејна тела у системима централног грејања.....	133
7.3.1	Радијатори.....	133
7.3.2	Плочаста грејна тела.....	134
7.3.3	Цевна грејна тела.....	135
7.3.4	Конвектори.....	136
7.3.5	Панелна грејна тела.....	137
7.4	Системи топловодног грејања .....	138
7.5	Централна и локална регулација топлотног учинка.....	144
7.6	Арматура у системима централног грејања.....	147
7.7	Системи за припрему санитарне топле воде.....	148
7.7.1	Системи за припрему санитарне топле воде који користе необновљиве изворе енергије.....	149
7.7.2	Системи за припрему санитарне топле воде који користе обновљиве изворе енергије.....	151

7.7.3	Системи за припрему СТВ који користе енергију сунчевог зрачења .....	152
7.7.4	Пројектни услови и динамика потрошње СТВ .....	155
7.7.5	Коришћење отпадне топлоте санитарне воде.....	158
7.7.6	Пример примене пријемника сунчеве енергије за припрему СТВ .....	159
	Литература.....	161
<b>8</b>	<b>Вентилација и климатизација јавних и пословних зграда .....</b>	<b>162</b>
8.1	Основни појмови о КГХ .....	162
8.2	Вентилација.....	162
8.2.1	Основни постулати вентилације и климатизације .....	162
8.2.2	Начини вентилације .....	163
8.2.3	Одређивање количине ваздуха.....	163
8.2.4	Системи вентилације.....	164
8.2.5	Вентилатори у КГХ системима .....	166
8.3	Климатизација .....	167
8.3.1	Услови угодности .....	167
8.3.2	Подела система климатизације.....	168
8.3.3	Најчешће примењивани системи климатизације.....	169
8.3.4	Клима-комора .....	171
8.4	Потрошња енергије постројења за вентилацију и климатизацију .....	174
8.4.1	Поређење методологије прорачуна потребне топлоте за грејање и хлађење .....	174
8.4.2	Годишња потребна топлота за грејање и хлађење .....	175
8.4.3	Методе прорачуна годишње потрошње енергије за климатизацију .....	176
8.4.4	Укупна потрошња енергије у згради.....	178
8.5	Енергетски ефикасни системи вентилације и климатизације .....	179
8.5.1	Енергетски ефикасна решења .....	179
8.5.2	Одржавање и унапређење система за вентилацију и климатизацију.....	180
	Литература.....	181
<b>9</b>	<b>Електрична енергија, мере енергетске ефикасности у коришћењу електричних уређаја и расвете .....</b>	<b>182</b>
9.1	Теоријске основе електричне енергије .....	182
9.1.1	Основни појмови везани за простопериодичне напоне и струје.....	182

9.1.2	Типови електричних оптерећења .....	183
9.1.3	Енергија, снага и фактор снаге у електричним колима .....	185
9.1.4	Трофазни наизменични напони и струје (3~ AC) .....	186
9.2	Производња, пренос, дистрибуција и потрошња електричне енергије .....	188
9.2.1	Производња електричне енергије .....	188
9.2.2	Пренос електричне енергије .....	189
9.2.3	Трансформација и дистрибуција електричне енергије.....	190
9.2.4	Потрошња електричне енергије.....	191
9.3	Тржиште електричне енергије, крајњи потрошачи, тарифни системи, тарифни ставови ... .....	192
9.3.1	Тржиште електричне енергије .....	192
9.3.2	Крајњи купац и тарифни систем.....	194
9.3.3	Елементи тарифног система .....	198
9.3.4	Обрачун за утрошену електричну енергију.....	201
9.4	Карактеристичан профил оптерећења, фактор оптерећења, управљање оптерећењем ... .....	207
9.5	Управљање оптерећењем .....	209
9.6	Профил потрошње, анализа профила потрошње, управљање потрошњом, .....	210
9.6.1	Пример одређивања дневног дијаграма потрошње купца у зимском месецу (децембар).....	214
9.6.2	Управљање потрошњом .....	216
9.7	Компензација реактивне снаге .....	216
9.7.1	Основни принципи система компензације реактивне снаге.....	217
9.7.2	Могућности уштеде енергије применом система компензације.....	220
9.7.3	Пројектовања система компензације реактивне снаге .....	220
9.8	Основни типови мотора, основне радне карактеристике, степен корисности мотора, избор електромотора, фактори који утичу на степен корисности, регулација рада електромотора, .....	225
9.8.1	Основни типови мотора и радне карактеристике .....	226
9.8.2	Асинхрони мотори.....	230
9.8.3	Типови механичких оптерећења.....	236
9.8.4	Степен корисности мотора и фактори који на њега утичу, избор електромотора .	239

9.8.5	Управљање електромоторним погонима .....	247
9.9	Основни елементи у систему осветљења, типови светиљки и њихове основне карактеристике, могућности уштеде енергије .....	251
9.9.1	Електрична расвета .....	252
9.9.2	Типови светиљки и њихове основне карактеристике, .....	252
9.9.3	Рационално коришћење енергије за осветљење и могућности уштеде енергије .....	254
	Литература .....	255
<b>10</b>	<b>Системи аутоматског управљања .....</b>	<b>257</b>
10.1	Значај система аутоматског управљања у зградама .....	257
10.1.1	Како направити интелигентну зграду у реалности .....	257
10.1.2	Технолошки системи и развој интелигентних зграда.....	257
10.1.3	Интеграција функција система .....	258
10.1.4	Централни системи надзора и управљања .....	258
10.1.5	Стандардизација у области интелигентних зграда.....	259
10.1.6	Узроци енергетске неефикасности .....	262
10.2	Управљање у системима грејања .....	263
10.2.1	Управљање температуре воде у котлу .....	264
10.2.2	Управљање температуре воде у котлу са компензацијом спољне температуре ...	264
10.2.3	Управљање температуре воде у котлу са компензацијом спољне температуре и утицајем собне температуре.....	266
10.2.4	Управљање температуре воде у котлу са компензацијом спољне температуре и утицајем собне температуре, заштитом хладног краја котла и више кругова грејања .....	267
10.2.5	Управљање топлотне подстанице са компензацијом спољне температуре и једним кругом грејања .....	268
10.2.6	Управљање топлотне подстанице са компензацијом спољне температуре и више кругова грејања .....	269
10.2.7	Једнозонско регулисање система грејања .....	270
10.2.8	Вишезонско регулисање система грејања .....	271
10.3	Управљање у системима климатизације/вентилације .....	275
10.3.1	Каскадно управљање у системима климатизације .....	275
10.3.2	Секвенцијално управљање у системима климатизације.....	276
10.4	Системи управљања осветљења.....	278

10.4.1	Стратегије управљања осветљења.....	278
10.4.2	Програмско управљање и управљање путем сензора.....	278
10.5	Употреба дневног светла и сенчења .....	279
<b>11</b>	<b>Рационално коришћење воде.....</b>	<b>281</b>
11.1	Вода као ресурс .....	281
11.2	Системи за снабдевање водом за пиће .....	288
	Системи за одвођење и пречишћавање атмосферских и отпадних вода.....	291
11.3	Накнаде за коришћење воде и начин наплате.....	292
11.4	Постојеће комерцијалне и зграде јавно-услужног сектора као потрошачи воде .....	295
11.5	Биланс воде у комерцијалним и зградама јавно-услужног сектора .....	301
11.6	Мере за смањење потрошње воде у комерцијалним и зградама јавно услужног сектора .....	309
	Литература .....	320
<b>12</b>	<b>Системи за коришћење ОИЕ у зградама .....</b>	<b>327</b>
12.1	Увод .....	327
12.2	Законски оквир и преглед основних врста ОИЕ за коришћење у зградама у Републици Србији.....	328
	Сунчева енергија .....	330
	Биомаса.....	331
	Геотермална енергија и енергија околног ваздуха.....	332
12.3	Системи за коришћење сунчеве енергије у зградама .....	333
1.1.1	Основни елементи система за коришћење сунчеве енергије у зградама .....	333
	Системи за загревање санитарне топле воде помоћу сунчеве енергије .....	336
	Системи за загревање простора помоћу сунчеве енергије.....	339
	Системи за загревање базенске воде помоћу сунчеве енергије .....	340
	Системи за хлађење простора помоћу сунчеве енергије.....	342
	Смернице за повећање ефикасности система за загревање воде помоћу сунчеве енергије .	342
	.....	342
	Системи за производњу електричне енергије помоћу сунчеве енергије .....	342
12.4	Системи за коришћење биомасе у зградама.....	343
1.1.1	Системи за сагоревање пелета.....	345
	Системи за сагоревање дрвета у облику цепаница .....	347



Системи за сагоревање дрвне сечке .....	348
12.5 Системи за коришћење геотермалне енергије .....	349
1.1.1 Основни принципи рада топлотних пумпи .....	350
Основи примене топлотних пумпи у зградама .....	353
Литература .....	353
<b>13</b> Енергетски преглед зграде - прикупљане и обрада података .....	354
13.1 Увод .....	354
13.2 Подела и елементи енергетских прегледа .....	357
13.3 Припрема енергетског прегледа [5] .....	358
13.4 Обилазак зграде и прикупљање потребних података [5] .....	360
13.5 Анализа и обрада прикупљених података .....	369
13.6 Анализа, идентификација и избор могућих мера унапређења енергетске ефикасности зграде и техничких система у згради .....	377
13.7 Енергетско, економско и еколошко вредновање предложених мера унапређења енергетске ефикасности термичког омотача зграде и техничких система у згради .....	382
13.8 Завршни извештај о енергетском прегледу зграде с вредновањем енергетског разреда зграде, препорукама и редоследу приоритетних мера унапређења енергетске ефикасности зграде и техничких система у згради .....	384
Литература .....	385
<b>14</b> ФИНАНСИЈСКИ ИНЖЕЊЕРИНГ .....	386
14.1 Параметри рентабилности пројекта .....	386
14.1.1 Инвестициона улагања .....	386
14.1.2 Годишње уштеде .....	386
14.1.3 Технички и економски век трајања пројекта .....	387
14.1.4 Вредност новца у времену .....	387
14.1.5 Прост период повраћаја инвестиционог улагања .....	389
14.1.6 Динамички период повраћаја инвестиционог улагања .....	390
14.1.7 Нето садашња вредност .....	390
14.1.8 Коефицијент нето садашње вредности .....	391
14.1.9 Интерна стопа рентабилности .....	391
14.1.10 Коефицијент користи и трошкова .....	392
14.2 Финансијска и економска анализа пројекта .....	392

14.2.1	Анализа финансијске исплативости пројекта ЕЕ и коришћења ОИЕ у зградама ....	393
14.2.2	Анализа економске оправданости пројекта унапређења ЕЕ и коришћења ОИЕ у зградама.....	396
14.3	Извори финансирања пројекта .....	397
14.3.1	Самофинансирање пројекта .....	398
14.3.2	Зајмови иностраних банака .....	398
14.3.3	Кредити домаћих банака .....	399
14.3.4	Лизинг .....	400
14.3.5	Финансирање од стране трећих лица.....	400
14.3.6	Иностране донације .....	400
14.3.7	Избор извора финансирања пројекта.....	400
14.4	Уговарање енергетског учинка.....	401
14.4.1	Финансијски аспекти уговарања енергетског учинка.....	402
14.4.2	Поступак доделе уговора о енергетским услугама .....	403
14.4.3	Финансијски аспекти јавне набавке.....	404
14.4.4	Оцена понуда енергетског учинка .....	405
14.4.5	Мониторинг пројекта енергетског учинка.....	406
	Литература .....	407
<b>15</b>	<b>Информациони систем за енергетски менаџмент .....</b>	<b>408</b>
15.1	Чему служи ИСЕМ.....	408
15.2	Ко и како може да користи ИСЕМ? .....	412
15.1.1	Администратор система .....	413
15.1.2	Министарство рударства и енергетике .....	414
15.1.3	Енергетски администратор, односно локални доносилац одлука .....	414
15.1.4	Општински енергетски менаџер и енергетски менаџер зграде.....	414
15.1.5	Корисник на нивоу објекта .....	415
15.1.6	Гост.....	416
15.1.7	Пошиљалац података .....	416
15.3	Енергетске трошковне целине .....	416
15.4	Дефиниција објекта у ИСЕМ .....	417
15.5	Формирање објекта и унос података о потрошњи енергије и воде у ИСЕМ .....	429

15.6	Пристап Информационом систему за енергетски менаџмент .....	435
15.7	Анализа података .....	435
15.8	Обука корисника ИСЕМ-а .....	435
	Литература.....	436
<b>16</b>	Годишњи извештај о остваривању циљева уштеде енергије .....	437
	Литература.....	438
<b>17</b>	Упутство за израду Програма енергетске ефикасности.....	439
	I Резиме .....	440
	II Увод .....	441
	III Општи подаци о обвезнику .....	442
	IV Опис примењених методологија.....	443
	V Преглед и процена годишњих енергетских потреба обвезника СЕМ-а (енергетски биланс)...	444
	V-1 Енергетски биланс .....	444
	V-2 Потрошња финалне енергије.....	444
	VI Анализа стања потрошње енергије.....	444
	VII Предлог мера и активности за ефикасно коришћење енергије .....	446
	VIII Прорачун уштеде енергије.....	448
	IX Начин праћења спровођења Програма .....	449
	X Извори финансирања и финансијски механизми за спровођење мера .....	450
	XI Извештај о спровођењу Програма у претходном периоду .....	450
	XII Закључак .....	450
	Литература.....	451

## ***Листа акронима и скраћеница***

EMS	Energy Management System
EMIS	Energy Management Information System
EPS	Електропривреда Србије
ESCO	Energy Service Company
GEF	Global Environmental Fund/Глобални фонд за животну средину
ИСЕМ	Информациони систем за енергетски менаџмент
ISO	International Standard Organization/Међународна организација за стандардизацију
JICA	Japan International Cooperation Agency
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau/Немачка развојна банка
MoME	Ministry of Mining and Energy/ Министарство рударства и енергетике
MPE	Министарство рударства и енергетике
ПТВ	Потрошна топла вода
Сл. гл. РС	Службени гласник Републике Србије
СЕМ	Систем енергетског менаџмента
SRPS	Српски стандард
РС	Република Србија
ToR	Terms of Reference
UNDP	United Nations Development Programme/Програм Уједињених нација за развој

## Табеле

Табела 1-1: Врсте, критеријуми за идентификовање обвезника у првој фази СЕМ-а .....	39
Табела 2-1: Степен искоришћења енергије у различитим процесима и уређајима .....	53
Табела 5-1: Поређење стандарда ISO 50001 са другим стандардима система менаџмента .....	85
Табела 6-1: Потенцијал уштеде енергије према сектору потрошње .....	94
Табела 6-2: Највеће дозвољене вредности коефицијента пролаза топлоте, $U_{\max}$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)], за елементе термичког омотача зграде .....	98
Табела 6-3: Дозвољена годишња потрошња финалне енергије .....	99
Табела 6-4: Методологија за одређивање укупне годишње потребне енергије .....	107
Табела 6-5: Степен корисности постројења за грејање .....	108
Табела 6-6: Економски оправдане дебљине изолације за различите типове цеви .....	110
Табела 6-7: Потребна минимална дебљина термичке изолације цевовода и резервоара .....	111
Табела 6-8: Фактори претварања за прорачунавање годишње примарне енергије за поједине врсте извора топлоте .....	111
Табела 6-9: Специфичне емисије CO <sub>2</sub> за поједине врсте енергената .....	112
Табела 7-1: Потрошња и температура СТВ за различите зграде .....	155
Табела 7-2: Потрошња и температура СТВ за угоститељске објекте .....	156
Табела 7-3: Потрошња и температура СТВ за стамбене зграде .....	156
Табела 7-4: Вредности фактора једновремености, топлотни капацитети и величина бојлера .....	157
Табела 8-1: Број измена ваздуха у просторији у зависности од отворености прозора [7] .....	164
Табела 8-2: Оријентационе вредности броја измена ваздуха на сат [2] .....	164
Табела 8-3: Критеријуми угодности према <i>PMV</i> и <i>PPD</i> индексима за стамбено-пословне просторе [7] .....	168
Табела 9-1: Релације између напона, струје и снаге у колима наизменичне струје .....	186
Табела 9-2: Називне струје осигурача и одговарајуће одобрене снаге прикључка .....	202
Табела 9-3: Еквивалентна времена трајања вршног оптерећења .....	212
Табела 9-4: Коефицијенти за 1. категорију мерног места .....	212
Табела 9-5: Коефицијенти за 2. категорију мерног места .....	213
Табела 9-6: Коефицијенти за 3. категорију мерног места .....	214
Табела 9-7: Сатне потрошње електричне енергије за купца 3. категорије за месец децембар .....	215
Табела 9-8: Потребне вредности кондензатора за компензовање реактивне снаге магнетнења трансформатора .....	222

Табела 9-9: Стандардне брзине мотора у зависности од броја полова .....	232
Табела 9-10: Стандардне називне снаге мотора .....	233
Табела 9-11: Листа заштита мотора по стандарду IEC 60034-5 .....	235
Табела 9-12: Додатна опциона слова <i>IP</i> кода .....	236
Табела 9-13: Механичке карактеристике типичних оптерећења електромотора у индустријским постројењима .....	238
Табела 9-14: Ефикасност типичних извора вештачког светла .....	253
Табела 9-15: упоредне карактеристике класичних и штедних сијалица .....	253
Табела 10-1: Класе енергетске ефикасности (А, В, С, D) према SRPS EN 15232 .....	260
Табела 10-2: Функционална листа према класама енергетске ефикасности по системима према SRPS EN 15232 .....	261
Табела 10-3: Фактори ефикасности за различите просторе .....	262
Табела 11-1: Укупно коришћене воде и губици воде приликом транспорта 2013–2015. [13]... 287	287
Табела 11-2: Укупно испуштене воде и количине пречишћене воде 2013-2015. [13] .....	288
Табела 11-3: Цена услуга снабдевања водом и одвођења (пречишћавања) воде .....	293
Табела 11-4: Пример карактеристичних вредности потрошње воде за различите врсте потрошача .....	309
Табела 11-5: Систематизован преглед мера и активности чијом је применом могуће смањити потрошњу воде .....	310
Табела 11-6: Губитак воде кроз кружни отвор различитих пречника при хидростатичком притиску од 50 m [20] и [21] .....	313
Табела 11-7: Коефицијенти прерачунавања услед промене притиска за табелу 11.6 [20] и [21] .....	313
Табела 11-8: AS/NZS 6400 (WELS) Вредности оцена – водокотлићи .....	315
Табела 11-9: Уштеде применом уређаја за двоколичинско испирање тоалета .....	315
Табела 11-10: AS/NZS 6400 (WELS) Вредности оцена – тушеви .....	316
Табела 12-1: Структура (%) обновљивих извора енергије у Републици Србији [3] .....	327
Табела 13-1: Највеће дозвољене вредности коефицијената пролаза топлоте, $U_{max}$ [ $W/m^2K$ ], за елементе термичког омотача зграда у складу са Правилником о енергетској ефикасности зграда ("Сл. гласник РС", бр. 61/2011) .....	371
Табела 13-2: Вредности коефицијента пролаза топлоте за типичне конструкције прозора карактеристичне за претходне периоде изградње [6] .....	372
Табела 13-3: Вредности коефицијента пролаза топлоте за типичне конструкције врата карактеристичне за претходне периоде изградње [6] .....	373

Табела 13-4: Број измена ваздуха на час у зависности од заклоњености и класе заптивености зграде (према СРПС ЕН ИСО 13789) – Стамбене зграде са више станова и природном вентилацијом .....	373
Табела 13-5: Број измена ваздуха на час у зависности од заклоњености и класе заптивености зграде (према СРПС ЕН ИСО 13789) – Појединачне породичне куће са природном вентилацијом .....	373
Табела 13-6: Најчешће примењивани материјали за потребе термичке изолације зграда и њихове карактеристике .....	378
Табела 14-1: Економски век трајања мера ЕЕ у зградама .....	387
Табела 14-2: Финансијска одрживост пројекта .....	394
Табела 14-3: Рентабилност расхода пројекта .....	395
Табела 14-4: Рентабилност капитала .....	395
Табела 14-5: Друштвене користи и трошкови пројекта ЕЕ и коришћења ОИЕ .....	397
Табела 14-6: Економска рентабилност пројекта .....	397
Табела 14-7: Предности и недостаци самофинансирања .....	398
Табела 14-8: Услови зајмова иностраних банака .....	399
Табела 14-9: Предности и недостаци кредита домаћих банака .....	399
Табела 15-1: Шифарник за означавање локације објекта у ИСЕМ .....	418
Табела 15-2: Категоризација објекта у ИСЕМ .....	422
Табела 15-3: Врста буџета из којег се финансирају оперативни трошкови објекта .....	425
Табела 15-4: Начин дефинисања матичног корисника објекта .....	425

## Слике

Слика 1.1: Потписнице Уговора о Енергетској заједници, кандидати и земље посматрачи .....	29
Слика 1.2: Шематски приказ СЕМ-а у Србији .....	37
Слика 2.1: Термоелектрана као пример трансформације примарне енергије у секундарне облике енергије .....	51
Слика 2.2: Примарна, секундарна и финалне енергија .....	52
Слика 2.3: Процес претварања (трансформације) енергије .....	53
Слика 3.1: Затворени термодинамички систем .....	56
Слика 3.2: Отворени (проточни) термодинамички систем са покретном границом и непокретном границом система .....	56
Слика 3.3: Унутрашња енергија .....	58

Слика 3.4: Графички приказ међусобних зависности величина стања за H <sub>2</sub> O .....	60
Слика 3.5: Приказ (привидно) равнотежног процеса у р-в координатном систему - споро сабијање гаса .....	61
Слика 3.6: Затворен макроскопски покретан термодинамички систем .....	63
Слика 3.7: Отворени (проточни) термодинамички систем .....	64
Слика 4.1: Начини преношења топлоте – провођење, прелажење и топлотно зрачење .....	66
Слика 4.2: Провођење топлоте кроз (једнослојан) раван зид .....	67
Слика 4.3: Провођење топлоте кроз вишеслојан раван зид .....	68
Слика 4.4: Провођење топлоте кроз једнослојан и вишеслојан цилиндричан зид (цев).....	69
Слика 4.5: Пролажење топлоте кроз вишеслојан раван зид.....	71
Слика 4.6: Пролажење топлоте кроз вишеслојан цилиндричан зид.....	71
Слика 4.7: Начини преношења топлоте кроз зид зграде.....	73
Слика 4.8: Зграда као отворени термодинамички систем .....	74
Слика 5.1: Временски оквир развоја стандарда везаних за управљање енергијом [1].....	77
Слика 5.2: Временски оквир усвајања стандарда о управљању енергијом у РС [22] .....	79
Слика 5.3: Методологија PDCA циклуса .....	80
Слика 5.4: Модел EnMS према стандарду SRPS EN ISO 50001:2012 [23] .....	81
Слика 5.5: Захтеви стандарда SRPS EN ISO 50001 .....	83
Слика 5.6: Поједностављена шема сертификације према стандарду SRPS EN ISO 50001 .....	88
Слика 6.1: Методологија прорачуна индикатора ЕЕ и веза са CEN стандардима .....	97
Слика 6.2: Изглед прве стране енергетског пасоша Републике Србије.....	102
Слика 6.3: Губици топлоте кроз термички омотач зграде .....	103
Слика 6.4: Топлотни биланс зграде у зимским условима.....	104
Слика 6.5: Оптимална изолација у функцији укупне цене .....	110
Слика 6.6: Оптимална изолација у зависности од називног пречника цеви и температуре флуида који се транспортује .....	110
Слика 6.7: Репрезентативна зграда у Новом Београду на којој су вршена мерења .....	115
Слика 6.8: Кумулативна потрошња топлоте за грејање у радној и контролној згради током три грејне сезоне (лево) и уштеда електричне енергије за погон циркулационих пумпи (десно) ..	115
Слика 6.9: Утицај мера на губитке топлоте зграде (а) и на специфичну потрошњу топлоте за грејање и трошкове грејања (б) .....	116
Слика 6.10: Инвестициони и експлоатациони трошкови (а) и уштеде у енергији и новцу (б) ...	117



Слика 6.11: Кумулативни ток новца од тренутка улагања у унапређење .....	117
Слика 6.12: Период повраћаја инвестиције (а) и интерна стопа рентабилности (б).....	118
Слика 6.13: Утицај промене цене енергије на динамички период отплате инвестиције и интерну стопу рентабилности .....	118
Слика 6.14: Утицај промене стопе инфлације на динамички период отплате инвестиције и интерну стопу рентабилности .....	119
Слика 7.1: Изглед различитих конструкција камина.....	122
Слика 7.2: Изглед каљевих пећи .....	123
Слика 7.3: Изглед металних пећи .....	123
Слика 7.4: Трајножареће пећи .....	124
Слика 7.5: Гасне пећи.....	125
Слика 7.6: Електричне грејалице .....	126
Слика 7.7: Калорифери .....	126
Слика 7.8: Изглед термоакумулационе пећи .....	126
Слика 7.9: Климатизер – сплит систем .....	127
Слика 7.10: Котлови за централно грејање: а) котао од ливеног гвожђа за сагоревање сечке и угља у слоју; б) челични кондензациони котао на лако лож-уље; в) нискотемпературски котао са атмосферским гориоником на гас.....	129
Слика 7.11: Поређење степена корисности нискотемпературског и кондензационог котла ....	130
Слика 7.12: Функционална шема пролаза топле воде и димних гасова код кондензационог котла .....	130
Слика 7.13: Карактеристика пумпе .....	131
Слика 7.14: Карактеристика цевовода .....	131
Слика 7.15: Спрега пумпе и цевовода .....	131
Слика 7.16: Свођење на номинални проток „пригушењем“ .....	132
Слика 7.17: Свођење на номинални проток променом броја обртаја .....	132
Слика 7.18: Димензије радијатора и њихово постављање у увучени парапет .....	133
Слика 7.19: Положај радијатора: а) добри термички услови; б) лоши термички услови.....	134
Слика 7.20: Плочасти радијатор.....	135
Слика 7.21: Различите конструкције цевних грејних тела .....	136
Слика 7.22: Конструкција конвектора .....	137
Слика 7.23: Подни панел .....	138
Слика 7.24: Шема система отвореног гравитационог грејања са доњим разводом .....	139

Слика 7.25: Шема система отвореног гравитационог грејања са доњим разводом .....	140
Слика 7.26: Одзрачни вентили: а) радијаторски и б) аутоматски са пловком.....	141
Слика 7.27: Шема повезивања кондензационог котла са различитим потрошачима.....	141
Слика 7.28: Хоризонтални двоцевни развод: обичан (горе) и Тихелманов (доле).....	142
Слика 7.29: Раздељивање протока кроз грејно тело: начином повезивања (лево) и кратком везом уз помоћ вентила са уронском цеви (десно).....	143
Слика 7.30: Клизни дијаграм .....	145
Слика 7.31: Радијаторски вентил са термостатском главом - принцип рада .....	145
Слика 7.32: Различите врсте собних термостата .....	146
Слика 7.33: Покретачи управљачких вентила.....	146
Слика 7.34: Електронске термостатске главе.....	146
Слика 7.35: Калориметар за мерење потрошње утрошене топлоте за грејање .....	147
Слика 7.36: Запорна арматура: а) Засун; б) лептир славина; в) кугласта славина.....	148
Слика 7.37: Балансни вентили за регулацију протока .....	148
Слика 7.38: Регулациони вентили: а) ручни регулациони вентил; б) регулатор протока са моторним погоном; в) сигурносни вентил са опругом.....	148
Слика 7.39: Централни систем припреме потрошне топле воде с издвојеним резервоаром (бојлером).....	150
Слика 7.40: Функционална шема рада топлотне пумпе за припрему СТВ .....	151
Слика 7.41: Раван пријемник сунчеве енергије.....	153
Слика 7.42: Цевни пријемник сунчеве енергије.....	154
Слика 7.43: Индиректни систем са ПСЕ и једним складишником топлоте и допунским извором за грејање.....	155
Слика 7.44: Систем за повраћај отпадне топлоте санитарне воде.....	159
Слика 7.45: Удео соларног система у припреми СТВ током 12 месеци .....	160
Слика 7.46: Однос удела у припреми СТВ из различитих извора .....	160
Слика 8.1: Основни системи вентилације .....	164
Слика 8.2: Тангенцијална вентилација .....	165
Слика 8.3: Радијална вентилација .....	165
Слика 8.4: Ламинарно струјање .....	166
Слика 8.5: Вентилација потискивањем .....	166
Слика 8.6: Клима-комора у централном једноканалном систему.....	172

Слика 8.7: Процес припреме ваздуха у зимском и летњем периоду.....	173
Слика 8.8: Типови унутрашњих јединица .....	174
Слика 9.1: Таласни облик наизменичне струје.....	182
Слика 9.2: Карактеристичне величине наизменичне струје.....	183
Слика 9.3: Основни типови електричног оптерећења .....	184
Слика 9.4: Електрично коло са једним извором напајања и једним потрошачем.....	184
Слика 9.5: Активна, реактивна и привидна снага.....	186
Слика 9.6: Таласни облици напона у трофазном систему .....	187
Слика 9.7: Фазне и линијске величине у спојевима звезда (Y) и троугао (D или ) потрошача у трофазним системима .....	187
Слика 9.8: Функционална веза подсистема ЕЕС .....	188
Слика 9.9: Концепт будућег електроенергетског система.....	191
Слика 9.10: Блок шема тржишта електричне енергије у Републици Србији .....	194
Слика 9.11: Пример дневног дијаграма оптерећења електричне енергије .....	196
Слика 9.12: Обрачун за електричну енергију за потрошача из групе <i>Домаћинство</i> .....	204
Слика 9.13: Обрачун за електричну енергију за потрошача из категорије <i>Потрошња на средњем напону</i> .....	206
Слика 9.14: Дневни дијаграм оптерећења – хронолошки.....	209
Слика 9.15: Дневни дијаграм оптерећења – уређени (кумулятивни) .....	209
Слика 9.16: Дневни дијаграми потрошње за купца 3. категорије за месец децембар .....	216
Слика 9.17: Шематски приказ утицаја компензације реактивне снаге .....	217
Слика 9.18: Редно RLC коло – принцип компензације реактивне снаге .....	219
Слика 9.19: Изглед фазора напона у редном RLC колу пре и након компензације .....	219
Слика 9.20: Активна, реактивна и привидна снага, пре и после компензације .....	219
Слика 9.21: Положак кондензатора за компензацију реактивне снаге потребне за магнећење трансформатора .....	221
Слика 9.22 Изглед система компензације реактивне снаге индустријског постројења (лево – шематски распоред опреме у орману, десно – изглед изведеног система) .....	225
Слика 9.23: Типичне механичке карактеристике електромотора: синхрона (а), асинхрона или оточна (б) и редна (в).....	227
Слика 9.24: Типичне механичке карактеристике оптерећења: (а) линеарна, (б) вентилаторска и (в) гравитациона.....	228
Слика 9.25: Радни квадранти .....	229

Слика 9.26: Активна (а) и реактивне (б, в, г) карактеристике оптерећења .....	229
Слика 9.27: Механичка карактеристика дизалице .....	230
Слика 9.28: Основни делови асинхроног мотора .....	231
Слика 9.29: Натписна плочица мотора .....	233
Слика 9.30: Момент и струја мотора у споју звезда (Y) и споју троугао ( ) као и при залетању Y- .....	235
Слика 9.31: Структура IP кода .....	236
Слика 9.32: Губици у мотору .....	239
Слика 9.33: Оптерећење, губици и температура за радни режим S1. ....	240
Слика 9.34: Оптерећење, губици и температура за радни режим S2. ....	241
Слика 9.35: Оптерећење, губици и температура за радни режим S3. ....	241
Слика 9.36: Оптерећење, губици и температура за радни режим S4. ....	242
Слика 9.37: Оптерећење, губици и температура за радни режим S5. ....	242
Слика 9.38: Оптерећење, губици и температура за радни режим S6. ....	243
Слика 9.39: Оптерећење, губици и температура за радни режим S7. ....	243
Слика 9.40: Оптерећење, губици и температура за радни режим S8. ....	244
Слика 9.41: Оптерећење, губици и температура за радни режим S9. ....	244
Слика 9.42: Оптерећење, губици и температура за радни режим S10. ....	245
Слика 9.43: општа структура електромоторног погона .....	247
Слика 9.44: Принцип деловања фреквентне регулације .....	250
Слика 10.1: Пирамида интелигентне зграде .....	258
Слика 10.2: Класе енергетске ефикасности (A, B, C, D) према SRPS EN 15232 .....	260
Слика 10.3: Функционална шема управљања у котлу са компензацијом спољне температуре. .....	265
Слика 10.4: Клизни дијаграм са кривама грејања .....	266
Слика 10.5: Функционална шема управљања у котлу са компензацијом спољне температуре. .....	267
Слика 10.6: Управљање температуре воде у котлу са компензацијом спољне температуре и утицајем собне температуре, заштитом хладног краја и више кругова грејања .....	268
Слика 10.7: Управљање температуре воде у котлу са компензацијом спољне температуре и утицајем собне температуре, заштитом хладног краја и више кругова грејања .....	269
Слика 10.8: Управљање температуре воде у котлу са компензацијом спољне температуре и утицајем собне температуре, заштитом хладног краја и више кругова грејања .....	270

Слика 10.9: Различити облици термостатских вентила. ....	271
Слика 10.10: ON/OFF термоелектрични извршни елемент. ....	272
Слика 10.11: ON/OFF термоелектрични извршни елемент. ....	272
Слика 10.12: Моторизовани покретач. ....	273
Слика 10.13: Зидни и плафонски детектори покрета / присуства. ....	273
Слика 10.14: Бочни поглед и поглед одозго на подручје осетљивости плафонског детектора присуства. ....	274
Слика 10.15: Жељене вредности температура у различитим режима рада за грејање и хлађење са асиметричном зоном неосетљивости. ....	275
Слика 10.16: Функционална шема каскадног управљања температуре у простору. ....	276
Слика 10.17: Секвенцијално управљање грејача, хладњака и жалузина свежег ваздуха са зоном неосетљивости. ....	277
Слика 10.18: Функционална шема секвенцијалног управљања температуре у простору. ....	277
Слика 10.19: Принцип управљања константног нивоа осветљења. ....	279
Слика 10.20: Систем управљања сенчења и употребе дневног светла. ....	280
Слика 11.1: Распоживе резерве воде на свету [1] ....	282
Слика 11.2: Површина и дебљина арктичког леда 2003–2008. године [2] ....	282
Слика 11.3: Утицај јединичне потрошње воде у спреси са расположивим ресурсима на начин снабдевања водом [4] ....	283
Слика 11.4: Потрошња воде по становнику чије је снабдевање обезбеђено из месног/градског водовода [9] ....	285
Слика 11.5: Процентуални удео спољњег дотока воде – Р.Србија и државе чланице ЕУ [9] ....	287
Слика 11.6: Упрошћена шема система за снабдевање водом за пиће, одвођење и пречишћавање атмосферских и отпадних вода. ....	289
Слика 11.7: Кућни прикључак са водомером у згради. ....	295
Слика 11.8: Кућни прикључак са водомером испред зграде. ....	296
Слика 11.9: Главни елементи и шема повезивања водовода у зависности од спратности зграде. ....	298
Слика 11.10: Шема развода хидрауличног система по висинским зонама. ....	299
Слика 11.11: Шема развода хидрауличног система за комерцијалне пословне зграде [19] ....	299
Слика 11.12: Потрошња воде у карактеристичним временским периодима у току једног дана. ....	302
Слика 11.13: Методологија за спровођење биланса воде. ....	302
Слика 11.14: Дијаграм месечне потрошње воде са одговарајућим трошковима – годишњи	

профил .....	305
Слика 11.15: Дијаграм месечне потрошње воде – поређење годишњих профила потрошње .	305
Слика 11.16: Дијаграм збирне годишње потрошње воде – поређење годишњих профила потрошње.....	306
Слика 11.17: Дијаграм часовне потрошње воде – дневни профил .....	306
Слика 11.18: Дијаграм дневне потрошње воде – месечни профил .....	307
Слика 11.19: Дијаграм дневне потрошње воде – годишњи профил .....	307
Слика 11.20: Дијаграм мапирања потрошње воде у објекту према расположивим сервисима у згради .....	308
Слика 11.21: Губици воде и процена трошкова: а) на арматурама и славинама; б) на спојевима, прирубницама, цевима, заптивкима пумпи и цревима [22], [23] .....	312
Слика 11.22: Запорни вентил, кугласти вентил, Ек вентил .....	314
Слика 11.23: Пример зграде са системом за прикупљање отпадне воде и кишнице .....	319
Слика 12.1: Годишњи просек дневне енергије глобалног зрачења на хоризонталну површину .....	331
Слика 12.2: Плочасти соларни колектор .....	334
Слика 12.3: Соларни колектори са вакуумским цевима .....	335
Слика 12.4: Поређење плочастих и вакуумских колектора приказано при сунчевом зрачењу од 400 W/m <sup>2</sup> .....	336
Слика 12.5: Систем за загревање санитарне топле воде са плочастим соларним колекторима .....	337
Слика 12.6: "ПРО – КЛИН" акумулатор топлоте .....	339
Слика 12.7: Систем за загревање базенске и санитарне топле воде са плочастим соларним колекторима .....	341
Слика 12.8: Дрвни пелет .....	344
Слика 12.9: Дрвна сечка.....	344
Слика 12.10: Брикети .....	344
Слика 12.11: Дрво - цепанице .....	344
Слика 12.12: Котао на биомасу – пелет, са гориоником и бункером за пелет (производ Еко Стар – Књажевац, Србија) .....	346
Слика 12.13: Котао на биомасу – пелет, сагоревање на решетки, са бункером (производ Шуком, Књажевац, Србија) .....	346
Слика 12.14: Пиролитички котао за сагоревање дрва у облику цепаница (производ Viessmann) .....	347

Слика 12.15: Пиролитички котло у комбинацији са акумулатором топлоте (производ Viessmann).....	348
Слика 12.16: Систем непрекидног снабдевања дрвном сечком .....	348
Слика 12.17: Котло за сагоревање дрвне сечке (производ Радијатор, Краљево, Србија) .....	349
Слика 12.18: Пресек котла за сагоревање дрвне сечке .....	349
Слика 12.19: Шематски приказ топлотне пумпе вода-вода [6].....	351
Слика 12.20: Шематски приказ топлотне пумпе земља-вода – хоризонтално полагање [6]....	352
Слика 12.21: Шематски приказ топлотне пумпе земља-вода – вертикално полагање [6].....	352
Слика 14.1: Структура финансијске анализе .....	393
Слика 15.1: Структура ИСЕМ-а.....	409
Слика 15.1: Аутоматско читавање података са мерача и бројила .....	411
Слика 15.3: Хијерархија корисника ИСЕМ-а (црвеном бојом означени су корисници који имају право увида и измена података, а плавом бојом корисници који имају право увида у податке) .....	412
Слика 15.4: Организација прикупљања и уноса података у ИСЕМ .....	413
Слика 15-5: Енергетске трошковне целине.....	417
Слика 15.6: Хијерархијски низ: финансирање – надлежност - коришћење објекта .....	424
Слика 15.7: Дефиниција објекта у ИСЕМ-у.....	428
Слика 15.8: Хијерархијски низ финансирање-надлежност-коришћење објекта.....	430
Слика 15.9: Примери начина дефинисања објекта .....	431
Слика 15.10: Пример регистра добављача енергената (добављачи природног гаса).....	432
Слика 15.11: Ставке рачуна конкретног добављача.....	432
Слика 15.12: Дефинисање мерних места .....	433
Слика 15.13: Унос рачуна у предефинисани формат идентичном формату фактуре добављача .....	434
Слика 15.14: Прозор за пријаву за рад у ИСЕМ-у .....	435

# **1 Општи појмови и регулатива о енергетској ефикасности и систему енергетског менаџмента**

## **1.1 Енергетски сектор Србије**

### **1.1.1 Значај енергетике**

Енергетика је током последња два века била и остала покретач и кључни фактор економских промена и кичма привредног развоја сваке земље. Земље које су имале највећи економски раст и оствариле најбржи технолошки напредак, бележиле су и највеће повећање и производње и потрошње енергије. Сви подаци и анализе и данас јасно показују да се потребе човечанства за енергијом из дана у дан повећавају, а све прогнозе указују на то да ће се и даље повећавати. Некадашње теорије о постепеном смањивању значаја енергетских ресурса, засноване на претпоставкама интензивног развоја технолошки високо софистицираних и енергетски све мање интензивних индустрија, показале су се као нетачне. Због тога не треба да чуди што је у читавом свету и даље на делу стратешко позиционирање држава, нација и компанија за приступ преосталим природним ресурсима, а посебно фосилним изворима енергије, нафти и гасу.

Истовремено са развојем енергетике засноване на фосилним горивима, постало је јасно да она представља сектор економије који има највећи негативни утицај на животну средину. Њена доминантна заснованост на фосилним изворима енергије представља реалну претњу по одрживост глобалних привредних токова. Необновљивост најкомерцијалнијих и најдоступнијих енергената данашњег света – угља, нафте и природног гаса – врло је битна карактеристика светске енергетике која утиче на одрживу будућност, односно на могућност садашњих генерација да остваре економски раст и развој, не ускраћујући ту могућност будућим генерацијама.

Све ово, као и значај енергетике за економски развој, а истовремено и њен негативни утицај на животну средину, наметнули су потребу за детаљну анализу и стратешко планирање развоја енергетике на различитим нивоима – целе планете (глобалном), великих регија, држава и локалних средина - и то са свих аспеката, како оних општеразвојних, технолошко-економских, тако и са аспекта екологије, социјалних аспеката итд.

## **1.2 Енергетска политика Србије**

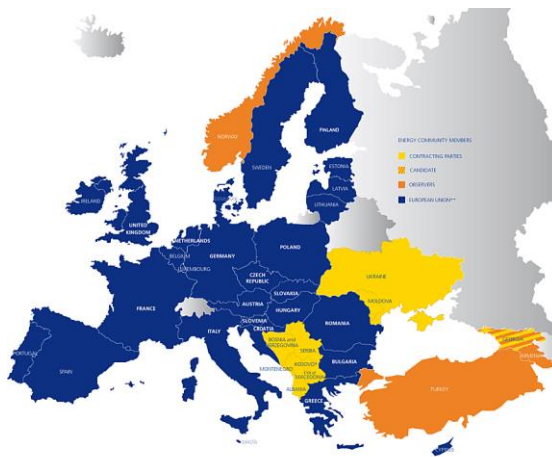
Правно посматрано, а сагласно Закону о енергетици [1], енергетска политика и планирање развоја енергетике Србије дефинише се Стратегијом развоја енергетике, ближе разрађује Програмом остваривања Стратегије, а спроводи и реализује применом Закона о енергетици, Закона о ефикасном коришћењу енергије и подзаконских аката (уредбе, правилници итд.), који се доносе на основу ових закона и којима се заокружује правни оквир за њихово спровођење.

Енергетска политика Србије се у суштини заснива на основним стратешким постулатима који проистичу из основне улоге енергетског сектора сваке земље, а то је да се обезбеди сигурност и редовност снабдевања привреде и грађана одговарајућим енергентима, смањење увозне зависности, те на тежњи да се енергетски сектор у што већој мери учини одрживим, нарочито



да има што мањи негативни утицај на животну средину.

Од 2000. године, ради реализације општег циља придруживања Европској унији, а нарочито од 2006. године када је Народна скупштина Републике Србије ратификовала Уговор о оснивању Енергетске заједнице<sup>1</sup> [2], односно од 2008. године када је ратификовала Споразум о стабилизацији и придруживању Републике Србије Европској унији, започиње интензиван процес прилагођавања енергетског сектора и интеграције Републике Србије у енергетско тржиште Европске уније, а стратешки циљеви се полако окрећу општим стратешким циљевима Европске уније.



Слика 1.1: Потписнице Уговора о Енергетској заједници, кандидати и земље посматрачи

<sup>1</sup>**Енергетска заједница** (*Energy Community*) заснована је на уговору чије су потписнице, у тренутку настанка овог текста, Европска унија (ЕУ) с једне и осам уговорних страна с друге стране: Република Албанија, Бивша Југословенска Република Македонија, Република Босна и Херцеговина, Косово\*, Република Молдавија, Република Србија, Република Црна Гора и Република Украјина.

**Уговор о Енергетској заједници** има за сврху да промовише инвестиције, економски развој, сигурност снабдевања енергијом и социјалну стабилност. Енергетска заједница, међутим, такође истиче и вредности као што су солидарност, узајамно поверење и мир. Постојање Енергетске заједнице, десетак година након завршетка ратних сукоба на Балкану, представља успех сам по себи. Енергетска заједница представља први заједнички институционални пројекат земаља Југоисточне Европе које нису чланице Европске уније.

Сврха постојања Енергетске заједнице испуњава се постизањем циљева који су везани за различите временске оквире.

**Краткорочни циљ Енергетске заједнице** је стварање отворених и транспарентних националних енергетских тржишта и стабилног тржишног и регулаторног оквира за њихово функционисање. Оваква тржишта треба да буду у стању да привуку инвестиције у областима као што су производња електричне енергије и изградња мрежне инфраструктуре. Уговор о енергетској заједници има циљ да у кратком року обезбеди остваривање видљивих промена на националном нивоу.

**Средњорочни циљ енергетске заједнице** је да обезбеди интегрисање тржишта у региону, чиме би се омогућило несметано прекогранично трговање енергијом и обезбедило снабдевање енергијом уз уважавање климатских и социјалних аспеката. Уговор о Енергетској заједници има циљ да у средњем року обезбеди видљиве промене на регионалном нивоу.

**Дугорочни циљ Енергетске заједнице** је утапање регионалног тржишта енергије у јединствено унутрашње тржиште енергије Европске уније чиме би Енергетска заједница испунила сврху свог постојања. Уговор о Енергетској заједници има циљ да на дужи рок обезбеди видљиве промене на паневропском нивоу.

### **1.2.1 Стратегија развоја енергетике Републике Србије до 2025. године са пројекцијама до 2030. године**

Стратегија развоја енергетике Републике Србије до 2025. године са пројекцијама до 2030. године [3] израђена је сагледавањем постојеће структуре енергетског сектора и заснована је на енергетском билансу за 2010. годину као базној години [4], процени енергетских потреба Србије за период до 2030. године заснованој на пројекцијама из Стратегије и политици развоја индустрије Републике Србије од 2011. до 2020. године [5], расположивим енергетским ресурсима, укључујући и потенцијале обновљивих извора енергије, пројекцији смањивања броја становника, просторном плану Републике Србије, уз уважавање свих обавеза Републике Србије које проистичу из Уговора о Енергетској заједници. Међу њима се као најзначајније издвајају обавезе које следе из Директиве о енергетској ефикасности у крајњој потрошњи и енергетским услугама (2006/32/ЕЗ) [6], сходно којој се Србија обавезала да у периоду од 2009. до 2018. године смањи потрошњу „финалне“ енергије за 9%. У области ОИЕ, Србија се обавезала да повећа удео обновљивих извора у укупној потрошњи енергије са 21,2% колико је износио у 2009. на 27% у 2020. години, а сходно Директиви о ОИЕ из 2009. године [7], као и да у области климатских промена испуни обавезе о смањењу емисија загађујућих гасова и гасова са ефектом стаклене баште сходно Директиви о индустријским емисијама [8] и Директиви о великим ложиштима [9].

Препознавши да је рационалнијим односом према енергији, од сектора производње (трансформације), преко преноса (транспорта) и дистрибуције, све до сектора крајњих корисника енергетских услуга могуће остварити значајне уштеде, Стратегијом се промовише енергетска ефикасност као „нови енергетски извор“ који може да допринесе остварењу и свих осталих стратешких циљева српске енергетике - повећању сигурности снабдевања енергијом, смањењу увозне зависности и смањењу негативних ефеката сектора енергетике на животну средину.

Дакле, с обзиром на предвиђену реиндустријализацију и привредни развој земље, који ће неминовно довести до повећања потрошње енергије, стратешко опредељење Србије је да се применом мера и поступака за повећање енергетске ефикасности достигну исте вредности индикатора енергетске ефикасности и потрошње енергије (енергетски интензитет) које имају земље Европске уније. Тиме би се и у овом сектору изједначила са високим стандардима земаља ЕУ чиме би се обезбедили бољи полазни услови и већа конкурентност наше индустрије на европском тржишту.

### **1.2.2 Политика енергетске ефикасности и Енергетска заједница**

Република Србија (РС) је 2006. постала чланица Енергетске заједнице ратификацијом Уговора о њеном оснивању [2], а у складу са својим главним циљевима у области енергетике - обезбеђивању сигурног снабдевања енергијом, повећању укупне ефикасности енергетског сектора, заштити животне средине и развоју обновљивих извора енергије (ОИЕ), као и општим циљем придруживања ЕУ. Србија је на тај начин преузела обавезу да још пре процеса отпочињања преговора о приступању ЕУ, током тзв. процеса придруживања и стабилизације, ради на усклађивању и прилагођавању свог енергетског сектора са европским стандардима и у енергетском сектору спроведе суштинске реформе усмерене на припрему тржишта за потпуну примену европских правила и учешће на јединственом европском енергетском тржишту,

посредством примене директива ЕУ.

Слично као и у осталим енергетском областима, све потписнице Уговора су, и у области енергетске ефикасности, обавезне да следе политику земаља ЕУ. Тај је процес спроведен у неколико корака. Прво је било потребно постићи сагласност о условима под којима су поједине директиве ЕУ прихватљиве за потписнице Уговора, затим извршити преношење (транспоноване) одредби директива у национална законска или подзаконска акта, потом их примењивати и, коначно, започети са праћењем и потврђивањем (верификацијом) остварених резултата.

Након усаглашавања рокова о времену када ће отпочети спровођење појединих одредби, односно година од које ће почети да важе преузете обавезе, у домаће законодавство су пренете (имплементирани) следеће директиве које уређују област енергетске ефикасности:

- 1) Директива 2006/32/ЕЗ о енергетској ефикасности у крајњој потрошњи и енергетским услугама [6]<sup>2</sup>;
- 2) Директива 2010/31/ЕУ о енергетским карактеристикама зграда [10];
- 3) Директива 2010/30/ЕУ о навођењу потрошње енергије и других ресурса код производа који утичу на потрошњу енергије помоћу означавања и стандардних информација о производу [11].

Преношење одредби ових директива већим делом је извршено посредством два наша закона и то:

- 1) Закона о ефикасном коришћењу енергије [12]
- 2) Закона о планирању и изградњи [13]

као и кроз пратећу подзаконску регулативу и три Акциона плана за енергетску ефикасност Републике Србије.

Коначно, на последњем годишњем састанку Министарског савета Енергетске заједнице (октобра 2015), Србија је прихватила обавезе енергетске ефикасности које важе за Европску унију, односно обавезу имплементације нове Директиве 2012/27/ЕУ о енергетској ефикасности [14].

У овој се Директиви од чланова Енергетске заједнице захтева да усвоје механизме за уштеду енергије у компанијама које се баве дистрибуцијом и малопродајом енергије, да промовишу ефикасност у системима грејања и хлађења, као и когенерацију (комбиновану производњу електричне и топлотне енергије) и да примењују годишње планове, односно остварују годишње циљеве везане за реновирање зграда централне власти.

Потврда опредељености Републике Србије у погледу унапређења енергетске ефикасности исказана је и Првим акционим планом за енергетску ефикасност Републике Србије за период

---

<sup>2</sup> На нивоу Европске уније Директива 2006/32/ЕЗ замењена је Директивом 2012/27/ЕУ, али је директива 2006/32/ЕЗ за Републику Србију релевантна до краја 2017. године у погледу обавеза према Енергетској заједници; у плану је да се одредбе Директиве 2012/27/ЕУ транспонују у Закон о енергетици [1.1] и Закон о ефикасном коришћењу енергије [1.12].

од 2010. до 2012. године према којем је Република Србија почела да спроводи мере енергетске ефикасности с циљем да до 2018. године смањи потрошњу финалне енергије за 0,752 Мтое што износи 9% у односу на потрошњу финалне енергије у референтној 2008. години. Према подацима који су прикупљени за потребе извештавања о резултатима спровођења Првог акционог планом за енергетску ефикасност у периоду 2010–2012. године остварено је око 81,5% планираних уштеда, што је сасвим задовољавајући резултат имајући у виду да главни механизми за реализацију планираних уштеда нису били на снази у датом периоду.

Други акциони план за енергетску ефикасност Републике Србије за период 2013–2015. године усвојен је од стране Владе РС 21. октобра 2013. У њему су планиране уштеде за период од 2013. до 2015. године предвиђене на нивоу од 3,5% домаће потрошње финалне енергије у 2008. години (0,2952 Мтое). Сектор зградарства је препознат као један од највећих потрошача енергије, те је због тога и у Другом акционом плану предвиђено да се у оквиру сектора домаћинства и јавног и комерцијалног сектора (у којима преовлађују зграде) оствари уштеда од 0,1387 Мтое, што представља око 35% од укупних планираних уштеда за 2015. годину.

Закључком Владе од 29. децембра 2016. године усвојен је Трећи акциони план за енергетску ефикасност Републике Србије за период до 2018. године.

### 1.2.3 Закон о ефикасном коришћењу енергије

Ради реализације стратешки зацртаних циљева и испуњења међународно преузетих обавеза, пре свега сходно Уговору о оснивању Енергетске заједнице, Народна скупштина Републике Србије је 15. марта 2013. године усвојила Закон о ефикасном коришћењу енергије, којим се по први пут успоставља законодавни оквир којим се уређује област ефикасног коришћења енергије у Републици Србији.

Главни циљ овог закона јесте да се подржи рационално и одрживо коришћење енергије чиме би се допринело сигурнијем снабдевању енергијом, повећању стопе запослености, конкурентности привреде и заштити животне средине.

Закон као један од кључних механизма уводи **Систем енергетског менаџмента (СЕМ)**, који има циљ да обавезе велике потрошаче енергије и јавни сектор да рационално користе енергију и остваре уштеде енергије применом мера за које сматрају да ће донети максималне уштеде уз минимална улагања.

У Закону о ефикасном коришћењу енергије, приликом пласмана на тржиште, предвиђена је и обавеза енергетског означавања уређаја који посредно или непосредно утичу на потрошњу енергије. У сврху имплементације ове законске обавезе, која следи из Директиве 2010/30/EУ, Влада Републике Србије усвојила је две Уредбе, а Министарство рударства и енергетике је од 2014. године донело девет правилника о означавању енергетске ефикасности уређаја у домаћинству<sup>3</sup>

На тај начин, почела је да важи обавеза означавања енергетске ефикасности производа: купцима се пружају обавезне типске информације о енергетској ефикасности и годишњој

<sup>3</sup> На нивоу ЕУ сваке године се доноси регулатива којом се обавеза означавања проширује на друге уређаје.

потрошњи енергије, што им помаже да се одлуче за куповину енергетски ефикаснијег и у експлоатацији јефтинијег производа.

Следећи, далеко рестриктивнији корак, биће учињен доношењем Правилника о техничким захтевима еко-дизајна за поједине врсте или групе производа, који ће прописати повлачење производа са тржишта ако не задовољавају постављене минималне захтеве у погледу енергетске ефикасности и потрошње енергије. Кроз прописе о еко-дизајну биће имплементирана Директива 2009/125/ЕЗ, познатија под називом «Директива о еко-дизајну».

Закон о ефикасном коришћењу енергије има циљ и да подстакне стварање тржишта енергетских услуга које пружају специјализоване компаније (ESCO – *Energy Service Companies*), посебно услуге уговарања енергетског учинка. На тај начин се потрошачима из свих сектора омогућава да уговарају спровођење мера за унапређење енергетске ефикасности које спроводе и финансирају трећа лица (ESCO компаније) која гарантују уштеде и наплаћују се из остварених уштеда енергије, при чему наручилац услуге може али не мора учествовати у инвестицији. Министарство рударства и енергетике је правилником прописало моделе уговора о енергетским услугама за примену мера побољшања енергетске ефикасности у зградама и јавном осветљењу када се ради о корисницима из јавног сектора.

Поред тога, Законом о ефикасном коришћењу енергије прописано је оснивање Буџетског фонда за унапређење енергетске ефикасности који се финансира из буџета РС, донација и кредита. Буџетски фонд је почео са радом 1. јануара 2014. године. У складу са законом, Влада сваке године уредбом утврђује програм финансирања активности и мера унапређења ефикасног коришћења енергије из средстава Буџетског фонда. Средства опредељена у буџету расподељују се на начин предвиђен правилником којим се прописује расподела и коришћење средстава Буџетског фонда.

На основу Закона о ефикасном коришћењу енергије, Министарство је донело правилнике којима се прописује обавезујућа контрола система за грејање и система за климатизацију, као и ближе услове које испуњавају овлашћена правна лица која обављају контролу поменутих система.

Министарство је донело и правилник којим се прописују минимални критеријуми у погледу енергетске ефикасности у поступку јавне набавке добара. Правилником се предвиђа законска обавеза наручилаца да приликом спровођења јавних набавки одређених врста производа, у техничкој спецификацији, утврде минималне критеријуме за енергетску ефикасност производа који се набављају.

У Закону о ефикасном коришћењу енергије предвиђена је обавеза јединица локалне самоуправе (ЈЛС) да у тарифни систем за услуге даљинског грејања (као један од елемената за обрачун цене грејања) укључе измерену, односно стварно предату количину топлотне енергије, а на основу Закона о енергетици (члан 362), Влада доноси методологију за одређивања цене снабдевања крајњег купца топлотном енергијом. У складу са тим, Министарство је припремило а Влада донела уредбу којом се прописује методологија за одређивање цене снабдевања крајњег купца топлотном енергијом.

Према Закону о ефикасном коришћењу енергије, минималне захтеве енергетске ефикасности морају да испуњавају нова и ревитализована постројења за производњу електричне и

топлотне енергије, системи за пренос електричне енергије, односно системи за дистрибуцију електричне и топлотне енергије, као и системи за транспорт и дистрибуцију природног гаса, у зависности од врсте и снаге тих постројења, односно величине система. Ове минималне захтеве енергетске ефикасности треба ближе да пропише Влада уредбом коју припрема Министарство рударства и енергетике.

Закон о ефикасном коришћењу енергије и одговарајућа подзаконска акта могу се преузети на линку <http://www.mre.gov.rs/dokumenta-efikasnost-izvori.php>.

#### **1.2.4 Закон о планирању и изградњи**

Законом о планирању и изградњи [13] прописано је да зграде, у зависности од врсте и намене, морају бити пројектоване, изграђене, коришћене и одржаване на начин којим се обезбеђују прописана енергетска својства која се утврђују издавањем сертификата о енергетским својствима зграда, а који издаје овлашћена организација. На тај је начин у овај закон и правни систем Републике Србије делимично пренета Директива 2010/31/EУ о енергетским карактеристикама зграда. Даља разрада обавеза из ове Директиве спроведена је усвајањем:

- 1) Правилника о енергетској ефикасности зграда [15], којим се ближе прописују енергетска својства и начин израчунавања топлотних својстава зграда, као и енергетски захтеви за нове и постојеће зграде;
- 2) Правилника о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда [16];
- 3) Правилника о условима, програму и начину полагања стручног испита у области просторног и урбанистичког планирања, израде техничке документације и грађења [17];
- 4) Правилника о условима и поступку за издавање и одузимање лиценце за одговорног урбанисту, пројектанта, извођача радова и одговорног планера [18].

#### **1.3 Систем енергетског менаџмента**

Систем енергетског менаџмента (СЕМ) представља систем организованог управљања енергетским токовима, од места производње енергије, преко процеса преноса и дистрибуције, па све до потрошње у смислу оптимизације и рационализације. Систем обухвата широк скуп регулаторних, организационих, подстицајних, техничких и других мера и активности које у оквирима својих овлашћења утврђују и спроводе субјекти овог система: Влада, министарство надлежно за послове енергетике, обвезници система енергетског менаџмента, енергетски менаџери и овлашћени енергетски саветници. Овим се системом, кроз организовано праћење свих процеса у ланцу трансформације енергије, њихово сагледавање и анализу са аспекта различитих квантитативних и квалитативних параметара, стварају услови за идентификацију енергетски најслабијих карика и за предузимање одговарајућих мера и активности за њихово отклањање.



Обвезници система енергетског менаџмента (обвезници система) су: привредна друштва која имају већу потрошњу од прописане потрошње, јединице локалне самоуправе (ЈЛС)<sup>4</sup> са више од 20.000 становника, органи државне управе<sup>5</sup> и други органи Републике Србије, органи Аутономне Покрајине<sup>6</sup> и јавне службе које користе објекте у јавној својини.

Остваривањем уштеда енергије и смањивањем трошкова за утрошену енергију код обвезника система, СЕМ доприноси повећању конкурентности привредних друштава, ослобађању средстава из буџета намењених за трошкове енергије, смањењу негативних утицаја енергетског сектора на животну средину и, опште узев, повећању сигурности и квалитета снабдевања енергијом.

У складу са одредбама Закона о ефикасном коришћењу енергије [12], СЕМ је у Србији организован у међусобно усклађеном раду субјеката система, односно Владе Републике Србије, министарства задуженог за послове енергетике<sup>7</sup>, обвезника система енергетског менаџмента, енергетских менаџера и овлашћених енергетских саветника (Слика 1.1).

Иако по хијерархијском нивоу највиша позиција у овом систему припада Влади, главну оперативну улогу у функционисању СЕМ-а на страни државе има министарство задужено за послове енергетике (сада Министарство рударства и енергетике, у даљем тексту Министарство). Разлог лежи у чињеници да Влада као субјект система енергетског менаџмента на предлог Министарства доноси прописе у области ефикасног коришћења енергије, попут Уредбе о утврђивању граничних вредности годишње потрошње енергије обвезника СЕМ-а [19] и акционих планова за енергетску ефикасност Републике Србије којима се дефинишу индикативни национални циљеви уштеде енергије.

Министарство спроводи и прати функционисање и реализацију циљева система енергетског менаџмента. Министарство доноси све подзаконске акте за спровођење Закона о ефикасном коришћењу енергије, осим оних које доноси Влада, и припрема измене и допуне закона. Министарство прикупља годишње извештаје обвезника система енергетског менаџмента, организује обуку и полагање испита за енергетског менаџера и овлашћеног енергетског саветника, издаје лиценце енергетског менаџера и овлашћеног енергетског саветника лицима која су успешно завршила обуку и положила испит, води регистре лиценцираних енергетских менаџера и овлашћених енергетских саветника, води базу података од значаја за праћење спровођења система, прикупља податке о енергетским прегледима спроведеним од стране овлашћених енергетских саветника. Коначно, Министарство врши инспекцијски надзор над спровођењем одредаба закона о систему енергетског менаџмента и прописа донетих на основу закона посредством енергетског инспектора и инспектора опреме под притиском.

<sup>4</sup> Локална самоуправа остварује се у општини, граду и граду Београду, члан 3. Закона о локалној самоуправи.

<sup>5</sup> Министарства, органи управе у саставу министарстава и посебне организације, члан 1. Закона о државној управи, Сл. гласник РС, бр. 79/05, 101/07, 95/10 и 99/14

<sup>6</sup> Статут Аутономне Покрајине Војводине, Сл. лист АП Војводине, бр. 17/09

<sup>7</sup> Министарство рударства и енергетике до 2011, Министарство за инфраструктуру и енергетику од 2011. до 2012, Министарство енергетике, развоја и заштите животне средине од 2012. до средине 2013. године, а затим поново Министарство рударства и енергетике

Инспектори ће путем инспекцијске провере података које обвезници достављају вршити контролу рада енергетских менаџера и испуњавања обавеза од стране обвезника СЕМ-а.

Министарство је на основу закона правилником прописало услове које мора да испуњава организација која обавља послове обуке енергетских менаџера и овлашћених енергетских саветника. На основу правилника спроведен је јавни позив за избор организације за обуку, а на основу резултата јавног позива Министарство је дало овлашћење Машинском факултету Универзитета у Београду за обављање послова обуке.

Правилником који се односи на обуку и испит за енергетског менаџера, Министарство је прописало начин спровођења обуке, садржину програма за теоријску и практичну обуку, висину и начин плаћања трошкова обуке, као и ближе услове полагања испита за енергетског менаџера [21].

Другу најважнију улогу у функционисању СЕМ-а, као главни носиоци и реализатори мера и активности који ће допринети уштеди енергије, имају његови обвезници. Сходно члану 16. Закона о ефикасном коришћењу енергије, обвезници система енергетског менаџмента су:

- 1) привредна друштва чија је претежна делатност у производном сектору, ако користе више енергије од количине коју пропише Влада;
- 2) привредна друштва чија је претежна делатност у сектору трговине и услуга, ако користе више енергије од количине коју пропише Влада;
- 3) привредна друштва чија је претежна делатност у производном сектору, која не спадају у обвезнике система из тачке 1) овог члана, а поседују објекте који у збиру користе више енергије од количине прописане у тачки 2) овог члана;
- 4) органи државне управе и други органи Републике Србије, органи Аутономне Покрајине, органи јединица локалне самоуправе са више од 20000 становника, као и друге јавне службе које користе објекте у јавној својини.

Министарство је припремило, а Влада Србије донела Уредбу о утврђивању граничних вредности годишње потрошње енергије на основу којих се одређује која су привредна друштва обвезници система енергетског менаџмента, годишњих циљева уштеде енергије и обрасца пријаве о оствареној потрошњи енергије [19].

Путем Уредбе, Влада је утврдила граничне вредности годишње потрошње енергије на основу којих се одређује која привредна друштва су обвезници система енергетског менаџмента. Према Уредби, привредна друштва су обвезници система уколико на најмање једној локацији, која се води на посебној адреси, имају објекте за обављање делатности чија је остварена годишња потрошња примарне енергије већа од следећих граничних вредности потрошње енергије:

- 1) 2.500 toe (104,67 TJ или 29,08 GWh) годишње за привредна друштва чија је претежна делатност у производном сектору и која обављају делатности наведене у Сектору А - F Уредбе о класификацији делатности [24];
- 2) 1.000 toe (41,87 TJ или 11,63 GWh) годишње за привредна друштва чија је претежна делатност у сектору трговине и услуга и која обављају делатности наведене у Сектору



G-N и P-S Уредбе о класификацији делатности [24];

- 3) Привредна друштва чија је претежна делатност у производном сектору, а која не спадају у обвезнике система из тачке 1), обвезници су система уколико им је годишња потрошња примарне енергије у свим објектима које поседују у збиру већа од 1.000 toe (41,87 TJ или 11,63 GWh).



Слика 1.2: Шематски приказ СЕМ-а у Србији

Према Уредби, локацију чине сви објекти за обављање делатности обвезника система који се налазе на истој адреси, а чија годишња потрошња примарне енергије у збиру прелази граничне вредности прописане потрошње енергије

Уредбом је прописан образац за пријављивање годишње потрошње енергије. Привредна друштва, на прописаном образцу, подносе пријаву о годишњој потрошњи енергије Министарству, које на основу поднетих пријава утврђује која су привредна друштва обвезници система.

Уредбом је прописан и годишњи циљ уштеде енергије за све обвезнике система за текућу календарску годину на нивоу од 1% у односу на остварену потрошње примарне енергије у претходној календарској години. Привредна друштва, као и установе и предузећа као јавне службе, који су обвезници система и имају најмање две локације, остварују годишњи циљ уштеде енергије посебно на нивоу сваке локације.

Према Уредби, јединице локалне самоуправе са више од 20.000 становника остварују прописани годишњи циљ уштеде енергије у објектима за које плаћају трошкове енергије (службене зграде, пословне просторије, објекти у јавној својини које користе установе или друге јавне службе основане од стране јединице локалне самоуправе и др.) Органи државне управе и други органи Републике Србије, као и органи Аутономне Покрајине остварују

прописани годишњи циљ уштеде енергије у објектима чија је површина појединачно већа од 2000 m<sup>2</sup> за које ти органи плаћају трошкове енергије. Уколико су одржавање и инвестиционо-технички послови на објектима које користе наведени органи поверени посебном органу или организацији Републике Србије (односно Аутономне Покрајине), тај орган (односно организација) постаје обвезник система. Овде се, пре свега, мисли на Управу за заједничке послове републичких органа и Управу за заједничке послове покрајинских органа, којима је поверено одржавање бројних објеката које користе органи Републике Србије, одн. Аутономне Покрајине Војводине.

**Јавне службе које користе објекте у јавној својини могу бити установе које обављају делатности у области образовања, науке, културе, здравствене заштите и др. или предузећа која обављају делатности у области ПТТ саобраћаја, енергетике, путева, комуналних услуга и другим областима.** Према Уредби, установе које користе објекте у јавној својини остварују годишњи циљ уштеде енергије у објектима за које те установе плаћају трошкове енергије и који на најмање једној локацији троше више од 1.000 toe годишње. Ако имају такве објекте, установе у текућој календарској години остварују циљ уштеде енергије у износу од 1% од остварене потрошње примарне енергије у претходној календарској години. Предузећа као јавне службе која користе објекте у јавној својини, према Уредби, остварују годишњи циљ уштеде енергије у објектима за које плаћају трошкове енергије и који на најмање једној локацији троше више од 2.500 toe годишње. Ако имају такве објекте, предузећа у текућој календарској години остварују циљ уштеде енергије који износи 1% од остварене потрошње примарне енергије у претходној календарској години.

Према истраживању спроведеном 2011, а поновљеном 2015. године [22], прописану граничну потрошњу премашује око 100 привредних субјеката чија је претежна делатност у производном сектору, као и 20 привредних друштава са претежном делатношћу у сектору трговине и услуга. Према томе, очекује се да ће у првој фази<sup>8</sup> увођења СЕМ-а по критеријуму потрошње енергије бити око 120 обвезника. Ових 120 обвезника, у укупном билансу потрошње енергије у индустријском и сектору трговине и услуга, учествују са преко 75%. То значи да ће, без обзира на овај релативно мали број обвезника, њиховим укључивањем у СЕМ бити могуће пратити, контролисати и управљати (у смислу уштеда енергије) готово целокупним токовима енергије у оба ова сектора.

Подаци пописа становништва спроведеног 2011. године указују на то да ће 111 ЈЛС у Републици Србији бити укључено у СЕМ. Изражено у процентима броја становника ЈЛС, Системом енергетског менаџмента биће обухваћено готово 90% становништва.

Претходна два „велика“ процента учешћа у потрошњи енергије јасно указују на то да ће велики привредни субјекти у сектору производње и сектору трговине и услуга, заједно са ЈЛС, чинити окосницу спровођења и остваривања жељених резултата СЕМ-а. Преостали обвезници СЕМ-а, у које спадају органи државне управе, други органи Републике Србије, органи аутономне покрајине и установе имају знатно мање учешће у укупној потрошњи енергије. Ипак, ови обвезници из јавног сектора имају важну улогу у смислу давања позитивног примера

<sup>8</sup> Са уходавањем СЕМ-а створиће се могућност да се у њега укључи и већи број привредних субјеката, што ће се остварити смањивањем граничне вредности потрошње.

како се треба опходити према енергији, те је из тог разлога њихово место у СЕМ-у незаобилазно.

Према Закону о ефикасном коришћењу енергије, сви обвезници система једном годишње достављају министарству надлежном за послове енергетике годишњи извештај о остваривању циљева уштеде енергије, и то до 31. марта текуће године за претходну годину. Као што смо рекли, годишњи циљ уштеде енергије обвезника система дефинисан је Уредбом за текућу календарску годину на нивоу од 1% остварене потрошње примарне енергије у претходној календарској години. Министарство је донело Правилник о обрасцу годишњег извештаја о остваривању циљева уштеде енергије којим су прописани обрасци на којима обвезници система подносе Министарству годишњи извештај о остваривању циљева уштеде енергије.

Важно је истаћи да привредни субјекти који троше мање од прописане граничне годишње потрошње енергије и ЈЛС са мање од 20 000 становника, иако немају законску обавезу, могу постати обвезници СЕМ-а уколико донесу одговарајућу одлуку препознавши позитивна решења које нуди укључивање у СЕМ.

**Табела 1-1: Врсте, критеријуми за идентификовање обвезника у првој фази СЕМ-а**

Категорија	Сектор	
Индустрија	Индустријски сектор и сектор рударства	2 500 toe/год. по локацији
	Сектор трансформације, преноса, дистрибуције енергије (електрична, топлотна, рафинерије)	
Објекти (Зграде)	Комерцијални сектор, пословне зграде, тржни центри и установе које користе објекте у јавној својини (школе, болнице, спортски центри и др.)	1 000 toe/год. по локацији
ЈЛС	Сви објекти за које ЈЛС плаћа трошкове енергије, као и објекти које користе јавне службе (установе и предузећа) основане од ЈЛС које не прелазе граничну потрошњу	Више од 20 000 становника
Органи државне управе, други органи Републике Србије и органи Аутономне Покрајине	Сви објекти које користе органи и за које плаћају трошкове енергије, са појединачном површином већом од 2000 m <sup>2</sup>	службене зграде, пословне просторије са површином преко 2000 m <sup>2</sup>
Јавне службе* које користе објекте у јавној својини	Установе које на најмање једној локацији троше више од 1000 toe и предузећа која на најмање једној локацији троше више од 2.500 toe	Установе: 1000 toe/год. Предузећа: 2500 toe/год.

\*Предузећа као јавне службе обављају делатност у области: ПТТ саобраћаја, енергетике, путева, комуналних услуга

### 1.3.1 Обавезе обвезника СЕМ-а

У складу са Законом о енергетској ефикасности, обвезници СЕМ-а именују потребан број енергетских менаџера. Правилницима о условима за именовање енергетских менаџера [23], прописани су ближи услови за именовање енергетских менаџера, у зависности од врсте обвезника система и програма обуке који је похађао енергетски менаџер.

Према закону, за енергетског менаџера може бити именовано лице које је положило испит и добило лиценцу за енергетског менаџера. Осим обавезе да именују потребан број енергетских менаџера, обвезници СЕМ-а дужни су да:

- реализују планирани циљ уштеде енергије који доноси Влада;

- донесу програм и план енергетске ефикасности;
- спроводе мере за ефикасно коришћење енергије предвиђене програмом, односно планом енергетске ефикасности и
- Министарству достављају годишње извештаје о остваривању годишњег циља уштеде енергије, односно мера и активности садржаних у програму и плану;
- Спроводе обавезне периодичне енергетске прегледе и то: привредна друштва која су обвезници СЕМ-а једном у пет година, а обвезници из јавног сектора једном у десет година за објекте чија је површина већа од 500 m<sup>2</sup>,
- Преузимају друге активности и мере у складу са законом.

Обвезници система имају обавезу да једном годишње, до 31. марта текуће за претходну календарску годину, достављају Министарству извештаје о остваривању циљева уштеде енергије на обрасцима који су прописани Правилником о обрасцу годишњег извештаја о остваривању циљева уштеде енергије. У извештајима треба да опишу степен реализације планова и програма, као и циља уштеде који је у Уредби дефинисала Влада. Извештаји ће се попуњавати путем веб-апликације у оквиру базе података коју води Министарство. Обвезници система који имају локације достављају Министарству годишње извештаје о остваривању циља уштеде енергије посебно за сваку локацију.

### 1.3.2 Енергетски менаџери

Иако Закон о енергетској ефикасности као обвезнике СЕМ-а препознаје привредна друштва, ЈЛС, органе државне управе и друге органе, установе и предузећа као јавне службе, и њима прописује обавезе везане за уштеду енергије – доношење годишњих извештаја, програма и плана енергетске ефикасности, спровођење периодичних енергетских прегледа итд., стварни носиоци активности којима ће реализовати ове обавезе јесу енергетски менаџери. Да би енергетски менаџери били способни да реализују све обавезе обвезника СЕМ-а, потребно је да поседују одговарајућа стручна знања и вештине.

Због различитости ових знања и вештина, у складу са Правилником о начину спровођења обуке, организују се три врсте обуке. За потребе привредних субјеката (привредних друштава и предузећа као јавних служби) чија је претежна делатност у производном сектору (индустрија), предвиђена је **обука за енергетске менаџере за област индустријске енергетике**; за ЈЛС као обвезнике система, предвиђена је обука за енергетске менаџере за област општинске енергетике; за обвезнике система из комерцијалног сектора (пословне зграде, тржни центри) и обвезнике система из јавног сектора (државни органи, други органи Републике Србије, органи аутономне покрајине и установе као обвезници СЕМ-а) и установе које користе објекте у јавној својини (школе, болнице, спортски центри и др.) предвиђена је обука за енергетске менаџере у области енергетике зграда.

Сходно Правилнику о начину спровођења обуке [21], обука за све врсте енергетских менаџера састоји се од два дела. Први део, у зависности од врсте обуке, обухвата теоријску, практичну и обуку у коришћењу специјализованих софтвера, док други део обухвата израду плана и програма енергетске ефикасности и годишњег извештаја обвезника СЕМ-а.

Први део обуке траје 46 дана, у току којих се може одржати највише 7 часова дневно у трајању од по 45 минута, док други део обуке подразумева менторски рад са полазником обуке и не може да траје дуже од месец дана.

Теоријска обука подразумева класична предавања, а практични део обуке – практичне вежбе у лабораторији са мерном опремом и лабораторијском опремом утврђеном у Правилнику о условима у погледу кадрова, опреме и простора организације за обуку [20]. Рад на рачунарима подразумева интерактивни рад, обуку у коришћењу софтвера „База података за енергетске прегледе и систем енергетског менаџмента“, као и других специјализованих софтвера у вези са испуњавањем обавеза обвезника СЕМ-а кроз непосредан рад на рачунарима.

Провера стечених знања полазника врши се након завршене теоријске, практичне и обуке за коришћење специјализованих софтвера, при чему полазници морају да испуне услов присуствовања на часовима обуке утврђене Правилником о начину спровођења обуке. Провера знања из практичне обуке спроводи се на лабораторијској опреми, а провера знања за коришћење специјализованих софтвера на рачунару, чиме се завршава први део обуке.

Међу важним и неопходним знањима која ће полазници курса за енергетске менаџере морати да стекну, свакако су и знања која се односе на припрему програма и плана енергетске ефикасности и годишњих извештаја о остваривању циља уштеде енергије обвезника СЕМ-а. Програми и планови заузимају кључно место у раду менаџера и једну од основних обавеза обвезника СЕМ-а. Због тога је други део обуке посвећен изради програма, плана и годишњег извештаја обвезника СЕМ-а, које полазници обуке треба да израде уз помоћ ментора према задатку који одреди ментор.

Коначно, након успешно завршене обуке, тј. успешно завршене провере знања и израђеног и од стране ментора одобреног програма, плана и годишњег извештаја обвезника СЕМ-а, полазници обуке полажу испит за енергетског менаџера. Испит се полаже израдом теста који се вреднује са највише 100 бодова. Сматра се да је кандидат положио испит ако је на тесту остварио најмање 70 бодова.

Министарство издаје одговарајућу лиценцу енергетског менаџера лицима која положе стручни испит и испуњавају друге законом предвиђене услове за издавање лиценце. Министарство води регистар лиценцираних енергетских менаџера.

### **1.3.3 Обука за енергетске менаџере за област енергетике зграда**

Да би енергетски менаџер за област енергетике зграда био способан да реализује обавезе које Закон о енергетској ефикасности прописује власницима зграда у комерцијалном сектору и пословних зграда, установама које користе објекте у јавној својини, односно органима државне управе као обвезницима СЕМ-а, а што је још важније, да препозна и спроведе мере које ће у крајњем исходу смањити непотребну потрошњу енергије, потребно је да:

- 1) има одговарајућа техничка знања
  - из области термодинамике, преношења топлоте, грађевинске физике, електротехнике;
  - о системима за грејање, хлађење, вентилацију и климатизацију ваздуха који се користе у згради и чиниоцима који утичу на ефикасност коришћења енергије;

- о другим техничким системима који се користе у згради (нпр. потрошачима електричне енергије, системима за освету, аутоматско управљање) и другим чиниоцима који утичу на ефикасност коришћења енергије;
  - о енергетском потребама зграде;
  - о енергетској сертификацији зграда;
  - о коришћењу ОИЕ у зградама;
- 2) има знања и одговарајуће способности да прикупи и анализира податке о коришћењу енергије, као и да их интерпретира у погодној форми, а нарочито да направи енергетски биланс обвезника система;
  - 3) зна да користи рачунарски програм, односно интернет апликацију „Информациони системи енергетског менаџмента (ИСЕМ)“;
  - 4) зна које мере енергетске ефикасности постоје, које су применљиве и како их треба спровести;
  - 5) познаје законе и подзаконске акте из области планирања и изградње, ефикасног коришћења енергије, енергетике, заштите животне средине, а који се односе на рад обвезника система и спровођење мера енергетске ефикасности;
  - 6) има знања о основним економским параметрима у погледу пројеката којима се омогућује спровођење мера енергетске ефикасности и способност да их примени приликом припреме предлога за спровођење мера енергетске ефикасности;
  - 7) познаје одредбе стандарда SRPS EN ISO 50001:2012 који прописује како се у објекту, односно згради могу успоставити и одржати системи контроле и управљања који треба да обезбеде побољшања у погледу смањења потрошње енергије, повећања енергетске ефикасности и начина коришћења енергије.

Уз поседовање ових знања, вештина и способности, енергетски менаџер за област енергетике зграда треба да буде способан да спроводи све неопходне активности и радње које ће допринети како смањивању потрошње енергије тако и извршавању обавезе које Закон о енергетској ефикасности прописује привредним друштвима и предузећима као јавним службама, као обвезницима СЕМ-а. Те активности и радње, пре свега, односе се на:

- 1) почетно **прикупљање и анализу енергетских података** о згради или комплексу зграда, карактеристикама и стању уређаја и опреме и другим потрошачима енергије. Будући да се до ових података долази уз помоћ пројектно-техничке документације, а да их је делом неопходно допунити прегледом и установљавањем општег стања, ефикасности и нивоа одржавања уређаја и опреме, овај поступак се може назвати (основним) прегледом енергетског стања зграде од стране енергетског менаџера;
- 2) **израду енергетског биланса** предузећа на основу извршеног прегледа стања и прикупљених података о потрошњи енергије;
- 3) каснијим **редовним прикупљањем и анализом података који се односе на енергију** и, по потреби, утврђивањем (путем мерења на лицу места) стварних оперативних



- параметара и учинка опреме и процеса;
- 4) коришћењем **Информационих система енергетског менаџмента**;
  - 5) **идентификацију мера које омогућују уштеду енергије и њихову економску анализу**;
  - 6) учествовање у поступцима **набавке енергије**;
  - 7) израду **Годишњег извештаја о остваривању циљева уштеде енергије**, припремљеног у складу са форматом извештаја прописаног Правилником о обрасцу годишњег извештаја о остваривању циљева уштеде енергије;
  - 8) **развој пројеката за уштеду енергије**, као и потребне **техничке и економске процене**;
  - 9) **израду Програма и Плана енергетске ефикасности** у складу са форматом прописаним Законом о ефикасном коришћењу енергије, у
  - 10) **спровођење пројеката енергетске ефикасности**.

#### **1.3.4 Овлашћени енергетски саветници**

Обвезници СЕМ-а имају законом предвиђену обавезу да спроводе периодичне енергетске прегледе и то: привредна друштва на сваких пет година, а обвезници система из јавног сектора за објекте са површином већом од 500 m<sup>2</sup> – на сваких десет година. Према закону, енергетске прегледе врши овлашћени енергетски саветник који може бити физичко или правно лице уписано у регистар овлашћених енергетских саветника који води министарство надлежно за послове енергетике. Министарство на својој интернет страници објављује регистар са подацима о овлашћеним енергетским саветницима. Овлашћени енергетски саветник може вршити енергетски преглед и за наручиоце који нису обвезници СЕМ-а (за друга физичка и правна лица), а мора бити правно лице ако обавља преглед за наручиоца који је обвезник СЕМ-а.

По извршеном енергетском прегледу, овлашћени енергетски саветник дужан је да Министарству достави податке у року, на предвиђеном обрасцу и на начин који утврди Министарство. Овлашћени енергетски саветник израђује и потписује извештај о спроведеном енергетском прегледу, са предлогом мера за ефикасно коришћење енергије.

Према закону, министар надлежан за послове енергетике ближе прописује методологију енергетског прегледа. Такође, према закону, енергетски саветник не може да обавља енергетски преглед ако постоји сукоб интереса између енергетског саветника и субјекта у којем се врши енергетски преглед. Овлашћени енергетски саветник дужан је да се придржава правила о поверљивости свих података до којих дође у обављању енергетског прегледа.

Физичко лице може да обавља послове овлашћеног енергетског саветника ако има лиценцу овлашћеног енергетског саветника коју издаје Министарство. Да би правно лице могло да добије овлашћење за обављање енергетских прегледа, мора да обавља једну од следећих делатности као претежну делатност: пројектовање, стручни надзор грађења, техничко саветовање, научно-истраживачку област, истраживање и развој у техничким наукама, научне и стручне послове из области енергетике. Осим тога, правно лице мора да запошљава најмање два лица одговарајуће струке са лиценцом овлашћеног енергетског саветника, мора да испуњава услов да није правоснажно осуђивано за привредни преступ и да је уписано у

регистар овлашћених енергетских саветника.

Као и у случају енергетских менаџера, Законом о ефикасном коришћењу енергије предвиђено је и да овлашћени енергетски саветници похађају обуку која се завршава полагањем испита. Министарство ће лицима која положи испит и испуне и друге услове у складу са законом, на поднети захтев, издавати одговарајућу лиценцу овлашћеног енергетског саветника. Као што смо рекли, Министарство ће водити и регистар лиценцираних енергетских саветника, физичких и правних лица, који ће бити доступан на интернет страници Министарства.

Већи део законске регулативе релевантне за област коју покрива Поглавље 1. може се ажуриран наћи на сајту Министарства рударства и енергетике

<http://www.mre.gov.rs/dokumenta-efikasnost-izvori.php>.



## Литература

- [1] Закон о енергетици, Сл. гласник РС, бр. 145/14
- [2] Закон о ратификацији Уговора о оснивању Енергетске заједнице између Европске заједнице и Републике Албаније, Републике Бугарске, Босне и Херцеговине, Републике Хрватске, Бивше Југословенске Републике Македоније, Републике Црне Горе, Румуније, Републике Србије и Привремене Мисије Уједињених нација на Косову у складу са Резолуцијом 1244 Савета безбедности Уједињених нација, Сл. гласник РС, бр. 62/06
- [3] Стратегија развоја енергетике Републике Србије до 2025. године са пројекцијама до 2030. године, Сл. гласник РС, бр. 101/15
- [4] Збирни енергетски биланс 2010. године, Министарство за инфраструктуру и енергетику, Београд, 2012.
- [5] Стратегија и политика развоја индустрије Републике Србије од 2011. до 2020. године, Сл. гласник РС, бр. 55/11
- [6] Directive 2006/32/EC of the European Parliament and of the Council of 5 April 2006 on energy end-use efficiency and energy services and repealing Council Directive 93/76/EEC (Text with EEA relevance)
- [7] Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC (Text with EEA relevance)
- [8] Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council of 24 November 2010 on industrial emissions (integrated pollution prevention and control) Text with EEA relevance
- [9] Directive 2001/80/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2001 on the limitation of emissions of certain pollutants into the air from large combustion plants
- [10] Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings
- [11] Directive 2010/30/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the indication by labelling and standard product information of the consumption of energy and other resources by energy-related products (Text with EEA relevance)
- [12] Закон о ефикасном коришћењу енергије, Сл. гласник РС, бр. 25/13
- [13] Закон о планирању и изградњи, Сл. гласник РС, бр. 72/09, 81/09 - испр., 64/10 – одлука УС, 24/11, 121/12, 42/13 - одлука УС, 50/13 - одлука УС, 98/13 - одлука УС, 132/14 и 145/14
- [14] Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the Council of 25 October 2012 on energy efficiency, amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC (Text with EEA relevance)
- [15] Правилник о енергетској ефикасности зграда, Сл. гласник РС, бр. 61/11
- [16] Правилник о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда, Сл. гласник РС, бр. 69/12
- [17] Правилник о условима, програму и начину полагања стручног испита у области просторног и урбанистичког планирања, израде техничке документације и грађења, Сл. гласник РС, бр. 4/10, 21/10 и 14/12
- [18] Правилник о условима и поступку за издавање и одузимање лиценце за одговорног урбанисту, пројектанта, извођача радова и одговорног планера, Сл. гласник РС, бр.

116/04 и 69/06

- [19] Уредба о утврђивању граничних вредности годишње потрошње енергије на основу којих се одређује која привредна друштва су обвезници система енергетског менаџмента, годишњих циљева уштеде енергије и обрасца пријаве о оствареној потрошњи енергије, Сл. гласник РС, бр. 18/16
- [20] Правилник о условима у погледу кадрова, опреме и простора организације која спроводи обуку за енергетске менаџере и овлашћене енергетске саветнике, Сл. гласник РС, бр. 12/15
- [21] Правилник о начину спровођења и садржини програма обуке за енергетског менаџера, трошковима похађања обуке, као и ближим условима, програму и начину полагања испита за енергетског менаџера, Сл. гласник, бр. РС 12/15
- [22] „Увођење система енергетског менаџмента у секторима потрошње енергије у Републици Србији”, Japan International Cooperation Agency (JICA) и Tokyo Electric Power Company, Inc. (TEPCO), Министарство рударства и енергетике, 2011.
- [23] Правилник о условима за именовање енергетских менаџера у органима јединица локалне самоуправе, Сл. гласник РС, бр. 31/16 и Правилник о условима за именовање енергетских менаџера у привредним друштвима чија је претежна делатност у производном сектору и предузећима као јавним службама, Сл. гласник РС, број 98/16
- [24] Уредба о класификацији делатности, Сл. гласник РС, бр. 54/10

## 2 Енергија

### 2.1 Увод

Енергија се у природи налази у непрестаном покрету и промени, прелазећи из једног појавног облика у други. У најопштијем смислу чак и сама супстанца<sup>9</sup>, било да је материјале природе (када поседује масу мировања, тј. када се састоји од материјалних честица – атома) или нематеријалне природе, када се јавља у виду физичког поља<sup>10</sup> (када не поседује масу мировања, као у случају гравитационог или магнетног поља), неки су од њених појавних облика.

Без обзира на непрестане промене појавног облика, енергија се нити може уништити, нити ни из чега створити. У случају изолованог система, она остаје стална током времена. Биланс енергије, односно закон који описује процесе преласка енергије у једног у други појавни облик назива се Закон одржања енергије<sup>11</sup>.

У складу са претходно наведеним, произилази да свако материјално тело поседује енергију.

<sup>9</sup> Ајнштајнова општа теорија релативности (*Albert Einstein*; Улм, 14. март 1879 — Принстон, 18. април 1955)

<sup>10</sup> Елементарне честице се деле на честице материје и честице преносиоце силе. Честице материје су кваркови и лептони.

Кваркови су елементарне честице које сачињавају протоне, неутроне и све остале сложене честице, тј. хадроне, нуклеоне, мезоне .... Кваркова има 6 врста.

Лептони су елементарне честице које не праве друге сложене честице али учествују у важним физичким процесима. Имају масу која је знатно мања од масе кваркова, али за разлику од њих могу се наћи слободни.

Честице преносиоци силе врше све интеракције између материје и понеке између самих себе. То су честице од којих неке имају масу, а неке не. Они су честице које имају врло велику масу. Врше интеракцију између лептона и кваркова, тј. између сваке честице која има наелектрисање. Имају велику улогу у радиоактивном распаду атомског језгра.

Тае честице су извор поља сила тј. основних физичких сила као што су електромагнетизам, јака сила, слаба сила, итд.

Преносилац електромагнетне силе је фотон који врши интеракције између честица са наелектрисањем. Фотон има масу.

Преносиоци слабе силе су  $W^+, W^-, Z$  бозони. Они су честице које имају веома велику масу. Врше интеракцију између лептона и кваркова, тј. између сваке честице која има наелектрисање.

Преносиоци јаке силе су глюони, честице без масе. То су честице без масе, које се јављају у 8 врста, од којих свака може бити у 3 боје тј. постоји 24 могуће врсте глюона. Они преносе јаку силу између кваркова и између себе самих. Одликују се једном необичном особином да повећањем растојања између кваркова јачина везе између њих расте. Због тога се кваркови не могу наћи у изолованом стању, већ само у виду кварк-глуонске плазме.

<sup>11</sup> У класичној (нерелативистичкој) физици засебно се дефинишу Закон о одржању енергије и Закон о одржању материје (месе), који установљава да се материја не може уништити, нити ни из чега створити, него може само да се мења и да прелази из једног у други облик.

У класичној физици обично се посебно дефинишу кинетичка, потенцијална, унутрашња, хемијска, нуклеарна и друге енергије које поседују материјална тела. При томе кинетичку енергију поседују тела која се крећу неком брзином, а потенцијалну (или енергију положаја) уколико се налазе у пољу неке физичке силе (нпр. гравитационе или магнетне силе). Обе ове врсте енергије називају се макроскопским енергијама, јер су повезане са макроскопским стањима тела. Поред макроскопских енергија, материјална тела поседују и тзв. микроскопске енергије, као што су унутрашња (термичка) енергија, хемијска (енергије хемијских веза), електрична потенцијална енергија, нуклеарна (енергије атомских веза) и друге облике енергија повезаних са енергијама и кретањима елементарних материјалних честица.

Поред енергија везаних за материјална тела као носиоце енергија, у физици се још разликују рад (механичка енергија) и топлота, као енергије које је остварују само током процеса и које се не садрже у материјалним телима. Посебну врсту енергије представља електрична енергија, енергија елетромагнетног зрачења (таласа), гравитационих таласа итд.

## **2.2 Потребе за енергијом**

За задовољавање својих потреба човек користи различите облике енергија: рад (механичку енергију), топлоту, светлосну енергију (део спектра електомагнетног зрачења), хемијску енергију, енергију звука итд. Будући да се у природи ове врсте енергија не налазе увек у доступном облику и на месту где је то човеку потребно, за задовољење својих потреба, неопходно је да их он помоћу одговарајућих технолошких процеса, из облика доступних у природи преведе у за себе корисне облике и пренесе до места где жели да их користи. У процесима трансформације, од почетне енергије коју поседују материјална тела, или од енергије природних енергетских дејстава, само се део енергије преведе у за човека корисну енергију. Преостали део претвори се у неке друге нежељене облике енергије или остане неискоришћен.

Као меру квалитета, односно ефикасности претварања полазног облика енергије у жељени облик енергије, уводи се појам ефикасност претварања или степен „искоришћења“ енергије.

Ефикасност претварања енергије, као однос количина добијеног (жељеног) облика и полазне енергије, могуће је дефинисати за сваки уређај, сваки појединачни процес или за групу процеса, односно цео технолошки процес.

Знања о процесима и начинима претварања разних облика енергије у жељени облик, камен су темељац технолошког напретка и људске цивилизације, а побољшање ефикасности претварања енергије, један је од најважнијих задатака науке и технике

## **2.3 Извори енергије за планету Земљу**

Најопштије посматрано, ако се планета Земља посматра као тзв. отворен физички систем<sup>12</sup>, и ако се контролне границе тог система налазе на спољној контури атмосферског омотача

<sup>12</sup> Видети поглавље 3.1.1. Врсте термодинамичких система - значење појма система

Земље, може се констатовати да планета Земља има само три стална извора<sup>13</sup> енергије. На првом месту, то је енергија коју Сунце у виду електромагнетног зрачења дозирачује на Земљу, а која настаје као последица термонуклеарних реакција унутар и на површини Сунца. Други енергетски извор представља енергија која настаје распадом изотопа тешких елемената у процесу нуклеарне фисије која се дешава у језгру Земље. Трећи извор је гравитациона енергија, која настаје као последица кретања Месеца око Земље, а која се на Земљи испољава у виду енергије плиме и осеке.

Енергија коју Сунце дозирачи на Земљу манифестује се непосредно, као тренутно сунчево зрачење, којим се загревају земља, вода и ваздух, и посредно, кроз хидроенергију, енергију ветра, енергију кретања таласа, трансформисану енергију у виду акумулисане биоенергије као и историјски акумулисану енергију у виду фосилних горива. При том се под хидроенергијом обично подразумева само енергија водотокова (тј. енергија кретања воде у рекама), а не и енергија кретања глечера и енергија кретања морских струја. Енергија ветра или еолска енергија представља кинетичку енергију струјања ваздуха, док се енергија таласа обично наводи засебно, јер потиче од енергије ветра.

Енергија биосфере или биоенергија или биолошка енергија сачувани је облик сунчеве енергије, који је процесом фотосинтезе претворен и акумулисан у хемијску енергију угљоводоничких (органичних) једињења.

Посебан облик сачуване енергије сунчевог зрачења представљају фосилна горива. Она настају из угљоводоничких једињења биљног или животињског порекла, која се десетинама хиљада, па чак и милионима година налазе у одговарајућим анаеробним условима и која су уз адекватан притисак и температуру изложена посебним микробиотичким дејствима. У њих се убрајају разне врсте угљева, тресет, нафта, природни гас, уљни шкриљци итд.

## 2.4 Облици енергије према степену трансформације

Независно од претходно описаних извора енергије, установљених према суштинском пореклу енергије на Земљи, у зависности од потреба и области примене, врсте енергије се класификују на сасвим другачије начине и по правилу односе на **појавне облике енергије који се тренутно налазе на Земљи.**

Једна од најчешће коришћених подела енергија заснива се на **степену њихове трансформације у односу на појавне облике који се тренутно налазе у природи.** Ова подела обично се користи код израде разних врста биланса енергије, и према њој, облици енергије се класификују у три групе:

---

<sup>13</sup> Иако је термин „извор енергије“ у супротности са Законом о одржању енергије, његова примена је опште прихваћена. У том смислу извор енергије представља сваки облик енергије који се у неком издвојеном простору (систему) може директно или после процеса трансформације превести у корисне облике енергије.

Када се врши класификација примарних облика енергије, често се уместо термина примарна енергија користи термин „извор енергије“. Ово се оправдава чињеницом да се тим термином дефинишу управо носиоци енергије, односно енергетска дејства која се налазе у природи и која се могу превести у корисне облике енергије.

1. примарни облици енергије или примарна енергија,
2. секундарни, тј. трансформисани облици примарне енергије или секундарна енергија и
3. корисна енергија.

#### **2.4.1 Примарна енергија**

Примарну енергију чине сви носиоци енергије који се још називају и енергенти, односно енергетска дејства која се тренутно налазе у природи, а која нису прошла ниједан процес трансформације.

Према уделу који тренутно има у укупној енергији која се користи, примарна енергија или примарни извори енергије могу се поделити на:

- **конвенционалне и**
- **неконвенционалне изворе енергије.**

Конвенционални извори енергије су извори енергије који се тренутно доминантно користе и чији је удео у укупној светској потрошњи енергије вишеструко већи од неконвенционалних извора енергије. Конвенционални извори енергије су: гревно дрво, угаљ, сирова нафта, природни гас, енергија водених токова и нуклеарна горива.

Неконвенционални извори енергије су извори енергије чији је тренутни удео у укупној светској потрошњи енергије значајно мањи од конвенционалних извора енергије. Неконвенционални извори енергије су: енергија ветра, уљни шкриљци и битуминозни пескови (тзв. неконвенционална нафта и гас), затим енергија плиме, осеке, таласа, енергија сунчевог зрачења и геотермална енергија.

Уобичајено ја да се још природни гас, нафта и угљен називају фосилним горивима и то без обзира да ли су конвенционалног или неконвенционалног порекла.

Поред наведених подела примарне енергије, постоји и подела на основу брзине **настајања и трошења постојећих резерви носилаца енергије, тј. енергената. Према овом критеријуму примарна енергија се дели и на**

- **необновљиве и**
- **обновљиве изворе енергије.**

Необновљиви извори су они чије се резерве смањују услед интензивног коришћења, односно чије време потребно за обнављање вишеструко прелази брзину њиховог исцрпљивања, односно трошења. Ту се, пре свега, убрајају сва фосилна (нафта, све врсте угљева, природни гас, уљни шкриљци, битуминозни пескови) и нуклеарна горива (уран, торијум, деутеријум).

С друге стране, извори енергије, као што су тренутно сунчево зрачење, хидроенергија, ветар, таласи, биоенергија, енергија плиме и осеке и геотермална енергија, који се стварају већим брзинама и у већим количинама од оне којом се користе, називају се обновљивим изворима енергије.

#### **2.4.2 Секундарна енергија**

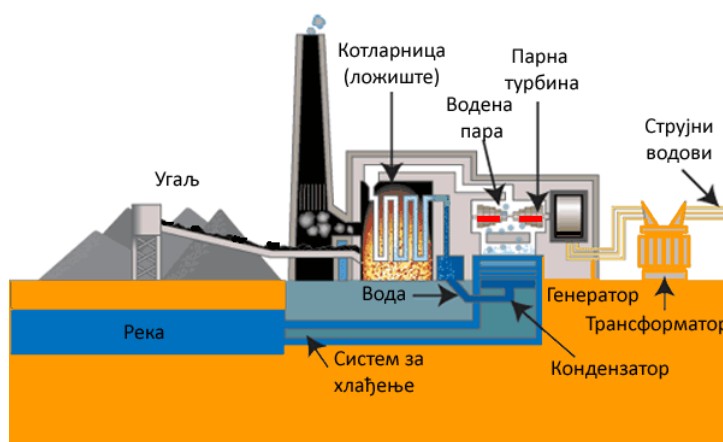
Велики број примарних облика енергије не може се непосредно користити, већ се пре

употребе мора трансформисати у неки други облик, односно у тзв. секундарну енергију. Врсте трансформација зависе од облика примарне енергије и врсте носилаца те енергије, као и жељеног облика секундарне, односно корисне енергије. Процесима трансформације енергије мењају се хемијске и/или физичке особине носилаца или примарних носилаца енергије, односно примарних енергетских дејстава.

Типични облици секундарних облика енергије су електрична енергија, топлота, деривати нафте (бензин, лож-уље, мазут), брикети, кокс, али и пелети, сечка, биогаз, обогаћени уранијум итд.

На слици 2.1 на примеру једне термоелектране, може се испратити неколико трансформација у секундарне облике енергије. Примарна енергија, чији је носилац угаљ, уноси се у котлао, где се хемијска енергија садржана у угљу користи у процесу сагоревања и прелази у секундарну енергију - топлоту. Топлота се у котлу преноси на воду и водену пару, загревајући их прелази у нови облик секундарне енергије - термо-механичку енергију водене паре. Проласком кроз турбину, термо-механичка енергија паре, ударањем о лопатице турбине, делом се претвара у нови облик секундарне енергије - механичку енергију обртања вратила турбине. Ова механичка енергија у даљем процесу трансформације користи се за покретање ротора електрогенератора и у том процесу претвара у нови облик секундарне енергије - електричну енергију.

У сваком од ових процеса трансформације, део енергије се губи.



Слика 2.1: Термоелектрана као пример трансформације примарне енергије у секундарне облике енергије

### 2.4.3 Корисна енергија

Корисна енергија је крајњем кориснику на располагању у облику који му највише одговара и коју може непосредно користити. Посматрано по току њеног добијања, она представља последњи облик трансформације енергије, који се добија трансформацијом примарне и секундарне енергије, након спроведених свих процеса производње, прераде, складиштења и преноса до коначне употребе.



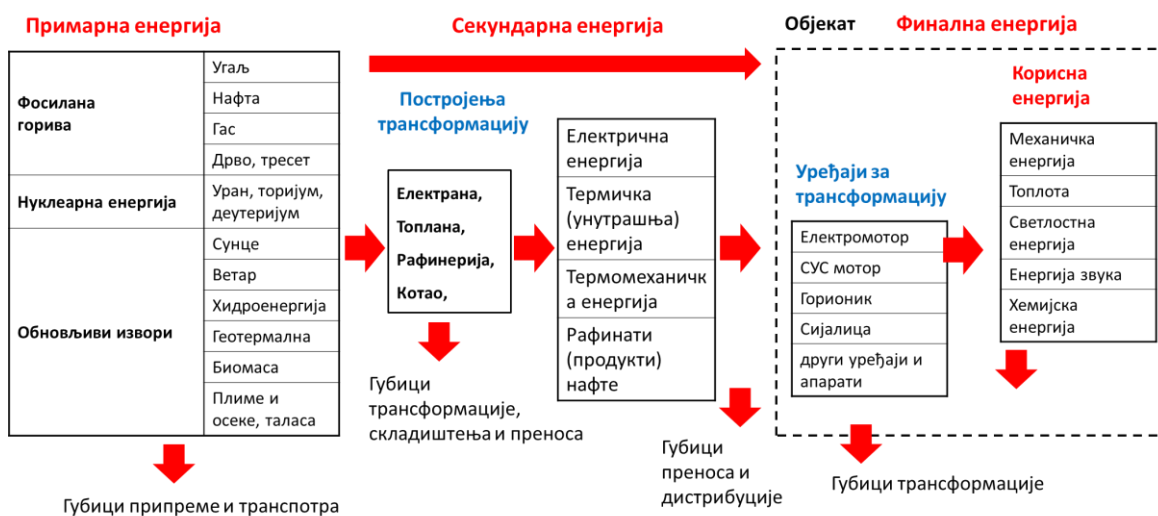
Корисни облици енергије су:

- топлотна енергија,
- механичка енергија,
- светлосна енергија,
- енергија звука и
- хемијска енергија.

#### 2.4.4 Финална или крајња енергија

Поред појмова примарне, секундарне и корисне енергије, приликом израде енергетских биланса, користи се и термин финална или крајња енергија. Под овим појмом подразумевају се сви они облици енергије који долазе до крајњег корисника енергије, тј. енергија која се допреми до границе објекта крајњег корисника енергије (фабрика, зграда и уређаја). У зависности од тога да ли се примарни облици енергије јесу или нису трансформисали на свом путу до крајњег корисника, носиоци финалне енергије могу бити или енергетска дејства и носиоци примарне енергије или носиоци секундарне енергије.

Преглед носилаца примарне, секундарне, корисне и финалне енергије приказан је на слици 2.2.



Слика 2.2: Примарна, секундарна и финалне енергија

#### 2.5 Ефикасност претварања или степен искоришћења енергије

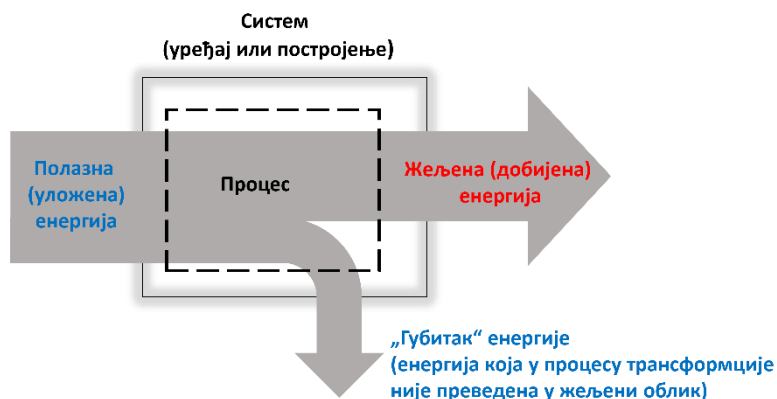
Као што је наведено у поглављу 2.2, за мерење квалитета, односно ефикасности претварања полазног у жељени облик енергије, уводи се појам **ефикасност процеса претварања (трансформације)** или **степен искоришћења енергије**.

У општем случају, без обзира на врсте енергија које учествују у процесу, **ефикасност претварања енергије дефинише се као однос количине добијеног (жељеног) облика енергије и полазне количине енергије**. Ефикасност претварања могуће је дефинисати за сваки појединачни процес или за групу процеса, односно цео процес трансформације енергије



(слика 2.3), односно за уређај или постројење.

$$\text{Степен искоришћења енергије} = \frac{\text{жељена (добијена) енергија}}{\text{полазна (уложена) енергија}}$$



Слика 2.3: Процес претварања (трансформације) енергије

Иако би у складу са Законом о одржању енергије било логично претпоставити да **степен искоришћења енергије** независно од уређаја и процеса може имати вредност од 0 до 1 (0 до 100%), и да су, преко овог параметра у смислу степена искоришћености енергије, упоредиви различити уређаји, овакав закључак би ипак био погрешан и то у оба аспекта. У појединим процесима трансформације енергије, услед њихове физичке суштине и начина на који се дешавају, теоријски максимум **степен искоришћења енергије** не може прећи одређене вредности (нпр. у процесима претварања топлоте у механички рад – тзв. деснокретни кружни процеси), а у неким процесима као што су термодинамичко грејање и хлађење (топлотне пумпе и расхладни уређаји), управо због начина на који је дефинисан степен ефикасности, његове вредности могу или морају имати вредност већу од 1 (100%). Због тога, иако универзалан, степен искоришћења енергије оправдано је користити за међусобно поређење истоветних процеса, односно ефикасности претварања полазног у жељени облик енергије за истоветне уређаје. У табели 2.1 приказани су неки процеси трансформације енергије и одговарајући степени њеног искоришћења.

Табела 2-1: Степен искоришћења енергије у различитим процесима и уређајима

Процес	Трансформација енергије	Степен искоришћења енергије
<b>Производња електричне енергије</b>		
Гасне турбине	Хемијска енергија гаса у електричну енергију	до 40%
Комбиновани циклус гасне и парне турбине	Хемијска енергија горива у електричну енергију	до 60%
Хидротурбине	Потенцијална или кинетичка енергија воде у електричну	до 40% 90% (практично достигнуто)
Ветроурбине	Кинетичка енергију ветра у електричну	до 59% (теоријска граница)
Соларне (фотонапонске) ћелије	Енергија сунчевог зрачења (електромагнетних таласа) у електричну енергију	6–40% (у зависности од технологије, 15-20% најчешће, 85–90% теоријска граница)
Гориве ћелије	Хемијска енергија у електричну енергију	до 85%

Светска производња ел. енергије 2008. године	Бруто 39%	Нето 33% <sup>[1]</sup>
<b>Акумулација електричне енергије</b>		
Литијумске батерије	Хемијска у електричну/ реверзибилно (повратно)	80–90%
Никл-метал хибридне батерије	Хемијска у електричну/ реверзибилно (повратно)	66%
Оловни и алкалне батерије - акумулатори за аутомобиле	Хемијска у електричну/ реверзибилно (повратно)	50–95%
<b>Мотори</b>		
Мотори са сагоревањем	Хемијска енергија горива у механичку	10–50%
Електромотор	Електрична енергија у механичку	70–99.99% (> 200 W); 50–90% (10–200 W); 30–60% (< 10 W)
Млазни мотор	Хемијска енергија гаса у електричну енергију	20–40%
<b>Природни процеси</b>		
Процес фотосинтезе	Енергија сунчевог зрачења (електромагнетних таласа) у хемијску енергију	до 6%
Мишићи у живим организмима	Хемијска у механичку	14–27%
<b>Кућни уређаји</b>		
Фриџидер	Електрична у топлоту	120–300% (Хладни крај ~ 20%; топли крај ~ 40–50%)
Топлотне пумпе	Електрична у топлоту	175–250% ако је ваздух извор топлоте 300–600% ако је земља извор топлоте
Инкандесцентна сијалица	Електрична у светлосну (електромагнетне таласе у делу видљиве светлости)	0.7–5.1%, 5–10%
ЛЕД сијалице светлећа диода (енгл. LED; <i>Light-emitting diode</i> )	Електрична у светлосну (електромагнетне таласе у делу видљиве светлости)	4.2–53%
Флуоресцентна сијалица	Електрична у светлосну (електромагнетне таласе у делу видљиве светлости)	8.0–15.6%, 28%
Натријумова сијалица - сијалице са пражњењем ниског притиска	Електрична у светлосну (електромагнетне таласе у делу видљиве светлости)	15.0–29.0%, 40.5%
Метал-халогена сијалица	Електрична у светлосну (електромагнетне таласе у делу видљиве светлости)	9.5–17.0%, 24%
Прекидачки извор напајања	Електрична у светлосну (електромагнетне таласе у делу видљиве светлости)	тренутно достигнуто 96%
Електрични бојлер	Електрична енергија у топлоту	90–95%
Електроотпорни грејачи	Електрична енергија у топлоту	~100%
<b>Остали уређаји и процеси</b>		
Ватрено оружје	Хемијска у кинетичку	~30%
Електролиза воде	Електрична енергија у хемијску	50–70% (80–94% теоријски максимум)

## 3 Термодинамички систем, начини преношења топлоте и енергетски биланс

### 3.1 Основни појмови из термодинамике

Термодинамика<sup>14</sup> (грч. *θερμη*, топлота и *δυναμις*, снага) је област физике која изучава процесе претварања једне врсте енергије у другу, а првенствено **топлоте у механички рад**, односно њиховог дејства на друга тела.

### 3.2 Врсте термодинамичких система

Сва тела која се анализирају у термодинамици су **супстанцијалне** природе. **Супстанција** представља један од два појавна облика материје, и то онај у коме материја јавља у облику да поседује масу у стању мировања. Уколико материја не поседује масу у стању мировања, онда се тај њен појавни облик назива физичко поље.

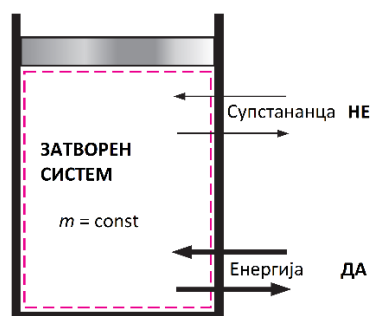
С обзиром да у класичној физици тела, односно супстанца, морају да заузимају одређени физички простор, за изучавање међусобних енергетских дејстава топлоте, радова и енергетских стања супстанце, уводи се појам термодинамичког система. Под појмом **термодинамичког система** подразумева се део простора издвојен од околине термодинамичког система тзв. **границом термодинамичког система**. У зависности од својстава **границе термодинамичког система**, разликујемо **затворене и отворене термодинамичке системе**.

Ако је граница термодинамичког система таква да не дозвољава да супстанца пролази кроз њу, тада се систем у термодинамичком смислу сматра затвореним термодинамичким системом. Другим речима, у затвореном термодинамичком систему, супстанца заробљена границама система не може напустити систем, нити нова супстанца може продрети у систем. При томе је ова граница термодинамичког система у општем случају покретна и пропусна за топлоту (слика 3.1)

Ако је граница термодинамичког система таква да не дозвољава да супстанца пролази кроз њу, тада се систем сматра **отвореним термодинамичким системом**. У случају да границе система дозвољавају макроскопски проток супстанције (флуида), такви системи називају се **проточним термодинамичким системима** (нпр. пријемници сунчеве енергије, радијатори, хладњаци мотора, предајници топлоте, пумпе, компресори, зграде...), а уколико дозвољавају само микроскопски проток супстанције, такве системе називамо дифузионим термодинамичким системима (слика 3.2).

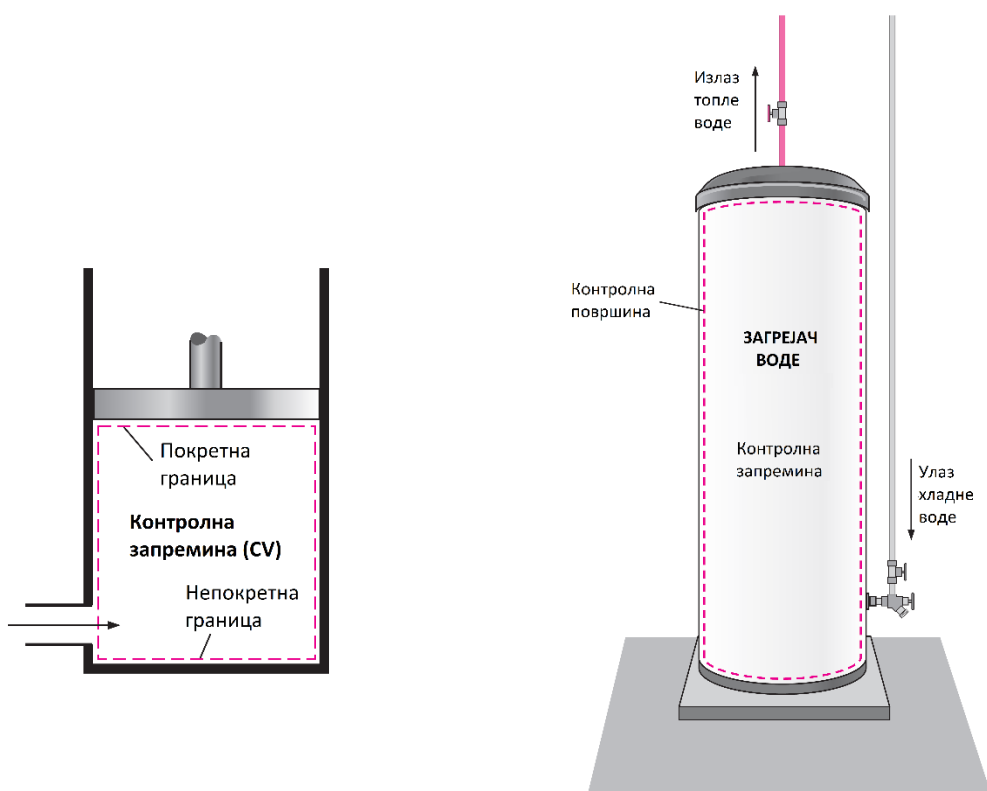
<sup>14</sup>Иако се зачеци термодинамике везују за стару Грчку, Емпедокла, (483-423 г.п.н.е) и Демокрита (460-370 г.п.н.е.), оснивачем модерне термодинамике сматра се Николас Карно (Nicolas Léonard Sadi Carnot, 1796 – 1832). Живећи у времену развоја првих парних машина (Енглеска, 1697, *Thomas Savery*, 1712 *Thomas Newcomen*), из потребе да се повећа њихова ефикасност, у свом делу „Размишљања о покретачкој моћи ватре“ (фран. *Réflexions sur la puissance motrice du feu*, 1824.) Карно је изнео начела рада идеалне „топлотне машине“

Околина термодинамичког система



Слика 3.1: Затворени термодинамички систем

С обзиром да се у отвореном термодинамичком систему практично врши контрола стања супстанце у протоку, он се још назива и контролна запремина (*control volume, CV*), а границе отвореног термодинамички система - контрол не површи (*control surface, CS*).



Слика 3.2: Отворени (проточни) термодинамички систем са покретном границом и непокретном границом система

### 3.3 Термодинамичко стање система и термодинамичке величине стања

Термодинамичко стање система, односно, прецизније, супстанце која се налази у термодинамичком систему, описује се **термодинамичким величинама стања**: температуром, запремином, унутрашњом или термичком енергијом, а уколико је супстанца флуид, онда и притиском, енталпијом и евентуално кинетичком и потенцијалном енергијом супстанције.

Величине стања могу да се класификовати као:

1. интензивне, чија вредност не зависи од количине супстанције
  - притисак флуида  $p$  [Pa]
  - температура супстанције  $T$  [K]
2. екстензивне, чија вредност директно зависи од количине супстанције:
  - запремина супстанције  $V$  [m<sup>3</sup>]
  - унутрашња енергија супстанције  $U$  [J]
  - енталпија супстанције  $H$  [J]
  - ентропија супстанције  $S$  [J/K]

Свођењем екстензивних величина стања на 1 kg супстанције, оне се преводе у тзв. специфичне величине стања и добијају својства интензивних величина:

- специфична запремина супстанције  $v = V / m$  [m<sup>3</sup>/kg]
- специфична унутрашња енергија супстанције  $u = U / m$  [J/kg]
- специфична енталпија супстанције  $h = H / m$  [J/kg]
- специфична ентропија супстанције  $s = S / m$  [J/(kg K)]

На исти начин, свођењем екстензивних величине стања на 1 mol супстанције, оне се преводе у тзв. моларне величине стања, са својствима интензивних величина:

- моларна запремина супстанције  $V_m = V / n$  [m<sup>3</sup>/mol]
- моларна унутрашња енергија супстанције  $U_m = U / n$  [J/mol]
- моларна енталпија супстанције  $H_m = H / n$  [J/mol]
- моларна ентропија супстанције  $S_m = S / n$  [J/(mol K)]

### 3.4 Унутрашња (термичка) енергије и енталпија

**Унутрашња или термичка енергија ( $U$ )** описује енергетско стање макроскопски непокретне супстанције. Она обухвата енергије свих кретања и активности микрочестица (молекула, атома, електрона...) које чине структуру супстанце, па отуда потиче њен назив - енергија „унутар“ супстанце (слика 3.3). С обзиром да интензитет кретања микрочестица дефинише **и агрегатно стање и степен загрејаности супстанце** (што се манифестује као **температура супстанце**), унутрашња енергија је у директној вези са температуром супстанције. Због тога се унутрашња енергије назива и **термичка енергија** или термички потенцијал. Унутрашња енергија, као и друге врсте енергије, мери се у џулима [J].

За описивање енергетског стања (макроскопски) **покретне супстанце у течном или гасовитом агрегатном стању** (флуида), користи се величина стања која се назива **енталпија ( $H$ )**. Ова величина стања представља тзв. термомеханичку енергију флуида и дефинише се као збир унутрашње (термичке) и енергије струјања флуида, тј.:

$$H = \underbrace{U}_{\substack{\text{Унутрашња} \\ \text{или} \\ \text{термичка енергија}}} + \underbrace{pV}_{\text{енергија струјања флуида}} \quad [J]$$

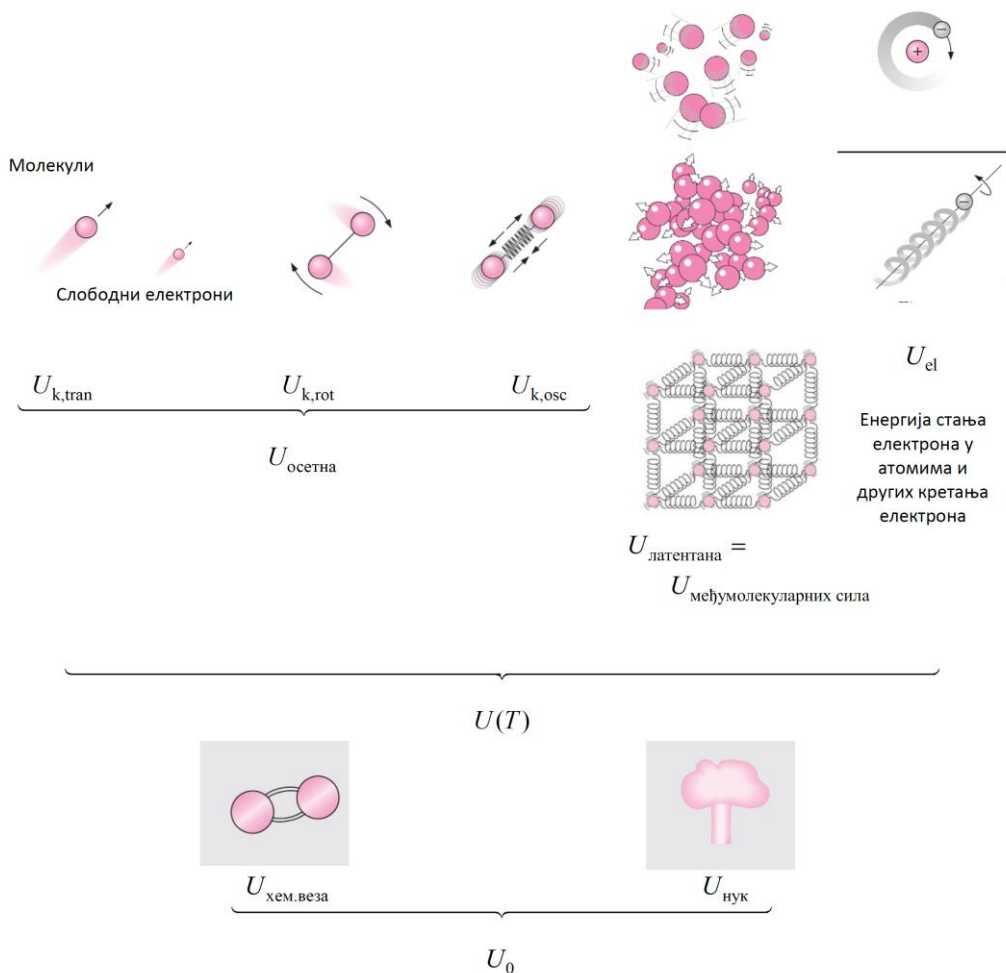
Термомеханичка енергија флуида

Енергија струјања флуида назива се још и притисна енергија или потенцијал транспорта флуида и представља производ две друге величине стања – притиска и запремине флуида.

По аналогији са другим специфичним величинама стања, специфична енталпија дефинише се као збир специфичне унутрашње и специфичне енергије струјања

ња флуида, односно производа притиска и специфичне запремине флуида.

$$h = u + pv \quad [J/kg]$$



Слика 3.3: Унутрашња енергија

### 3.5 Једначине стања супстанце

Величине стања које описују стање супстанце нису међусобно потпуно независне величине. За сваку супстанцу постоје тзв. једначине стања супстанце, функције у којима као зависне или независне променљиве величине фигуришу величине стања, а које описују стање радне материје.

Број независних променљивих величина стања у једначини стања супстанце зависи од сложености саме супстанце (броја по хемијском саставу различитих компоненти супстанце, броја агрегатних стања компоненти супстанце...), али и врсте система у коме се она налази (отворени или затворени) јер то одређује број спољашњих енергетских утицаја.

У термодинамици, стање једнокомпонентне једнофазне хомогене материје која се налази у затвореном систему, једнозначно је одређено помоћу две независне величине стања. Остале величине међусобно су зависне и могуће их је одредити помоћу једначина стања супстанце.

У термодинамици се издвајају два типа једначина стања супстанце:

- 1) Термичка једначина стања супстанце:

$$f(p, V, T) = 0$$

Ова једначина установљава функционалну зависност између притиска, запремине и температуре супстанце. Најпознатија и најједноставнија је термичка једначина стања супстанце која се назива идеалан гас и која има облик:

$$pV = mRT,$$

У овој једначини са  $m$  [kg] је означена маса супстанце, која је у затвореном термодинамичком систему стална, а са  $R$  [J/kg K] индивидуална гасна константа, која за сваки гас има константну вредност.

- 2) Енергијске (раније, калоричке) једначине стања:

$$f(U, V, T) = 0, f(H, V, T) = 0, \dots$$

Ова једначине установљавају функционалну зависност између једне енергијске величине стања – унутрашње енергије ( $U$ ) или енталпије ( $H$ ) и осталих величина стања супстанце. Поново су најпознатије и најједноставније енергијске једначине стања супстанце која се назива идеалан гас и које установљавају везу између промене унутрашње енергије и температуре, као и промене енталпије и температуре супстанције:

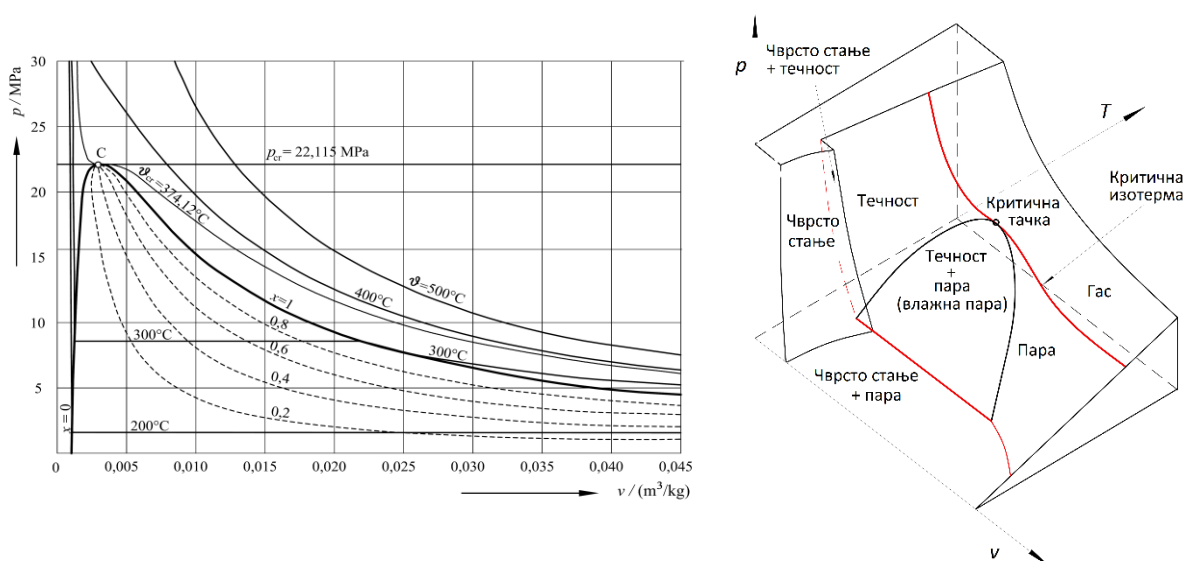
$$U_2 - U_1 = mc_v(T_2 - T_1) \text{ и } H_2 - H_1 = mc_p(T_2 - T_1).$$

У претходним једначинама са  $c_v$  [J/(kg K)] и  $c_p$  [J/(kg K)] означене су константе које представљају специфичне топлотне капацитете супстанце у случају да се топлота супстанци предаје у процесу при сталној запремини супстанце, односно у случају да се топлота супстанци предаје у процесу при непромењивом притиску супстанце (о топлотном капацитету супстанце видети поглавље 3.1.6)

Истоветне енергијске једначине стања важе и за супстанције у чврстом и течном агрегатном стању, али само у случају да оне не мењају агрегатно стање. У том случају, пожељно је користити осредњене вредности специфичних топлотних капацитета супстанце ( $c_p \rightarrow \bar{c}_p$  и  $c_v \rightarrow \bar{c}_v$ ).

Једначине стања супстанце, поред аналитичког облика, за сложеније радне материје (које у

термоинамичким процесима мењају агрегатна стања), по правилу се приказују графички у виду дијаграма (слика 3.4) или табеларно.



Слика 3.4: Графички приказ међусобних зависности величина стања за H<sub>2</sub>O

### 3.6 Промена стања система

У класичној термодинамици стање радне супстанције у термодинамичком систему може се променити само дејством спољашњих енергетских дејстава. Уколико је у питању затворени термодинамички систем, ова енергетска дејства могу бити топлотно енергетско дејство (или само **топлота**) и механичко енергетско дејство (дејством **радова**). У случају отвореног термодинамичког система поред топлоте и радова, стање радне супстанције у систему може се променити и дејством супстанце која улази у систем, односно која излази из система.

**Топлота (Q)** је енергетско дејство којим се енергија са тела више температуре преноси на тело ниже температуре, а које настаје као последица различитог интензитета кретања молекула, атома, електрона и других микрочестица супстанце које чине њену структуру. Топлотним енергетским дејством супстанцији се повећава интензитет кретања микрочестица, односно повећава тзв. **унутрашња или термичка енергија**. Укупна енергија предата топлотом назива се **количина топлоте** и мери се **џулима [J]**.

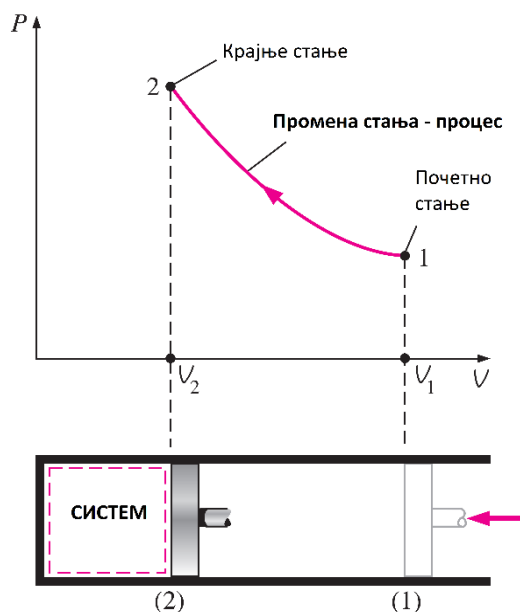
**Механички рад (W)** је енергетско дејство којим се, кретањем неке покретне чврсте површи, повећава **кинетичка (E<sub>k</sub>) или потенцијална енергија (E<sub>p</sub>)** тела или се **интензивира кретање микрочестица тела** које чине структуру супстанце, чиме се повећава његова **унутрашња или**



**термичка енергија.** Укупан извршени рад мери се џулима [J].

Свака промена величина стања термодинамичког система назива се **термодинамички процес**. **Термодинамички процеси** могу бити **привидно равнотежни (квазистатични)** или **неравнотежни (неквазистатични)**. Сви реални процеси су неравнотежни јер се одвијају у стањима **термичке, механичке или хемијске неравнотеже** и/или се током њиховог одвијања дешавају различити диспатвини процеси претварања других врста енергија у унутрашњу (термичку) енергију.

**Привидно равнотежни процеси** састоје се од „низа“ равнотежних стања (слика 3.5).



Слика 3.5: Приказ (привидно) равнотежног процеса у p-v координатном систему - споро сабијање гаса

### 3.7 Топлотни капацитет

Топлотни капацитет супстанце  $C$  [J/K] представља термофизичко својство супстанције које дефинише везу између предате количине топлоте и промене температуре супстанце. Уобичајено се каже да топлотни капацитет представља *количину топлоте коју је потребно предати супстанци, да би се њена температура променила за 1°C*.

$$C = \frac{Q_{1-2}}{T_2 - T_1}$$

Топлотни капацитет супстанце дефинише се за супстанције у свим агрегатним стањима, а не дефинише се при преласку супстанције из једног у друго агрегатно стање.

У општем случају, топлотни капацитет супстанције зависи од количине, врсте и агрегатног стања супстанције, а за гасове и од врсте термодинамичког процеса током кога се врши предаја топлоте.

У термодинамици се углавном користи специфични топлотни капацитет неке супстанце, који се приказује као таблична вредност.

$$c = \frac{C}{m} = \frac{Q_{1-2}}{m(T_2 - T_1)}$$

За гасове, због поменуте зависности вредности топлотног капацитета од врсте термодинамичког процеса током кога се предаје топлота, дефинишу се две вредности специфичног топлотног капацитета:

1. специфични топлотни капацитет супстанце у случају да се топлота супстанци предаје у процесу при непромењивом притиску супстанце -  $c_p$ , [J/(kg K)]
2. специфични топлотни капацитет супстанце у случају да се топлота супстанци предаје у процесу при сталној запремини супстанце -  $c_v$ , [J/(kg K)]

С обзиром на дефиницију топлотног капацитета, само његовим познавањем и променом температуре тела током термодинамичког процеса, могуће је одредити количину предате топлоте:

$$Q_{1-2} = C(T_2 - T_1) = mc(T_2 - T_1)$$

### 3.8 Први закон термодинамике или биланс енергије за затворени термодинамички систем

**Закон о одржању енергије** установљава да енергију није могуће нити створити, нити уништити, већ је само могуће превести из једног појавног облика у други. Због тога он представља биланс енергије који показује да збир свих енергија у неком затвореном систему остаје непроменљив.

Закон о одржању енергије је апсолутни природни закон који важи за све појаве које се одигравају на свим просторним нивоима (микро, макро и мега свету).

**Први закон термодинамике** јесте закон о одржању енергије дефинисан на термодинамичком систему.

У случају затвореног и непокретног термодинамичког система, у коме је макроскопски непокретна супстанца изложена топлотном и механичком енергетском дејству, Закон о одржању енергије (односно Први закон термодинамике) установљава да је **збир енергија предате топлоте и извршеног рада једнак повећању унутрашње (термичке) енергије супстанце**. Важно је приметити да Први закон термодинамике не одређује међусобну прераспodelу количина енергија, него само установљава услов непроменљивости њихове суме.

Први закон термодинамике у диференцијалном облику може се написати као:

$$\delta Q + \sum \delta W_i = dU,$$

односно у коначном облику као:

$$Q_{1-2} + \sum W_{i,1-2} = U_2 - U_1.$$

За случај (макроскопски) покретног затвореног термодинамичког система (слика 3.6), Закон о одржању енергије (Први закон термодинамике) у диференцијалном облику може се написати као:

$$\delta Q + \sum \delta W_i = dU + dE_k + dE_p + \dots + \sum dE_i$$

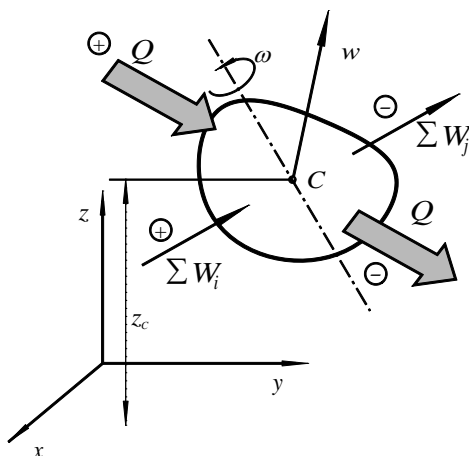
односно у коначном облику као:

$$Q_{1-2} + \sum W_{i,1-2} = (U_2 - U_1) + (E_{k,2} - E_{k,1}) + (E_{p,2} - E_{p,1}) + \dots$$

где је :

$E_k$  - (макроскопска) кинетичка енергија супстанце [J],

$E_p$  - (макроскопска) потенцијална енергија супстанце [J].

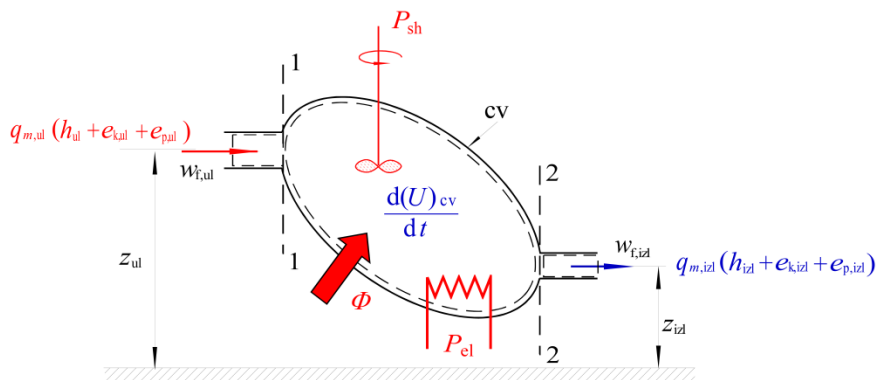


Слика 3.6: Затворен макроскопски покретан термодинамички систем

### 3.9 Први закон термодинамике или биланс енергије за отворени термодинамички систем

За разлику од затвореног термодинамичког система у коме се енергетско стање супстанце може променити само дејством топлоте и вршењем рада, у случају отвореног термодинамичког система, енергетско стање супстанце у систему може се променити и разменом супстанције са околином термодинамичког система (слика 3.7). Ова размена, у општем случају, подразумева утицање флуида у термодинамички систем, односно истицање флуида из њега. С обзиром да се овим дејствима врши промена супстанце у систему, неопходно је, пре енергетског биланса, дефинисати и тзв. биланс супстанце, односно масе, који такође представља један од основних закона физике и који је познат под називом **Закон о одржању масе**. С обзиром на „проточну“ физичку суштину процеса који се дешавају у отвореном термодинамичком систему, уобичајено је да се вредности свих величина дефинишу у свом тзв. проточном облику<sup>15</sup>.

<sup>15</sup> То значи да се уместо укупне масе флуида ( $m$ ) која је прошла кроз границе система, користи масени проток флуида ( $q_m$ ), уместо количине топлоте ( $Q$ ) користи топлотни проток ( $\Phi$ ) а извршеног рада ( $W$ ), снага ( $P$ ).



Слика 3.7: Отворени (проточни) термодинамички систем

У складу са претходним наводима, **Закон о одржању масе или биланс супстанције** (масе) отворени термодинамички систем може формулисати као:

$$\sum_i q_{m,ul,i} = \frac{d(m)_{cv}}{dt} + \sum_j q_{m,izl,j}$$

где је:

$\sum_i q_{m,ul,i}$  - збир свих масених протока флуида који утичу у отворени термодинамички систем, [kg/s]

$\sum_j q_{m,izl,j}$  - збир свих масених протока флуида који истичу из отвореног термодинамичког система, [kg/s]

$\frac{d(m)_{cv}}{dt}$  - промена масе супстанце у јединици времена унутар граница отвореног термодинамичког система, [kg/s].

Такође, у складу са претходним наводима, **Закон о одржању енергије или Први закон термодинамике за отворени термодинамички систем**, математички се формулише као:

$$\Phi + P_{teh} + \sum_i q_{m,ul,i} (h_{ul} + \frac{w_{f,ul}^2}{2} + gz_{ul})_i = \frac{d(U)_{cv}}{dt} + \sum_j q_{m,izl,j} (h_{izl} + \frac{w_{f,izl}^2}{2} + gz_{izl})_j$$

где је:

$\Phi$  - топлотни проток или топлотни флуks – предата количина топлоте у јединици времена [W]

$P_{teh}$  - техничка снага – извршен рад у јединици времена [W]

$(h_{ul} + \frac{w_{f,ul}^2}{2} + gz_{ul})_i$  - специфична енергија  $i$ -тог флуидног тока који утиче у отворен термодинамички систем, а која се састоји од специфичне енталпије (термомеханичке енергије), специфичне кинетичке и специфичне потенцијалне енергије флуида [J/kg].

$w_f$  - брзина флуидног тока [m/s],

$z$  - геодезијска висина [m/s].

$\frac{d(U)_{cv}}{dt}$  - промена унутрашње енергије супстанце унутар отвореног термодинамичког система у јединици времена [W]

### **Литература**

- [1] М. Бањац, Термодинамика В, скрипте 2005
- [2] Y. Cengel, M. Boles: Thermodynamics: An Engineering Approach (Mechanical Engineering) 8th Edition, McGraw-Hill Education; January 7, 2014.

## 4 Преношење топлоте

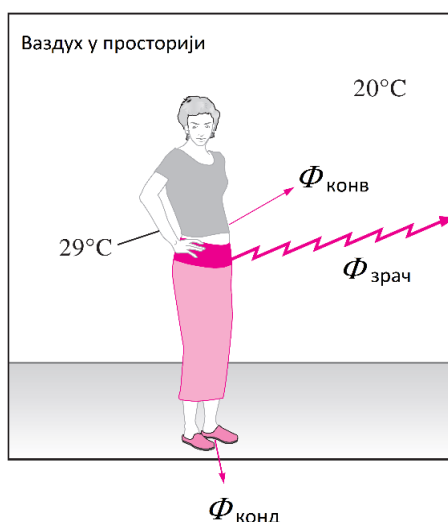
### 4.1 Начини преношења топлоте

За разлику од класичне термодинамике, која се бави изучавањем процеса претварања топлоте у механички рад, радом топлотних машина, уз неопходно изучавање промене стања супстанце која се током процеса налази у термичкој, механичкој и хемијској равнотежи (или их своди на изучавање оваквих промена), област преношења топлоте бави се само изучавањем процеса преношења топлоте који се дешавају у термичкој неравнотежи једне или више супстанци.

Постоје три основна начина преношења топлоте:

1. провођење топлоте (кондукција)
2. прелажење топлоте (конвекција)
3. топлотно зрачење (радијација)

Ова три начина преношења топлоте изучавају се засебно, иако се, по правилу, дешавају истовремено (слика 4.1).



Слика 4.1: Начини преношења топлоте – провођење, прелажење и топлотно зрачење

#### 4.1.1 Провођење топлоте

Провођење топлоте је процес преношења унутрашње (термичке) енергије кроз супстанцу или различите супстанце које су у непосредном контакту. Остварује се уколико постоји разлика температура и најчешће се односи на супстанце у чврстом агрегатном стању.

##### Провођење топлоте кроз раван зид

Према Фуријеовој хипотези, топлотни проток кроз раван зид (слика 3.9), при устаљеним условима, пропорционалан је разлици температура на површини зидова и може се одредити из израза:

$$\Phi = A \frac{\lambda}{\delta} (g_{s1} - g_{s2}) = A \frac{g_{s1} - g_{s2}}{\frac{\delta}{\lambda}} = A \frac{g_{s1} - g_{s2}}{R_{\lambda}},$$

где је:

$A$  - површина зида, [m<sup>2</sup>]

$\delta$  - дебљина зида, [m]

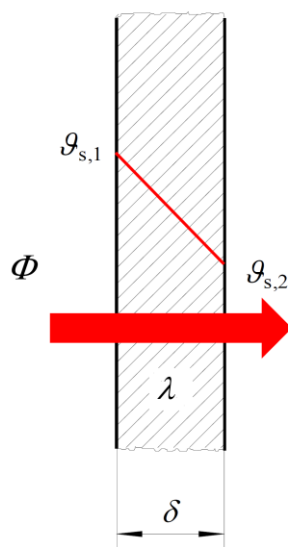
$\lambda$  - топлотна проводљивост материјала зида, [W/(mK)]

$R_\lambda = \delta / \lambda$  - отпор провођењу топлоте кроз зид, [m<sup>2</sup>K/W]

$\vartheta_{s1}, \vartheta_{s2}$  - температуре граничних површи зида, [°C]

Често је, из практичних разлога, у употреби величина која се назива површински топлотни проток (означава топлотни проток сведен на јединицу површине):

$$\varphi = \frac{\Phi}{A} = \frac{\vartheta_{s1} - \vartheta_{s2}}{\frac{\delta}{\lambda}} = \frac{\vartheta_{s1} - \vartheta_{s2}}{R_\lambda}, \text{ [W/ m}^2\text{]}$$



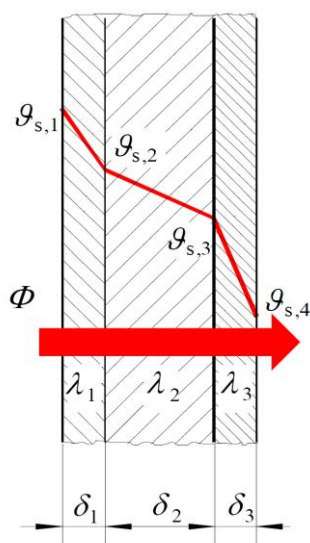
Слика 4.2: Провођење топлоте кроз (једнослојан) раван зид

#### Провођење топлоте кроз вишеслојан раван зид

Топлотни проток кроз вишеслојан раван зид, који се састоји од  $n$  слојева, при усталеним условима (слика 4.2), може се одредити из израза:

$$\Phi = \frac{\vartheta_{s1} - \vartheta_{s,n+1}}{\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{A\lambda_i}} = A \frac{\vartheta_{s1} - \vartheta_{s,n+1}}{\sum_{i=1}^n R_{\lambda i}}$$

У овом изразу сви симболи имају исто значење као и у претходном, а индекс  $i$  означава број зидног слоја.



Слика 4.3: Провођење топлоте кроз вишеслојан раван зид

#### Провођење топлоте кроз цилиндричан зид (цев)

Према Фуријеовој хипотези, топлотни проток кроз цилиндричан зид (слика 4.3), при устаљеним условима, може се одредити из израза:

$$\Phi = \frac{\theta_{s1} - \theta_{s2}}{\frac{1}{2\pi\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1}} = l \frac{\theta_{s1} - \theta_{s2}}{R_{l,\lambda}},$$

где је:

$l$  - дужина цилиндричног зида (цеви), [m]

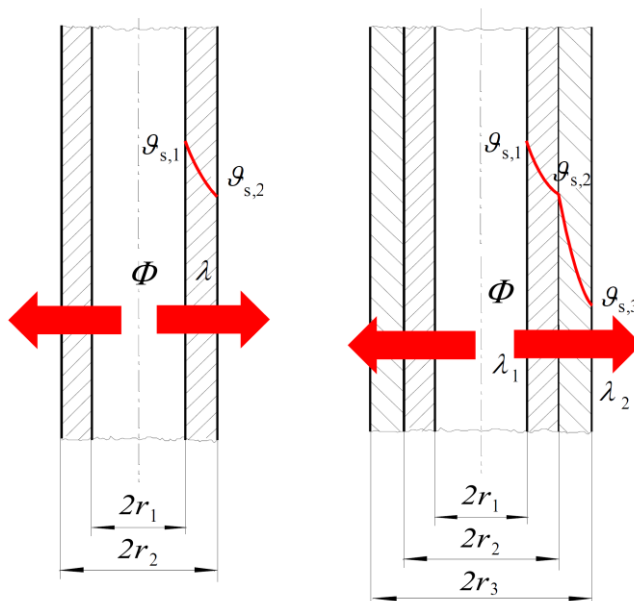
$d_1, d_2$  - унутрашњи и спољашњи пречник цеви, [m]

$\lambda$  - топлотна проводљивост материјала зида цеви, [W/(mK)]

$R_{l,\lambda} = \frac{1}{2\pi\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1}$  - отпор провођењу топлоте кроз зид цеви, [m<sup>2</sup>K/W]

$\theta_{s1}, \theta_{s2}$  - температуре граничних површи зида цеви, [°C].





Слика 4.4: Провођење топлоте кроз једнослојан и вишеслојан цилиндричан зид (цев)

#### Провођење топлоте кроз вишеслојан раван цилиндричан зид (цев)

Топлотни проток кроз цилиндричан зид (слика 4.4), који се састоји из  $n$  слојева, при усталим условима, може се одредити из израза:

$$\Phi = \frac{\vartheta_{s,1} - \vartheta_{s,n+1}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{2\pi l \lambda_i} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i}} = l \frac{\vartheta_{s,1} - \vartheta_{s,n+1}}{\sum_{i=1}^n R_{l,\lambda,i}}$$

где сви симболи имају исто значење као и у претходном изразу за одређивање топлотног проток кроз цилиндричан зид, а индекс  $i$  означава број зидног слоја.

#### 4.1.2 Прелажење топлоте (конвекција)

Прелажење топлоте (конвекција) је процес преношења унутрашње (термичке) енергије са једне на другу супстанцу, од којих је једна у чврстом, а друга у течном или гасовитом агрегатном стању (флуид). Остварује се уколико постоји разлика температура између ових супстанци, при чему се процес преношења топлоте не остварује стохастичким кретањем појединачних, већ усмереним кретањем већег броја молекула супстанце у флуидном стању (флуидних делића), тј. макроскопским струјањем флуида.

Струјање супстанце у флуидном стању може се остварити принудним и природним путем. Када је струјање супстанце последица дејстава струјних машина (пумпе, вентилатори, компресори итд.), ради се о принудној конвекцији. Када кретање флуида настаје као последица дејства узгонских сила (које се јављају због разлике у температури различитих делова флуида и тако изазваних разлика у густини флуида), реч је о природној конвекцији.

Према Њутновој хипотези, топлотни проток конвекцијом може се одредити из израза:

$$\Phi = hA(\vartheta_s - \vartheta_f) = A \frac{\vartheta_s - \vartheta_f}{\frac{1}{h}} = A \frac{\vartheta_s - \vartheta_f}{R_h}, \text{ или } \varphi = h(\vartheta_s - \vartheta_f) = \frac{\vartheta_s - \vartheta_f}{\frac{1}{h}} = \frac{\vartheta_s - \vartheta_f}{R_h}$$

где је:

$A$  - површина контакта флуида и супстанце у чврстом стању [ $m^2$ ]

$h$  - коефицијент прелажења топлоте [ $W/(m^2K)$ ]

$R_h = 1/(Ah)$  - отпор прелажењу топлоте, [ $m^2K/W$ ]

$\vartheta_f$  - температура флуида далеко од супстанце у чврстом стању, [K] или [°C]

$\vartheta_s$  - температура граничне површи супстанце у чврстом стању, [K] или [°C]

У зависности од смера топлотног протока (од више ка нижој температури), места температуре супстанце у чврстом стању и температуре флуида могу да замене места.

Коефицијент прелаза топлоте је више параметарска величина која зависи од термофизичких својстава флуида : густине ( $\rho$ ), специфичног топлотног капацитета ( $c_p$ ), вискозности ( $\nu$ ), топлотне проводности ( $\lambda$ ), температуре ( $\vartheta_f$ ) и притиска ( $p$ ). Коефицијент прелаза топлоте зависи и од температуре чврсте површи ( $\vartheta_s$ ), брзине и карактера струјања флуида (ламинарно или турбулентно), као и облика и геометрије површине преко које се врши процес прелажења топлоте.

#### 4.1.3 Пролажење топлоте

**Пролажење топлоте** је назив за процес преношења топлоте са једног на други флуид у случају када су они међусобно раздвојени чврстом преградом. Ова преграда најчешће је раван или цилиндричан зид (цеви). Због претходно дефинисаних услова, овај процес се састоји од три процеса: процеса прелажења топлоте са флуида више температуре на чврсту преграду, процеса провођења топлоте кроз чврсту преграду и процеса прелажења топлоте са чврсте преграде на флуид ниже температуре.

За случај **пролажења топлоте кроз** раван вишеслојан зид (слика 4.5), топлотни проток се може одредити из израза:

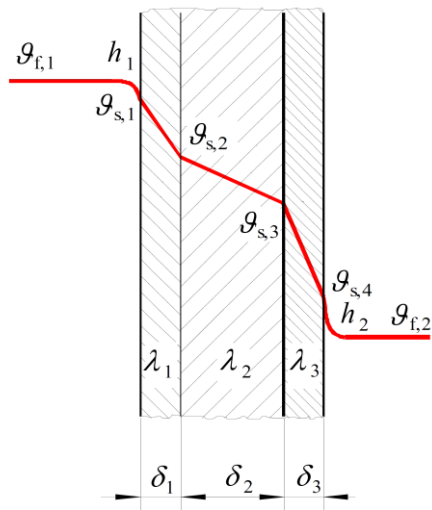
$$\Phi = AU_T (\vartheta_{f,1} - \vartheta_{f,2}) \text{ [W]}$$

односно топлотни проток сведен на јединицу површине:

$$\varphi = U_T (\vartheta_{f,1} - \vartheta_{f,2}) \text{ [W/m}^2\text{]}$$

где је са  $U_T$  означен коефицијент пролажења топлоте кроз вишеслојан раван зид

$$U_T = \frac{1}{\frac{1}{h_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{h_2}}, \text{ [W/(m}^2\text{K)]}$$



Слика 4.5: Пролажење топлоте кроз вишеслојан раван зид

За случај **пролажења топлоте** кроз раван вишеслојан цилиндричан зид – цев (слика 4.6), топлотни проток се може одредити из израза:

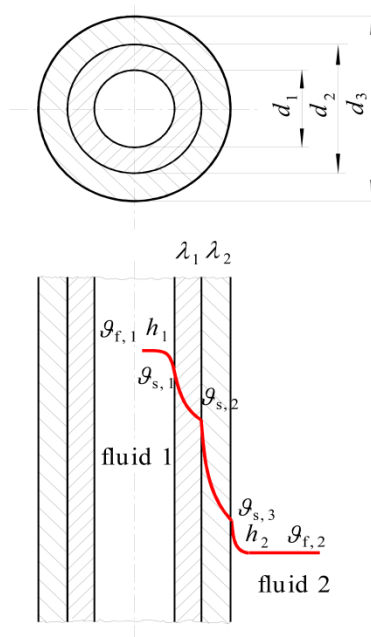
$$\Phi = l U_{l,T} (g_{f,1} - g_{f,2}) \text{ [W]}$$

односно топлотни проток сведен на јединицу дужине:

$$\varphi = U_{l,T} (g_{f,1} - g_{f,2}) \text{ [W/m]}$$

где је са  $U_{l,T}$  означен коефицијент пролажења топлоте кроз вишеслојан цилиндричан зид

$$U_{l,T} = \frac{1}{\frac{1}{d_1 \pi h_1} + \sum_{i=1}^n \frac{1}{2\pi \lambda_i} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i} + \frac{1}{d_{n+1} \pi h_2}}, \text{ [W/(m K)]}$$



Слика 4.6: Пролажење топлоте кроз вишеслојан цилиндричан зид

## Размена топлоте зрачењем

Свака супстанца на температури већој од 0К емитује електромагнетне таласе широког спектра таласних дужина, емитујући тако енергију у околни простор. У емитованом спектру електромагнетних таласа, које обухвата космичко, гама, икс и ултравиолетно зрачење, видљиву светлост, инфрацрвено зрачење, радио и електро таласе, за размену топлоте најзначајније је тзв. топлотно зрачење. Ово зрачење одвија се у подручју таласних дужина од 0,4 до 1000  $\mu\text{m}$  и обухвата поменути део ултравиолетног зрачења, видљиву светлост и инфрацрвено зрачење.

По својој физичкој суштини, емисија електромагнетних таласа заснива се на феномену претварања унутрашње (термичке) енергије у енергију електромагнетних таласа, а који настаје као последица ослобађања енергије у виду фотона, при преласку електрона са вишег на нижи енергетски потенцијал.

Када електромагнетни таласи доспеју до површине друге супстанце, они делом бивају апсорбовани, делом рефлектовани, а могу делом и да прођу кроз супстанцу. Енергија апсорбованог дела зрачења поново се претвара у унутрашњу (термичку) енергију супстанце. Не би требало занемарити ни чињеницу да друга супстанца (на коју је доспело зрачење) и сама емитује електромагнетне таласе (пошто се налази на температури вишој од 0К), на рачун смањивања своје унутрашње енергије.

Према Стефан–Болцмановом закону, проток енергије емитоване зрачењем са површи неког тела, пропорционалан је четвртој степену апсолутне температуре тела, тј.:

$$\Phi = A\varepsilon\sigma T^4 = A\varepsilon C_c \left( \frac{T}{100} \right)^4 \quad [\text{W}]$$

где су:

$$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \left[ \text{W}/(\text{m}^2\text{K}^4) \right] \text{ - Стефан-Болцманова константа}$$

$$C_c = 5,67 \left[ \text{W}/(\text{m}^2\text{K}^4) \right] \text{ - константа зрачења црног тела}$$

$\varepsilon$  - емисивност тела.

Емисивност зависи од врсте супстанце и стања њене граничне површи.

Са друге стране, поменути феномен апсорбовања, рефлектовања и пропуштања дозрачене енергије, математички се описује изразом:

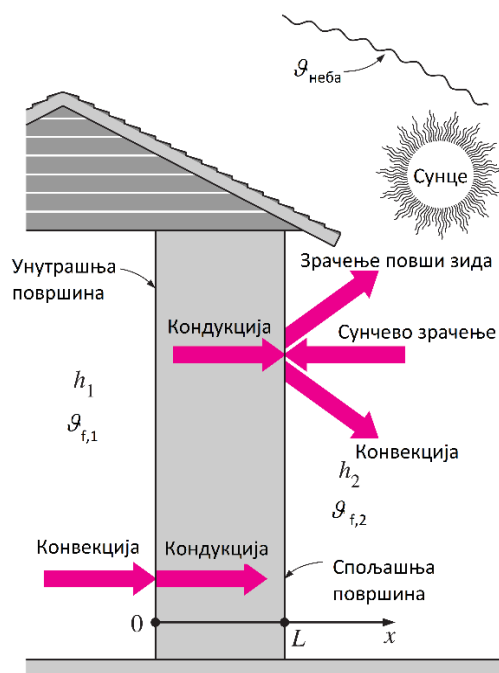
$$E = E_\rho + E_\alpha + E_\tau$$

$$\frac{E_\rho}{E} + \frac{E_\alpha}{E} + \frac{E_\tau}{E} = \rho + \alpha + \tau = 1$$

где су:

$E$  - укупно дозрачена енергија

- $E_\rho$  - део енергије зрачења коју је тело одбило (рефлектовало)
- $E_\alpha$  - део енергије зрачења коју је тело упило (апсорбовало)
- $E_\tau$  - део енергије зрачења коју је тело пропустило (трансмитовало)
- $\rho$  - коефицијент рефлексије
- $\alpha$  - коефицијент апсорпције
- $\tau$  - коефицијент пропуштања (трансмисије).



Слика 4.7: Начини преношења топлоте кроз зид зграде

## 4.2 Зграда као отворени термодинамички систем

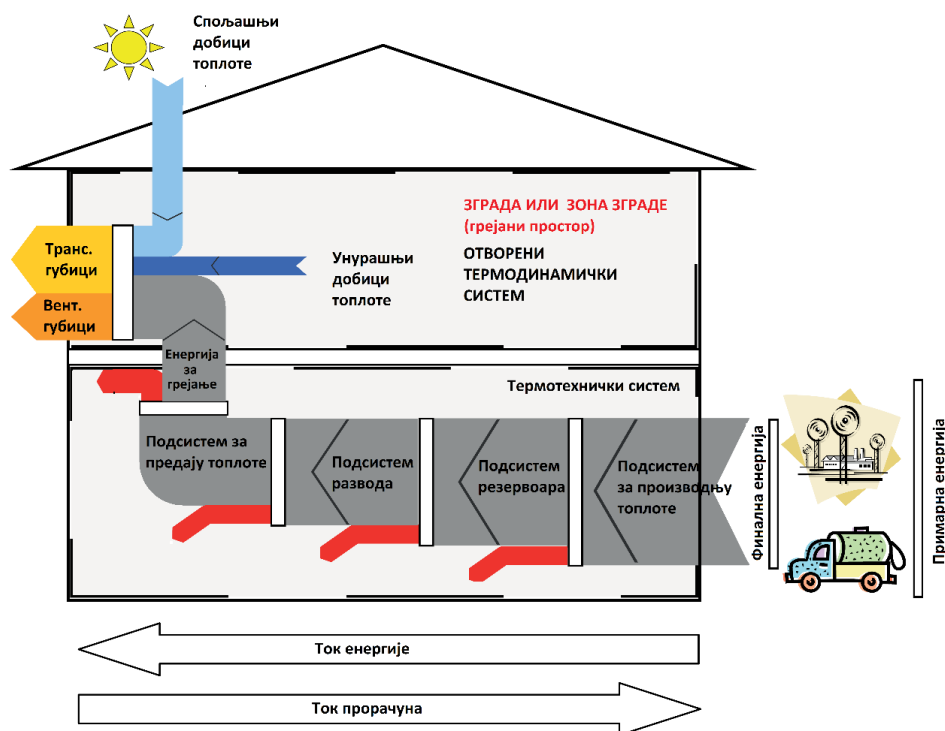
Сваки објекат, зграда или део зграде (зона зграде<sup>16</sup>), може се анализирати као отворени термодинамички систем. Енергетски биланс зграде као термодинамичког система представља основу сваког термотехничког прорачуна којим се одређује потребна грејна снага система за грејање, односно расхладна снага система за хлађење, као и прорачуна за одређивање класе или сваког другог прорачуна за одређивање енергетске ефикасности зграде.

Границе термодинамичког система (контролне површи) за зграду или зону зграде као термодинамички систем, по правилу се поклапају се површима зидова, прозора, врата и

<sup>16</sup> Према Правилнику о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда, ("Сл. гласник РС", бр. 61/2011), енергетске зоне зграде представљају делове зграде који се разликују по унутрашњој пројектној температури за више од 4 К или имају различите термотехничке системе и/или битно различите режиме коришћења термотехничких система;

других елемената који чине унутрашње површи омотача зграде (односно омотача зоне зграде), а ваздух унутар ових граница представља радну супстанцу термодинамичког система.

На слици 4.8 као блага сива површина приказана је контролна површ зоне зграде, која је у овом случају изабрана да се подудара са грејаним простором зграде.



Слика 4.8: Зграда као отворени термодинамички систем

Посебну врсту енергетског биланса зграде представља њен топлотни биланс. Овај биланс се израђује како би се установила количина топлоте потребна за грејање, то јест хлађење зграде, односно да би се одредила потребна грејна или расхладна снага система грејања или хлађења (снага HVAC система, *Heating, Ventilation and Air Conditioning System*).

Не сме се заборавити да је сврха грејања, односно хлађења (климатизације<sup>17</sup>) зграде да оствари жељено стање ваздуха унутар зграде (пре свега температуре), а у случају

<sup>17</sup> Климатизација ваздуха је процес обраде ваздуха у одређеном простору у циљу стварања одговарајућих услова за боравак људи и других живих бића у њему. У ширем смислу, термин се може односити на било који облик хлађења, грејања, вентилације или дезинфекције, који мења стање ваздуха.

Климатизација као грана технике обухвата поступке за остваривање жељених параметара ваздуха, те њихово одржавање у простору помоћу термотехничких уређаја током читаве године. Жељени параметри које треба контролисати у оптималним граничним вредностима су:

- температура,
- влажност ваздуха,
- брзина струјања,
- чистоћа ваздуха,
- ниво [буке](#) итд.

Уређаји за климатизацију обавезно укључују довођење свежег ваздуха у простор који се климатизује, тј. укључују и вентилацију простора, јер, у техничком смислу, уређаји који немају довод свежег ваздуха нису уређаји

климатизације, и влажности, концентрација угљен-диоксида и чистоће ваздуха у простору, без обзира на промену спољашњих климатских услова. Због тога укључивањем у топлотни биланс чланова који представљају грејну снагу ( $\Phi_{gr}$ ), односно расхладну снагу ( $\Phi_{hl}$ ), зграда као термодинамички систем налази се у равнотежи и у зимском периоду мора да важи једнакост :

$$\Phi_{gr} + \Phi_{in} + \Phi_{sol} = \Phi_{tran} + \Phi_{ven},$$

односно у летњем, када дође до промене токова топлотних „добитака“:

$$\Phi_{tran} + \Phi_{ven} + \Phi_{in} + \Phi_{sol} = \Phi_{hl}$$

где су:

$\Phi_{gr}$  - грејна снага грејног система

$\Phi_{in}$  - унутрашњи топлотни „добитици“

$\Phi_{sol}$  - спољашњи топлотни „добитици“

$\Phi_{tran}$  - трансмисиони губици/добитици

$\Phi_{ven}$  - вентилациони губици/добитици

Трансмисиони губици настају услед пролажења (трансмисије) топлоте кроз чврсте елементе омотача зграде (зидова, врата, прозора). Ови губици зависе од величине, састава и термофизичких својстава елемената омотача зграде, а могу се израчунати помоћу израза за пролажење топлоте.

Вентилациони губици потичу од неопходности замене ваздуха у простору, јер се боравком људи у њему смањује ниво кисеоника, а повећава концентрација угљен-диоксида и других загађујућих супстанци. Заменом ваздуха, његовим убацивањем односно изbacивањем из зграде, у складу са Првим законом термодинамике, у грејани (хлађени) простор се уноси, односно износи енергија. Вентилациони губици одређују се на основу прописаних нормираних вредности потребног броја измена ваздуха, а у зависности од броја људи и њихове делатности у простору.

Поред већ поменутих „губитака“ топлоте у зградама постоје и топлотни „добитици“, који нису директно повезани са системом грејања. То су добитици који потичу од топлоте особа која се налазе у згради и топлоте коју током рада ослободе различити (електрични) уређаји и апарати (рачунари, пројектори, светло, телевизори, кухињски апарати итд.). То су такозвани унутрашњи добитици топлоте ( $\Phi_{in} = \Phi_{in} + \Phi_e$ ).

Поред унутрашњих, постоје и спољашњи топлотни „добитици“. Најзначајнији међу њима су „добитици“ топлоте од сунчевог зрачења ( $\Phi_{sol}$ ).

## Литература

- [1] М. Бањац, Преношење топлоте и супстанције, скрипте 2006

---

климатизације (нпр. сплит уређаји нису климатизациони уређаји јер немају могућност овлаживања нити одвлаживања ваздуха, већ служе само за грејање и хлађење ваздуха).

- [2] Y. Cengel, A. Ghajar: Heat and Mass Transfer: Fundamentals and Applications (Mechanical Engineering), McGraw-Hill Education; January 24, 2014.
- [3] Приручник за енергеско сертификарање зграда, ДИО 1, Програм Уједињених народа за развој – УНДП, Загреб, 2010

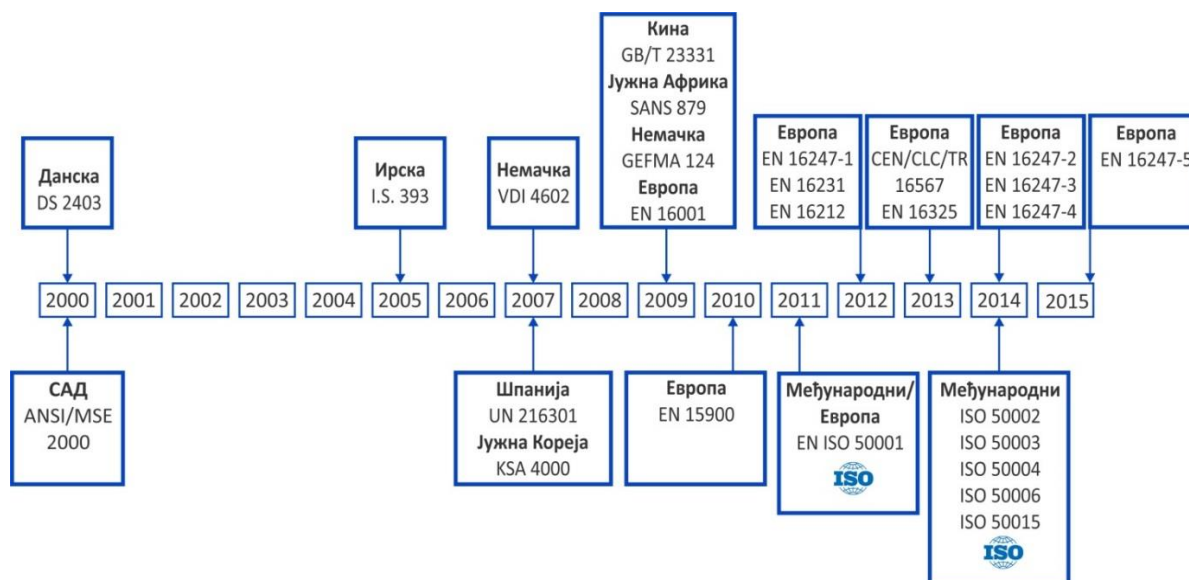


## 5 Основне одредбе стандарда SRPS EN ISO 50001:2001

Енергија је од кључне важности за пословање било које организације, без обзира на природу њених активности. Поред директних новчаних издатака за набавку енергије и енергената, питања одрживог развоја, еколошке свести и друштвене одговорности намећу се као кључна. Управо увођењем енергетског менаџмента могуће је остварити значајне енергетске уштеде и истовремено обезбедити систематски и континуалан приступ решавању проблема све веће потрошње енергије.

### 5.1 Порекло стандарда SRPS EN ISO 50001:2012

Међународна организација за стандардизацију (International Organization for Standardization - ISO) је 2008. године формирала комисију за развој стандарда ISO 50001 под вођством чланова из САД и Бразила (44 представника националних тела за стандардизацију земаља чланица у својству учесника и 14 земаља у својству посматрача). Нов стандард је израђен на основу великог броја већ развијених и сачињених упутстава, правилника и других законских решења и стандарда везаних за менаџмент енергијом на регионалном и/или националном нивоу САД, Европске уније, Данске, Немачке, Холандије, Кине, Јапана – Слика 5.1.



Слика 5.1: Временски оквир развоја стандарда везаних за управљање енергијом [1]

Стандард EN ISO 50001 Системи менаџмента енергијом – Захтеви са упутством за коришћење [2], објављен је јуна 2011. и увршћен у нормативни систем као DIN EN ISO 50001, а децембра 2011. је заменио стандард DIN EN 16001 (европски стандард који је повучен из оптицаја).

### 5.2 Други стандарди из области управљања енергијом

У току последње четири године у овој области је усвојен читав низ нових међународних и европских стандарда и то:

- ISO 50002:2015 Енергетски прегледи – Захтеви са упутством за коришћење [3];
- ISO 50003:2015 Системи менаџмента енергијом - Захтеви за тела која спроводе проверу

и сертификацију система менаџмента енергијом [4];

- ISO 50004:2015 Системи менаџмента енергијом - Смернице за примену, одржавање и побољшавање система менаџмента енергијом [5];
- ISO 50006:2015 Системи менаџмента енергијом - Мерење енергетске перформансе помоћу енергетске поредбене вредности и индикатора енергетских перформанси - Општи принципи и упутство [6];
- ISO 50015:2015 Системи менаџмента енергијом — Мерење и верификација енергетске перформансе организације — Основни принципи и упутство [7].

Такође, Европски комитет за стандардизацију (CEN), његова техничка тела односно технички комитети, су у истом периоду објавили следеће стандарде из одговарајућих области:

CEN/CLC/JWG 1 – Енергетски прегледи [8]

- EN 16247-1:2012 Енергетски прегледи — Део 1: Општи захтеви [9];
- EN 16247-2:2014 Енергетски прегледи — Део 2: Зграде [10];
- EN 16247-3:2014 Енергетски прегледи — Део 3: Процеси [11];
- EN 16247-4:2014 Енергетски прегледи — Део 4: Транспорт [12];
- EN 16247-5:2015 Енергетски преглед — Део 5: Компетентност вршилаца енергетских прегледа [13].

CEN/CLC/JWG 2 – Гаранције о пореклу и енергетски сертификати [14]

- CEN/CLC/TR 16567:2013 Обавезне шеме за енергетску ефикасност у Европи — Преглед и анализа основних карактеристика и могућности за хармонизацију[15];
- EN 16325:2013:2015 Гаранције о пореклу енергије — Гаранције о пореклу електричне енергије[16].

CEN/CLC/JWG 3 - Менаџмент енергијом и одговарајуће услуге – Основни захтеви и квалификационе процедуре [17]

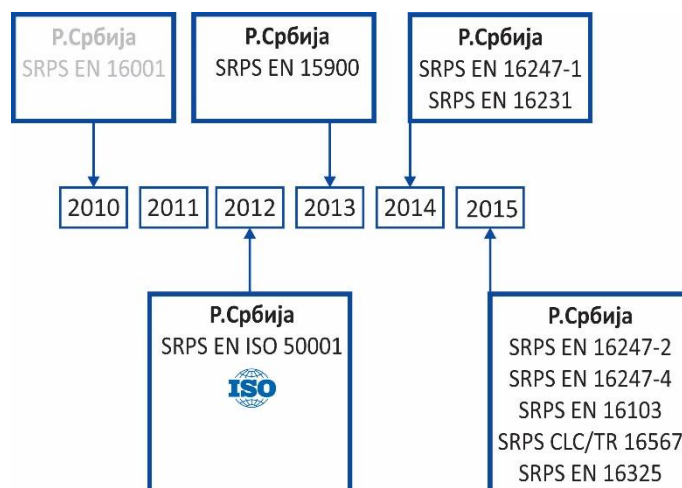
- EN 15900:2010 Услуге енергетске ефикасности — Дефиниције и захтеви[18]
- EN 16231:2012 Методологија бенчмаркинга енергетске ефикасности[19]
- EN ISO 50001:2011 Системи менаџмента енергијом – Захтеви са упутством за коришћење [2]

CEN/CLC/JWG 4 – Енергетска ефикасност и прорачун уштеда [20]

- EN 16212:2012– Енергетска ефикасност и прорачун уштеда, методе одозго према доле и одоздо према горе[21]

На слици 5.1 приказан је временски оквир усвајања стандарда из области менаџмента енергијом, енергетских прегледа и енергетске ефикасности. Институт за стандардизацију Републике Србије (Комисија за управљање енергијом, КС А242) је почев од 2010. донео читав низ српских стандарда у области управљања енергијом (методом превођења страног

стандарда или сродног документа као и методом прештампавања) – слика 5.2.



Слика 5.2: Временски оквир усвајања стандарда о управљању енергијом у РС [22]

Доношењем српског стандарда SRPS EN ISO 50001:2012 повучен је стандард SRPS EN ISO 16001:2010.

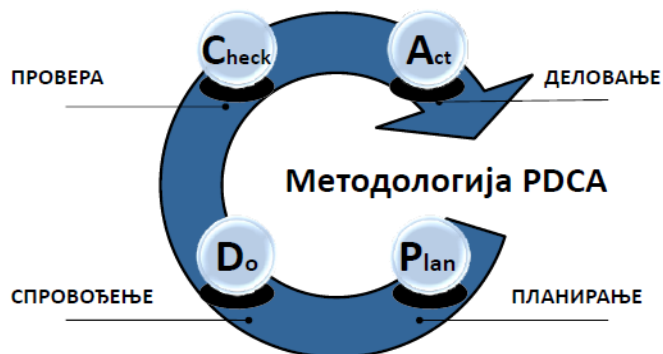
### 5.3 Основне одредбе стандарда SRPS EN ISO 50001:2012

Стандард SRPS EN ISO 50001:2012 (у даљем делу текста – стандард [23]) омогућава организацијама да успоставе и одрже системе и процесе потребне за континуално побољшање у погледу смањења потрошње енергије, повећања енергетске ефикасности и начина коришћења енергије. Циљ примене наведеног стандарда је да се у организацији успостави и одржи систем управљања енергијом који ће првенствено довести до смањења потрошње енергије, а посредно и до смањења емисије гасова стаклене баште и других штетних утицаја на животну средину, уз контролу трошкова енергије [24].

Стандард се, опште узев, може применити у било којој организацији (малим, средњим и великим индустријским предузећима, комерцијалним објектима (тржним центрима, банкама), јединици локалне самоуправе и сложеном јавном објекту (болници, дому за стара лица, спортском центру).

Мотиви за увођење стандарда могу бити вишеструки, али најчешће се ради о спољним, унутрашњим или факторима који проистичу из самог система управљања енергијом. Захтеви попут важећег законодавства, примене успостављених правила и испуњења обавеза приликом уласка организације у одређена секторска удружења или групације, обавезне сертификације коју као услов поставља снабдевач енергијом или финансијска институција за добијање кредита, могу се третирати као спољни захтеви. С друге стране, смањење укупних производних трошкова и подизање енергетске ефикасности, сигурност континуалног снабдевања енергијом и енергентима, обезбеђивање јасног увида у потрошњу енергије у свим подсистемима организације, инкорпорирање система управљања енергијом у већ постојеће и примењиване системе менаџмента у оквиру организације или друштвену одговорност организације, могуће је дефинисати као унутрашње факторе за увођење стандарда. Мотиви за увођење стандарда који проистичу из самог система менаџмента енергијом, укључујући ту и смањење потрошње енергије, као и условно смањење енергетских трошкова, транспарентност и контролу

потрошње енергије у сваком подсистему организације, повећање степена корисности у системима потрошње, дистрибуције, складиштења и производње енергије, повећање сигурности снабдевања, повећање одрживости применом обновљивих извора енергије, довољно су подстицајни сами по себи.



Слика 5.3: Методологија PDCA циклуса

Стандард је заснован на методологији PDCA циклуса (Plan-Do-Check-Act, Планирај-Спроведи-Провери-Делуј) – Слика 5.3:

- **Планирање:** Спровести преглед енергетских токова унутар дефинисане границе система организације; дефинисати базну линију потрошње енергије (енергетску поредбену вредност), дефинисати индикаторе енергетског интензитета и потрошње, као и енергетске ефикасности, успоставити циљеве и акционе планове неопходне за смањење потрошње енергије, повећање енергетске ефикасности и побољшање начина коришћења енергије у складу са енергетском политиком организације.
- **Спровођење:** Реализација претходно дефинисаних акционих планова.
- **Провера:** Праћење и мерење главних параметара у објектима, системима и процесима са потрошњом енергије и континуално поређење са циљевима дефинисаним у енергетској политици, стратешким и акционим плановима, као и усклађивање са преузетим законским обавезама – израда извештаја.
- **Деловање (систем континуалног побољшања):** успостављање система преиспитивања од стране руководства, дефинисање корективних и превентивних мера и њихова примена, како би се обезбедило континуално побољшање система управљања енергијом у организацији.

Стандард обухвата сваки корак у току примене и функционисања система управљања енергијом и њиме се обезбеђује оквир који може да помогне власницима или најмодавцима зграда да трајно успоставе систем менаџмента енергијом. На слици 5.4 приказан је модел менаџмента енергијом према стандарду SRPS EN ISO 50001:2012. Сам стандард је осмишљен да обухвата све факторе који могу утицати на потрошњу енергије и који се могу пратити у једној организацији. С друге стране, у стандарду апсолутно нису постављени квантитативни и квалитативни критеријуми у погледу смањења потрошње енергије, повећања енергетске ефикасности и побољшања начина коришћења енергије. Стандардом је организацији дата

могућност да прилагоди начин његове примене специфичним захтевима у самој организацији. Успостављање система менаџмента енергијом је свеобухватан посао. То се пре свега односи на захтеве који су успостављени самим стандардом SRPS EN ISO 50001:2012. Захтеви стандарда се односе на:

- опште захтеве (т.4.1),
- захтеве које мора испунити највише руководство организације (тачка т.4.2.1),
- захтеве које мора испунити представник руководства – енергетски тим (т.4.2.2),
- захтеве у погледу постојећег законодавног оквира (т.4.4.2),
- захтеве у погледу техничких радњи које је неопходно континуално спроводити у току успостављања и одржавања система менаџмента енергијом (EnMS).



Слика 5.4: Модел EnMS према стандарду SRPS EN ISO 50001:2012 [23]

**Општим захтевима (т.4.1)** од организације се тражи да доследно примењује стандард SRPS EN ISO 50001:2012 (успостави EnMS, документује, примењује, одржава и побољшава систем), као и да у припремној фази јасно дефинише предмет и подручје примене стандарда, односно одреди границе система. Такође, у општим захтевима стандарда предвиђено је дефинисање начина испуњавања и обезбеђења сталних побољшања управљања процесима, праксом и поступцима унутар организације, поготово у деловима система са значајном потрошњом енергије. Основна је намера да се имплементацијом процеса управљања оствари континуирано побољшање.

У том смислу је **посвећеност и подршка највишег руководства организације (т.4.2.1)** од кључног значаја. Према захтевима стандарда SRPS EN ISO 50001, највише руководство организације мора да:

- јасно успостави обим (предмет и подручје примене) као и границе EnMS,
- дефинише, одобри и усвоји енергетску политику,
- успостави организациону структуру именовањем представника руководства и одобравањем формирања EnMS одбора (тима),
- обезбеди ресурсе (људске, техничке и финансијске) потребне за успостављање, примену, одржавање и побољшање EnMS,
- идентификује енергетске токове коришћења и потрошње енергије у предметним објектима и системима унутар дефинисаних граница EnMS и дефинише базну линију потрошње енергије (енергетску поредбену вредност),
- обезбеди несметану комуникацију унутар организације, нарочито између релевантних субјеката у погледу енергетског менаџмента унутар граница EnMS,
- на основу мерења успостави израчунавање и поређење индикатора, потрошње енергије, енергетске ефикасности и начина коришћења енергије,
- дефинише опште и посебне енергетске циљеве (дефинише листу мера за побољшања у систему са јасно дефинисаним приоритетима),
- дефинише мерљиве циљеве за континуално побољшање у погледу смањења потрошње енергије, повећања енергетске ефикасности и начина коришћења енергије, као и да обезбеди израду извештаја о оствареним резултатима у унапред дефинисаном временском интервалу,
- обезбеди спровођење преиспитивања од стране руководства (дефинисање и реализација корективних и превентивних мера).

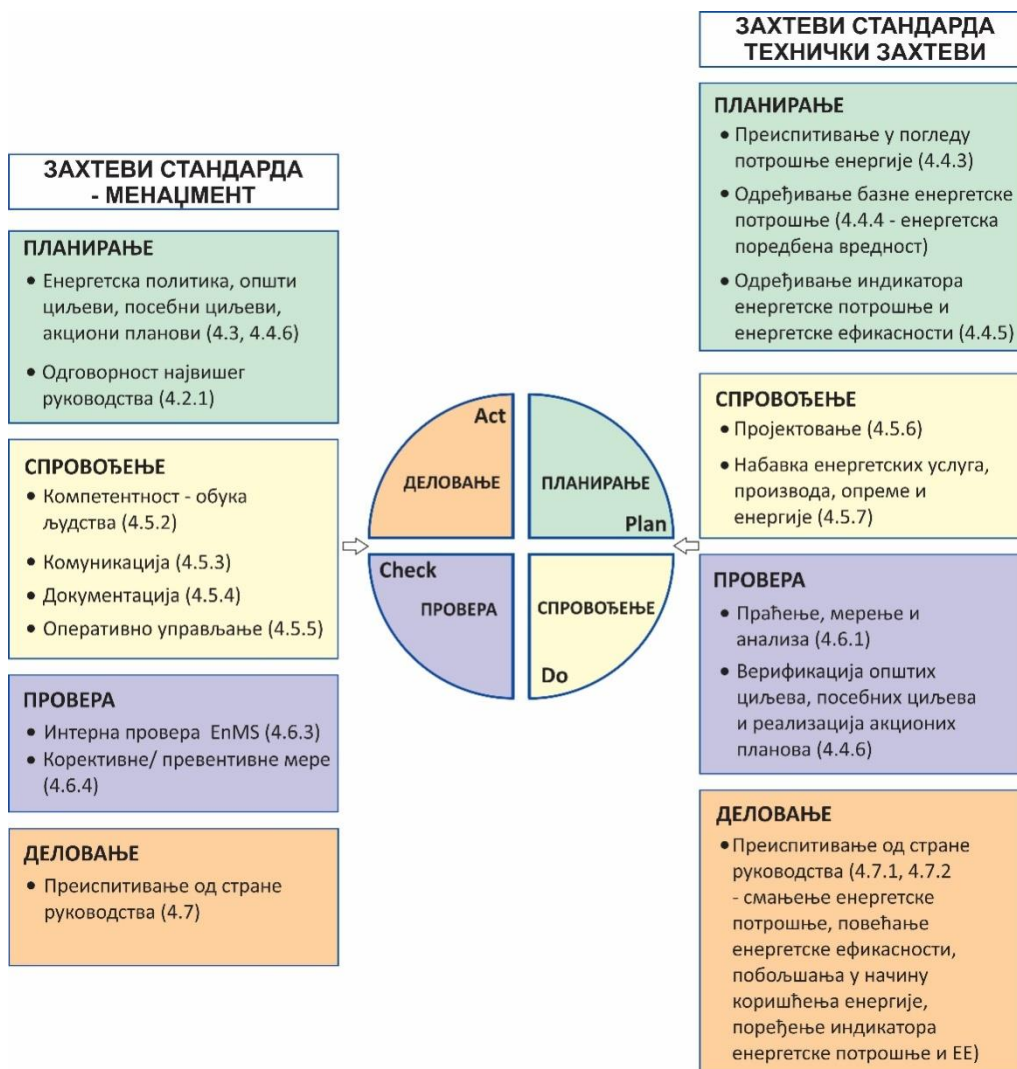
**Представник руководства и/или енергетски одбор (т.4.2.2)**, који је именovalo највише руководство, је, према захтевима стандарда, дужно да успостави, примењује, одржава и континуално унапређује EnMS, идентификује лице које одговарајући ниво руководства овлашћује да пружа подршку у активностима менаџмента енергијом, извештава највише руководство о енергетској потрошњи, оствареној енергетској ефикасности и начинима коришћења енергије, извештава руководство о пракси и поступцима унутар система EnMS, као и да осигура планирање активности менаџмента енергијом засновано на енергетској политици организације.

**Захтеви стандарда везани за важећу законску регулативу (т.4.4.2)** односе се на обавезу организације да утврди и спроводи обавезе које проистичу из важећег законског оквира, а који се односи на начин коришћења и потрошње енергије, као и на успостављене захтеве у погледу енергетске ефикасности [25]. Правни захтеви укључују међународне, националне, регионалне и локалне законе и подзаконска акта који су применљиви на организације. Остали захтеви се односе на смернице владе, захтеве удружења, као и захтеве корисника. Захтеви се такође односе и на усаглашавање поступака извештавања.

На слици 5.5 су шематски приказани захтеви дефинисани у оквиру PDCA циклуса, који се односе на највише руководство, као и на захтеве усмерене на представника руководства и



енергетски тим. У наредним поглављима овог приручника изложен је детаљан опис техничких радњи (представник руководства – енергетски одбор) које је неопходно континуално спроводити у току успостављања и одржавања EnMS.



Слика 5.5: Захтеви стандарда SRPS EN ISO 50001

Систем менаџмента енергијом било које организације почива на документу у којем је дефинисана енергетска политика организације у предвиђеним границама. Организација у поменутом документу даје изјаву о намерама највишег руководства које сви чланови организације треба да примењују приликом спровођења својих редовних радних активности. Енергетска политика организације може да садржи дугорочне и краткорочне циљеве, као и акционе планове који се односе на смањење потрошње енергије, повећање енергетске ефикасности, као и начине побољшања коришћења енергије, али, с друге стране, обавезно мора да садржи обавезујуће исказе у погледу:

- континуираног побољшања у погледу смањења потрошње енергије, повећања енергетске ефикасности, смањења интензитета коришћења енергије, као и начина

побољшања коришћења енергије;

- доступности информација и потребних средстава за остваривање постављених циљева и задатака; и
- усклађености са релевантним законима и другим захтевима који се односе на коришћење енергије, потрошњу енергије и енергетску ефикасност.

Енергетску политику организације мора да прегледа, одобри и усвоји највише руководство организације и тиме покаже своју посвећеност остваривању циљева утврђених у документу. Када је реч о управљању, политика мора бити достављена свим запосленима и мора се ревидирати и ажурирати на систематичан начин. Организација мора да спроводи и документује процес енергетског планирања у складу са успостављеном енергетском политиком организације. Неопходно је да организација дефинише и документује дугорочне и краткорочне циљеве у складу са својом успостављеном енергетском политиком, како би се омогућило континуирано смањење потрошње енергије, повећање енергетске ефикасности, смањење интензитета коришћења енергије и побољшање коришћења енергије. У општим (дугорочним) циљевима треба да буде дефинисана позиција коју организација жели да оствари у дужем временском периоду, док посебни (краткорочни) циљеви треба да садрже мере и активности чијом је реализацијом могуће остварити дугорочан циљ. Општи и посебни циљеви треба да буду практични, остварљиви и мерљиви. Организација у току примене и спровођења енергетске политике мора да користи акционе планове и друге елементе из процеса планирања. У захтевима стандарда дефинисана је и компетентност лица укључених у EnMS, која морају да поседују потребне вештине, знања, квалификације и способност да обављају своје дужности (процена која се врши на основу комбинације образовања, обуке, знања и искуства релевантног лица). У том смислу, према захтевима стандарда, потребно је обезбедити одговарајућу обуку особљу укљученом у EnMS. Обука треба да обухвати општи концепт управљања енергијом (укључујући обуку у прикупљању података и извештавања), као и специјално прилагођену обуку у циљу стицања знања и вештина који ће довести до смањења потрошње енергије, повећања енергетске ефикасности и унапређења начина коришћења енергије. Ниво и степен обуке неминовно ће зависити од функције посла. У погледу остваривања доброг протока информација и података, организација мора да у складу са својом величином и структуром успостави и примењује начине како вертикалне, тако и хоризонталне комуникације. Када је реч о вертикалној комуникацији, неопходно је обезбедити да сви запослени у организацији могу несметано да износе своје коментаре о EnMS (сугестије/жалбе/предлоге побољшања). Израдом документације EnMS поспешује се успостављање и одржавање система кроз доследну примену, а у складу са захтевима стандарда. Документација EnMS мора да обухвата предмет и подручје примене и границе система, енергетску политику, већ поменути енергетске опште и посебне циљеве и акционе планове, документа, укључујући и записе у складу са захтевима овог стандарда, као и другу документацију за коју је организација оценила да је неопходна. Успостављање и одржавање EnMS у великој мери зависи од успостављања и одржавања оперативних поступака повезаних са значајним коришћењем енергије у границама система, а које су у складу са енергетском политиком, општим и посебним циљевима и акционим плановима. Приликом пројектовања нових, ревитализованих или реконструисаних постројења и/или опреме и/или система и



процеса, који у значајној мери могу утицати на повећање потрошње енергије, организација мора размотрити могућности за смањење потрошње енергије, побољшање енергетске ефикасности и побољшање устаљених начина коришћења енергије (коришћење обновљивих извора енергије, коришћење постројења за комбиновану производњу топлотне и електричне енергије, техно-економску анализу утицаја степена корисности на потрошњу енергије, разматрање додатних уштеда енергије и сл.). Организација мора да спроводи интерне провере у планираним интервалима како би обезбедила усаглашеност EnMS са постављеним захтевима стандарда. Такође, организација мора да решава све стварне и потенцијалне неусаглашености предузимањем корективних и превентивних мера. Организација мора да успостави и одржава записе неопходне за приказивање усаглашености са захтевима система менаџмента као и да успостави и одржава механизам за идентификацију, повлачење и задржавање записа. Највише руководство, као последња и најважнија карика у алгоритму EnMS, има обавезу да преиспитује систем менаџмента енергијом у планираним интервалима и да тим поступком обезбеди сталну одрживост, адекватност и ефикасност EnMS.

#### 5.4 Поређење стандарда ISO 50001 са другим стандардима система менаџмента

Стандард EN ISO 50001 развијен је на основу заједничких начела и елемената који се могу наћи и у другим стандардима ISO система менаџмента [25]. У Табели 5.1 је дат приказ главних одредби стандарда SRPS EN ISO 50001, SRPS ISO 9001 и SRPS ISO 14001.

Табела 5-1: Поређење стандарда ISO 50001 са другим стандардима система менаџмента

Садржај	ISO 9001	ISO 14001	ISO 50001
Основни концепт стандарда	На основу: захтева клијента у погледу управљања квалитетом	релевантних аспеката заштите животне средине	потрошње енергије целе организације или одређеног производног процеса.
Политика	Испунити захтеве клијента у погледу управљања квалитетом	Политика заштите животне средине илуструје начин на који организација управља заштитом животне средине, њену посвећеност заштити животне средине, као и одговарајуће смернице и циљеве у тој области. Обухвата и посвећеност организације спречавању загађења, усклађеност у погледу важеће правне регулативе и континуирано побољшање.	Енергетска политика илуструје стратегију организације у погледу менаџмента енергијом. Спровођење политике обезбеђује оквир за успостављање повезаних смерница деловања и циљева ради побољшања енергетске ефикасности.

Стратешки приступ	Успостављање смерница, циљева, и планова ради управљања квалитетом.	Сагласност са релевантним регулаторним захтевима у погледу очувања животне средине. Успостављање смерница, циљева, и спровођење плана заштите животне средине.	Спровођење енергетских прегледа у циљу утврђивања активности које доводе до значајне потрошње енергије, одређивање карактеристичног профила потрошње енергије, као и индикатора потрошње енергије. Усаглашавање са одговарајућим регулаторним захтевима и утврђивање смерница, циљева, примена плана за смањење потрошње енергије.
Карактеристични профил	Нема таквих захтева	Нема таквих захтева	Одређивање карактеристичног профила потрошње енергије је од суштинске важности у погледу успостављања система управљања енергијом.

Структура стандарда SRPS EN ISO 50001 кореспондира структури других ISO стандарда система менаџмента:

- SRPS ISO 9001:2015 - Системи менаџмента квалитетом – Захтеви [26];
- SRPS ISO 14001:2015 - Системи менаџмента животном средином – Захтеви са упутством за коришћење [27];
- SRPS OHSAS 18001:2008 - Систем управљања заштитом здравља и безбедношћу на раду – Захтеви [28];

С обзиром на чињеницу да су сви поменути стандарди система менаџмента засновани на методологији PDCA циклуса, стандард SRPS EN ISO 50001 знатно је лакше применити у организацији где се већ примењује бар један од наведених стандарда система менаџмента.

SRPS EN ISO 50001 посебно је усклађен са стандардом SRPS ISO 9001 и стандардом SRPS ISO 14001.

Примена стандарда ISO 50001 у зградама омогућава интеграцију менаџмента енергијом у постојећу пословну праксу поменутих организација.

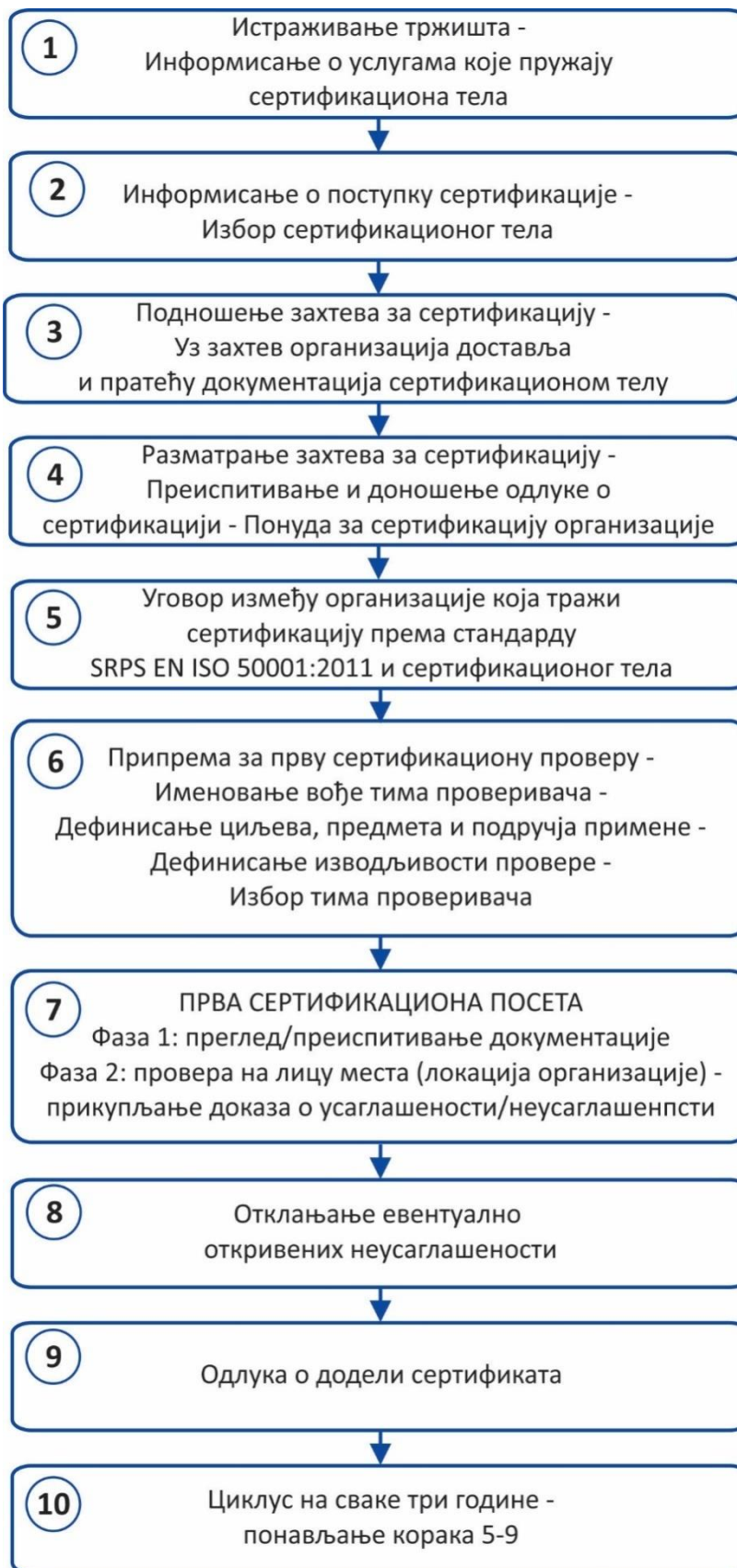
### 5.5 Сертификација организације према SRPS EN ISO 50001:2012

Правилима сертификације система менаџмента утврђује се процес сертификације система менаџмента према одговарајућем стандарду. Правила су намењена организацијама које уводе или примењују систем менаџмента, ради упознавања са процесом сертификације и одржавања ових система.

Поступак сертификације, опште узев, подразумева потврду треће стране да су испуњени захтеви који се односе на производ, процесе, особе или системе [29]. Сертификацијом се, у овом случају, доказује усклађеност система менаџмента са захтевима стандарда. Сертификација система менаџмента представља прву екстерну проверу система менаџмента у организацији, након које се, ако су испуњени захтеви стандарда, организацији уручује сертификат о усаглашености. **Сертификацију система менаџмента врше сертификациона тела**

**преко својих оцењивача (проверавача) према стандарду SRPS ISO/IEC 17021:2011** [30]. На слици 5.6 приказана је поједностављена шема сертификације према стандарду SRPS EN ISO 50001:2012. Активности под редним бројевима 1, 2, 3, 8 спроводи организација која подноси захтев за сертификацију, док активности под редним бројевима 4, 6, 9 спроводи сертификационо тело. Активности под редним бројем 5 и 7 изискују учешће оба партнера у процесу сертификације (организације и сертификационог тела). Остале провере које се врше укључују: надзорну проверу (једном годишње) и ресертификацију (сваке три године – корак 10). Сертификација система менаџмента не представља законску обавезу, те је, као и увођење ISO стандарда, на добровољној основи.

У тренутку припреме овог приручника само је једно јавно предузеће у Републици Србији сертифицировано према стандарду SRPS EN ISO 50001:2012 – ЈП Дирекција за изградњу из Врбаса [31].



Слика 5.6: Поједностављена шема сертификације према стандарду SRPS EN ISO 50001

## Литература

- [1] UBA 2010 „Energiemanagement in der Praxis“; Ergänzungen S.Fürkus
- [2] EN ISO 50001:2011 Energy management systems -- Requirements with guidance for use
- [3] ISO 50002:2015 Energy audits -- Requirements with guidance for use
- [4] ISO 50003:2015 Energy management systems — Requirements for bodies providing audit and certification of energy management systems
- [5] ISO 50004:2015 Energy management systems — Guidance for the implementation, maintenance and improvement of an energy management system
- [6] ISO 50006:2015 Energy management systems — Measuring energy performance using energy baselines (EnB) and energy performance indicators (EnPI) — General principles and guidance
- [7] ISO 50015:2015 Energy management systems — Measurement and verification of energy performance of organizations — General principles and guidance
- [8] CEN/CLC/JWG 1 - Energy audits
- [9] EN 16247-1:2012 Energy audits - Part 1: General requirements
- [10] EN 16247-2:2014 Energy audits - Part 2: Buildings
- [11] EN 16247-3:2014 Energy audits - Part 3: Processes
- [12] EN 16247-4:2014 Energy audits - Part 4: Transport
- [13] EN 16247-5:2015 Energy audits - Part 5: Competence of energy auditors
- [14] CEN/CLC/JWG 2 - Guarantees of origin and Energy certificates
- [15] CEN/CLC/TR 16567:2013 Energy Efficiency Obligation Schemes in Europe - Overview and analysis of main features and possibilities for harmonization
- [16] EN 16325:2013:2015 Guarantees of Origin related to energy - Guarantees of Origin for Electricity
- [17] CEN/CLC/JWG 3: Energy Management and related services - General requirements and qualification procedures
- [18] EN 15900:2010 Energy efficiency services - Definitions and requirements
- [19] EN 16231:2012 Energy efficiency benchmarking methodology
- [20] CEN/CLC/JWG 4 Published Standards
- [21] EN 16212:2012 Energy Efficiency and Savings Calculation, Top-down and Bottom-up Methods
- [22] <http://www.iss.rs/> - Институт за стандардизацију Републике Србије
- [23] SRPS EN ISO 50001:2012 Системи менаџмента енергијом – Захтеви са упутством за коришћење
- [24] Energiemanagement nach ISO 50001 – Ein Leitfaden. – GUT Zertifizierungsgesellschaft für Managementsysteme mbH, Version 3.0. -- Berlin 2012
- [25] ISO 50001 Energy Management System (EnMS) - Implementation guide. -- TÜV UK Ltd, 2014.
- [26] EN ISO 9001:2015 - Quality management systems – Requirements
- [27] EN ISO 14001:2015 - Environmental management systems - Requirements with guidance for use (ISO 14001:2015)
- [28] OHSAS 18001:2007 - Occupational health and safety management systems – Requirements
- [29] SRPS ISO/IEC 17000:2007 - Оцењивање усаглашености - Речник и општи принципи
- [30] SRPS ISO/IEC 17021:2011- Оцењивање усаглашености — Захтеви за тела која обављају проверу и сертификацију система менаџмента
- [31] <http://www.eevrbas.org/naslovna/38-info/189-jp-direkcija-za-izgradnju-vrbas-uvela-standard-zamenad%C5%BEment-energijuom-u-skladu-sa-iso-50001-2011>

## 6 Енергетска сертификација зграда и мере ЕЕ на омотачу

### 6.1 Појам енергетског сертификата, његова улога и законска регулатива

Увођењем директиве о енергетским карактеристикама зграда (**EPBD – Energy Performance of Buildings Directive - 2002/91/EC**, у даљем тексту: Директива) Европска унија покушава да обезбеди механизме подстакнуте тржиштем како би побољшала енергетску ефикасност у зградама или, другим речима, одредила економску вредност очувања енергије. Покретачка снага која стоји иза ове Директиве јесте одлучан покушај Европе да смањи количину енергије која се користи у зградама. Према расположивим подацима, у зградама се тренутно троши 40% енергије произведене у Европи, и тај проценат стално расте. Суштина директиве је да се систематски приступи оцени енергетских карактеристика одређеног грађевинског објекта и да се, на основу тога, изда документ са ознаком о потрошњи енергије (у жаргону – енергетски пасош зграде). Овакав документ ће бити од важности кад год се неки објекат гради, продаје или се на њему изводе већи радови на реновирању. Као кључни део циља Директиве, који се тиче започињања трансформације на тржишту, станари зграда ће добијати уверење о енергетским карактеристикама зграде у коју се усељавају. Такође ће бити обавезно да зграде државне администрације, које имају корисну површину преко 500 m<sup>2</sup>, односно, како се каже у Директиви "зграде у које грађанство често долази", имају уверење које показује њихов степен енергетске ефикасности. У Директиви стоји и следеће: "Требало би да буде могуће да се у разумном року поврате додатни трошкови уложени у реновирање, у односу на очекивани технички век улагања кроз акумулирану уштеду енергије".

Поред "енергетске" оцене за целу зграду (оцене енергетске ефикасности зграде имају најчешће ознаке од „А“ до „G“, при чему је „А“ највиша, а „G“ најнижа категорија зграда по питању енергетске ефикасности), Директива о енергетским карактеристикама ставља акценат на проверу система грејања и климатизације. Инспекције треба да обухвате процену ефикасности система, као и процену величине система у односу на потребе за грејањем и хлађењем у згради. Када је у питању пројектовање нових зграда, Директива додаје да треба узети у обзир техничку, еколошку и економску изводљивост алтернативних система за снабдевање енергијом, као што су обновљиви извори енергије. Овакви нови системи треба да укључе децентрализовано снабдевање енергијом, које би било засновано на обновљивим изворима, затим даљинско грејање и/или хлађење, као и топлотне пумпе под одређеним околностима.

Директива је донета да би утицала на то како ће изгледати будућа градња стамбених и пословних објеката у целој Европи. Тежи се ка универзалном решењу које захтева заједнички приступ и ангажовање свих чланица Европске уније. То ће допринети уједначавању критеријума у овој области у свакој од земаља, тако да енергетске карактеристике буду транспарентне за будуће власнике или кориснике на тржишту некретнина у Европи. Заједнички приступ подразумева и заједничко образовање по том питању у целој Европи, и покренути пројекат "Еуропроспер" бави се начинима могуће примене ознаке за енергетску ефикасност зграда. Одређене су и неопходне методе које се користе за израчунавање



енергетских карактеристика зграда. Оне обухватају топлотне карактеристике, као што су: херметичност, термичка изолованост, удео природне вентилације, примена пасивних соларних система и заштита од сунчевог зрачења, положај и оријентација зграда.

Директиву су морале применити земље чланице ЕУ најкасније до 4. јануара 2006. године. Међутим, услед недостатка стандарда и кадровских потенцијала у овој области, који би дали подршку имплементацији Директиве, рок је продужен до краја 2009. године, када је Директива постала активни део законодавства у области изградње у земљама ЕУ. Године 2010. Директива је измењена и допуњена, тако да је замењена директивом 2010/31/EU Европског парламента и савета од 19. маја 2010. Нова директива уводи стриктније обавезе, ограничење емисије CO<sub>2</sub>, поставља нове захтеве за јавни сектор и уводи обавезу смањења финалне потрошње за 20%, као и повећање удела обновљивих извора у укупној производњи енергије на 20% до 2020. године (тзв. принцип 20-20-20).

За Србију, као потписницу Уговора о оснивању Енергетске заједнице Одлуком Министарског савета Енергетске заједнице од 18. децембра 2009. захтевано је да се одредбе Директиве 2010/31/EU уведу у национално законодавство до 30.06.2012. године. Након усвајања Директиве 2010/31/EU, одлуком Министарског савета Енергетске заједнице од 24. септембра 2010. дати су рокови за имплементацију појединих чланова нове Директиве.

ДИРЕКТИВА 2010/31/EU ЕВРОПСКОГ ПАРЛАМЕНТА И САВЕТА од 19. маја 2010. године о енергетској ефикасности зграда (DIRECTIVE 2010/31/EU OF THE EUROPEAN PARLAMENT AND OF THE COUNCIL of 19 May 2010 on the energy performance of buildings – EPBD II) има циљ да промовише побољшање енергетске ефикасности зграда, узимајући у обзир спољашње климатске и локалне услове, као и унутрашње климатске захтеве и економичност. Директива EPBD II о енергетској ефикасности зграда, као Кровни документ (енгл. *Umbrella document*), подржана је низом стандарда (CEN).

У непосредној вези са Директивом је Уредба о грађевинским производима (CPR-305/2011 Европског парламента и савета, од 09.03.2011. године), којом је дефинисан захтев да се објекти и одговарајуће инсталације грејања, хлађења и вентилације пројектују и изводе тако да потребе за енергијом у току коришћења објекта буду што ниже, при чему треба да се уважавају локални климатски услови и специфичности корисника. У оквиру националног законодавства прилагођавање се врши степенасто, а на врху пирамиде је енергетска сертификација зграда.

EPBD II - прописује захтеве који се односе на:

- (а) генерални оквир за методологију интегрисаног прорачуна енергетске ефикасности зграда и самосталних употребних целина;
- (б) примену минималних захтева у погледу енергетске ефикасности нових зграда и самосталних употребних целина;
- (в) примену минималних захтева у погледу енергетске ефикасности:
  - постојећих зграда, самосталних целина и делова зграде који подлежу већим реконструкцијама;

- када се санирају делови зграде који чине омотач зграде и који имају значајан утицај на енергетску ефикасност;
  - техничке системе зграда када се уграђују, замењују или модернизују;
- (г) националне планове за повећање броја зграда са скоро нултом потрошњом енергије;
- (д) енергетску сертификацију зграда или самосталних употребних целина;
- (ђ) редовне инспекцијске контроле система за грејање и климатизацију у зградама и
- (е) независне системе за инспекцијске контроле енергетских сертификата и извештаја о инспекцијским контролним прегледима.

#### САДРЖАЈ EPBD II:

1. Усвајање методологије за прорачунавање енергетске ефикасности зграда
2. Утврђивање минималних захтева ЕЕ
3. Обрачун економски оправданих минималних захтева енергетске ефикасности
4. Нове зграде
5. Постојеће зграде
6. Технички системи у зградама
7. Зграде са скоро нултом потрошњом енергије (државе чланице ЕУ до 31.12.2020. и све зграде које користи државна управа и локална самоуправа после 31.12.2018. треба да буду у овој категорији)
8. Финансијски потицаји и тржишне препреке
9. Енергетски сертификати зграда
10. Издавање енергетског сертификата
11. Излагање енергетског сертификата (за све зграде државне управе и локалне самоуправе преко 500 m<sup>2</sup>)
12. Инспекцијски преглед система грејања
13. Инспекцијски преглед система вентилације
14. Извештаји о прегледу система грејања и климатизације
15. Независни системи контроле

#### **6.1.1 Потрошња енергије у зградама**

С обзиром да се у зградама троши више од једне трећине укупне светске произведене енергије и да термотехнички системи представљају највеће потрошаче енергије у зградама, од виталног је значаја да се тим системима, у анализи, приступи на прави начин, правилним разумевањем и оптимизацијом њихових функција у циљу постизања уштеде енергије.

Потрошњу енергије у зградама потребно је минимизирати тако да не дође до нарушавања комфора, што значи да је неопходно, током целе године, одржавати термичке



параметре унутрашње средине, квалитет ваздуха, потребан ниво осветљености, довољну количину топле санитарне воде. Технички системи у згради који обезбеђују услове комфора јесу потрошачи енергије. Применом различитих мера, могуће је побољшати енергетску ефикасност, при чему треба водити рачуна о финансијским ефектима примењених мера.

Проблеми који доводе до нерационалне потрошње енергије у зградама:

- Постоји тренд пораста потрошње укупне енергије у свим секторима (за Републику Србију се предвиђа пораст са садашњих 8,412 Мтое на 9,376 Мтое до 2018. године);
- Многа домаћинства неефикасно користе електричну енергију за грејање и хлађење простора;
- Расипању енергије у домаћинствима доприноси неефикасно загревање санитарне воде и неефикасни уређаји за грејање и осветљење простора;
- Нерационално газдовање енергијом за грејање кроз неадекватни тарифни систем наплате трошкова;
- Проблем редовног инвестиционог одржавања зграда и техничких система;
- Проблем недостатка подстицајних мера за спровођење пројеката унапређења енергетске ефикасности у зградама;
- Проблем недовољне информисаности финалних корисника;
- Проблем недостатка образованог кадра за управљање енергетским токовима у јавном сектору у локалним самоуправама.

Приликом анализе примене мера унапређења енергетских перформанси, важно је проблему приступити одређеним редоследом, почевши од групе мера побољшања карактеристика саме зграде, преко мера смањења губитака топлоте при производњи и дистрибуцији топлоте, до групе мера које подразумевају замену уређаја и опреме система за грејање, климатизацију и припрему санитарне топле воде или система осветљења, уз увођење регулације рада система.

Примена сваке појединачне мере зависи од намене зграде, као и од тренутног укупног стања у коме се зграда налази. Ако је зграда грађена у периоду када није било прописа о термичкој заштити, чест је случај да су спољни зидови, кров, као и конструкције са негрејаним просторима изведени без термичке изолације. Такође је важно разматрати ефекте сваке примењене мере појединачно, а затим збирни ефекат неколико примењених мера, у тежњи да се постигне задовољавајући период отплате инвестиције.

У табели 6.1 дат је потенцијал уштеде према сектору потрошње енергије уколико се примене економски оправдане мере унапређења енергетских својстава зграда.

Табела 6-1: Потенцијал уштеде енергије према сектору потрошње

Сектор потрошње енергије	Економски оправдан потенцијал уштеде
Грејање	до 35 %
Снабдевање топлотом водом	у зависности од система (око 10 ÷ 30 %)
Управљање потрошњом	≈ 10 ÷ 15 %
Електрична енергија за грејне уређаје	≈ 15 %
Осветљење	до 30 %
Канцеларијска опрема	≈ 10 ÷ 15 % (у зависности од коришћених капацитета и понашања корисника)
Интерне мере/ понашање корисника	
Климатизација	≈ 25%
Вентилација	≈ 10 %
Интерне мере	≈ 10 ÷ 30 %

### 6.1.2 Закон о планирању и изградњи и Правилници о енергетској ефикасности

Доношењем Закона у планирању и изградњи 2009, уведена је обавеза унапређења енергетске ефикасности у области зградарства. Члан 4. Закона гласи:

“Објекат који се у смислу посебног прописа сматра објектом високоградње (у даљем тексту: објекти високоградње), у зависности од врсте и намене, мора бити пројектован, изграђен, коришћен и одржаван на начин којим се обезбеђују прописана енергетска својства.

Прописана енергетска својства утврђују се издавањем сертификата о енергетским својствима објекта који издаје овлашћена организација која испуњава прописане услове за издавање сертификата о енергетским својствима објекта.

Сертификат о енергетским својствима објекта чини саставни део техничке документације која се прилаже уз захтев за издавање употребне дозволе.

Испуњеност услова из става 2. овог члана посебним решењем утврђује министар надлежан за послове грађевинарства.

На решење из става 4. овог члана не може се изјавити жалба, али се тужбом може покренути управни спор.

Обавеза из става 1. овог члана не односи се на објекте високоградње које посебним прописом одреди министар надлежан за послове грађевинарства.”

На основу члана 201 Закона, став 1:

“Министар прописује ближе:

1) енергетска својства и начин израчунавања топлотних својстава објеката високоградње, енергетске захтеве за нове и постојеће објекте, као и услове, садржину и начин издавања сертификата (члан 4)”;

Донети су Правилници о енергетској ефикасности зграда, којима се ближе прописују енергетска својства зграда, као и услови, садржина и начин издавања сертификата о енергетским својствима зграда.

Приликом израде подзаконских аката (Правилника) постављени су следећи захтеви:

- побољшање термичке заштите;
- укупне енергетске потребе зграде;
- индикатор за одређивање енергетског разреда;
- измерена потрошња у постојећим зградама;
- национални софтвер (месечни модел према стандардима: SRPS EN ISO 13790, SRPS EN 15316, SRPS EN 15241, SRPS EN 15243, SRPS EN 15316-3, SRPS EN 15193) и националним специфичностима.

Усвојена је следећа стратегија:

- Примена Директиве 2010/31/EU (према одлуци Министарског савета енергетске заједнице: Но 2010/02/MC-EnC, 24 септембар 2010);
- Имплементација “CEN” стандарда (преузетих као SRPS и SRPS ISO);
- До усвајања националног софтвера: обавеза прорачуна само енергије потребне за грејање и испуњавање постављених услова термичке заштите зграда.

Донесени су нови правилници:

- Правилник о енергетској ефикасности зграда (Сл. Гласник 061/2011);
- Правилник о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда (Сл. Гласник 069/2012);

Извршена је измена и допуна важећих правилника:

- Правилника о условима и поступку за издавање и одузимање лиценце («Службени гласник РС», бр.116/2004);
- Правилника о условима и начину полагања стручног испита;
- Технички пријем, стручни надзор...

Правилници о енергетској ефикасности зграда се примењују за:

- изградњу нових зграда;
- реконструкцију, доградњу, обнову, адаптацију, санацију и енергетску санацију постојећих зграда;
- реконструкцију, адаптацију, санацију, обнову и ревитализацију културних добара од изузетног значаја и зграда у њиховој заштићеној околини;
- зграде или делове зграда које чине техничко-технолошку или функционалну целину, а које се продају или дају у закуп.

Категоризација зграда извршена је у складу са Директивом EPBD и домаћом праксом:

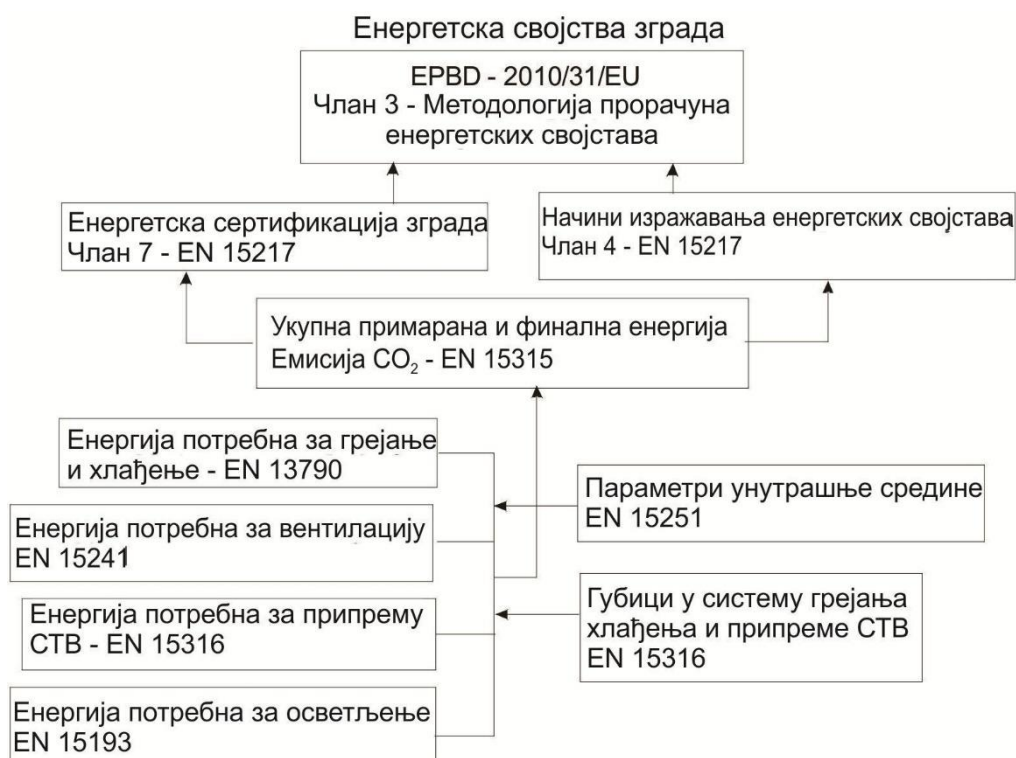
- стамбене зграде са једним станом;
- стамбене зграде са два или више станова;
- управне и пословне зграде;
- зграде намењене образовању и култури;
- зграде намењене здравству и социјалној заштити;
- зграде намењене туризму и угоститељству;
- зграде намењене спорту и рекреацији;
- зграде намењене трговини и услужним делатностима;
- зграде мешовите намене и
- зграде за друге намене, које користе енергију.

Правилник о енергетској ефикасности зграда има следећу структуру:

- Предмет уређивања;
- Дефиниције;
- Примена правилника, категорије зграда и изузећа;
- Технички услови: урбане целине и архитектонско-урбанистички параметри;
- Својства грађевинских материјала и елемената (хигротермичка, термичка и пародифузијска, топлотни мостови);
- Карактеристике техничких система (грејања, хлађења, климатизације и вентилације и система за припрему санитарне топле воде) - минимални технички захтеви;
- Минимални технички захтеви за унутрашње осветљење;
- Методологија прорачуна индикатора ЕЕ (према EN ISO 13790);
- Обновљиви извори и њихова примена;
- Емисија CO<sub>2</sub>;
- Елаборат ЕЕ: улазни подаци и садржај елабората;
- Прелазне и завршне одредбе;

- Ступање на снагу;
- Прилози;

Овај правилник прописује техничке услове приликом пројектовања зграда, остваривање минималних услова комфора, хидротермичка својства грађевинских материјала и елемената – уз дефинисане максималне вредности коефицијената пролажења топлоте елемената термичког омотача зграде (табела 6.2), минималне техничке захтеве за електро-машинске системе у зградама, израду елабората енергетске ефикасности као саставног дела главног пројекта у циљу добијања грађевинске дозволе, као и методологију прорачуна индикатора ЕЕ (шематски приказ на слици 6.1) потребних за одређивање енергетског разреда зграде.



Слика 6.1: Методологија прорачуна индикатора ЕЕ и веза са CEN стандардима

Вредности  $U$  [ $W/(m^2 \cdot K)$ ] прорачунавају се у складу са стандардом SRPS EN ISO 13789 и посебним стандардима: за нетранспарентне грађевинске елементе, изузев подова и зидова у тлу и зид завеса, у складу са стандардом SRPS EN ISO 6946; за подове и зидове у тлу у складу са стандардом SRPS EN ISO 13370; за грађевинске елементе типа прозора, балконских врата и ролетни у складу са стандардом SRPS EN ISO 10077-1 и SRPS EN ISO 10077-2; за зид завесе у складу са стандардом SRPS EN 13947; за стакла у складу са стандардима SRPS EN 673 и SRPS EN 410; за елементе за зидање зиданих зидова и зидане зидове, у складу са стандардом SRPS EN 1745.

Коефицијент пролаза топлоте транспарентног грађевинског елемента (спољна грађевинска столарија: спољни прозори и балконска врата; кровни прозори),  $U_w$  [ $W/(m^2 \cdot K)$ ], одређује се прорачуном, сагласно стандарду SRPS EN ISO 10077-1:

$$U_w = \frac{A_g \times U_g + A_f \times U_f + I_g \times \psi_g}{A_g + A_f}$$

Табела 6-2: Највеће дозвољене вредности коефицијента пролаза топлоте,  $U_{\max}$  [W/(m<sup>2</sup>·K)], за елементе термичког омотача зграде

Опис елемента / система	Постојеће зграде $U_{\max}$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	Нове зграде $U_{\max}$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]
<i>Елементи и системи у контакту са спољним ваздухом</i>		
1. Спољни зид	0,40	0,30
2. Зид на дилатацији (између зграда)	0,50	0,35
3. Зидови и међуспратне конструкције између грејаних просторија различитих јединица, различитих корисника или власника	0,90	0,90
4. Раван кров изнад грејаног простора	0,20	0,15
5. Раван кров изнад негрејаног простора	0,40	0,30
6. Коси кров изнад грејаног простора	0,20	0,15
7. Коси кров изнад негрејаног простора	0,40	0,30
8. Међуспратна конструкција изнад отвореног пролаза	0,30	0,20
9. Прозори, балконска врата грејаних просторија и грејане зимске баште	1,50	1,50
10. Стаклени кровови, изузимајући зимске баште, светлосне куполе	1,50	1,50
11. Спољна врата	1,60	1,60
12. Излози	1,80	1,80
13. Стаклене призме	1,60	1,60
<i>Унутрашње преградне конструкције</i>		
14. Зид према грејаном степеништу	0,90	0,90
15. Зид према негрејаним просторима	0,55	0,40
16. Међуспратна конструкција испод негрејаног простора	0,40	0,30
17. Међуспратна конструкција изнад негрејаног простора	0,40	0,30
<i>Конструкције у тлу (укопане или делимично укопане)</i>		
18. Зид у тлу	0,50	0,35
19. Под на тлу	0,40	0,30
20. Укопана међуспратна конструкција	0,50	0,40
<p><i>Напомена 1:</i> За елементе – системе панелног (подног, зидног, плафонског) грејања морају се применити одговарајући стандарди и технички услови прописани тим стандардима.</p> <p><i>Напомена 2:</i> Вредности наведене за постојеће зграде односе се на највеће допуштене вредности после реновирања, санација, реконструкција.</p>		

Правилник о енергетској ефикасности зграда такође прописује максимално дозвољену годишњу потрошњу финалне енергије за грејање, како за нове, тако и за постојеће зграде, што је приказано у табели 6.3.

Табела 6-3: Дозвољена годишња потрошња финалне енергије

ВРСТА ОБЈЕКТА	НОВЕ ЗГРАДЕ	ПОСТОЈЕЋЕ ЗГРАДЕ
	Дозвољена максимална годишња потрошња енергије за грејање [kWh/m <sup>2</sup> a]	Дозвољена максимална годишња потрошња енергије за грејање [kWh/m <sup>2</sup> a]
1. стамбене зграде са једним станом	<b>65</b>	<b>75</b>
2. стамбене зграде са два или више станова	<b>60</b>	<b>70</b>
3. управне и пословне зграде	<b>55</b>	<b>65</b>
4. зграде намењене образовању	<b>65</b>	<b>75</b>
5. зграде намењене здравству и социјалној заштити	<b>100</b>	<b>120</b>
6. зграде намењене туризму и угоститељству	<b>90</b>	<b>100</b>
7. зграде намењене спорту и рекреацији	<b>80</b>	<b>90</b>
8. зграде намењене трговини и услужним делатностима	<b>70</b>	<b>80</b>
9. зграде за друге намене, које користе енергију, укључујући и мешовите намене	/	/

Правилник о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда има следећу структуру:

- Опште одредбе;
- Дефиниције;
- Примена правилника (обавеза поседовања енергетског пасоша, категорије зграда и изузећа);
- Енергетски разреди;
- Енергетски пасош (стамбене, нестамбене и остале зграде; садржај);
- Поступак издавања и важење;
- Обавеза чувања енергетског пасоша;
- Јавно излагање енергетског пасоша;
- Обавезе инвеститора/власника зграде;
- Поступак спровођења сертификације (енергетски преглед, извештај);
- Регистар издатих енергетских пасоша;
- Прелазне и завршне одредбе и ступање на снагу.

Енергетски пасош за зграде има пет страна на којима се приказују следећи подаци:

- Прва страна – општи подаци и податак о енергетском разреду;
- Друга страна – подаци о клими, термотехничким системима и елементима термичког омотача зграде;
- Трећа страна – енергетске потребе и измерена потрошња енергије;
- Четврта страна – предлог мера за унапређење ЕЕ зграде;
- Пета страна – објашњење коришћених техничких појмова.

Енергетски разред за стамбене зграде одређује се на основу максималне дозвољене годишње потребне финалне енергије за грејање [ $\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ ] која је дефинисана Правилником о енергетској ефикасности зграда, и то посебно за нове и постојеће зграде. Максимална дозвољена годишња потребна финална енергија за грејање  $Q_{\text{H,nd,max}}$  [ $\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ ] одговара енергетском разреду „С“.

Енергетски разред зграде је показатељ енергетских својстава зграде. Изражен је преко релативне вредности годишње потрошње финалне енергије за грејање [%] и представља процентуални однос специфичне годишње потребне топлоте за грејање  $Q_{\text{H,nd}}$  [ $\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ ] и максимално дозвољене  $Q_{\text{H,nd,max}}$  [ $\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ ] за одређену категорију зграда:

$$Q_{\text{H,nd,rel}} = (Q_{\text{H,nd}} / Q_{\text{H,nd,max}}) \times 100\% .$$

### 6.1.3 Методологија прорачуна потребне енергије за грејање

Доношењем Правилника о енергетској ефикасности зграда и Правилника о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда (Сл. Гласник РС, бр. 61/2011 И 69/203), детаљније се уређује област поступка енергетске сертификације зграда.

Практична примена Директиве о енергетским карактеристикама зграда (EPBD) захтевала је низ стандарда који би помогли у њеној имплементацији.

Стандард EN ISO 13790 даје методологију прорачуна потребне енергије за грејање и хлађење у зградама и покрива три различита приступа прорачуна:

- потпуно дефинисани квази-стационарни месечни метод прорачуна (посебна опција је сезонски метод);
- потпуно дефинисани упрошћени динамички прорачун базиран на часовним вредностима и
- метод прорачуна који подразумева детаљну динамичку симулацију понашања зграде у термичком смислу.

Месечни метод даје коректне вредности на годишњем нивоу, али резултати добијени за поједине месеце, нарочито у прелазним периодима (пролеће, јесен) могу имати велика релативна одступања. Упрошћени часовни метод је понуђен како би се прорачуни допунили часовним распоредима у коришћењу простора, уређаја, осветљења, система за грејање и хлађење, вентилацију, сенчења зграде итд. Овај метод даје часовне вредности потребне енергије за грејање и хлађење, али поједине вредности добијене овом методом могу имати




велика релативна одступања. Динамичка симулација термичког понашања зграде је свакако најбоља опција, али је добијање коректних резултата уско повезано са коректно унетим улазним подацима за прорачун. Улазни подаци за динамичке симулације су бројни, па моделирање сваког објекта понаособ захтева значајно време и стручност у овој области. Уколико се примењује часовни прорачун или динамичка симулација, неопходно је имати улазне податке о спољној клими локације на којој се објекат налази у виду типичне метеоролошке године (ТМГ), у којој се дају часовне вредности утицајних параметара на размену топлоте са околином.

Дефинисање енергетских перформанси подразумева, пре свега, дефинисање потребне енергије за:

- грејање,
- хлађење,
- вентилацију,
- припрему потрошне топле воде и
- осветљење.

Након одређивања потреба објекта за енергијом (на основу EN ISO 13790), приступа се анализи електро-машинских инсталација, односно техничких система које обезбеђују услове комфора и уједно представљају потрошаче енергије. У зависности од примењеног система и нивоа аутоматске регулације, рачунају се губици (у трансформацији енергије, транспорту...) сваког појединог система, како би се дошло до податка о енергији која треба да буде испоручена из одговарајућег извора. Због различитости извора снабдевања енергијом, израчунава се годишња потребна примарна енергија, преко одговарајућег фактора примарне енергије.

Начин изражавања енергетских својстава врши се преко енергетског сертификата (пасоша), што препоручују стандарди EN 15217 и EN 15603, на начин који је препознатљив и лако разумљив. Изражавање енергетских својстава врши се преко одређених индикатора који одређују енергетски разред или су изражени стрелицом на скали у боји. На слици 6.2 приказана је прва страна енергетског пасоша Републике Србије.

	<b>ЗГРАДА</b>		<input type="checkbox"/> нова	<input checked="" type="checkbox"/> постојећа
	Категорија зграде	1. Зграда са једним станом 2. Зграда са више станова		
	Место, адреса:			
	Катастарска парцела:			
	Власник/инвеститор/правни заступник:			
	Извођач:			
	Година изградње:			
	Година реконструкције/енергетске санације:			
	Нето површина $A_N$ [m <sup>2</sup> ]:			
	<b>Енергетски пасош за стамбене зграде</b>	Прорачун	$Q_{H,nd,rel}$ [%]	$Q_{H,nd}$ [kWh/(m <sup>2</sup> a)]
		45	34	
<b>A+</b>		≤ 15		
<b>A</b>		≤ 25		
<b>B</b>		≤ 50		<b>B</b>
<b>C</b>		≤ 100		
<b>D</b>		≤ 150		
<b>E</b>		≤ 200		
<b>F</b>		≤ 250		
<b>G</b>		> 250		
Подаци о лицу које је издало енергетски пасош				
Овашњена организација:				
Потпис овлашћеног лица и печат организације:				
			М.П.	
(потпис)				
Одговорни инжењер:				
Потпис и печат одговорног инжењера ЕЕ :				
			М.П.	
(потпис)				
Број пасоша:				
Датум издавања/рок важења:				

Слика 6.2: Изглед прве стране енергетског пасоша Републике Србије

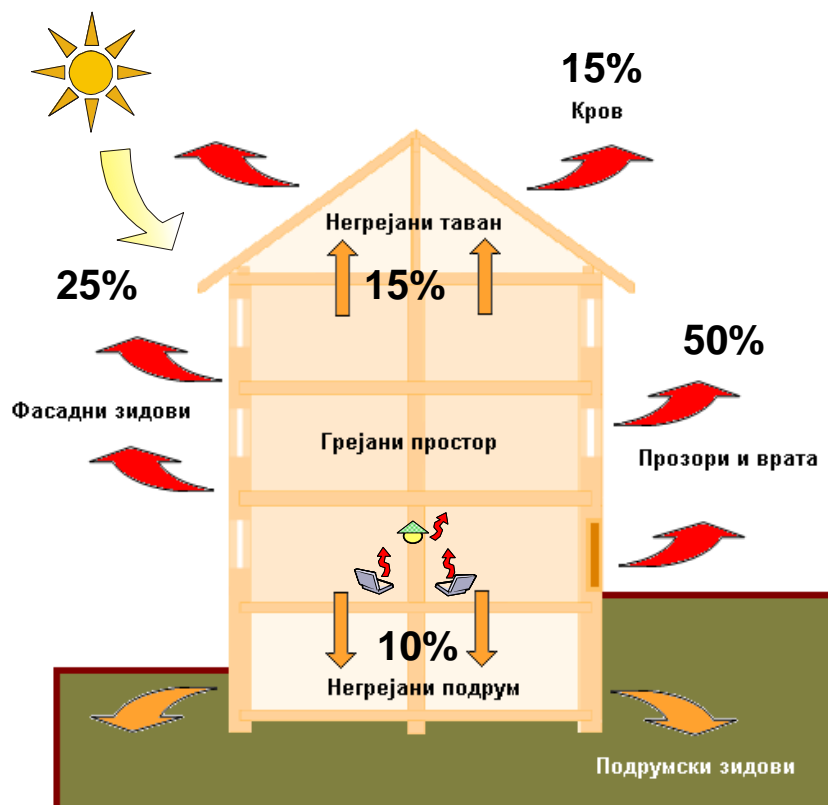
## 6.2 Топлотни биланс зграде

Приликом постављања топлотног биланса зграде границу система чини термички омотач, који грејани простор дели од спољашње околине (ваздуха и тла) и негрејаних просторија у згради (тавански и/или подрумски простор). За зимски режим коришћења зграде потребно је имати у виду следеће:

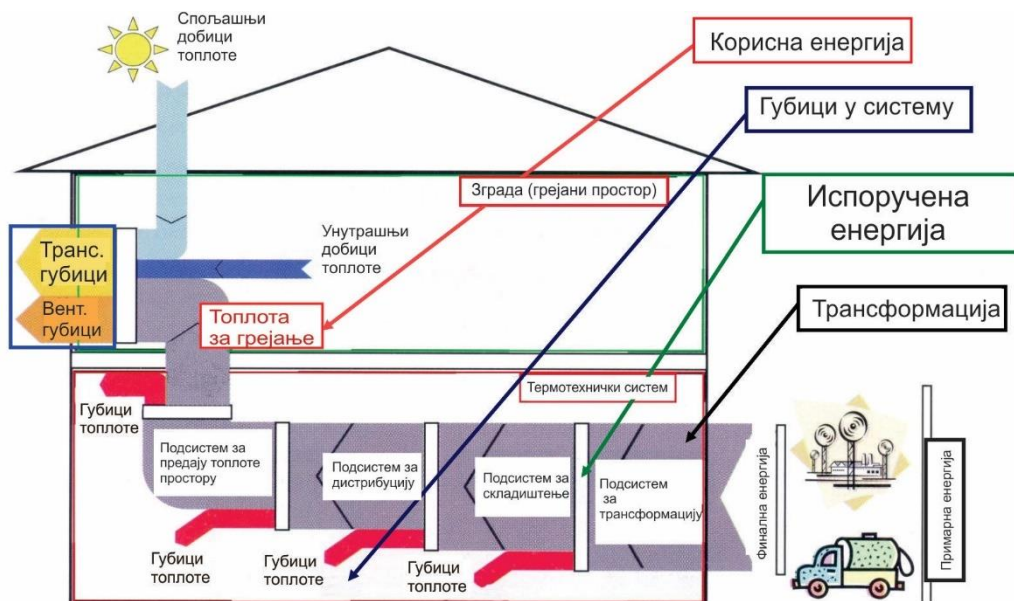
- Прозори и застакљене површине, термички најосетљивији део термичког омотача, утичу на вентилационе и трансмисионе губитке;
- Узимају се у обзир корисни добици топлоте од сунца и унутрашњих извора;
- Систем за грејање треба да надокнади само тренутне губитке топлоте током целе грејне сезоне правилном регулацијом топлотног учинка;

- Извор снабдевања топлотом треба да буде ефикасан.

Приликом постављања топлотног биланса зграде, границу система чини термички омотач, који одваја грејани део објекта од спољашњег простора и негрејаних просторија у згради. На слици 6.3 приказани су укупни губици топлоте кроз термички омотач зграде (трансмисиони и вентилациони) са оквирним процентуалним уделом губитака кроз поједине грађевинске елементе.



Слика 6.3: Губици топлоте кроз термички омотач зграде



Слика 6.4: Топлотни биланс зграде у зимским условима

Топлота коју је потребно испоручити згради ради финалне потрошње увећава се због техничких губитака (у производњи, трансформацији и дистрибуцији) док се, са друге стране, умањује услед корисних добитака топлоте од унутрашњих извора, добитака топлоте од сунчевог зрачења које продире у грејане просторије и евентуалног коришћења отпадне топлоте (повраћај топлоте назад у грејани простор), што је приказано на слици 6.4.

Прорачун токова енергије врши се за одређени простор – тзв. зону (нпр. стан, зграду, и сл.). Редослед прорачуна потребне енергије врши се у обрнутом смеру од тока енергије.

Ток прорачуна може се представити у неколико корака:

1. Најпре се израчунава потребна топлота за грејање коју треба довести или одвести у сврху остваривања жељеног стања у простору;
2. Затим се приступа прорачуну потребне енергије за погон термотехничког система за испоруку потребне енергије за грејање.
3. Губици који се јављају у систему грејања потичу услед: производње (трансформације хемијске енергије горива у топлоту и топлотних губитака котла у околину); приликом дистрибуције (топлотних губитака у околину приликом транспорта грејног флуида од извора до грејних тела); приликом складиштења (топлотни губици у околину од резервоара за складиштење топле воде) и услед губитака у размени топлоте у самом грејаном простору.
4. На крају се одређује потребна количина примарне енергије, користећи факторе конверзије у зависности од извора енергије.

Податак о топлотним губицима улазни је параметар за биланс термотехничких система. Неки од губитака који се јављају могу се искористити у самом систему, као што је нпр.

повраћај отпадне топлоте у рекуперативним/регенеративним загрејачима ваздуха или коришћење отпадне топлоте кондензације расхладне машине. Такође, губици топлоте могу се искористити у самој згради, као што су губици топлоте у цевној мрежи за дистрибуцију грејног флуида која се води кроз грејани део објекта. Ипак, део губитака који настаје у систему не може се искористити.

Приликом пројектовања зграде врши се топлотно зонирање, односно груписање грејаних просторија према унутрашњој пројектној температури. Грејане просторије на исту унутрашњу пројектну температуру (до 4K разлике) одвојене су термичким омотачем од:

- спољашњег простора и
- негрејаног простора / друге топлотне зоне.

### **6.3 Параметри који утичу на потрошњу енергије**

Најважнији утицајни параметри на потрошњу енергије термотехничких система у згради (система грејања, вентилације и климатизације) могу се поделити у пет група:

1. Климатски фактори, који су одређени локацијом на којој се зграда налази;
2. Термички омотач и геометрија зграде;
3. Карактеристике КГХ система, извора енергије и нивоа аутоматске регулације;
4. Режим коришћења и одржавања зграде и техничких система и
5. Експлоатациони трошкови, односно цене енергената и енергије.

Климатски фактори, као што је годишње кретање температуре ваздуха и релативне влажности, инсолација и дозрачени интензитет сунчевог зрачења, ветровитост и друго, одлика су локације на којој се зграда налази. Према томе, приликом пројектовања зграде и техничких система у њој, неопходно је познавати климатске карактеристике поднебља које се, на одређен начин, узимају као улазни подаци за прорачуне. Када су у питању КГХ (климатизација, грејање, хлађење) системи, неопходни улазни подаци су: подаци о термичком омотачу (коэффициенти пролаза топлоте грађевинских елемената, заптивеност прозора и врата), спољна пројектна температура за зиму и лето, дужина периода грејања и хлађења, ветровитост предела, положај и оријентација зграде итд. Зграде исте намене, а које се налазе у битно различитим климатским поднебљима, веома се разликују како по архитектури и примењеним материјалима, тако и по техничким решењима инсталација у њима.

Термички омотач, фактор облика зграде, њен положај у односу на изложеност сунцу и ветровима директно утичу на енергетске потребе зграде. Што је боља термичка изолација и заптивеност прозора и врата, а мањи фактор облика, потребна инсталисана снага система за грејање ће бити мања. Добра заптивеност прозора може значајно умањити вентилационе губитке топлоте. Податак о специфичном потребном инсталисаном капацитету грејних тела  $q$  ( $W/m^2$ ) говори о томе која се врста система за грејање може применити у згради. Начин постављања термичке изолације и коришћење топлотне инерције зграде такође је важан податак. Величина прозора и коришћење дневног светла утиче на вештачко осветљење,

потрошњу електричне енергије и добитке топлоте од унутрашњих извора. Начини заштите од сунчевог зрачења током лета у великој мери могу снизити топлотно оптерећење зграде, као и инсталисани капацитет расхладног постројења. Распоред просторија унутар зграде, атријумски простори и галерије могу имати значајан утицај приликом коришћења природног проветравања зграде.

Пажљивим и стручним избором КГХ система, извора снабдевања енергијом и нивоа аутоматске регулације могуће је остварити значајне уштеде енергије коју ови системи троше током године. Две зграде „близнакиње“, које су идентичне по намени, геометрији и енергетским потребама, могу имати значајно различиту потрошњу енергије у зависности од врсте изведених техничких система у њима. Само приликом формирања концептуалног решења неопходно је узети велики број улазних података у разматрање. Намена, режим коришћења, геомерија, термичка заштита зграде, као и климатски подаци само су део улазних параметара. Потребно је размотрити простор за смештај уређаја и опреме, начине вођења инсталација кроз зграду и уклапање у ентеријер, расположиве начине снабдевања енергијом, примену обновљивих извора енергије, интеграцију рада различитих система, као и потребан ниво надзора и управљања системима у згради. Код сложених и великих зграда великих инвестиционих вредности, често се разматрају варијантна решења, на којима раде мултидисциплинарни тимови – архитекте, машински и инжењери електротехнике.

Како би зграда током свог животног века имала задовољавајуће енергетске перформансе, потребно је редовно и правилно одржавање зграде и система у њој. Уколико изостане редовно одржавање, а не наруши се у потпуности функционалност система, готово редовно долази до нерационалне потрошње енергије. Основни примери су: оштећење или потпуно уклањање термичке изолације уређаја, цевовода и канала за ваздух, што за последицу има повећане губитке топлоте система; кондензација влаге из ваздуха и оштећења уређаја и ентеријера; запрљање дистрибутивне мреже и елемената опреме, што резултује повећаним напорима пумпи и вентилатора, а доводи до веће потрошње електричне енергије за њихов погон; уклањање запрљаних филтера за ваздух уместо њихове замене доводи до лошег квалитета ваздуха; престанак функције регулационе арматуре или опреме, осим погоршања термичких параметара средине (прегревања зими или потхлађивања лети), неминовно утиче на повећану потрошњу енергије, док у екстремним случајевима може изазвати хаваријска оштећења система и велику штету, а понекад угрозити и људске животе. Колико је важно добро пројектовати и извести системе у згради, толико је важно њихово одржавање и правилно газдовање како би они могли да пруже свој максимум.

Приликом пројектовања нових система, а чешће приликом извођења пројеката реконструкције постојећих, саставни део процедура је спровођење техно-економске анализе, односно сагледавања инвестиционих и експлоатационих трошкова кроз животни век пројекта. Међутим, не може се увек са довољном прецизношћу предвидети на дужи рок кретање цена енергије и енергената. Уколико постоји диспаритет цена на тржишту, доћи ће до појаве нерационалне потрошње енергије. Основна мотивација корисника јесте цена коју плаћају за грејање, односно климатизацију. Екстремни пример је паушална наплата трошкова грејања зграда које се топлотом снабдевају из система даљинског грејања. Фиксни месечни трошак за грејање није условљен потрошеном енергијом, па самим тим не постоји мотив корисника да се

рационално односи према потрошњи енергије. Исто важи за понашање корисника пословних зграда у којима сам корисник не плаћа рачуне, већ то чини власник. Ниска цена појединог енергента условиће нерационалну потрошњу јер је она јефтинија него спровођење мера које би допринеле уштедама.

#### 6.4 Прорачун укупне годишње потребне енергије

Укупна годишња потребна топлота обухвата финалну топлотну енергију потребну за грејање током зимске сезоне, као и топлотну енергију за припрему санитарне топле воде (у даљем тексту СТВ). С обзиром да од извора топлоте па до крајњег корисника постоје губици који се јављају у систему, неопходно је и њих узети у обзир.

Методологија прорачуна дата је у табели 6.4 .

Табела 6-4: Методологија за одређивање укупне годишње потребне енергије

Величина	Начин прорачуна	Примењени гран. услови
Годишња потребна топлота за припрему санитарне топле воде, $Q_w$ [kWh/a]	$Q_w = \rho_w \cdot c_w \cdot V_w \cdot (\theta_w - \theta_o)$ $V_w$ - годишња потрошња воде [m <sup>3</sup> /a] $\theta_w$ - температура воде у резервоару [°C] $\theta_o$ - температура воде из водовода [°C]	Према SRPS EN 15316-3-1 $\rho_w \cdot c_w = 1,16$ [kWh/(m <sup>3</sup> K)],
Годишњи топлотни губици система за грејање, $Q_{H,ls}$ [kWh/a]	$Q_{H,ls} = Q_{H,em,ls} + Q_{H,dis,ls} + Q_{H,st,ls} + Q_{H,gen,ls}$ , $Q_{H,em,ls}$ - губици топлоте при размени у простору према 15316-2-1 [kWh/a], $Q_{H,dis,ls}$ - губици топлоте у цевној мрежи према 15316-2-3 [kWh/a], $Q_{H,st,ls}$ - губици топлоте при складиштењу у резервоару према 15316-3-3 [kWh/a], $Q_{H,gen,ls}$ - губици топлоте при производњи према 15316-4-1 [kWh/a].	Према SRPS EN 15316
Годишњи топлотни губици система за припрему санитарне топле воде, $Q_{w,ls}$ [kWh/a]	$Q_{w,ls} = Q_{w,dis,ls} + Q_{w,st,ls} + Q_{w,gen,ls}$ $Q_{w,dis,ls}$ - губици топлоте у цевној мрежи развода топле воде према 15316-3-2 [kWh/a], $Q_{w,st,ls}$ - губици топлоте при складиштењу у резервоару према 15316-3-3 [kWh/a], $Q_{w,gen,ls}$ - губици топлоте при производњи или припреми топле воде према 15316-3-3 [kWh/a].	Према SRPS EN 15316
Годишња потребна топлота $Q_H$ [kWh/a]	$Q_H = Q_{H,nd} + Q_w + Q_{H,ls} + Q_{w,ls}$	
Годишња потребна енергија за хлађење, $Q_{C,nd}$ [kWh/a]	$Q_{C,nd} = (Q_{int} + Q_{sol}) - \eta_{C,ls} \cdot (Q_T + Q_V)$ , Специфична вредност: $Q_{C,an} = \frac{Q_{C,nd}}{A_f}$ [kWh/(m <sup>2</sup> a)], $\eta_{C,ls}$ - фактор искоришћења губитака топлоте [-] $A_f$ – корисна површина зграда [m <sup>2</sup> ]	Према SRPS EN ISO 13790



Годишњи губици система за хлађење $Q_{c,ls}$ [kWh/a]	Према SRPS EN 15243	Према SRPS EN 15243
Годишња потребна енергија за хлађење, $Q_c$ [kWh/a]	$Q_c = Q_{c,nd} + Q_{c,ls}$	
Годишња потребна енергија за вентилацију $Q_{ve}$ [kWh/a]	Према: SRPS EN 15243, SRPS EN 15241, SRPS EN ISO 13790	Према: SRPS EN 15243, SRPS EN 15241, SRPS EN ISO 13790
Годишња потребна енергија за осветљење, $E_l$ [kWh/a]	Према: SRPS EN 15193	Према: SRPS EN 15193

Табела 6-5: Степен корисности постројења за грејање

1. Котлови		
Чврсто гориво	Котлови без регулације	0,65
	Котлови до 50 kW са ручном регулацијом	0,68
	Котлови преко 50 kW са добром ручном регулацијом	0,72
	Котлови до 175 kW са механичком регулацијом	0,75
	Котлови преко 175 kW са добром механичком регулацијом	0,83
Течно гориво	Котлови до 50 kW са ручном регулацијом	0,81 – 0,83
	Котлови преко 50 kW са аутоматском регулацијом	0,83 – 0,87
Гасовито гориво	Котлови до 100 kW са природном промајом	0,80 – 0,88
	Котлови преко 100 kW са принудном промајом	0,88 – 0,94
2. Цевна мрежа		
	Неизолована цевна мрежа унутар термичког омотача зграде	0,95
	Изолована цевна мрежа у делу негрејаног простора зграде	0,98
	Предизоловане цеви топловодне мреже даљинског грејања	0,88 – 0,92
3. Систем регулације		
Начин регулације	са поделом на зоне	без поделе на зоне
Аутоматска централна и локална регулација	1,0	0,95
Аутоматска централна регулација	0,95	0,92
Ручна централна регулација	0,92	0,90



Губици који се јављају у систему грејања потичу услед производње (трансформације хемијске енергије горива у топлоту и топлотних губитака котла у околину); приликом дистрибуције (топлотних губитака у околину приликом транспорта грејног флуида од извора до грејних тела); приликом складиштења (топлотни губици у околину од резервоара за складиштење топле воде) и услед губитака у размени топлоте у самом грејаном простору (који су везани за систем регулације рада грејног система). Према томе, укупни степен корисности постројења за грејање обухвата степен корисности котла, цевне мреже и система аутоматске регулације:

$$\eta = \eta_k \cdot \eta_c \cdot \eta_r \quad [-], \text{ чиме су обухваћени губици система за грејање .}$$

### 6.5 *Изолација цевовода*

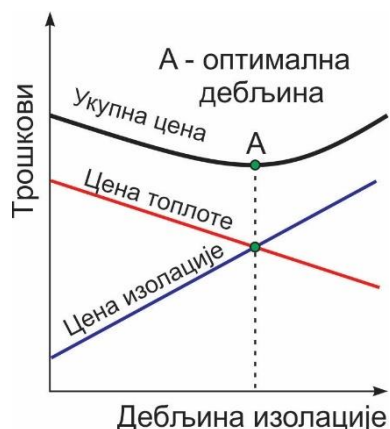
Задатак изолације је да се губици топлоте сведу на минималне вредности или да се из других разлога ограничи површинска температура цеви. Уграђује се на котловима, резервоарима топле воде, цевоводима, арматури, размењивачима топлоте и уређајима смештеним у негрејаним просторима.

Димензионисање дебљине изолације може бити извршено по различитим критеријумима:

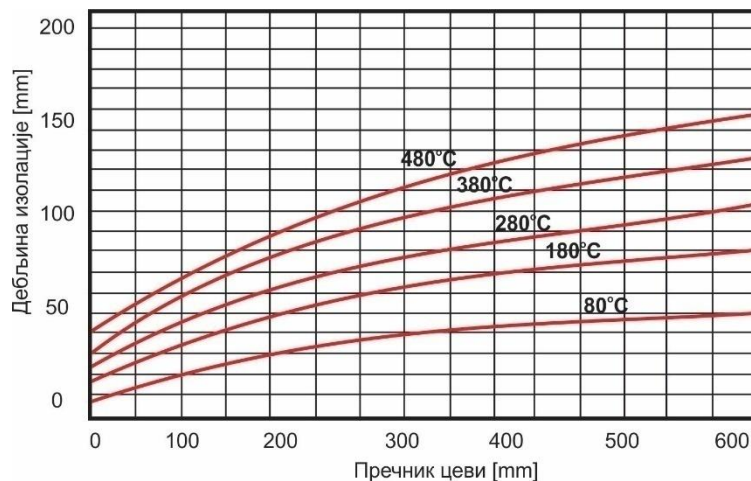
- да се оствари економски оптимално снабдевање топлотом (улагања у изолацију треба да буду оправдана уштедом на топлоти током рада постројења);
- да се осигура промена температуре грејног флуида у одговарајућим границама;
- да се ограничи утицај на околину (нпр. ограничено зрачење, ограничена површинска температура - додир).

#### **Оптимална дебљина изолације**

Раст цена енергије намеће потребу да се води рачуна о економичности. С повећањем дебљине изолације расту и трошкови извођења, а трошкови услед губитака топлоте се смањују (слика 6.5). Најјекономичнија дебљина изолације је она код које је сума за обе врсте трошкова најнижа. Оптимална дебљина зависи од цене енергије, али и од цене изолационог материјала са уградњом. Проблем при избору може представљати чињеница да оптималну дебљину изолације треба одредити за дужи временски период након уградње, уз непознате тржишне услове у будућности. Често се у различитим приручницима, каталозима и сл. проналазе подаци такве врсте. Један пример приказан је на слици 6.6.



Слика 6.5: Оптимална изолација у функцији укупне цене



Слика 6.6: Оптимална изолација у зависности од називног пречника цеви и температуре флуида који се транспортује

У табели 6.6 приказане су економски оправдане дебљине изолације за цеви називног пречника до DN 40, које важе за данашње цене енергије и изолације.

У табели 6.7 приказана је потребна дебљина термичке изолације цевовода и резервоара који се користе у централним системима грејања и системима за припрему санитарне топле воде.

Табела 6-6: Економски оправдане дебљине изолације за различите типове цеви

Навојне челичне цеви	-	-	DN 10	DN 15	DN 20	-	DN 25	DN 32	-	DN 40	
Шавне челичне цеви	-	-	-	-	-	DN 25	-	DN 32	-	DN 40	
Бакрене цеви *	3	15	18	22	-	28	35	-	44	-	
ПОТРЕБНА ДЕБЉИНА ИЗОЛАЦИЈЕ ЦЕВИ у [mm]											
Топлотна проводљивост $\lambda$ [W/mK]	0.025	10	11	11	11	3	17	18	18	23	24
	0.030	15	15	15	15	15	23	23	24	31	31
	0.035	20	20	20	20	20	30	30	30	40	40
	0.040	27	27	26	26	25	38	38	38	51	50
	0.045	36	35	34	33	30	49	47	47	63	69

	0.050	48	45	43	41	39	61	59	57	78	77
--	-------	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

\* Спољни пречник цеви

Табела 6-7: Потребна минимална дебљина термичке изолације цевовода и резервоара

Спољашњи пречник [mm]	30 - 83	89 - 159	191 - 267	292 - 394	219 – 521 резервоари
Дебљина изолације [mm]	40	50	60	70	80

## 6.6 Испоручена и примарна енергија, годишња емисија CO<sub>2</sub>

Укупна годишња испоручена енергија рачуна се као збир енергија потребних за грејање и припрему санитарне топле воде, за хлађење, за вентилацију и климатизацију, за грејање, за осветљење и за рад помоћних система (као што су пумпе и вентилатори система грејања и климатизације):

$$E_{del} = Q_H + Q_C + Q_{Ve} + E_I + Q_{aux} \text{ [kWh/a].}$$

Важно је напоменути да није могуће сабирање потребних енергија различитог облика, као на пример топлотне енергије и електричне енергије, тако да претходно наведена једначина има фигуративни карактер. Сабирање је могуће тек када се сви видови енергије сведу на примарну енергију, уз познавање из ког је извора добијена финална енергија и какви су губици настали приликом трансформације и дистрибуције.

За конверзију финалне енергије у примарну користе се фактори претварања за поједине изворе топлоте који се користе у системима грејања, а приказани су у табели 6.8.

Табела 6-8: Фактори претварања за прорачунавање годишње примарне енергије за поједине врсте извора топлоте

Енергент	Фактор претварања
Уље за ложење	1,2
Гас	1,1
Угаљ	1,3
Дрвена биомаса	0,1
Електрична енергија	2,5
Даљинско грејање на фосилна горива	1,8
Даљинско грејање когенерацијом	1,0

Годишња примарна енергија за функционисање зграде одређује се тако што се

годишња испоручена енергија за рад система у згради помножи са фактором претварања одређеним у табели 5.8, у зависности од извора снабдевања енергијом. Специфичне емисије CO<sub>2</sub> приказане су у табели 6.9.

**Табела 6-9: Специфичне емисије CO<sub>2</sub> за поједине врсте енергената**

Енергент	По јединици горива	По јединици енергије
земни гас	1,9 kg/m <sup>3</sup>	0,20 kg/kWh
течни нафтни гас	2,9 kg/kg	0,215 kg/kWh
екстра лако уље за ложење	2,6 kg/l	0,265 kg/kWh
лако уље за ложење	3,2 kg/kg	0,28 kg/kWh
даљинска топлота	0,33 kg/kWh	0,33 kg/kWh*
електрична енергија	0,53 kg/kWh	0,53 kg/kWh
смеђи угаљ (домаћи)	1,5 kg/kg	0,32 kg/kWh
смеђи угаљ (страни)	1,88 kg/kg	0,40 kg/kWh
лигнит (домаћи)	1,0 kg/kg	0,33 kg/kWh

\*Напомена: Подаци се користе у случају када испоручилац енергента не наведе емисију за свој извор енергената, односно енергије.

Прорачун емисије CO<sub>2</sub> и показатељи:

- 1) Емисије CO<sub>2</sub> које настану током функционисања објекта одређују се на основу података специфичне емисије CO<sub>2</sub> за поједине изворе енергије тако што се годишња потребна примарна енергија за функционисање објекта, према одређеном извору енергије, помножи припадајућим податком специфичне емисије CO<sub>2</sub> који је дат у табели 6.9 и вредности саберу.
- 2) Показатељи емисије CO<sub>2</sub> изражавају се у облику годишњих емисија CO<sub>2</sub> [kg/a] и специфичних годишњих емисија на јединицу површине CO<sub>2</sub> [kg/m<sup>2</sup>a].

## 6.7 Примена мера унапређења енергетске ефикасности

Применом различитих мера могуће је побољшати енергетску ефикасност, при чему треба водити рачуна о финансијским ефектима примењених мера. Свака зграда, било нова или постојећа, може се довести на ниво који је близак “нултој” потрошњи, али су често инвестициона улагања висока и нису економски исплатива. Зато је потребан систематичан приступ приликом избора мера које ће довести до смањења потрошње енергије у згради на годишњем нивоу, а са друге стране бити исплативе и имати “разуман” период повраћаја инвестиције.

Примена сваке појединачне мере зависи од намене зграде, као и од тренутног укупног стања у коме се зграда налази. Ако је зграда грађена у периоду када није било прописа о термичкој заштити, чест је случај да су спољни зидови, кров, као и конструкције ка негрејаним

просторима изведени без термичке изолације. У тим случајевима обавезно се разматра побољшање термичке изолованости омотача зграде, као и санација или замена прозора у циљу смањења трансмисионих и вентилационих губитака објекта. Уколико се анализом обухвати и замена извора топлоте и реконструкција система грејања, онда ће предвиђена мера побољшања омотача резултовати мањим капацитетом новог извора топлоте и мањом површином грејних тела у згради.

Такође је важно разматрати ефекте сваке примењене мере појединачно, а затим збирни ефекат неколико примењених мера, у тежњи да се постигне задовољавајући период отплате инвестиције.

Технички век пројекта утврђује се на основу физичког трајања опреме неопходне за одређену меру или пројекат. Код пројеката који су састављени од више мера са различитим физичким трајањем, мора се израчунати потребно понављање мера са краћим техничким веком да би се покрило време трајања мера са најдужим техничким веком. Економски век пројекта представља период у коме пројекат доноси профит (уштеде), који је планиран и унет у студију оправданости пројекта. Економски век се користи за оцену финансијске исплативости и економске оправданости мера и пројекта енергетске ефикасности.

Основни циљеви оцене рентабилности (исплативости) и оправданости мера пројеката унапређења енергетске ефикасности зграда су:

- да се установи да ли је пројекат финансијски исплатив и економски оправдан;
- да се омогући упоређивање исплативости различитих мера и пројеката;
- да се омогући инвеститорима, финансијским институцијама и донаторима да оцене прихватљивост пројекта за финансирање.

Мере које се примењују за побољшање енергетске ефикасности у зградама могу се поделити у три основне групе:

1. Мере побољшања карактеристика саме зграде кроз смањење потреба за грејањем у зимском и хлађења у летњем периоду (термичка изолованости и заптивеност, заштита од сунчевог зрачења лети);
2. Мере унапређења термотехничких инсталација кроз примену опреме и уређаја са високим степеном корисности, коришћење отпадне топлоте и обновљивих извора енергије (боље искоришћење примарне енергије);
3. Мере оптимизације експлоатације техничких система кроз увођење аутоматског управљања рада инсталација грејања, хлађења, вентилације и вештачког осветљења (термички параметри средине се одржавају на жељеном нивоу само у периоду коришћења просторија у згради).

Приликом анализе примене мера унапређења енергетских перформанси важно је проблему приступити одређеним редоследом, почевши са групом мера побољшања карактеристика саме зграде, преко мера смањења губитака топлоте при производњи и дистрибуцији топлоте, до групе мера које подразумевају замену уређаја и опреме система за грејање, климатизацију и припрему санитарне топле воде или система осветљења, уз увођење

регулације рада система.

Редослед анализе мера за унапређење енергетске ефикасности зграде:

- I група: побољшање термичке изолованости и заптивености зграде уз примену пасивних мера заштите од сунчевог зрачења (резултат: смањење потребног капацитета извора топлоте, инсталисане снаге грејних тела и укупних топлотних потреба зграде; смањење потреба за хлађењем и побољшање термичког комфора)
- II група: изолација топловода и дела цевне и каналске мреже (резултат: смањење губитака у дистрибуцији топлоте и потребне примарне енергије)
- III група: замена извора / енергента (резултат: повећање укупног степена корисности постројења)
- IV група: централна регулација система грејања – квалитативна регулација према спољној температури (резултат: смањење прегревања просторија - 1°C виша температура унутрашњег ваздуха доводи до повећања потрошње топлоте за сса 6%)
- V група: локална регулација – термостатски вентили и циркулационе пумпе са променљивим бројем обртаја (код зграда са више зона и различитог режима коришћења)
- VI група: увођење ЦСНУ система (код зграда са сложеним термотехничким системима: грејање, вентилација, СТВ, климатизација; могућност повезивања осталих сервиса: осветљење, противпровални...)
- VII група: примена ОИЕ (нпр. ПСЕ за припрему СТВ – резултат: смањење потребне примарне енергије и емисије CO<sub>2</sub>; топлотна пумпа у комбинацији са нискотемпературским системом грејања – резултати: висок степен корисности; могућност снижења унутрашње пројектне температуре; могућност коришћења за потребе хлађења)
- Коришћење отпадне топлоте и технике ноћне вентилације итд.

## **6.8 Примена мера унапређења термичког омотача зграде**

Мере које се најчешће примењују у циљу побољшања термичког омотача зграде јесу: додатна термичка изолација спољних зидова, међуспратних конструкција у додиру са негрејаним простором у згради, унутрашњих зидова у додиру са негрејаним простором, косих и равних кровова, као и конструкција у додиру са тлом; затим заптивање спољашњих прозора и врата или њихова замена ефикаснијим елементима. Такође, као мера унапређења на термичком омотачу, може се разматрати постављање стаклене баште или формирање двоструке фасаде на згради. Као што је раније поменуто, ова група мера има задатак да смањи енергетске потребе зграде, али неће нужно довести и до смањења потрошње енергије уколико се технички системи не прилагоде новонасталим условима.

У наставку овог поглавља приказан је пример анализе примене мера унапређења термичког омотача на пилот згради стамбеног типа у Новом Београду.

### **6.8.1 Пример примене мера унапређења термичког омотача**

Мерења потрошње топлоте за грејање у згради која се налази у Новом Београду (слика 6.7) и која је повезана на систем даљинског грејања, започела су са грејном сезоном 2002/03, након реконструкције топлотне подстанице. Подстананица је реконструисана у потпуности уз

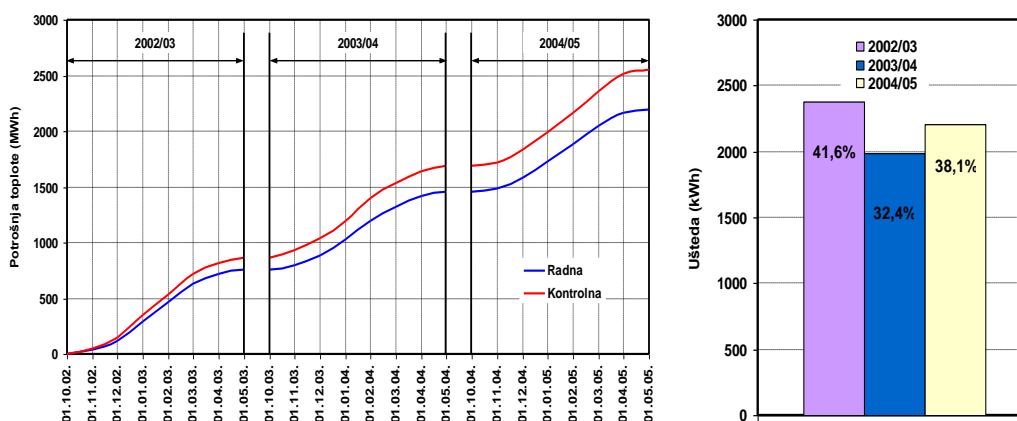


уградњу циркулационих пумпи са променљивим бројем обртаја које раде са променљивим протоком грејног флуида и уграђено је мерило утрошене топлоте. Сва грејна тела кућне инсталације опремљена су радијаторским вентилима са термостатским главама и делитељима топлоте. На тај начин је омогућена локална регулација топлотног учинка, као и праћење потрошње топлоте за грејање на сваком грејном телу, односно у сваком стану. Стамбена зграда је блоковског типа градње, из осамдесетих година прошлог века, састоји се од 5 ламела (са засебним улазима), спратности П+5+Пот, са 135 стамбених јединица и укупне корисне површине стамбеног простора од 6580 m<sup>2</sup>.

Измерена потрошња топлоте за грејање у репрезентативној згради, која је током пројекта названа „радна“, поређена је са потрошњом у згради близнакињи у којој није вршена никаква реконструкција, осим уградње мерила утрошене топлоте („контролна“ зграда) и на тај начин омогућено је праћење уштеда које су постигнуте реконструкцијом грејног система.



Слика 6.7: Репрезентативна зграда у Новом Београду на којој су вршена мерења



Слика 6.8: Кумулативна потрошња топлоте за грејање у радној и контролној згради током три грејне сезоне (лево) и уштеда електричне енергије за погон циркулационих пумпи (десно)

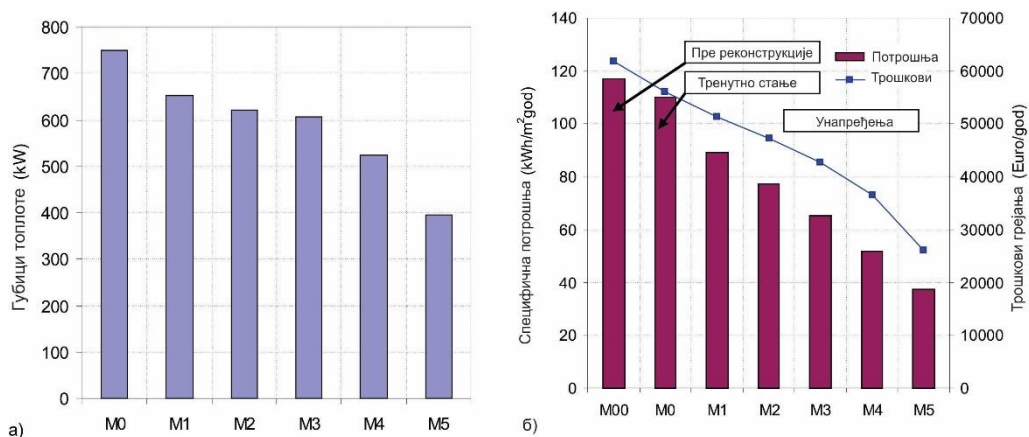
Просечна годишња остварена уштеда у потрошњи енергије креће се на нивоу од 10%. На дијаграму приказаном на слици 6.8 лево, види се упоредна кумулативна потрошња топлоте радне и контролне зграде. Уштеда електричне енергије за погон циркулационих пумпи са променљивим бројем обртаја је значајна и износи око 2 MWh на годишњем нивоу односно око 40% (слика 6.8. десно).

За исту зграду, на којој се прати потрошња топлоте из године у годину, урађена је симулација мера побољшања термичког омотача. Основни модел зграде M0 постављен је за тренутно стање зграде, док су унапређени модели означени као M1 до M5, као што је приказано у табели. Додатно, модел M00 је такође узет у разматрање, и односи се на стање зграде пре реконструкције система грејања 2002. године.

У оквиру мера унапређења, разматрано је побољшање термичке изолованости спољних зидова (две различите дебљине и врсте термичке изолације), изолација крова минералном вуном, замена прозора и балконских врата, као и збирни утицај предложених мера.

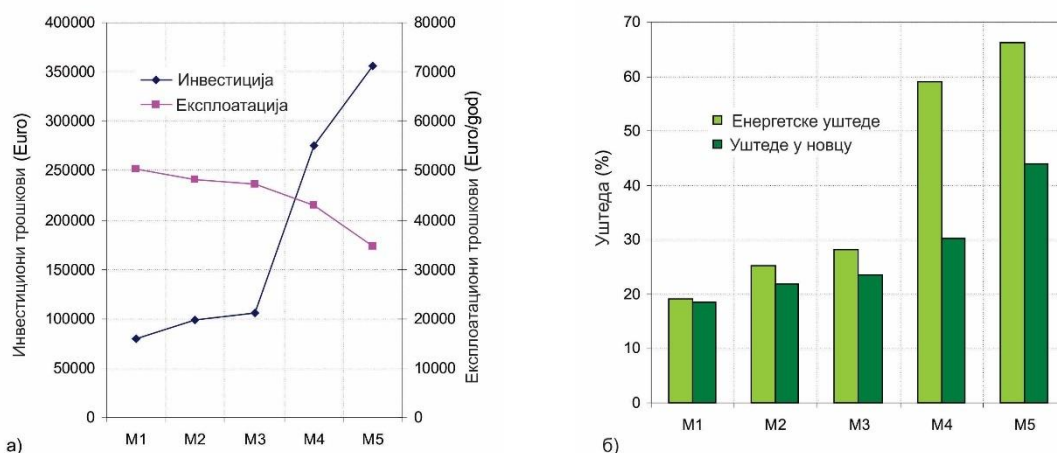
Модел	Мере унапређења
M00	Стање пре реконструкције 2002. (без локалне регулације)
M0	Постојеће стање
M1	Изолација спољних зидова: 5 cm стиропор ( $\lambda = 0,037\text{W/mK}$ )
M2	Изолација спољних зидова: 8 cm неопор ( $\lambda = 0,031\text{W/mK}$ )
M3	Изолација спољних зидова: 8 cm неопор + Изолација крова: 10 cm минерална вуна ( $\lambda = 0,041\text{W/mK}$ )
M4	Замена дрвених прозора и балконских врата ( $U = 2,9\text{W/m}^2\text{K}$ ) новим ПВЦ прозорима и балконским вратима ( $U = 1,1\text{W/m}^2\text{K}$ )
M5	Изолација спољних зидова: 8 cm неопор + Замена дрвених прозора и балконских врата

Дијаграмима приказаним на сликама 6.9 и 6.10 дати су резултати анализе примене мера унапређења термичког омотача зграде.



Слика 6.9: Утицај мера на губитке топлоте зграде (а) и на специфичну потрошњу топлоте за грејање и трошкове грејања (б)

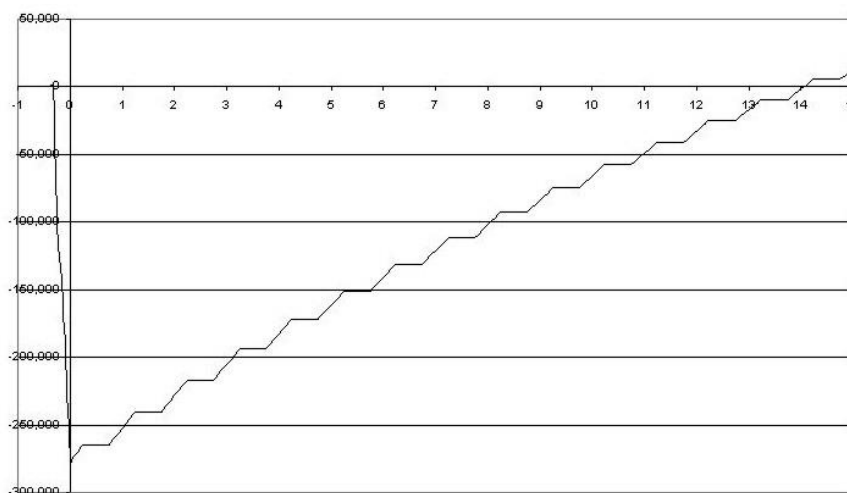




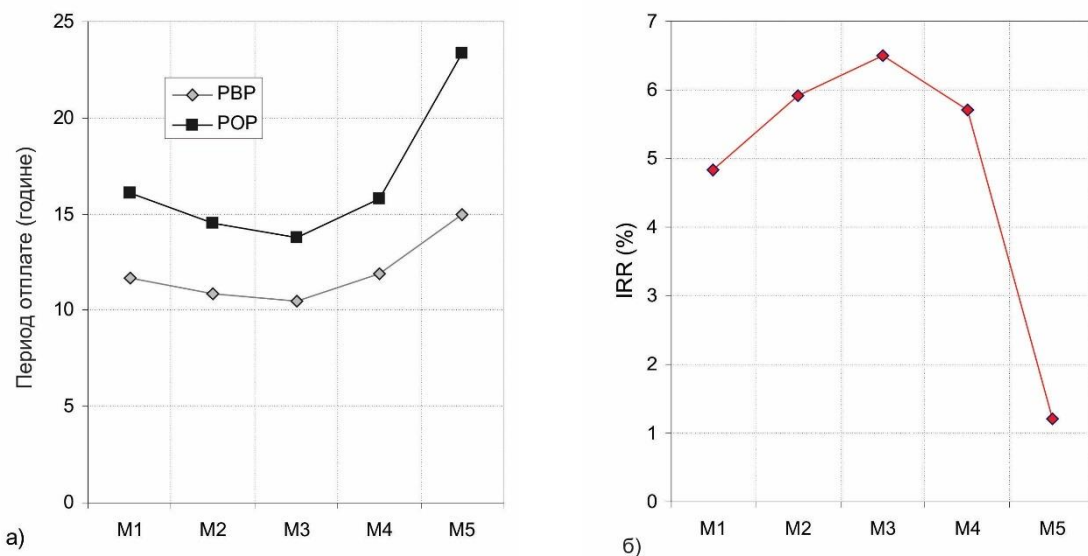
Слика 6.10: Инвестициони и експлоатациони трошкови (а) и уштеде у енергији и новцу (б)

Са енергетског аспекта најбољи је модел М5, међутим, узимајући у обзир финансијске аспекте, најисплативије је решење које нуди модел М3, јер је период повраћаја инвестиције најкраћи.

За предложене сетове мера унапређења енергетске ефикасности зграде (модели од М1 до М5) спроведена је анализа исплативости и финансијске оправданости пројекта унапређења. Животни век пројекта процењен је на 20 година. На дијаграмима који следе (слика 6.11 и 6.11) приказан је кумулативни ток новца (за модел М3), као и прост и динамички период повраћаја инвестиције и интерна стопа рентабилности за све моделе.

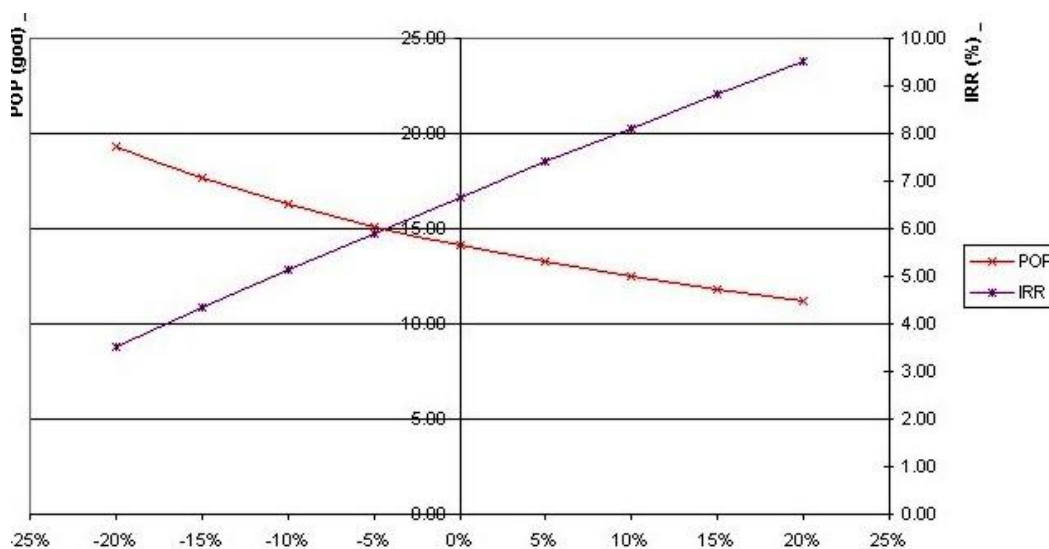


Слика 6.11: Кумулативни ток новца од тренутка улагања у унапређење

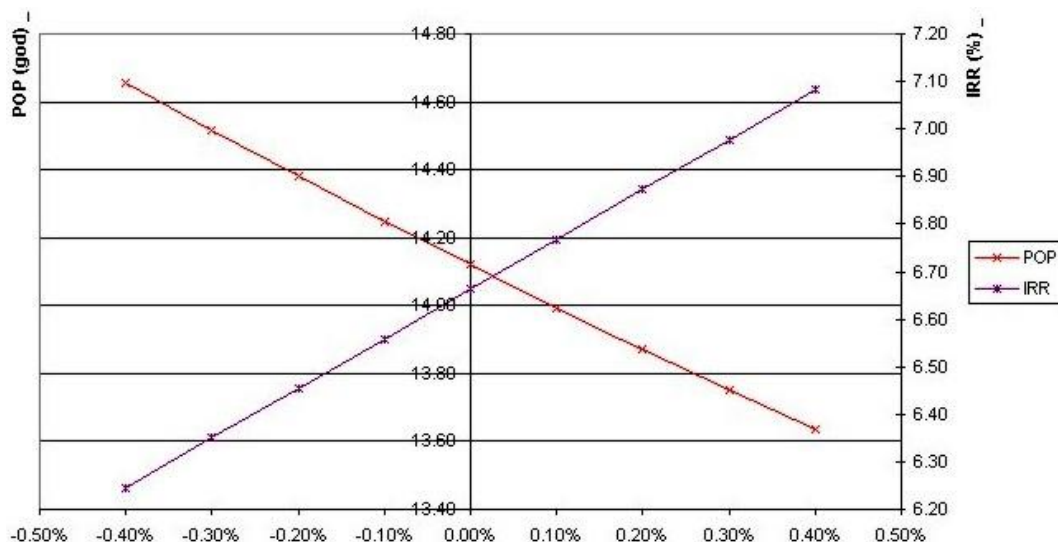


Слика 6.12: Период повраћаја инвестиције (а) и интерна стопа рентабилности (б)

На дијаграмима 6.13 и 6.13 приказана је анализа осетљивости, односно промена финансијских показатеља (ПОП и ИИР) у функцији промене цене енергије и промене стопе инфлације.



Слика 6.13: Утицај промене цене енергије на динамички период отплате инвестиције и интерну стопу рентабилности



Слика 6.14: Утицај промене стопе инфлације на динамички период отплате инвестиције и интерну стопу рентабилности

## Литература

- [1] Закон о ефикасном коришћењу енергије, Сл. гласник РС, бр. 25/13;
- [2] Република Србија, Министарство рударства и енергетике, М. Бањац, Б. Рамић, Д. Лилић, А. Пантић: Енергија у Србији, Космос д.о.о. Београд, 2015.
- [3] Република Србија, Министарство енергетике, развоја и заштите животне средине: Национални акциони план за коришћење обновљивих извора енергије, Београд 2013.
- [4] Шумарац Д., Тодоровић М., Ђуровић-Петровић М., Тришовић Н. (2010): Energy Efficiency of Residential Buildings in Serbia, *Thermal Science*, Vol. 14, Suppl. pp. S97-S113
- [5] The World Bank: "National Building Energy Efficiency Study for Serbia – Market Assessment Report", 2012. Econoler
- [6] Вучићевић, Б., Турањанин, В., Бакић, В., Јовановић, М. анд Стевановић, Ж.: Experimental and numerical modelling of thermal performance of a residential buildings in Belgrade, *Thermal Science*, 2009., Vol. 13, No. 4, pp. 245-252.
- [7] Тодоровић М., Бајц Т.: The influence of the regimes of use of building on total building energy consumption, Regional Conference IEEP 2011, Proceedings on CD, Копаоник, Serbia.
- [8] Treaty establishing the Energy Community  
<https://www.energy-community.org/.../0633975AD6157B9CE053C92FA8C06338.pdf>
- [9] Правилник о енергетској ефикасности зграда, Службени Гласник РС бр. 61/2011.
- [10] Правилник о условима, садржају и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда, Службени Гласник РС бр. 69/2012.
- [11] Official Journal of the European Union L 153: DIRECTIVE 2010/31/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast), 2010.
- [12] Република Србија, Министарство рударства и енергетике: Други национални акциони план за енергетску ефикасност:  
[https://www.energy-community.org/portal/page/portal/ENC\\_HOME/DOCS/3808275/1ED8E49B21CD20DEE053C92FA8C04013.PDF](https://www.energy-community.org/portal/page/portal/ENC_HOME/DOCS/3808275/1ED8E49B21CD20DEE053C92FA8C04013.PDF)
- [13] М. Тодоровић, М. Ристановић: Ефикасно коришћење енергије у зградама, Универзитет у Београду, 2015, ISBN 978-86-7522-049-7

## 7 Системи за грејање зграде и припрему санитарне топле воде

Грејање и климатизација су гране технике и научне дисциплине које се баве остваривањем и одржавањем погодних услова за боравак човека у затвореном простору. Строго узевши, наведена дефиниција односи се на комфорну климатизацију где се услови угодности прилагођавају првенствено људима који ту бораве. За разлику од комфорне климатизације, основни задатак индустријске климатизације је стварање погодних услова за оптимално одвијање технолошког процеса. Наравно, ти услови средине морају бити прихватљиви и за човека. На пример, у појединим погонима текстилне индустрије и појединим фазама прераде дувана потребно је одржавати високу релативну влажност ваздуха (и до 90%) што човек може да поднесе, мада је за њега идеална вредност око 50%.

За разлику од система грејања који остварују функцију загревања простора и делимичног проветравања, **системи климатизације остварују далеко већи број функција у циљу постизања** услова угодности током целе године. Основне функције климатизационих постројења су:

- загревање простора у зимском периоду;
- хлађење простора у летњем периоду;
- вентилација;
- одржавање релативне влажности ваздуха: влажење ваздуха у зимском периоду и сушење (одвлаживање) у летњем;
- одржавање потребног нивоа чистоће ваздуха.

Потребна количина топлоте за грејање се у просторију доводи преко уређаја за грејање (или системом за грејање, уколико је у питању централно снабдевање топлотом). Тренутни топлотни губици просторије надокнађују се радом уређаја за грејање.

Основна подела грејних уређаја за грејање зграда је на:

- ПОЈЕДИНАЧНЕ (локалне) уређаје за загревање појединачних просторија и
- ПОСТРОЈЕЊА ЗА ЦЕНТРАЛНО ГРЕЈАЊЕ.

Када су у питању поделе система централног грејања, онда се оне могу направити према:

1. Носиоцу топлоте (грејном флуиду) на водене, парне или ваздушне системе;
2. Врсти горива на системе на чврсто, течном или гасовитом гориву;
3. Начину одавања топлоте на конвективно, зрачно и комбиновано;
4. Врсти извора топлоте на конвенцијалне и неконвенцијалне системе.

Основна карактеристика локалних грејних уређаја је да се налазе у самој просторији која се греје. У грејном уређају одвија се процес сагоревања горива (чврстог, течном или гасовитом) или претварање неког другог облика енергије у топлоту. Настала топлота у грејном уређају

предаје се просторији у којој се уређај налази. Постоје и решења према којима се један локални уређај може користити и за грејање две просторије (нпр. када се уређај постави у зид две суседне просторије), али је код уређаја за локално загревање ипак уобичајено: један уређај – једна просторија.

Код постројења за централно грејање карактеристично је то што се на један извор топлоте везује већи број грејних тела. Пошто се ложење одвија на једном месту – централизовано – такви системи се називају системи за централно грајање. Постројење за централно грејање има три основна елемента (и већи број помоћних уређаја без којих не би могло да ради), а то су:

1. ИЗВОР ТОПЛОТЕ (котао на чврсто, течно или гасовито гориво; обично топоводни, а може и парни котао; размењивач топлоте – у системима даљинског грејања или кондензатор топлотне пумпе; у неким случајевима може бити и електрични котао)

2. ДИСТРИБУЦИЈА ТОПЛОТЕ (или развод топлоте, цевни развод, цевна мрежа код водених система грејања, која служи да се грејни флуид разведе од извора топлоте до грејних тела и да се обезбеди повратак грејног флуида до извора – затворени систем; код ваздушних система грејања, где је ваздух грејни флуид, користи се каналска мрежа)

3. ГРЕЈНА ТЕЛА (чија је функција одавање топлоте и загревање просторије; постоје различите врсте и конструкције грејних тела)

Постројења за централно грејање имају низ предности у поређењу са локалним уређајима. Централно грејање подразумева централни извор топлоте, у коме се врши сагоревање горива на једном месту, одакле се топлота даље дистрибуира до просторија које се греју. То омогућава бољу контролу процеса сагоревања и веће искоришћење горива. Истовремено је избегнуто разношење горива и скупљање пепела на више места и умањује се опасност од појаве пожара. Код централних система омогућено је постављање грејних тела уз спољне зидове што обезбеђује повољну расподелу температура и боље услове угодности, а грејна тела заузимају мање корисног простора. Економичност централних система нарочито долази до изражаја код оних постројења код којих је остварена добра регулација. Међутим, све добре стране централног грејања могу доћи у питање ако постројење није пројектовано и изведено на одговарајући начин. Постројења за централно грејање имају низ предности у поређењу са локалним уређајима.

Пут до савремених система за грејање и климатизацију може се пратити кроз историју. Наговештаји модерних система јављали у прошлости, али било је потребно да се створе технички услови да би грејање добило данашњи изглед, прецизност и квалитет.

### **7.1 Локални уређаји за грејање**

Према врсти горива/енергије, локални уређаји за грејање деле се на:

- пећи на чврсто гориво;
- пећи на течно гориво;
- пећи на гасовито гориво;

- уређаје за грејање који користе електричну енергију.

ПЕЋИ НА ЧВРСТО ГОРИВО су камини, зидане пећи и металне пећи (бункерске и трајножареће)

Камин представља огњиште које је отворено према просторији (слика 7.1) што доводи до повећане опасности од пожара и продора димних гасова у просторију. Топлота се предаје углавном зрачењем отвореног пламена високе температуре. Акумулациона способност камина није велика, тако да убрзо по гашењу пламена престаје и грејање. У каминима се као гориво користи дрво, па је степен корисности изузетно мали ( $\eta = 10\text{-}30\%$ ). Камини задовољавају естетски критеријум – веома се лепо могу «уклопити» у простор. У нашим климатским условима, класични камини могу се користити само као допунски извор грејања. Међутим, као и већина уређаја, камини су технички унапређивани, тако да модерни камини имају већи степен корисности, контролу интензитета сагоревања, веће акумулационе способности које се постижу израдом масивних ливених ложишта, повећаним одавањем топлоте конвекцијом итд. Такође се конструишу „котловски“ камини, чије је ложиште са спољне стране обложено цевним змијама кроз које струји грејни флуид који се користи и у другим грејним телима.



Слика 7.1: Изглед различитих конструкција камина

Зидане пећи су биле веома распрострањене током шездесетих и седамдесетих година прошлог века.

Најпознатије су каљеве пећи (слика 7.2). Ове пећи имају знатну способност акумулације топлоте. Са унутрашње стране су обложене шамотним плочама, тако да могу грејати и дуго (12–16 сати) након што се прекине ложење. Као гориво у овим пећима могу се користити дрво и угаљ. Степен искоришћења горива креће се око 50% (макс. 80%). Карактеристика ових пећи је добар однос одавања топлоте конвекцијом и зрачењем. Естетски услови су такође задовољени – ове пећи могу веома лепо изгледати и бити израђене од каљева различитих боја и текстуре.





Слика 7.2: Изглед каљевих пећи

Металне пећи су код нас углавном познате као „бубњаре“ или „краљице пећи“ (слика 7.3). Ове пећи уместо акумулације топлоте имају акумулацију горива – могу се напунити горивом, које ће постепено сагоревати – слој по слој. Сагоревање је углавном потпуно. Степен искоришћења горива код ових пећи креће се у границама 60–70%. Мана ових пећи је њихова висока температура површине која може достићи и 200°C што је неповољно због безбедности (опасност од могућих опекотина), сагоревања материја које се налазе на површини пећи и веома интензивне размене топлоте зрачењем која је за човека неугодна.



Слика 7.3: Изглед металних пећи

Трајножареће пећи (углавном крека-весо пећи) биле су код нас такође распрострањене (слика 7.4). Ове пећи испод металног кућишта имају шамотни озид, па је тако повећана акумулација топлоте и снижена температура површине пећи. На тај начин је значајно побољшан однос количине топлоте одате конвекцијом и зрачењем. Акумулација горива је код ових пећи такође присутна, те њихово ложење не захтева велико ангажовање – довољно је убацити гориво у пећ једном до два пута у току дана. Имају добро и потпуно сагоревање, па се степен искоришћења горива креће од 75 до 85%.



Слика 7.4: Трајножареће пећи

Свака пећ мора бити везана за димњак. Правило је: једна пећ – једна димна цев. Димњаци могу бити зидани или монтажни. Зидани димњаци су углавном од опеке и пожељно је да њихова унутрашњост буде глатка (јер је мањи отпор струјању гасова и мање прљање површина пепелом) или неомалтерисана, јер се малтер круни и отпада на високим температурама. Монтажни димњаци се израђују од шамота – обично су кружног попречног пресека ( ф 12, ф 14, ф 16, ф 18, ф 20...)

ПЕЋИ НА ТЕЧНО ГОРИВО се код нас често називају „нафта пећима“ мада, у ствари, користе екстралако уље за ложење. Одавање топлоте претежно се одвија колективним путем јер је метално ложиште обавијено и металним кућиштем (углавном из хигијенских и естетских разлога). Ове пећи, за разлику од уређаја који користе чврсто гориво, имају много бољу регулацију. Степен корисности се креће око 80%. Мана ових пећи је непожељни мирис који се јавља услед испарења из резервоара, продирања димних гасова или услед просипања горива при пуњењу.

ПЕЋИ НА ГАСОВИТО ГОРИВО могу да користе природни (земни) гас или течни гас (пропан-бутан) из боца (слика 7.5). Код ових пећи, однос одате топлоте конвекцијом и зрачењем може бити веома различит, у зависности од конструкције пећи (рефлекторске, са усијаним елементима, са цевним грејачима ваздуха...). Заједничка карактеристика је висок степен искоришћења горива од око 85%, као и добра регулација. При потпуном сагоревању природног гаса, продукти сагоревања су  $\text{CO}_2$  и водена пара. Због тога се пећи мањег капацитета (2-3,5 kW) могу поставити у просторију без повезивања на димњак. За пећи већег капацитета обавезно је повезивање на димњак. Основна функција димњака је, прво, довођење ваздуха потребног за сагоревање, па тек онда одвођење продукта сагоревања. Предности ових уређаја су: чистоћа у раду, једноставно руковање, добра регулација. Недостаци су: опасност од пожара и експлозије и опасност од тровања гасом.





Слика 7.5: Гасне пећи

УРЕЂАЈИ ЗА ГРЕЈАЊЕ КОЈИ КОРИСТЕ ЕЛЕКТРИЧНУ ЕНЕРГИЈУ су: грејалице, калорифери, термоакумулационе пећи, климатизери (сплит системи, топлотне пумпе).

Електрични уређаји се битно разликују у многим елементима од уређаја за грејање који раде сагоревањем конвенционалног горива. Предности: могу се поставити на термички повољније место у просторији; могу да греју и споредне просторије; једноставна регулација одавања топлоте; веома комфортно коришћење са аспекта корисника; еколошки прихватљиво за урбане средине. Недостаци: висока цена енергије (што је код нас мање изражено него у развијеним западним земљама); са аспекта друштва у целини, веома је нерационално користити електричну енергију за грејање:

$$\eta_{\text{пећи}} \sim 50-80\%, \eta_{\text{котла}} \sim 70-85\%$$

$$\eta_{\text{ТЕ, max}} \sim 25-35\%, \eta_{\text{ел. ен.} \rightarrow \text{топлота}} = 1$$

гориво  $\rightarrow$  топлота  $\rightarrow$  водена пара  $\rightarrow$  мех. рад  $\rightarrow$  ел. енергија  $\rightarrow$  топлота

Рационално коришћење електричне енергије за грејање постиже се једино помоћу топлотне пумпе, које имају коефицијент грејања  $\varepsilon_g \geq 2,5-3$ . Тада је:

$$\eta = (2,5-3) \times (25-30\%) \sim 70-90\% .$$

Електричне грејалице користе ефекат загревања проводника (услед отпора провођењу електричне енергије). Топлота се претежно одаје зрачењем и ови уређаји немају никакву способност акумулације топлоте, тако да из мреже „вуку“ струју онда када је грејање потребно, а шпигеви потрошње електричне енергије и топлоте се често подударују, што је свакако неповољно (висока тарифа). Изглед различитих типова електричних грејалица и кварцних пећи приказан је на слици 7.6.



### Слика 7.6: Електричне грејалице

Калорифери су уређаји за грејање који имају уграђен вентилатор којим се остварује принудно струјање собног ваздуха преко електричног грејача чиме се поспешује прелаз топлоте (слика 7.7). Одају топлоту конвективним путем. Немају могућност акумулације топлоте. У односу на грејалице, имају неповољније хигијенске аспекте јер, услед принудног струјања ваздуха, долази до подизања прашине у просторији.



Слика 7.7: Калорифери

Осим електричних, калорифери могу имати и топоводне грејаче. Калорифери могу да раде и са уделом свежег ваздуха ако се монтирају на спољни зид просторије, што је повољније са аспекта квалитета ваздуха, али неповољније са аспекта инсталисаног капацитета грејача.

Термоакумулационе пећи (Слика 7.8) садрже испуну од магнезијумских опека између електричног грејача и металног кућишта, те имају велику моћ акумулације топлоте. Пећ се „пуну“ током ноћи, у доба јефтиније тарифе електричне енергије, а топлоту одаје преко дана, када постоје потребе за грејањем.



Слика 7.8: Изглед термоакумулационе пећи

У себи садрже и вентилаторе, којима се поспешује одавање топлоте конвективним путем. Осим претежног одавања топлоте конвекцијом, један део се предаје и зрачењем које веома повољно утиче на човека који борави у просторији.

Климатизери (топлотне пумпе) као првенствену улогу имају задатак хлађења током лета,

али могу да раде и у режиму топлотне пумпе током хладнијих дана, када греју (слика 7.9).



Слика 7.9: Климатизер – сплит систем

Назив „сплит“ систем потиче од енеглеске речи са значењем „подељен“, јер се уређај састоји из две јединице: спољне и унутрашње. По својој концепцији – то је расхладни уређај који се састоји од компресора, кондензатора, испаривача и пригушног вентила. Радни флуид је фреон. Компресорско-кондензаторска јединица је спољна јединица, док се испаривач налази у унутрашњој јединици. Кондензатор је ваздухом хлађени кондензатор. У режиму хлађења, током лета, фреон се кондензује у кондензатору предајући топлоту спољном ваздуху, а испарава у испаривачу и топлоту испаравања одузима од ваздуха у просторији. Ваздух из просторије се уводи у унутрашњу јединицу са чеоне стране, а убацује назад у просторију са доње стране уређаја. У режиму грејања, кондензатор и испаривач мењају улоге – у унутрашњој јединици врши се кондезација фреона и топлота кондезације се предаје ваздуху у просторији, док се испаравање одвија у спољној јединици. Ови уређаји не могу да раде при веома ниским температурама спољног ваздуха (нижим од  $-5^{\circ}\text{C}$ ) јер долази до стварања иња на спољној јединици и спречавања размене топлоте. С обзиром да су потребе за грејањем највеће током најнижих спољних температура, ови уређаји се могу користити за догревање у прелазним периодима, на почетку и на крају грејне сезоне. Класични климатизери раде тако што загревају или хладе собни ваздух. Дакле, није у питању комплетна климатизација јер се у просторије не уводи свеж спољни ваздух. Међутим, има и изведби ових уређаја који могу радити са делом свежег ваздуха. Такође су развијени и тзв. мултисплит системи, када се жели климатизовати више просторија у згради, па се на једну спољну јединицу повезује већи број унутрашњих јединица.

## 7.2 Уређаји и опрема система централног грејања

### 7.2.1 Котлови за централно грејање

Котлови су уређаји у којима се врши сагоревање горива и претварање хемијске енергије горива у топлоту. Добијена топлота се предаје радном флуиду, који може бити вода, водена пара, ваздух или термално уље. Битно се разликују котлови за воду – тзв. топоводни и вреловодни котлови од котлова за пару – тзв. парних котлова.

Ако је радни флуид ваздух, као што је случај са ваздушним грејањем, загревање ваздуха је обично индиректно – преко размењивача топлоте, а ако је директно, чешће се користе пећи за загревање ваздуха него котлови. Ваздух није добар радни медијум, јер има малу вредност специфичног топлотног капацитета у односу на воду. Ако би дошло до краткотрајног прекида у протоку (престанка струјања ваздуха), температура ваздуха у котлу би нагло порасла, па би

могло доћи до прегревања и оштећења материјала котла.

У техници грејања, у постројењима за централно и даљинско грејање, много чешће се користе топоводни и вреловодни котлови него парни, јер се данас скоро искључиво примењује централно топоводно грејање. Котлови који се користе у системима централног грејања могу бити различитих величина и капацитета. За мале инсталације, често се користе и електрични топоводни котлови, чији се капацитети крећу од 6 до 24 kW – за етажно грејање станова и мањих породичних кућа. Котлови на чврсто и течно гориво капацитета од 20 до 30 kW углавном се користе за грејање породичних кућа, а у градским топланама, у системима даљинског грејања, користе се котлови капацитета до 50 MW. У последње време, много се ради на повећању степена корисности котла, и то на следећи начин:

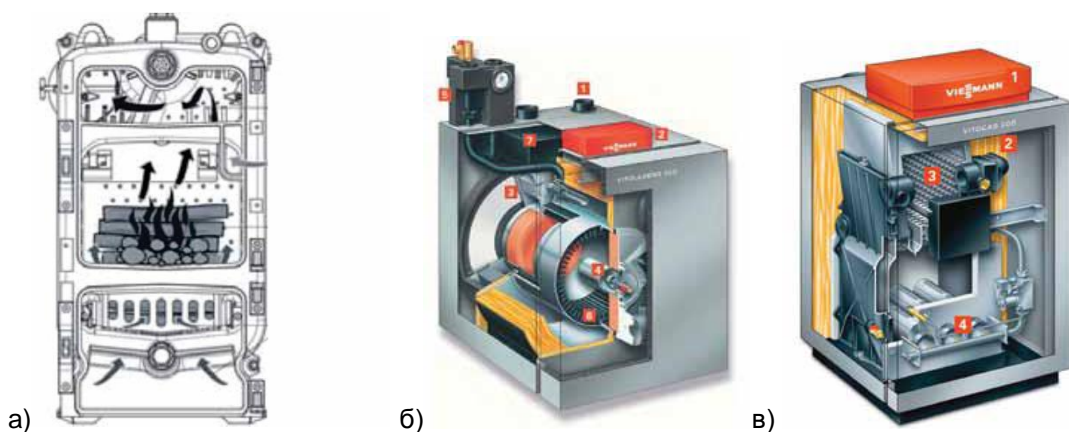
- усавшавају се конструкциона решења;
- раде се прецизнији прорачуни;
- користе се нови материјали и технологије за израду елемената котла.

Како би се што боље искористила енергија садржана у гориву, неопходно је да котлоу буде у потпуности прилагођен гориву. То не подразумева само познавање врсте горива – чврстог, течног или гасовитог, већ и специфичности сваке од врста горива – топлотну моћ, хемијски састав, удео јаловине итд. Осим тога, уколико је у питању чврсто гориво – потребно је познавати врсту угља (лигнит, камени, мрки угаљ или брикети и пелети од биомасе), као и начин сагоревања у ложишту (у слоју – на решетки, непокретној или покретној; у праху – специјални горионици и млинови за угљени прах, као додатна опрема; у флуидизованом слоју – материјал испуне слоја, величина честица угља итд.).

С друге стране, корисници котла би желели да имају што флексибилнији котлоу, у коме би могли да сагоревају различито гориво – нпр. оно које је тренутно најјефтиније или оно које је доступно на тржишту. Произвођачи котлова обично декларишу да се њихов котлоу може користити за сва горива – уколико је у питању сагоревање чврстог горива на решетки, а за течно и гасовито гориво могу се накнадно уградити одговарајући горионици. Јасно је да такав котлоу не може имати висок степен корисности, јер је конструкција котла за чврсто и течно гориво веома различита.

Специфичности горива одређују специфичности конструкције котла, као на пример:

- за горива са високим процентом волатила (испарљивих горивих материја) потребно је доводити секундарни ваздух ради потпунијег сагоревања;
- квалитетни угљеви (кокс, антрацит и камени) могу добро и потпуно да сагоревају у слоју;
- котлови на течно и гасовито гориво могу се лакше регулисати, па су и прекиди њиховом у раду много једноставнији;
- разликују се горионици за течно и гасовито гориво;
- електрични котлови су потпуно различити од котлова на конвенцијално гориво – више су налик бојлерима, него котловима за сагоревање горива.



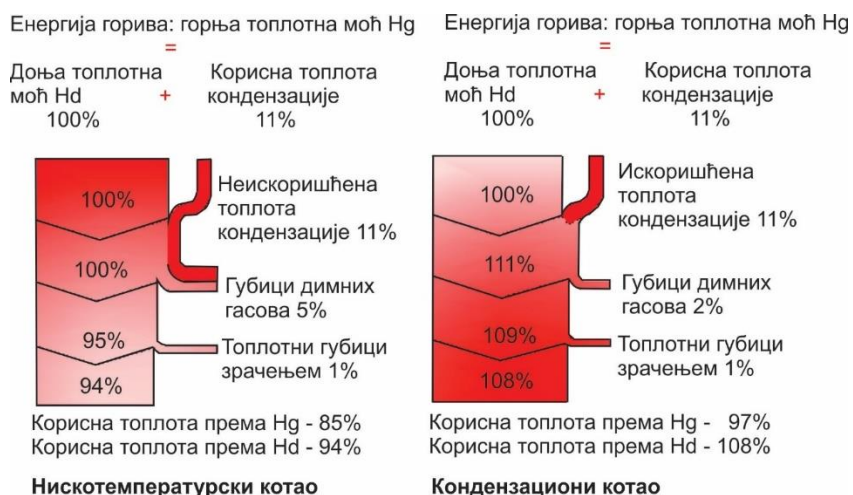
**Слика 7.10: Котлови за централно грејање: а) котло од ливеног гвожђа за сагоревање сечке и угља у слоју; б) челични кондензациони котло на лако лож-уље; в) нискотемпературски котло са атмосферским гориоником на гас**

Кондензациони котлови су котлови код којих се топлота садржана у воденој пари и димним гасовима користи путем кондензације.

Доња топлотна моћ горива  $H_d$  је топлота ослобођена процесом сагоревања горива без додатног искоришћења топлоте кондензације водене паре (димни плинови су сведени на стандардно стање, а водена пара се не кондензује). Код горива која у саставу садрже водоник, те стога у димним гасовима садрже водену пару, разликује се горња топлотна моћ од доње топлотне моћи. Горња топлотна моћ представља топлоту ослобођену процесом сагоревања горива с додатним искоришћењем топлоте кондензације водене паре (димни плинови су сведени на стандардно стање, а водена пара се кондензује). Горња топлотна моћ већа је од доње за количину топлоте кондензације водене паре садржане у димним гасовима.

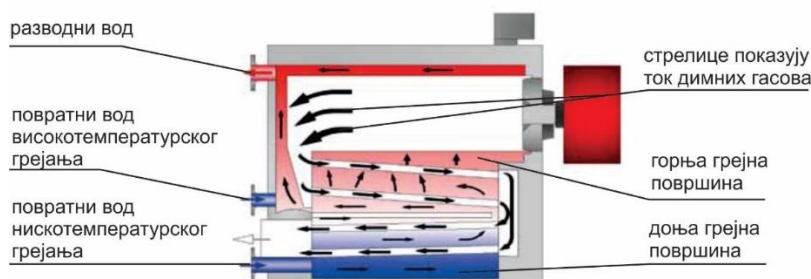
Поред воде настале сагоревањем водоника, и влага знатно утиче на топлотну моћ. Искоришћење топлоте кондензације могуће је и оправдано код горива која садрже водоник (нпр. гасовита горива), али је повезано са проблемима сумпорне корозије у случају када горива садрже и сумпор (лож-уље).





Слика 7.11: Поређење степена корисности нискотемпературског и кондензационог котла

На слици 7.12 приказана је функционална шема једног кондензационог котла.



Слика 7.12: Функционална шема пролаза топле воде и димних гасова код кондензационог котла

## 7.2.2 Пумпе у системима централног грејања

Струјање воде у системима централног грејања може се остварити природним и принудним путем. У првом случају, гравитациони напор је тај који ствара ток воде од котла ка грејним телима и назад. Код пумпног грејања, у рад се укључује пумпа која преноси механичку енергију на течност и тиме се остварује струјање.

Предности пумпног система у односу на гравитациони су:

- већи расположиви напор, што као резултат даје цевну мрежу са мањим пречницима цеви, па је самим тим цевна мрежа јефтинија (укључујући и припадајућу арматуру);
- мања инертност система (веће брзине струјања воде у инсталацији; с обзиром да су мањи пречници цевних деоница, у инсталацији има мање воде па је зато и загревање брже).

Недостаци пумпног система у односу на гравитациони су:

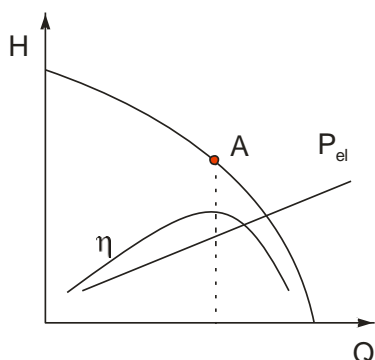
- пумпа троши електричну енергију за погон;
- проблем у раду система уколико дође до прекида у снабдевању електричном енергијом (када је извор топлоте котло на чврсто гориво, чија је регулација спорија, тешко је тренутно смањити капацитет, па може доћи до прегревања);

- бука у систему – када су брзине струјања велике, ствара се бука услед струјања; за пригушење буке користе се еластичне везе између пумпе и цевовода како би се смањило преношење вибрација са пумпе на цевну мрежу.

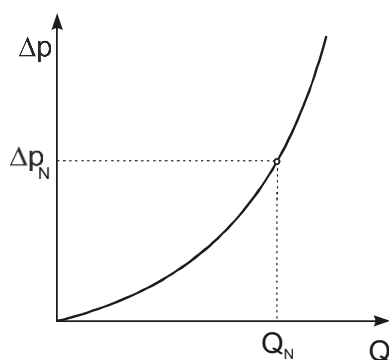
Пумпно грејање се данас скоро искључиво примењује у топоводним системима централног грејања. Примена пумпи у системима омогућава пројектовање и извођење великих разгранатих мрежа. У пумпним системима могуће је имати “потопљена”, грејна тела (која се налазе на мањој коти у односу на котлао, нпр. у подрумским просторијама или етажама испод подрума). Код пумпног грејања, напор пумпе остварује циркулацију воде у систему. Зато се пумпе у системима централног грејања називају циркулационим пумпама.

### 7.2.3 Карактеристика пумпе и радна тачка

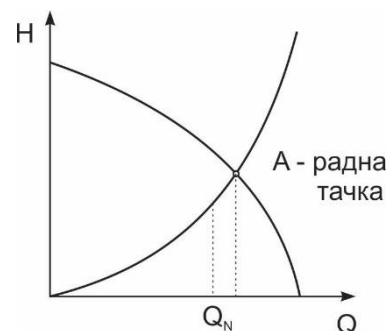
Криве које представљају однос између напора, протока, снаге и степена корисности пумпе називају се карактеристичним кривама (слика 7.13). Крива која показује однос напора и протока који пумпа остварује назива се карактеристиком пумпе (Q-H крива). Напор се може дати у следећим јединицама: [Pa] или [kPa] и [mmH<sub>2</sub>O], а проток у [l/h], [l/s] или [m<sup>3</sup>/h]. За тачку А на дијаграму приказаном на слици 7.13, пумпа има највишу вредност степена корисности и она дефинише услове за које је пумпа конструисана, па треба тежити да се за такве услове и примењује. При свакој промени услова степен корисности ће бити лошији.



Слика 7.13: Карактеристика пумпе



Слика 7.14: Карактеристика цевовода



Слика 7.15: Спрега пумпе и цевовода

Радна тачка пумпе добија се комбинацијом карактеристике пумпе и карактеристике цевовода, која је приказана на слици 7.15. Карактеристика цевовода је крива другог степена у правоуглом систему, где је на ординати дата вредност пада притиска кроз цевовод, а на апсциси вредност протока:

$$\Delta p = \Delta p_{tr} + \Delta p_{lok} = \lambda \frac{l}{d} \frac{w^2 \rho}{2} + (\xi_1 + \xi_2 + \dots) \frac{w^2 \rho}{2} = \left( \lambda \frac{l}{d} + \xi_1 + \xi_2 + \dots \right) \frac{w^2 \rho}{2},$$

$$\Delta p = \left( \lambda \frac{l}{d} + \sum \xi \right) \frac{w^2 \rho}{2}.$$

где су:

$\lambda$  – коефицијент трења,

$l$  – дужина деонице,

$d$  – пречник деонице,

$\rho$  – густина воде,

$w$  – брзина струјања воде,

$\xi$  – коефицијент локалног отпора.

Како је проток кроз цев:

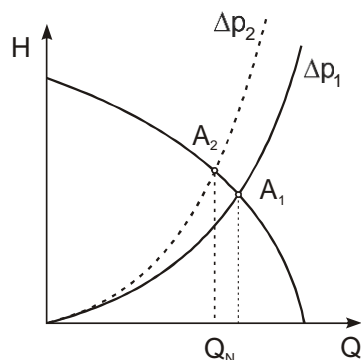
$$Q = w \frac{d^2 \pi}{4} \Rightarrow w = \frac{4Q}{d^2 \pi}$$

следи зависност пада притиска и протока кроз цевовод:

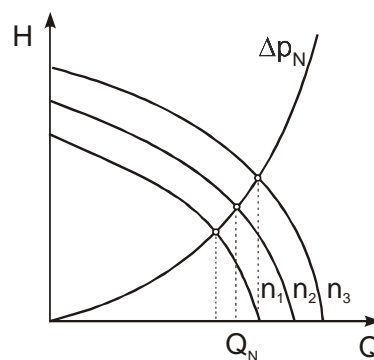
$$\Delta p = \left( \lambda \frac{l}{d} + \sum \xi \right) \frac{8 \cdot \rho}{d^4 \cdot \pi^2} \cdot Q^2 = k \cdot Q^2.$$

Спрега пумпе и цевовода приказана је на слици 6.15. При томе се стварни проток кроз инсталацију  $Q$  може разликовати од номиналног протока  $Q_N$ .

Свођење стварног протока на номинални може се извршити на два начина (који су приказани на сликама 7.16 и 6.17). Први начин је „пригушењем“, односно повећањем отпора струјања у инсталацији (нпр. смањењем отворености балансног вентила), тако да карактеристика цевовода буде стрмија у односу на претходни случај. У пресеку карактеристика добија се радна тачка  $A_2$  тако да је проток кроз инсталацију сведен на номинални. Други начин је променом броја обртаја пумпе – постоје пумпе које могу радити са више брзина (обично 3) или које имају континуалну промену броја обртаја.



Слика 7.16: Свођење на номинални проток „пригушењем“



Слика 7.17: Свођење на номинални проток променом броја обртаја

Пумпе са континуалном променом броја обртаја користе се код система који раде са променљивим протоком грејног флуида. Промена протока, напора и снаге пумпе (коју преузима из електромреже) са променом броја обртаја крећу се на следећи начин:



$$Q = Q_N \cdot \left( \frac{n}{n_N} \right)$$

$$H = H_N \cdot \left( \frac{n}{n_N} \right)^2$$

$$P = P_N \cdot \left( \frac{n}{n_N} \right)^3$$

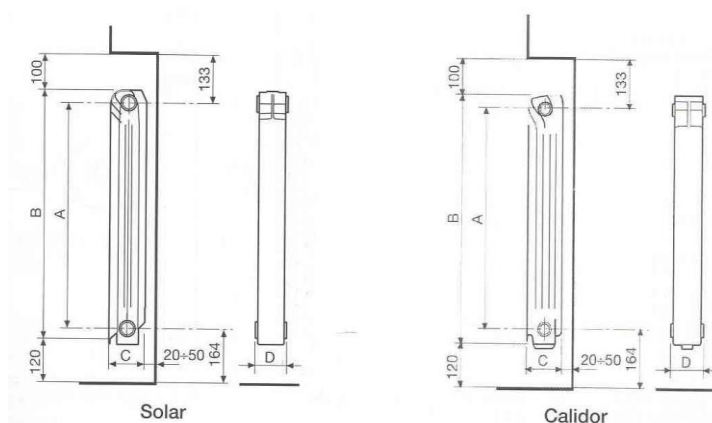
Променљив број обртаја током рада система може значајно смањити потрошњу електричне енергије потребне за рад пумпе, као што је то приказано у примеру у поглављу 5.

### 7.3 Грејна тела у системима централног грејања

Грејна тела представљају један од основних елемената постројења за централно грејање. Задатак грејног тела је да просторији преда одређену количину топлоте, која је једнака тренутним губицима топлоте. Топлота која се производи у котлу, системом цеви се разводи до просторија, а грејно тело затим доведену топлоту предаје просторији. Има више врста грејних тела, а најзаступљенији су радијатори.

#### 7.3.1 Радијатори

Радијатори су чланкаста грејна тела, чија конструкција омогућава постизање жељене површине грејног тела спајањем одређеног броја чланака. Спајање чланака врши се помоћу посебних елемената – назувица. Означавање радијатора се обично врши на следећи начин:  $n$ - $A/C$ , где је  $n$  – број чланака,  $A$  – размак између прикључака и  $C$  – ширина радијатора (слика 7.18)



Димензије радијатора:

$A$  – размак између прикључака

$B$  – висина радијатора

$C$  – ширина радијатора

$D$  – дебљина чланка

Слика 7.18: Димензије радијатора и њихово постављање у увучени парапет

Када се радијатори постављају у нишу испод прозора, тада је неопходно оставити од 70 до 120 mm слободног ваздушног простора изнад и испод радијатора како би се обезбедило опструјавање радијатора собним ваздухом. Уколико нема нише испод прозора, висина

радијатора не сме прелазити висину парапетног зида. Такође је потребно оставити од 20 до 50 mm празног простора између радијатора и спољног зида.

Маскирање радијатора (постављање маске преко радијатора због естетских или заштитних разлога) није добро термичко решење јер је у том случају одавање топлоте смањено за 10 до 30%.

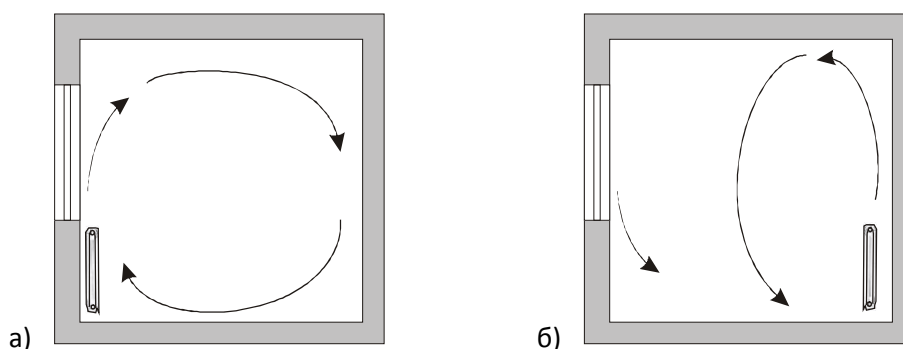
Облик чланака зависи од материјала од кога се радијатор израђује, а то могу бити:

- ливено гвожђе,
- челични лим и
- алуминијумске легуре.

Радијатори су добили назив по жељи конструктора да одају топлоту зрачењем. Међутим, они много више одају топлоту конвекцијом због облика чланака, док се одавање топлоте зрачењем креће у границама 10 – 30%. Радијатор представља добро решење са аспекта услова угодности, поготово када је нижи температурски режим грејања и уколико су добро постављени у просторији.

Најбоље је поставити радијатор уз хладну површину (слика 7.19), на месту где су највећи губици топлоте у просторији, и то:

- испод прозора;
- уз спољни зид.



Слика 7.19: Положај радијатора: а) добри термички услови; б) лоши термички услови

### 7.3.2 Плочаста грејна тела

Плочаста грејна тела углавном се израђују од челичног лима. Њихове основне карактеристике су мала дебљина и велике глатке или профилисане грејне површине.

По питању тока воде и начину одавања топлоте слични су радијаторима, па их често због тога називају плочастим радијаторима. Међутим, плочаста грејна тела немају чланке као радијатори, па самим тим ни могућност добијања жељене површине за одавање топлоте – склапањем на самом објекту, већ се испоручују у фиксним димензијама. Израђују се у стандардним величинама (дужина x висина x дебљина) од чијих вредности зависи њихов топлотни учинак – одавање топлоте.

Плочаста грејна тела су, што се тиче димензија, трајности, монтаже и инертности при

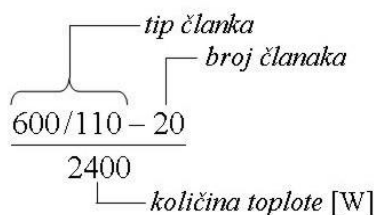
одавању топлоте, готово идентична радијаторима од челичног лима (слика 7.20). Њихова главна предност у односу на чланкасте радијаторе је естетски изглед, а због своје мале дебљине практично не заузимају користан простор у просторији.



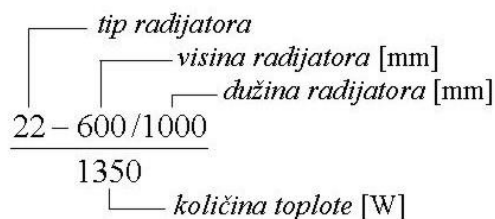
Слика 7.20: Плочасти радијатор

Означавање радијатора:

ČLANKASTI RADIJATORI



PLOČASTI RADIJATORI



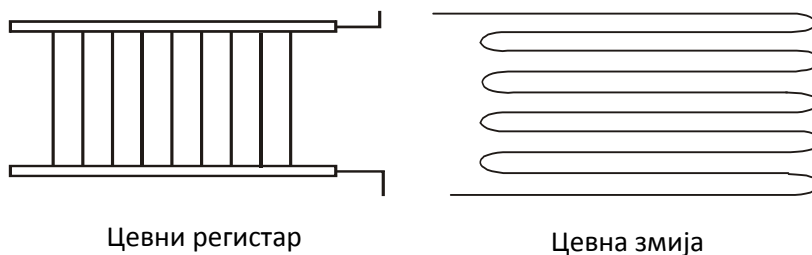
### 7.3.3 Цевна грејна тела

Цевна грејна тела састављена су од више редова цеви слободно изложених собном ваздуху, коме предају топлоту претежно конвективним путем.

Цевна грејна тела се користе у просторијама које имају мале губитке топлоте, попут купатила, тоалета, ходника и блокираних просторија (без спољних зидова и прозора).

Материјал за израду цевних грејних тела углавном је челик. Грејна тела израђују се спајањем челичних цеви на различите начине (слика 7.21).

Предности цевних грејних тела су лако одржавање чистоће (хигијенски услови) и леп изглед површине (могу да се фарбају, никлују, пластифицирају).



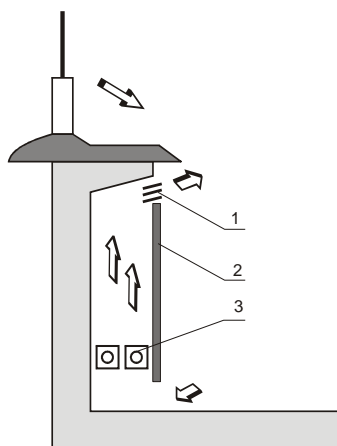
Слика 7.21: Различите конструкције цевних грејних тела

У циљу повећања одавања топлоте цевна грејна тела могу да се оребравају. С обзиром да коефицијент прелаза топлоте са чврстих тела на ваздух има нижу вредност од коефицијента прелаза топлоте са воде на чврсто тело (зид цеви), повећањем спољне површине цеви оребравањем постиже се боље одавање топлоте. Недостатак је то што оребрене површине нарушавају хигијенске услове у просторији.

### 7.3.4 Конвектори

Конвектори су ламеласте загрејачи ваздуха који се израђују од оребрених цеви (челичних цеви са челичним ребрима или бакарних цеви са алуминијумским ребрима). Сам загрејач ваздуха (размењивач топлоте) смештен је у посебно кућиште, чија конструкција поспешује природну конвекцију (слика 7.22). Висина кућишта, односно размак између горњег и доњег отвора на кућишту, директно утиче на узгонску силу која остварује циркулацију ваздуха кроз конвектор. Одавање топлоте одвија се искључиво конвекцијом (па су тако и добили назив).

Топлотни учинак конвектора (одавање топлоте) зависи од броја основних цеви размењивача топлоте, али и од висине кућишта. Подешавање грејног капацитета може се вршити и са „водене“ и са „ваздушне“ стране. Регулација са „водене“ стране остварује се регулационим вентилом, то јест променом температуре воде која струји кроз загрејач. Регулација може бити и квалитативна, а остварује се променом протока грејног флуида. Са „ваздушне“ стране регулација се врши жалузинама које се налазе на излазном отвору за ваздух (на овај начин, не мења се хидраулички режим у цевној мрежи).



Елементи конвектора:

- 1 – Канал за струјање ваздуха са жалузинама и успостављање узгонског ефекта
- 2 – Кућиште конвектора
- 3 – Конвекторско тело – загрејач ваздуха израђен од оребрених цеви

### Слика 7.22: Конструкција конвектора

Предности конвектора у односу на радијаторе:

1. Компактнији су (лакши, мање материјала, јефтинији)
2. Естетски изглед (лепа маска која се може уклопити у сваки ентеријер)
3. Мања инерција (брже ступају у дејство од радијатора)
4. Поред централне регулације са „водене“ стране, постоји и локална регулација у самој просторији (са „ваздушне“ стране)
5. Могу да издрже више притиске (у високом зградама са великом вредношћу статичког притиска)

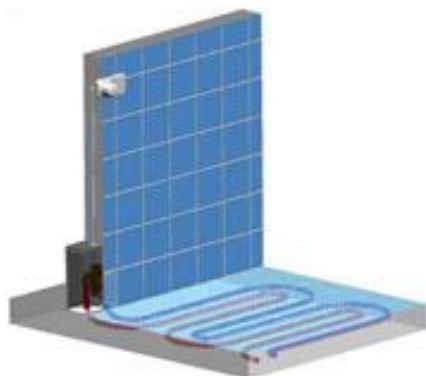
Недостаци конвектора:

1. Лоши хигијенски услови (тешко одржавање чистоће – таложење прашине и њено подизање при раду конвектора)
2. Нема одавања топлоте зрачењем

Конвектори се данас више не користе за стамбене објекте (пре свега из хигијенских разлога), а веома ретко се користе за пословне објекте и објекте опште и јавне намене. Њихова примена данас се јавља само у објектима који се повремено греју, када је потребно остварити брзо загревање простора. Чак и у тим објектима их има све мање, јер их потискују калорифери и ваздушно грејање.

#### 7.3.5 Панелна грејна тела

Панелна грејна тела (или само панели) су грејна тела састављена од неоробрених цевних змија, које се постављају у грађевинску конструкцију просторије (слика 7.23). Цеве се могу поставити слободно у подној плочи (око њих је мањи слој ваздуха који се загрева) или се уливају у бетон. Уколико се цеве панела уливају у бетон, важно је да коефицијент температурског ширења цеви и бетона буде приближно исти, како не би долазило до пуцања грађевинске конструкције и самих цеви. Цеве од којих се израђују панели могу бити челичне (што је јако ретко), бакарне и пластичне (полетиленске, полипропиленске...)



У зависности од тога у који грађевински елемент просторије се уграђују панели разликује се:

- подно (најчешће),
- зидно и
- плафонско грејање.

### Слика 7.23: Подни панел

Панел прекрива цео грађевински елемент или његов већи део, па тако код подног грејања – под представља грејно тело.

Панелна грејна тела одају топлоту:

- зрачењем на околне површине у просторији (код подног грејања око 55%, док код плафонског грејања може достићи и 90%) и
- конвекцијом на собни ваздух (код подног око 45%, а код плафонског знатно мање).

Панелна грејања увек се изводе као нискотемпературска грејања, пошто је повећана површина за размену топлоте. То значи да се грејање може остварити и мањом температурском разликом између грејног флуида и ваздуха у просторији.

Предности панелног грејања у односу на радијаторско грејање:

1. Повољнија расподела температура по запремини просторије (подно грејање).
2. Повољнији услови угодности за боравак људи због нискотемпературског зрачења.
3. Нема подизање прашине.
4. Могућност коришћења алтернативних извора енергије (ОИЕ – соларне и геотермалне).
5. Нижа температура ваздуха за исте услове угодности – уштеда енергије.
6. Нема видних грејних тела у просторији – нема нарушавања ентеријера.
7. Могућност коришћења за хлађење током лета (плафонски панели).

Недостаци панелног грејања у односу на радијаторско грејање:

1. Инертан систем (отежана регулација).
2. Високи инвестициони трошкови, уколико се инсталација не изводи током грађења објекта.
3. Велика материјална штета уколико дође до пуцања цеви.

## 7.4 Системи топоводног грејања

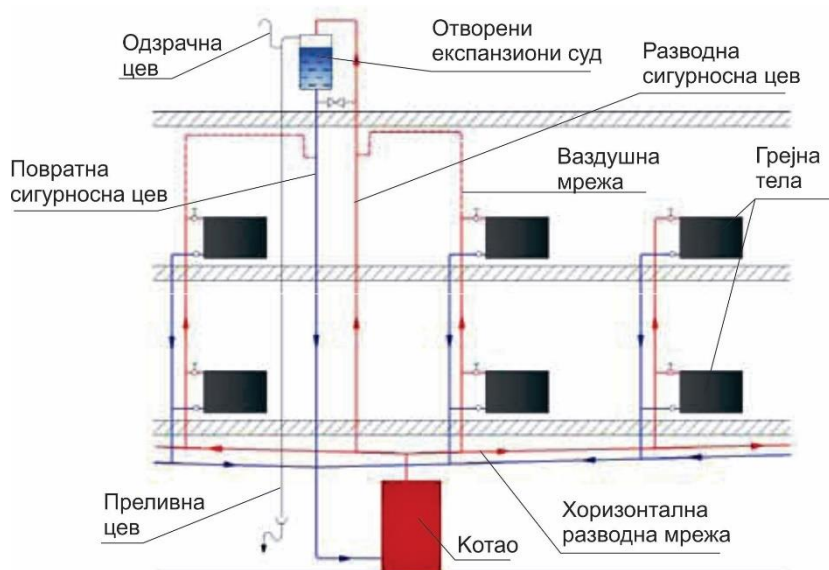
Системи топоводног грејања користе топлу воду као носиоца топлоте, максималне температуре до 110°C. Вода се загрева у котловима и кроз цевну мрежу доводи до грејних тела у просторијама у којима се хлади, а затим се поновно враћа у котлоу на загревање.

Поделе се могу направити на бази различитих критеријума:

- Према сили која осигурава циркулацију воде: гравитациона и пумпна;
- Према начину вођења цеговода: једноцевна и двоцевна;
- Према положају разводне хоризонталне цевне мреже: с горњим и доњим разводом

- Према вези с атмосфером: отворена и затворена топоводна грејања.

У систему гравитационог грејања струјање воде кроз цевну мрежу остварује се услед узгонске силе, природним путем, односно без утrophка механичке енергије. Сва грејна тела на истом нивоу (истом спрату) налазе се на истој висинској разлици у односу на котлао, па према томе имају и исти расположиви напор. Међутим, дужина цевне мреже којом је грејно тело повезано са котлом (струјни круг), разликује се за скоро свако грејно тело. Избором одговарајућег пречника цеви деоница у струјном кругу, тежи се да укупан пад притиска (услед трења и локалних отпора) буде једнак расположивом напору – то важи са све струјне кругове. Струјни круг чине све деонице цевне мреже од котла до грејног тела и од грејног тела до котла, чиме је формиран затворени круг у коме струји грејни флуид. На слици 7.24 приказана је шема система гравитационог грејања са доњим разводом.

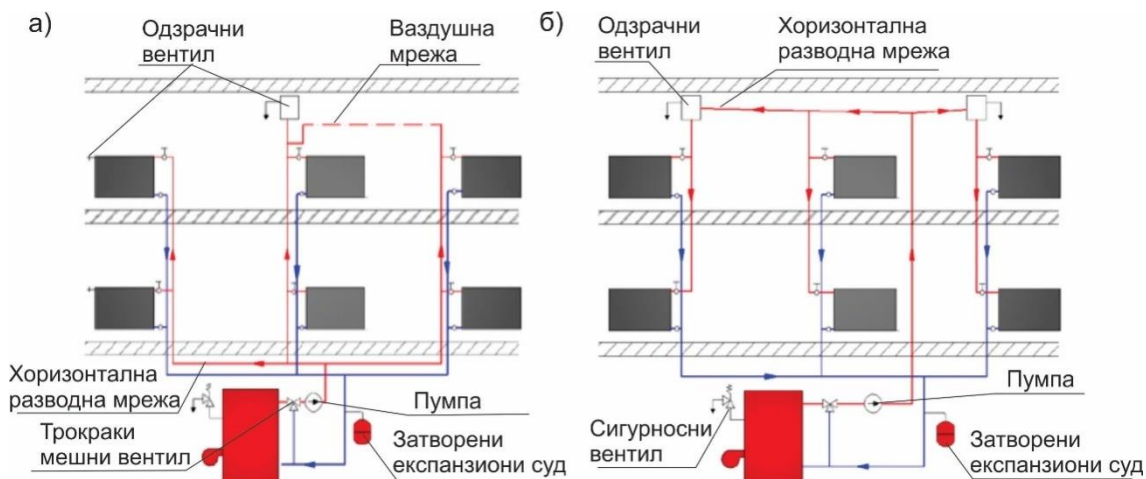


Слика 7.24: Шема система отвореног гравитационог грејања са доњим разводом

Доњи развод подразумева да се хоризонтална цевна мрежа води испод таванице подрумских просторија, односно на нивоу испод грејних тела. Све хоризонталне деонице цевне мреже изводе се под нагибом од 5‰, што је неопходно због пражњења цевне мреже и одзрачивања инсталације (одвођења ваздуха из система при самом пуњењу инсталације водом, али и у току рада, уколико се у систему јаве мехурићи ваздуха). Хоризонталне цеви у мрежи постављене су тако да омогућавају кретање ваздуха у смеру навише (с обзиром да је ваздух лакши од воде). Цевна мрежа се у својим највишим тачкама (на врховима свих успонских водова) повезује са ваздушном мрежом (на цртежима у пројекту обично се приказује линијом црта – тачка – црта). Ваздушна мрежа повезана је са отвореним експанзионим судом преко разводне сигурносне цеви, тако да се избацивање ваздуха ван система врши преко одзрачне цеви на отвореном експанзионим суду. На самој ваздушној мрежи изведене су цевне петље, које омогућавају пролаз ваздуха навише и стварање „ваздушних чепова“ ради спречавања евентуалног струјања воде кроз ваздушну мрежу.

На слици 7.25 приказане су шеме система пумпног грејања са доњим, односно горњим разводом.





**Слика 7.25: Шема система отвореног гравитационог грејања са доњим разводом**

Циркулациона пумпа је на шемама постављена у главни разводни вод, иза котла, што обезбеђује натпритисак у већем делу инсталације. Пумпа се може поставити и у главни повратни вод, па се тада већи део инсталације налази у стању потпритиска. Изглед поља притиска у мрежи зависи од места повезивања експанзионог суда са инсталацијом.

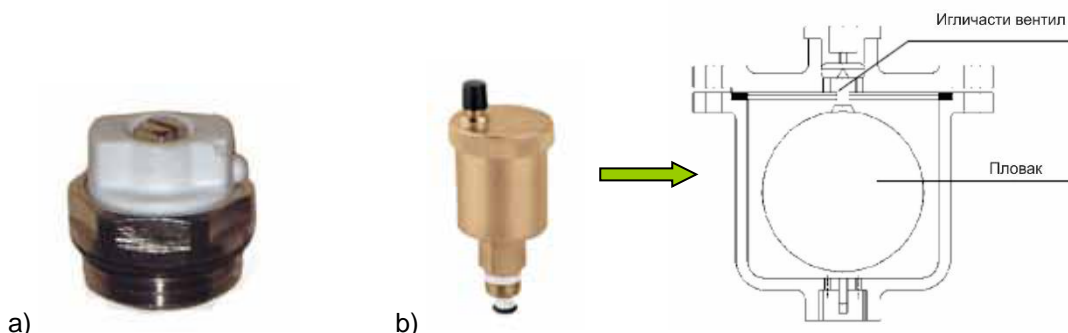
Радијаторски вентили постављени су на разводним прикључцима грејних тела и имају улогу смањења протока кроз грејно тело или потпуно затварање, то јест искључивање грејног тела из система.

Радијаторски навијци постављају се на повратним прикључцима грејних тела. Они могу имати двоструку улогу, слично регулационим вентилима на вертикалама: затварање (одвајање грејног тела од мреже), уколико се жели извршити било каква интервенција на грејном телу или његова замена (затварају се у пару са радијаторским вентилима) и регулисање (када се врши балансирање мреже), па је потребно извршити пригушење на грејном телу (повећати отпор струјању у струјном кругу посматраног грејног тела). У великим системима ово је веома важна функција.

Трокраки мешни вентил је регулациони вентил који има улогу централне регулације рада система. Мешањем повратне и разводне воде у погодном односу, снижава се температура разводне воде и остварује се квалитативна централна регулација рада система.

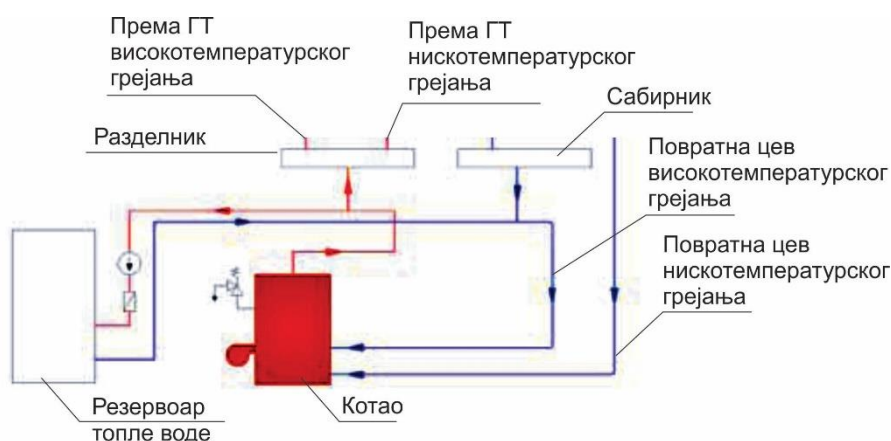
Ваздушна мрежа води се на исти начин као и у случају гравитационог грејања код отворених система, али нема цевних петљи, већ се на вертикале постављају вентили, који су сасвим мало отворени. Разлог за то је већи натпритисак у систему пумпног у односу на гравитационо грејање. Други начин одзрачивања, такође честог у примени, је постављање одзрачних вентила (радијаторских) на сва грејна тела, као што је приказано на шеми система са доњим разводом и затвореним експанзионим судом (слика 6.10 а). Код таквог начина одзрачивања система, нагиб разводних прикључака грејних тела је супротан (ка грејном телу). Одзрачни вентили (аутоматски) у систему са затвореним експанзионим судом могу се поставити и на врху вертикала (слика 6.10). У том случају, нагиб разводних прикључака је исти као у случају постављања ваздушне мреже. Дакле, одзрачни вентил увек се поставља у највишој тачки (тачкама) инсталације, при чему цевна мрежа мора имати такву конфигурацију

(у погледу нагиба) да не постоје места са контра нагибом у којима би се могли формирати ваздушни чепови. Одзрачни вентили приказани су на слици 7.26.



Слика 7.26: Одзрачни вентили: а) радијаторски и б) аутоматски са пловком

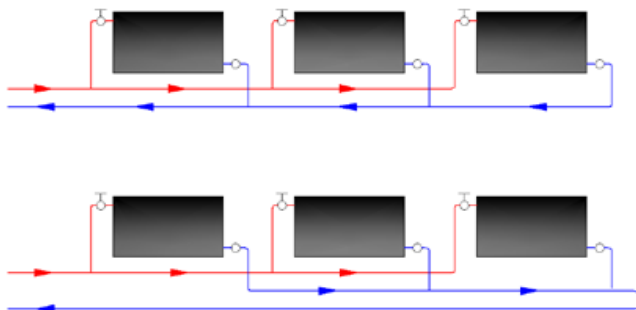
Када су у питању велике зграде и разгранате цевне мреже које се проводе кроз зграду, у котларници се постављају разделник и сабирник, односно снабдевање топлотом дели се на зоне тако да ка свакој зони иде по једна грана (главна разводна цев), која креће из разделника. Паралелно са њом проводи се и повратна грана. У великим системима обично се у сваку разводну грану поставља посебна циркулациона пумпа (гранска пумпа) која обезбеђује потребан напор и проток у грани. Некада се из истог извора топлоте могу снабдевати различити потрошачи, који се разликују по температурском режиму (на пример систем радијаторског грејања, систем подног грејања, систем централне припреме топле санитарне воде итд.). Сваки систем, у том случају, има своје главне гране и циркулационе пумпе. На слици 7.27 приказана је шема повезивања кондензационог котла са потрошачима топлоте који раде у различитим температурским режимима.



Слика 7.27: Шема повезивања кондензационог котла са различитим потрошачима

У зградама мале спратности а велике површине, разгранатост цевне мреже је доминантна у хоризонталном пружању. Тада се повезивање грејних тела код двоцевних система може вршити на начин приказан на слици 6.28. Радијатори на слици 6.28 горе, повезани су са хоризонталном мрежом тако да најудаљеније грејно тело има највећу дужину струјног круга, а најближе има најмању дужину деоница. Пад притиска до најудаљенијег грејног тела приликом струјања воде у мрежи тако је највећи, док је у осталим струјним

круговима потребно правити пригушења. На слици 7.28 доле, радијатори су повезани у Тихелманов струјни круг. Карактеристика Тихелмановог круга је иста укупна дужина деоница (разводни и повратни) од разделника до сваког грејног тела, па су хидраулички отпори уједначени, а могућност балансирања мреже боља.



Слика 7.28: Хоризонтални двоцевни развод: обичан (горе) и Тихелманов (доле)

Двоцевни системи топоводног централног грејања имају посебан цевовод за развод воде, тако да свако грејно тело добија воду исте температуре. Повратна вода скупља се посебним цевоводом (повратном мрежом) и враћа назад у котлоу. Цевна мрежа код двоцевног система има променљив пречник, при чему се у разводном цевоводу попречни пресек деоница смањује, а у повратном повећава у смеру струјања воде. Таква цевна мрежа захтева више посла око монтаже и вођење по две цеви кроз зграду, што може бити отежано када се грејање накнадно уводи у већ постојећу зграду.

Једноцевни системи ублажавају наведене неповољне ефекте двоцевних система, код којих су разводна и повратна мрежа јединствен цевовод. Једноцевни развод, без обзира на број грејних тела, има исти пречник и исти проток. Вода која прође кроз једно грејно тело потом улази у следеће (и тако редом), при чему у свако следеће грејно тело вода улази са нижом температуром него у претходно, све док не изађе из последњег грејног тела са температуром која одговара температури повратне воде целог система. Температурски пад у сваком грејном телу код једноцевних система мањи је него код двоцевних система, а средња температура воде у грејним телима опада у смеру струјања воде, тако да се њихова површина повећава. Грејна тела у једноцевном систему која су ближе котлу имају мању површину (јер је средња температура воде у њима виша), а она која су даље имају већу површину у односу на двоцевне системе. Укупна површина грејних тела код једноцевних система ипак је нешто већа у односу на укупну површину двоцевних грејних система.

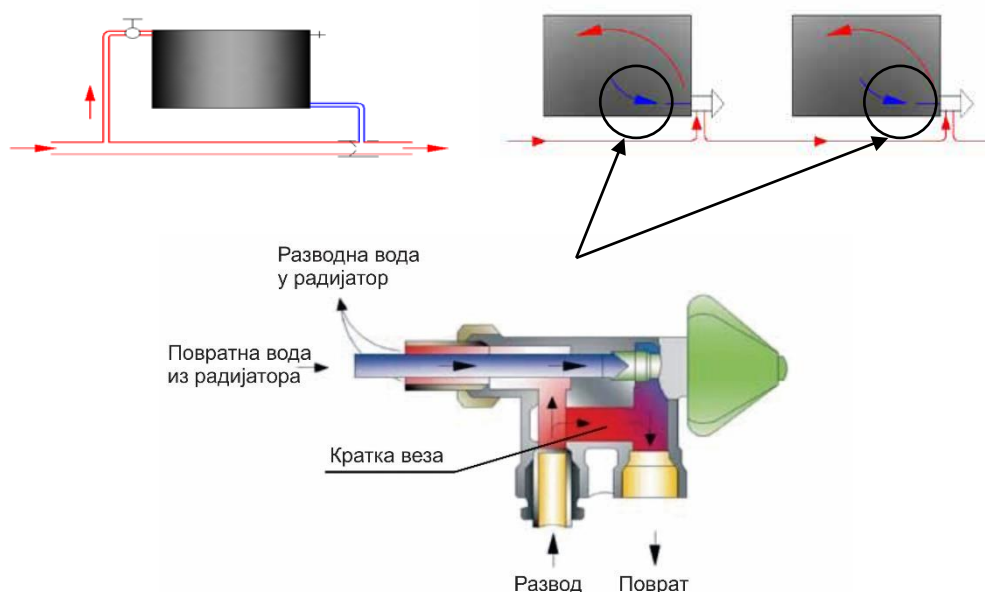
Предности једноцевних система у односу на двоцевне:

- краћа цевна мрежа (мања дужина цевовода – нижа цена),
- боље и лакше уравниотежење мреже (урегулисавање),
- једноставније мерење потрошње топлоте (поготово код хоризонталних система).

Једноцевни системи без разделявања протока кроз грејна тела и мрежу и без локалне регулације, могу се уводити код мањих симетричних система. Могуће је опционо постављање

регулационих вентила на вертикалама или хоризонталним гранама. Мана оваквог система је лоша локална регулација због немогућности „раздељивања“ протока. Укупан проток кроз вертикалу, односно грану, одговара протоку кроз сва грејна тела. Једноцевни системи без кратке везе код нас нису у примени. Раздељивање протока могуће је остварити другачијим повезивањем (слика 7.29 лево) или постављањем кратке везе између разводног и повратног прикључка радијатора, што је, у новије време, обезбеђено уградњом посебних радијаторских вентила за једноцевно грејање (слика 7.29 десно). На слици 7.29 доле приказан је пресек кроз радијаторски вентил за једноцевно грејање.

Једноцевно грејање повољно је за примену код етажног грејања. Хоризонтални једноцевни системи имају знатно већу примену од вертикалних система. Код хоризонталних система, грејна тела се наизменично везују формирајући хоризонталне циркулационе гране. Свака грана загрева по део грејане површине зграде на једном спрату, тако да их на једном нивоу може бити и више. У систему са хоризонталним гранама скраћује се дужина вертикалног и хоризонталног дела у односу на вертикалне системе. Број вертикалних деоница је мањи. Вертикале за хоризонталне гране постављају се у помоћним просторијама зграде (степеништа, шахтови). Хоризонталне деонице углавном се проводе кроз саму конструкцију пода просторија које се греју (нису видно постављене), па се у просторији виде само цеви прикључака радијатора.



**Слика 7.29: Раздељивање протока кроз грејно тело: начином повезивања (лево) и кратком везом уз помоћ вентила са уронском цеви (десно)**

Примена једноцевних система у великим зградама омогућава издвајање сваког стана (или посебне зоне једног корисника или власника) у посебан хоризонтални циркулациони круг, чиме је омогућено једноставно и прецизно мерење утрошене топлоте за грејање. У развијеним земљама већ годинама је пракса да се рачун за грејање (за станове и пословне просторе повезане на систем даљинског грејања) плаћа према стварно потрошеној количини

топлоте, а не паушално – према површини стана.

Уколико на једном спрату зграде има више станова, поставља се разводни орман са разделником и сабирником како би сваки стан имао свој засебан циркулациони круг. Разводни орман представља везу између главних успонских водова и струјних кругова станова на посматраном спрату зграде. Мерило утрошене топлоте (калориметар) поставља се на улазу цеви у сваки стан. Мери се проток воде, температура разводне и температура повратне воде, па се на основу тога добија податак о утрошеној топлоти за грејање.

### **7.5 Централна и локална регулација топлотног учинка**

Током рада централних система грејања, због промене климатских утицаја (превасходно температуре спољног ваздуха и брзине ветра) топлотне потребе се стално мењају. Испорука топлоте из котла стално мора да се прилагођава тренутним топлотним потребама потрошача. Топлотне потребе мењају се и у току дана и у току грејне сезоне. Поставља се питање како систем централног грејања треба да прати те потребе.

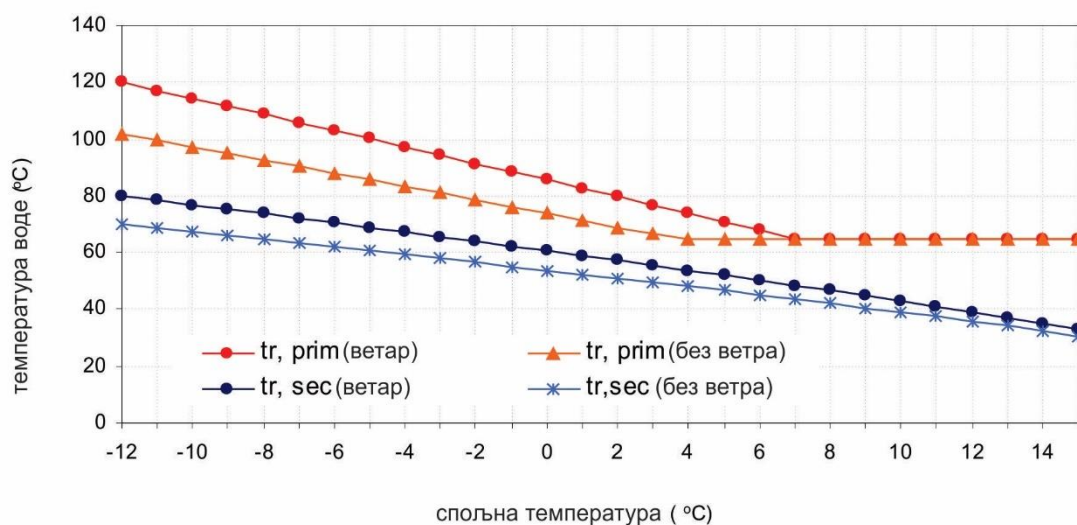
Услед дневних и годишњих промена потребе потрошача, у систему даљинског грејања потребно је ускладити динамику испоруке топлоте из топлане. Централна регулација количине топлоте која се испоручи у јединици времена може се остварити на следеће начине:

1. Променом температуре разводне воде, при константном протоку;
2. Променом протока воде, при константној температури развода;
3. Комбиновано, променом оба параметра.

Први начин регулације омогућава смањење испоручене количине топлоте снижавањем температуре разводне и повратне воде, што је повољно са аспекта смањених губитака топлоте у транспорту (цевоводу). Осим тога, при одржавању константног протока повољна је расподела топлоте у систему (под условом да је цевна мрежа добро избалансирана). Сваки потрошач добија ону количину топлоте која му је потребна у складу са тренутним губицима. Клизни дијаграм промене температуре разводне воде у функцији спољне температуре и ветра приказан је на слици 7.30. На основу овог дијаграма врши се централна регулација топлотног учинка у Београдским електранама. Недостатак оваквог начина регулације је што кроз систем циркулише непотребно велика количина воде током целе сезоне, што изискује веће трошкове за погон циркулационих пумпи. Овај начин регулације примењује се код нас и у великом броју европских земаља.

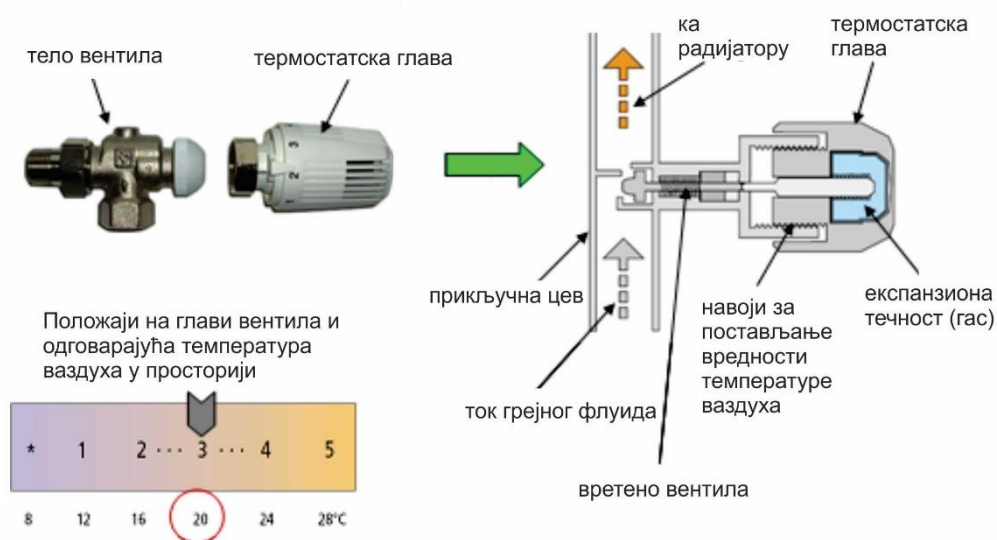
Смањењем протока воде такође је могуће испратити смањење топлотног конзума. Применом овог начина регулације долази до смањења брзина струјања у цевоводу, па је пад притиска услед трења и локалних отпора мањи, што доводи до мањег напора пумпе и значајно мање потрошње електричне енергије за погон пумпи (електрична снага пумпе мења се са трећим степеном у односу на промену протока). С друге стране, недостатак оваквог начина регулације су повећани губици топлоте у транспорту.

Комбинована регулација променом протока и температуре разводне воде је најповољнији начин регулације – недостаци прва два начина су умањени.



Слика 7.30: Клизни дијаграм

Локална регулација подразумева одржавање жељене унутрашње температуре ваздуха у појединим просторијама у згради. Због разлика у намени, оријентацији у простору и броју људи који у њима борави, а и због добитака топлоте од осветљења и других електричних уређаја, просторије које се греју из истог извора топлоте имају различите потребе за количином топлоте која се испоручује. Када не постоји локална регулација топлотног учинка, просторије оријентисане ка југу и великим добицима од унутрашњих извора се “прегревају”, па корисници често примењују “регулацију” честим проветравањем и отварањем прозора. Најчешћи начин примене локалне регулације је постављање собног термостата или радијаторских вентила са термостатским главама. На слици 7.31 приказан је принцип рада термостатског радијаторског вентила.



Слика 7.31: Радијаторски вентил са термостатском главом - принцип рада

Собни термостати (слика 7.32) могу бити класични биметални термостати или електронски, са дисплејом за приказивање жељене и стварне температуре. Електронски собни



термостати имају могућност избора 4 режима рада: комфорни, стендбај (stand by), ноћни и режим заштите од смрзавања. Могу имати и могућност међусобне комуникације, као и комуникације са централним системом. Због тога избор режима рада може да се врши локално, али и из централног система. Електронски собни термостати могу бити и мултифункционални, за истовремено управљање и другим електромашинским инсталацијама у објекту.



Слика 7.32: Различите врсте собних термостата

Као извршни органи, у комбинацији са собним термостатима користе се покретачи управљачких вентила, и то: ON/OFF термоелектрични извршни елементи, пропорционални извршни елементи и моторизовани погони (слика 7.33).



Слика 7.33: Покретачи управљачких вентила

Напоследку, постоје и електронске термостатске главе (слика 7.34), код којих су у једном уређају удружене функције програмабилног собног термостата и покретача вентила.

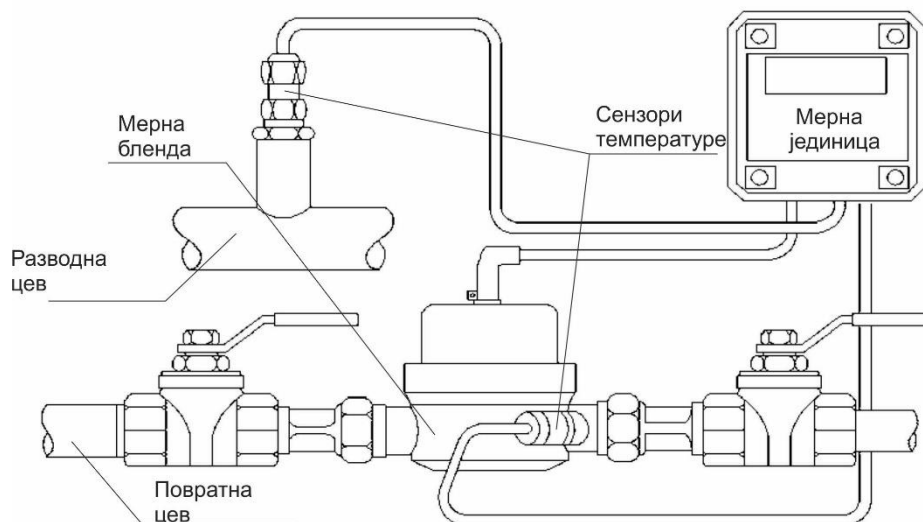


Слика 7.34: Електронске термостатске главе

Како би коришћење енергије за грејање у систему било ефикасно, неопходан предуслов



је да постоји мерење утрошене топлоте. Тако корисник има могућност да прати потрошњу током одређеног временског периода, као и да коригује своје понашање у циљу рационалне потрошње. Уређај за мерење утршка топлоте назива се калориметар и шематски је приказан на слици 7.35.



Слика 7.35: Калориметар за мерење потрошње утршене топлоте за грејање

Уређај се састоји од мерне јединице, која добија податке о температури воде у разводном и повратном воду преко одговарајућих сензора, као и податак о тренутном протоку воде преко мерне бленде. Интеграљењем једначине топлотног протока у времену, добија се податак о утршеној топлоти.

## 7.6 Арматура у системима централног грејања

У зависности од функције коју треба да обавља у систему, постоји следећа подела арматуре:

- запорна (има функцију "ON/OFF", тј. поставља се у положај отворено/затворено);
- балансна (има функцију при балансирању система приликом пуштања у рад);
- регулациона (има функцију регулације топлотног учинка током грејне сезоне) и
- сигурносна (има заштитну функцију – обично штити елементе система од превисоког притиска).

Запорна арматура могу бити различите врсте засуна и славина (слика 7.36)



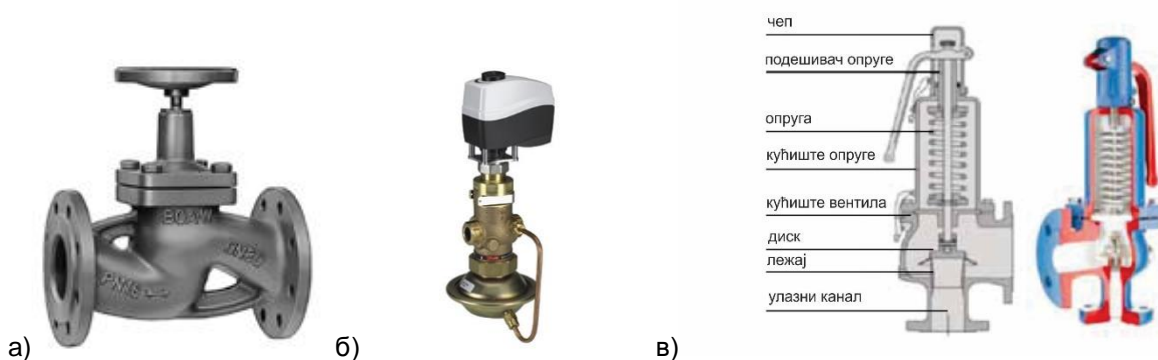
Слика 7.36: Запорна арматура: а) Засун; б) лептир славина; в) кугласта славина

Балансна арматура су различите врсте вентила, најчешће са косим седиштем због опсега пригушења који се постижу (слика 7.37). То су вентили на којима се, преко прикључака за мерни инструмент, може мерити проток и који се може поставити на пројектну вредност.



Слика 7.37: Балансни вентили за регулацију протока

Регулациона арматура има улогу подешавања одређених параметара система на основу сигнала о утицајној измереној величини. На пример, на основу измерене температуре у разводу и постављене вредности у регулатору, шаље се сигнал погону вентила који покреће вретено и по потреби затвара или отвара вентил. Погони вентила могу бити ручни, магнетни, пнеуматски или електромоторни.



Слика 7.38: Регулациони вентили: а) ручни регулациони вентил; б) регулатор протока са моторним погоном; в) сигурносни вентил са опругом

## 7.7 Системи за припрему санитарне топле воде

Поред система грејања, хлађења, вентилације и климатизације, у зградама намењеним боравку и раду људи, неопходан је и технички систем за припрему санитарне топле воде. У

зависности од намене зграде разликује се и потреба за потрошњом топле воде, што утиче и на избор самог система. Основна подела ових система, слично као код система грејања и климатизације, јесте на локалне и централне системе. Остале поделе могу се формирати у зависности од начина припреме (на проточне и акумулационе системе), у зависности од врсте грејача (на системе са електричним, топоводним или парним грејачима) и у зависности од извора снабдевања топлотном енергијом (на системе који користе конвенционална горива и системе са обновљивим изворима енергије).

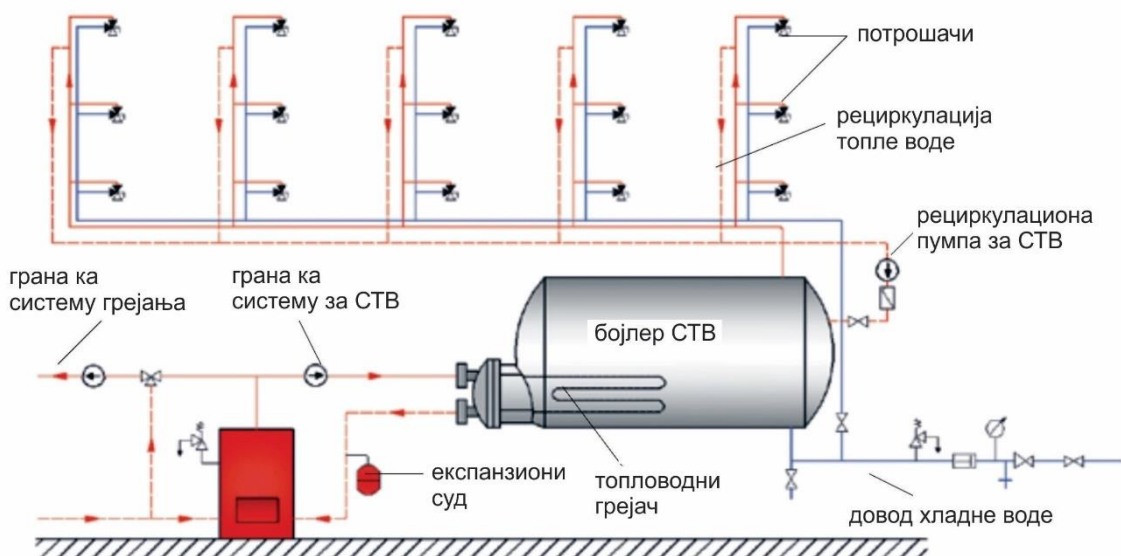
### **7.7.1 Системи за припрему санитарне топле воде који користе необновљиве изворе енергије**

Загревање санитарне потрошне воде може се извести локалним (децентрализованим) или централним системима. Децентрализовано грејање потрошне воде користи се за појединачне потрошаче (нпр. за једно потрошно место), па се због мање потрошње воде и ниже вредности потребног топлотног учинка за њено грејање, могу користити проточни електрични загрејачи воде. Када је реч о групи потрошача, могу се користити проточни плински грејачи воде или акумулациони електрични бојлери мање запремине. Локални уређаји за припрему санитарне топле воде често су у примени у стамбеним зградама са мањим бројем стамбених јединица.

Загрејачи воде могу бити изведени као проточни или акумулациони. Учинак проточног загрејача треба бити такав да сву количину воде која се у одређеном тренутку троши може загрејати на жељену температуру. Због потребе за већим учинком примена ових загрејача чешћа је код мањих, појединачних потрошача. Цевни грејач у проточном уређају треба да има довољну површину да загреје сву потрошну воду која кроз њега протиче, док санитарна топла вода (СТВ) унутар омотача бојлера осигурава одређену акумулацију, у зависности од запремине бојлера. Централна припрема санитарне топле воде проточним грејачем уобичајена је у случају коришћења тзв. комбинованог гасног котла, намењеног за грејање и припрему СТВ. Комбиновани гасни котла има довољан топлотни учинак да осигура грејање потрошне воде и код истовременог рада више потрошача.

Акумулационо загревање користи се за централне системе, код којих је потрошња већа и мора се узети у обзир могућност истовремене потрошње више корисника. Бојлер код мањих система може бити саставни део котла. У бојлеру може бити уграђен цевни грејач или комплетан бојлер може бити уроњен у котловску воду, при чему се размена топлоте између котловске и потрошне воде одвија преко омотача бојлера.

У пракси је чешће заступљен систем централне припреме СТВ код ког се бојлер (са акумулацијом топле воде) уграђује независно од котла. Од котла се изводи посебна грана намењена грејачу СТВ, а посебне гране се изводе ка другим потрошачима топлоте у згради (то могу бити грејна тела, грејачи у вентилационим или клима коморама итд.). На слици 6.39 приказана је шема централног система за загревање санитарне воде са посебним резервоаром (бојлером) за топлу воду.



**Слика 7.39: Централни систем припреме потрошне топле воде с издвојеним резервоаром (бојлером)**

Централни системи за припрему потрошне воде смештени су обично у котларници или топлотној подстанци. Систем централног снабдевања топлотом укључује котло (односно размењивач топлоте, уколико се ради о систему даљинског грејања) намењен и за задовољење грејног учинка грејања зграде, пумпу грејача СТВ, резервоар топле воде (бојлер са грејачем), разводне цевоводе топле и хладне воде са сигурносном, запорном и регулационом арматуром и циркулациони цевовод топле воде с циркулационом пумпом. Котло је најчешће топловодни, а као гориво могу се користити чврста, течна или гасовита горива. Најчешће се у резервоару (бојлеру) топле воде налази и додатни електрични грејач, који се користи за догревање воде у екстремним периодима повећане потрошње топлоте и санитарне воде, као и за рад система за припрему СТВ током летњег периода када котло не ради и у режиму заштите од легионеле.

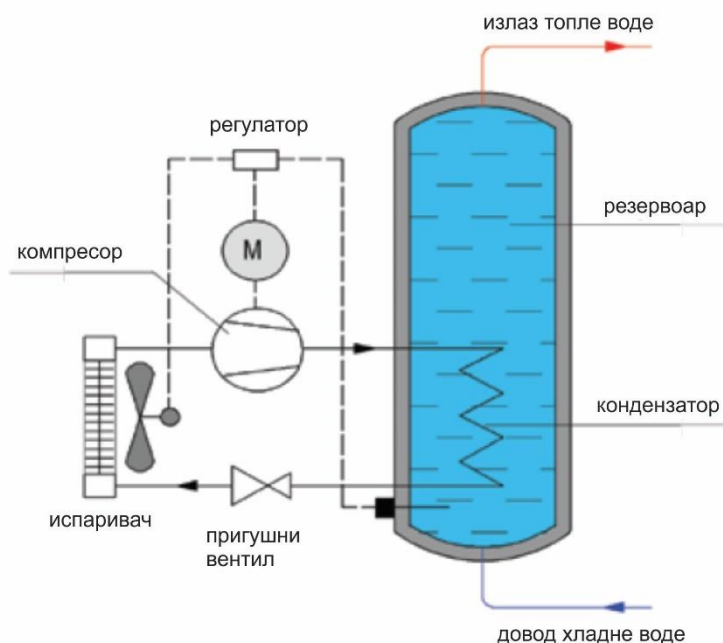
Циркулациона пумпа за СТВ уграђује се како би се на удаљеним местима потрошње осигурала топла вода одмах након отварања славине. Није пожељно да је циркулациона пумпа увек укључена, па се њено укључивање регулише временским програмом у зависности од потрошње топле воде у згради, или на основу температуре воде на поврату рецикулационог вода у бојлер, што је још боље. Разводни цевоводи топле воде и циркулациони цевоводи требало би да буду топлотно изоловани како би се спречили губици топлоте у околину, али и због обезбеђивања потребне температуре потрошне воде на местима потрошње. Разводни цевоводи хладне воде такође треба да буду изоловани због спречавања смрзавања воде, као и због спречавања рошења на цевима услед кондензације влаге из простора.

## 7.7.2 Системи за припрему санитарне топле воде који користе обновљиве изворе енергије

### Топлотне пумпе за припрему санитарне воде

За загревање санитарне воде могу се користити и топлотне пумпе, као неконвенционални извор топлоте. Њиховом применом могу се очекивати уштеде на трошковима грејања, с обзиром да компресорске топлотне пумпе користе топлотну енергију из околине и уз утрошак механичког рада, добија се погодна температура (користи се топлота кондензације расхладног флуида у топлотној пумпи) за грејање. Изведбе могу бити разноврсне, па кондензатор топлотне пумпе може бити уграђен у облику цевног грејача у самом бојлеру санитарне топле воде (слика 7.40) или потрошна вода из бојлера може помоћу пумпе циркулисати кроз кондензатор топлотне пумпе.

При избору топлотне пумпе за грејање санитарне топле воде, треба водити рачуна о потреби целогодишњег рада на врло промењивим температурама топлотног извора (ако је то ваздух, температура може током године варирати од око  $-18^{\circ}\text{C}$  па до око  $+35^{\circ}\text{C}$ ). Из тога разлога топлотна пумпа треба да буде посебно прилагођена таквом начину рада. Поред тога, топлотне пумпе које раде с једноступеном компресијом и данас уобичајеним расхладним флуидима (најчешће фреонима), могу остварити температуре воде до око  $50^{\circ}\text{C}$ , што није довољно за обезбеђење потребне температуре воде у неким случајевима. Тада треба применити топлотне пумпе са двоступеном компресијом или топлотне пумпе које раде по транскритичном процесу са  $\text{CO}_2$  и које могу постићи значајно више температуре санитарне воде.



Слика 7.40: Функционална шема рада топлотне пумпе за припрему СТВ

За потрошњу енергије важан је избор температуре потрошне воде, који зависи не само од врсте потрошача, већ је ограничен и условима заштите од легионеле – бактерије које изазива тзв. легионарску болест (врсту потенцијално смртоносне упале плућа). Легионеле се размножавају на температурама између 32°C и 42°C, а уништавају на температурама од око 60°C до 70°C. У акумулационим системима потребно је бар на кратко, углавном у ноћном периоду, постићи те температуре како би дошло до уништавања легионеле (термичка дезинфекција). Термичку дезинфекцију потребно је извршити једном недељно у трајању од око сат времена. То се може спровести временским програмом за рад система, тако што се, на пример, подеси повишење температуре у резервоару на 70°C од 3 до 4 часа ујутро сваке суботе (или неког другог дана у недељи).

Могућа је и дезинфекција ултраљубичастим зрацима. У централним системима могуће је уграђеним додатним електричним грејачем повремено загрејати воду на вишу температуру.

### **7.7.3 Системи за припрему СТВ који користе енергију сунчевог зрачења**

Соларни системи се генерално могу поделити на активне и пасивне. Пасивни соларни системи подразумевају да се не користи никакав додатни уређај или елемент у систему који би трошио додатну енергију за рад система. У питању су углавном различита архитектонско-грађевинска решења која имају улогу бољег прикупљања сунчеве енергије, њене акумулације и коришћења за грејање. У оквиру овог поглавља пажњу ћемо посветити активним соларним системима.

Основни уређај активног соларног система је пријемник сунчеве енергије (у даљем тексту ПСЕ) или, како се још често назива, соларни колектор. По својој конструкцији пријемник може бити:

- раван,
- цевни или
- параболични ПСЕ.

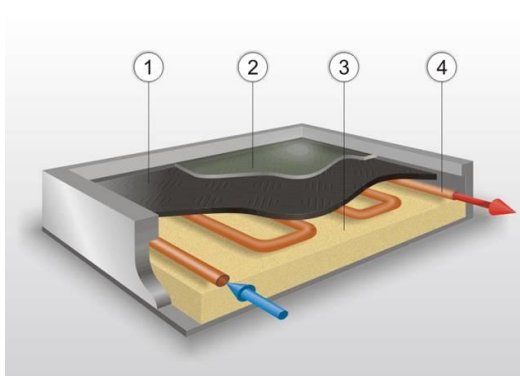
РАВАН ПСЕ може имати различите конструкције, техничке детаље и већина произвођача има патентом заштићено своје техничко решење. У принципу, сви равни ПСЕ имају исте основне елементе (слика 7.41), а то су кућиште, прекривка која пропушта сунчево зрачење, изолација са доње стране која спречава губитке топлоте и апсорбер, који представља срце уређаја.

Апсорбер је елемент ПСЕ који има улогу интензивног апсорбовања сунчеве енергије и провођења топлоте до радног флуида. Израђен је од специјалних материјала или превучен селективним премазима који поспешују апсорпцију сунчевих зрака. Обично је црне или тамне боје. Код равних ПСЕ апсорбер је изведен у облику плоче у коју су утиснуте цеви кроз које протиче радни флуид. Радни флуид је често вода, а ако се систем користи као затворен, са посебним струјним кругом, радни флуид може бити и неки други флуид. Прекривка је обично од специјалног стакла, чија је улога да пропусти сунчево зрачење до апсорбера, спречи пропуштање инфрацрвеног (топлотног) зрачења у околину и смањи губитке топлоте. И за апсорбере и за прекривке постоје различита решења – избор врсте стакла (обично силикатна



стакла), број слојева итд. Термичка изолација се поставља са тамне стране (на полеђини) ПСЕ, како би се спречило одавање топлоте са апсорбера ка околини и смањили губици топлоте.

ЦЕВНИ ПСЕ се састоје од стаклених цеви у којима се налазе уски метални апсорбери (слика 7.42). Простор између стаклене цеви и апсорбера обично је вакуумиран – извучен је ваздух. Тако је спречено одавање топлоте конвективним путем. Са доње стране цеви (испод апсорбера), поставља се високорефлектујућа фолија (огледало) која омогућује рефлексију сунчевих зрака и њихово доспевање до апсорбера, чиме се повећава ефикасност пријемника. Степен корисности цевних ПСЕ већи је него код равних, али је и цена знатно виша.

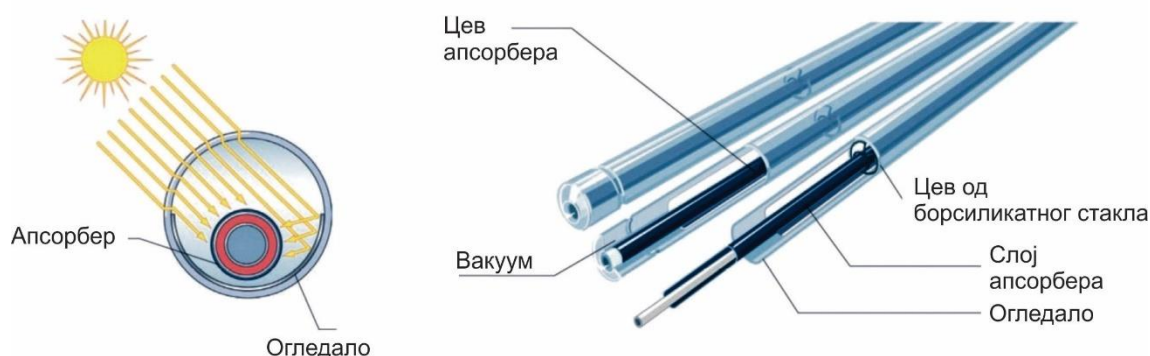


1 – Апсорбер; 2 – Прекривка; 3 – Изолација; 4 – Бакарна цев

Слика 7.41: Раван пријемник сунчеве енергије







Слика 7.42: Цевни пријемник сунчеве енергије

Термичка ефикасности пријемника сунчеве енергије одређује се као:

$$\eta = \frac{\dot{Q}_k}{I \cdot A},$$

где су:

$\dot{Q}_k$  - корисно предата топлота радном флуиду (W),

$I$  - дозрчени интензитет укупног сунчевог зрачења (W/m<sup>2</sup>),

$A$  - површина пријемника сунчеве енергије (m<sup>2</sup>).

Пријемници сунчеве енергије обично се постављају на кров зграде (било да је кров раван или кос), али могу се поставити и на другим доступним местима – терасама, двориштима, итд. Угао нагиба под којим се поставља ПСЕ зависи од географске ширине и периода коришћења соларног система (током лета или током целе године). У сваком случају, тежња је да се ПСЕ постави тако да упадни зраци сунца са површином пријемника заклапају угао од 90° већи део времена. Обично су оријентисани ка југу, јер је тада највећи степен искоришћења сунчевог зрачења. Уколико се систем користи целе године, угао нагиба колектора може се променити у зависности од сезоне.

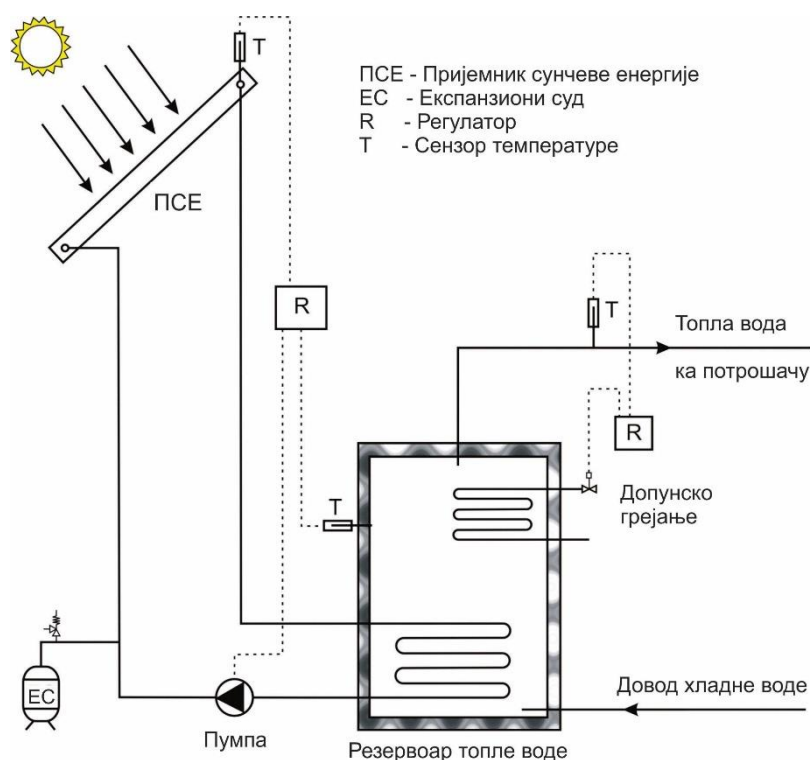
У нашем климатском поднебљу, соларни системи углавном се користе за припрему топле санитарне воде. Када су у питању системи грејања, веома је тешко извести соларни систем који може да покрива губитке топлоте током целе грејне сезоне без неког допунског извора топлоте. Постоји и варијанта спреге соларних колектора и топлотне пумпе, помоћу које се могу добити нешто више температуре грејног флуида, али је и у том случају потребан додатни извор топлоте – у периодима веома малих интензитета зрачења сунца и веома ниских температура спољног ваздуха. Соларни системи за припрему СТВ могу бити са природном или принудном циркулацијом воде, и могу бити директни и индиректни.

Често су потребе за санитарном топлим водом непредвидиве, стохастички се мењају у времену, поготово када су у питању комерцијални и пословни објекти. Тада се може десити да се у одређеном тренутку јаве веће потребе за топлим водом од оних које може да обезбеди соларни систем. У тим случајевима се поставља се додатни извор за грејање СТВ, који може

бити електрични грејач или топоводни (што је случај код система који раде преко целе године).

На слици 7.43 приказана је шема соларног система са једним резервоаром и допунским грејачем.

Регулатор који добија сигнале о температури радног флуида и воде у резервоару шаље импулс за укључивање, тј. искључивање циркулационе пумпе примарног круга. Са друге стране, мери се температура потрошне топле воде која иде ка потрошачима. Уколико се температура СТВ снизи испод дозвољене, регулатор који прима сигнал о овој вредности температуре, шаље импулс за укључивање додатног извора за грејање воде у резервоару. Када температура СТВ порасте, регулатор искључује додатни извор топлоте.



Слика 7.43: Индиректни систем са ПСЕ и једним складишником топлоте и допунским извором за грејање

#### 7.7.4 Пројектни услови и динамика потрошње СТВ

Код пројектовања централних система за припрему санитарне топле воде, важно је познавати њену укупну потрошњу, као и дневну динамику потрошње. Вредности потрошње и температура за различите потрошаче приказане су у табелама 7.1, 7.2 и 7.3.

Табела 7-1: Потрошња и температура СТВ за различите зграде

Зграда	Потребна количина воде	Температура воде [°C]
Болница	100 - 300 л/дневно кревет	60
Касарна	30 - 50 л/ дневно кревет	45

Пословна зграда	10 - 40 л/ дневно особа	45
Бањско лечилиште	200 - 400 л/ дневно особа	45
Робна кућа	10 - 40 л/ дневно особа	45
Школа без тушева	5 - 15 л/ дневно ученик	45
Школа са тушевима	30 - 50 л/ дневно ученик	45
Спортски терени са тушевима	50 - 70 л/ дневно особа	45
Фризерски салон	150 -200 л/ дневно особа	45
Перионица веша	250 - 300 л/100 kg веша	75

Табела 7-2: Потрошња и температура СТВ за угоститељске објекте

Потрошно место	Дневна потрошња по особи [л/дневно]	
	60°C	45°C
Ресторани по госту	8 – 20	12 - 30
Хотели – собе са купатилом и кадом	100 – 150	140 - 220
Хотели – собе са тушем	50 -100	70 - 120
Хотели – собе са умиваоником	10 – 15	15 - 20
Одмаралишта и пансиони	25 – 50	35 - 70

Табела 7-3: Потрошња и температура СТВ за стамбене зграде

Потрошно место	Количина при једном узимању [л]	Температура воде [°C]	Трајање [min]
Испусни вентил			
DN10 полуотворен	5	40	1
DN10 потпуно отворен	10	40	1
DN15 полуотворен	10	40	1
DN15 потпуно отворен	18	40	1
DN20 полуотворен	25	40	1
DN20 потпуно отворен	45	40	1
Судопера			
једноделна	30	55	5
дводелна	50	55	5
Умиваоник			
Само прање руку	5	35	1.5
Умиваоник, мали	10	35	2

Умиваоник једноделни	15	40	3
Умиваоник дводелни	25	40	3
Када за купање			
мала (100)	100	40	15
средња (160)	150	40	15
велика (180)	250	40	20
Туширање	50	40	6
Када за седење	50	40	5
Биде	25	40	8
<b>Укупна дневна потрошња за домаћинства</b>			
Мањи захтеви	10 - 20 л/дневно особа		
Средњи захтеви	20 - 40 л/ дневно особа		
Велики захтеви	40 - 80 л/ дневно особа		

Према Правилнику о енергетској ефикасности зграда, приликом прорачуна потребне финалне енергије за припрему СТВ, када се примењује поједностављени сезонски или месечни метод прорачуна, потребна топлота за припрему СТВ може се усвојити из табеле приказане у прилогу 6 Правилника, а у зависности од категорије зграде.

Годишња потребна енергија за припрему СТВ израчунава се преко једначине, а према стандарду SRPS EN 15316, што је већ приказано у овом приручнику, у поглављу 5.

Вода се не користи на свим потрошним местима истовремено, па је потребан учинак за који се пројектују централни системи за припрему санитарне топле воде мањи. Зато се у обзир узима фактор једновремености који зависи од броја потрошача повезаних на заједнички централни систем. Претпоставља се да је дневна потрошња воде ограничена на раздобље од  $z_d$  сати, при чему је реална претпоставка да ова вредност варира  $z_d = 0,5 - 2,5$  h. У табели 7.4 приказане су вредности фактора једновремености у зависности од броја станова, као и потребни топлотни капацитети за загревање воде и запремине резервоара (бојлера) за топлу воду.

Табела 7-4: Вредности фактора једновремености, топлотни капацитети и величина бојлера

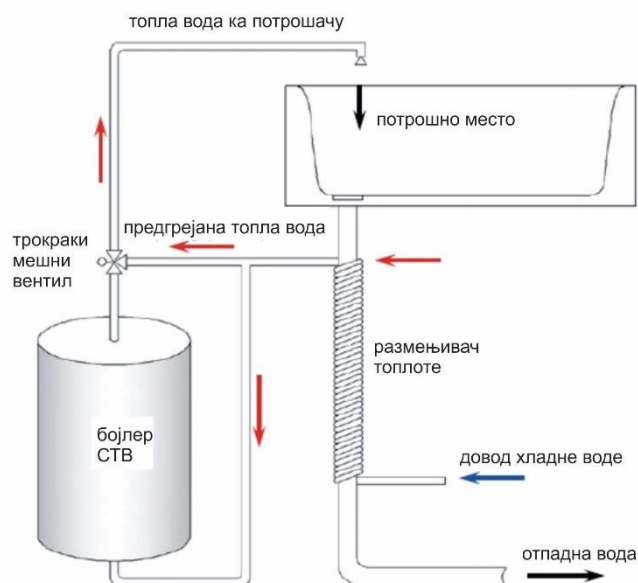
Број станова	Фактор једновремености	Топлотни капацитет $Q_k$ [kW] при $z_d$ [h]			Величина бојлера $V_s$ [m <sup>3</sup> ] за $z_d$ [h]					
					0,5		1		2,5	
		$\theta_w - \theta_o$ [K]								
$n$		0,5	1	2,5	30	50	30	50	30	50
1	1,15	14	12	8	200	150	350	200	600	350
2	0,86	21	17	12	300	200	500	300	900	500
4	0,65	31	26	7	450	300	750	450	1200	750
6	0,56	40	34	22	600	400	1000	600	1600	950
8	0,50	48	40	27	700	450	1150	700	2000	1200

10	0,47	56	47	31	800	500	1350	800	2200	1400
12	0,47	68	57	38	1000	600	1650	1000	2700	1600
15	0,44	79	66	44	1150	700	1900	1150	3200	1900
18	0,42	91	78	50	1300	800	2300	1350	3600	2200
20	0,40	96	80	53	1400	850	2400	1400	3800	2300
25	0,38	114	95	63	1600	1000	2700	1700	4500	2700
30	0,36	130	108	72	1900	1200	3100	1900	5200	3100
36	0,36	151	127	84	2200	1300	3600	2200	6000	3600
50	0,32	192	161	106	2800	1700	4600	2800	7600	4600
60	0,31	223	187	124	3200	2000	5400	3200	8900	5300
80	0,29	278	233	155	4000	2400	6700	4000	11100	6700
100	0,28	336	281	186	4800	2900	7100	4800	13300	8000
120	0,27	389	326	215	5600	3400	9400	5600	15400	9300
150	0,26	468	392	260	6700	4100	11300	6700	18600	11200
200	0,25	600	502	333	8600	5200	14400	8600	23900	14300

Запремина бојлера за припрему потрошне топле воде значајна је и за потрошњу енергије. Сувише мала запремина бојлера за потрошну воду често се у коришћењу компензује повишењем температуре воде, како би се мешањем са хладном водом на месту потрошње дошло до жељене температуре, а предвиђена акумулација задовољила капацитетом. Повишена температура воде доводи до већих топлотних губитака у бојлеру и мрежи, до губитака воде везаних за остварење жељене температуре на потрошачу мешањем (већи губици су код примене дворучних него једноручних славина), а у неповољним распонима температура долази до повећаног таложења каменца у бојлеру и на грејним површинама грејача. За потрошњу енергије важно је осигурати мерење потрошње санитарне топле воде. Праћењем потрошње могу се утврдити одступања од уобичајених вредности или нерационално трошење, а уз додатно мерење температуре и удео топлоте за припрему санитарне топле воде у енергетском билансу зграде.

### **7.7.5 Коришћење отпадне топлоте санитарне воде**

Око 80% топлоте утрошене за припрему санитарне топле воде неискоришћено одлази у канализацију. Ако се одводи воде из када, тушева и умиваоника изведу одвојено од фекалне канализације, могуће је остварити повраћај топлоте отпадне воде од умивања и тушева, као што је приказано на слици 7.44. То је прикладно пројектовати и изводити за веће потрошаче (нпр. хотеле, велике стамбене зграде и сл.), а инсталација оваквих уређаја јефтинија је у новоградњама него у постојећим зградама. Важно је да систем буде изведен тако да осигурава поуздан рад, узимајући у обзир да отпадна вода садржи нечистоће и масноћу.



Слика 7.44: Систем за повраћај отпадне топлоте санитарне воде

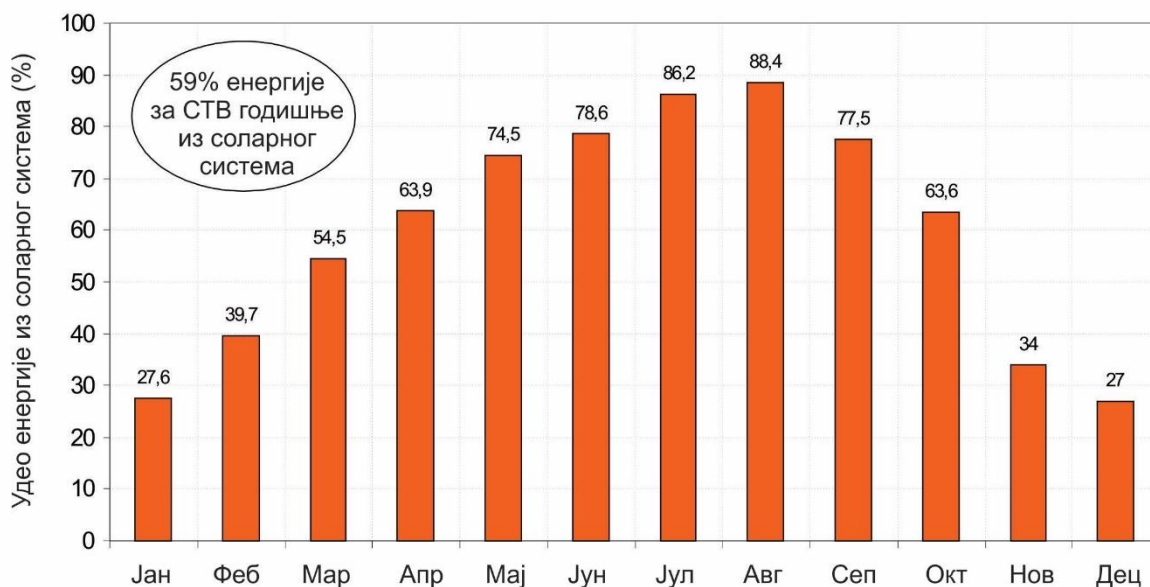
### 7.7.6 Пример примене пријемника сунчеве енергије за припрему СТВ

Пример примене пријемника сунчеве енергије за припрему СТВ Зграда која се користи у овом примеру је новопроектована зграда у центру Београда. У питању је стамбено-пословни објекат нето корисне површине грејаног простора од 494 m<sup>2</sup>.

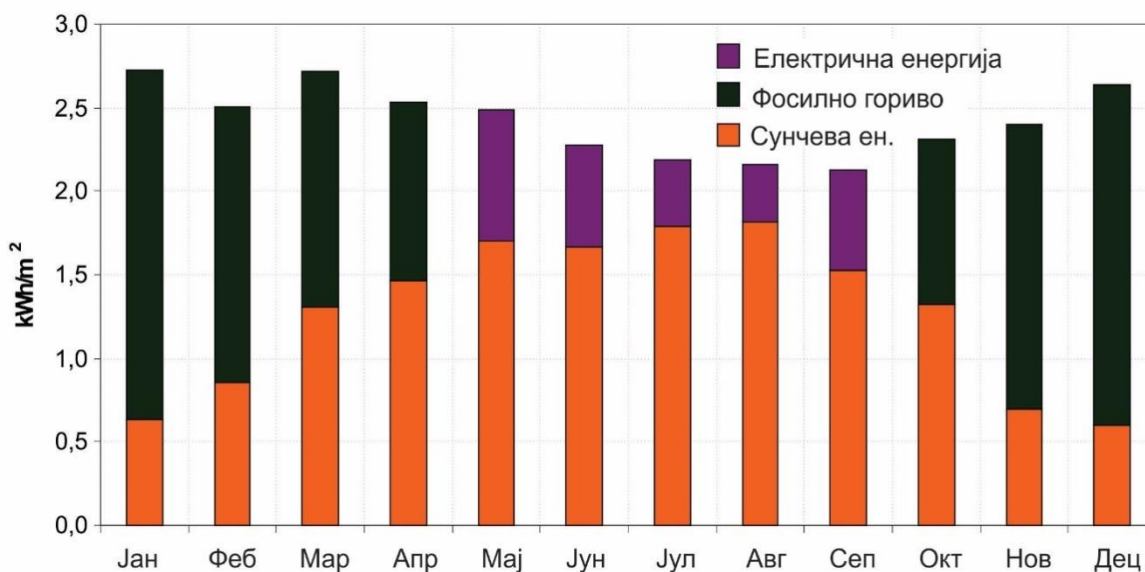
Уместо индивидуалних електричних бојлера за припрему СТВ предвиђен је комбиновани соларни систем са додатним електричним и топоводним грејачем. Током зимског периода, као допунски извор користи се топоводни грејач, док се током летњег периода за догревање користи електрични грејач. Пријемници соларне енергије смештени су на крову зграде и заузимају површину од 31 m<sup>2</sup>. Коришћени су равни ПСЕ укупног ефикасности 78,5%.

На слици 7.45 приказан је дијаграм који показује удео покривања укупних потреба потрошача СТВ из соларног система током године за пројектне услове, док је на слици 7.46 приказан однос количине топлоте потребне за припрему СТВ из различитих извора током године.

На дијаграму се види да током летњих месеци систем покрива око 88% потреба за топлом водом. На овај начин се избегава предимензионисање система, као и режими у којима може доћи до прегревања (тзв. стагнација), када је потребно растеређење система. У реалним условима експлоатације система, у зависности од броја сунчаних сати током дана и потрошње топле воде, јавиће се периоди када систем може да задовољи 100% потреба за топлом водом. Чак и у најхладнијим зимским месецима, соларни систем надокнађује преко четвртине потреба за загревањем санитарне воде. Током године, овако пројектован соларни систем може покривати 59% потребне топлоте за загревање СТВ.



Слика 7.45: Удео соларног система у припреми СТВ током 12 месеци



Слика 7.46: Однос удела у припреми СТВ из различитих извора

Поређењем потребне примарне енергије потребне за рад централног система за припрему СТВ у односу на локалну припрему са електричним бојлерима, долази се до податка о уштеди од 78%, односно смањењу потребе за примарном енергијом са 64 kWh/m<sup>2</sup> на свега 14 kWh/m<sup>2</sup> годишње. Период отплате овакве инвестиције за примену на новопроектованим зградама креће се од 1,7 до 3 године, што показује веома добру економску оправданост примене соларних система за припрему СТВ.



## **Литература**

- [1] Правилник о енергетској ефикасности зграда, Службени Гласник РС бр. 61/2011.
- [2] М. Тодоровић, Т. Бајц: The different energy source type influence on building primary energy needs, 15<sup>th</sup> Symposium of Thermal Engineers Society of Serbia, Proceedings on CD, Soko Banja, 2011.
- [3] М. Тодоровић, Д. Шумарац, Р. Галић: Survey of potential energy savings in the building sector in Serbia and needed investments, 16<sup>th</sup> Symposium of Thermal Engineers Society of Serbia, Proceedings on CD, 22-25 Oktobar 2013., Soko Banja, Serbia
- [4] М. Тодоровић, М. Ристановић: Ефикасно коришћење енергије у зградама, Универзитет у Београду, 2015, ISBN 978-86-7522-049-7
- [5] М. Тодоровић: Energy efficiency and use of renewable energy sources in Serbia, Regional Conference IEEP 2015, 24-27 Jun 2015, Proceedings on CD, Zlatibor, Serbia

## 8 Вентилација и климатизација јавних и пословних зграда

### 8.1 Основни појмови о КГХ

У домаћој термотехничкој пракси користи се скраћеница КГХ која означава климатизацију, грејање и хлађење. Иако се експлицитно не наводи, опште је прихваћено да скраћеница КГХ обухвата и вентилацију. Ако се посебно истиче значај вентилације, користи се скраћеница КГВ (климатизација, грејање и вентилација).

Слично је и у енглеском језику – користи се скраћеница HVAC (Heating, Ventilating and Air-Conditioning) у циљу заједничког означавања грејања, вентилације и климатизације. Иако није експлицитно наведено хлађење, у пракси скраћеница HVAC обично обухвата и хлађење у зградама. Уколико је потребно да се посебно истакне и процес хлађења, користи се скраћеница HVAC&R (Heating, Ventilating, Air-Conditioning and Refrigeration).

Климатизација је грана технике и научна дисциплина која се бави остваривањем и одржавањем погодних услова за боравак човека у затвореном простору. Строго узевши, наведена дефиниција односи се на комфорну климатизацију где се услови угодности прилагођавају првенствено потребама људи који бораве у том простору.

### 8.2 Вентилација

Вентилацијом се обезбеђује замена ваздуха у просторији свежим (спољним) ваздухом у циљу елиминисања или смањења концентрације загађивача (довођења на дозвољени ниво).

У зависности од начина довођења/одвођења ваздуха разликују се:

- проветравање
- вентилација

Проветравање настаје услед деловања природних сила: ветра и/или узгонске силе као последица разлике температуре између ваздуха споља и унутар затвореног простора. Често се као синоними за проветравање користе и термини: природно проветравање и природна вентилација.

Вентилација неког затвореног простора остварује се радом вентилатора који предаје механичку енергију ваздуху како би се успостављало струјање. У пракси се за вентилацију користе и термини: механичка вентилација, принудна вентилација и принудно проветравање мада је сасвим довољан и једнозначан термин „вентилација“.

#### 8.2.1 Основни постулати вентилације и климатизације

Да би се у климатизованој, односно вентилисаној просторији остварили угодни услови за боравак људи, систем за КГХ мора да задовољи одређене захтеве како би се постигла одговарајућа струјна слика у просторији:

- У целој просторији потребно је остварити замену ваздуха. Неопходно је избећи зоне у којима не долази до кретања ваздуха, тзв. „мртве зоне“. Оне свакако не смеју да се појаве у зони боравка људи.
- Свеж ваздух треба да се доведе у зону боравка људи.

- У зони боравка људи, брзина ваздуха не сме да пређе дозвољену вредност (0,25 m/s у комфорној климатизацији).
- Уколико у просторији постоји извор интензивног загађивања, не сме се дозволити ширење загађивача по целој просторији (потребно је да се примени локално одсисавање).

### 8.2.2 Начини вентилације

У зависности од намене просторије и жељеног нивоа комфора, вентилација може да се оствари на више начина:

- Одвођењем ваздуха (у просторији се остварује потпритисак и ваздух улази у просторију из суседних просторија и околине)
- Довођењем ваздуха (у просторији се ствара и одржава натпритисак и ваздух претрујава ка суседним просторијама и околини)
- И одвођењем и довођењем ваздуха (контролисана вентилација)

У зависности од односа количине доведеног (убацног,  $V_{ub}$ ,  $m^3/h$ ) и одведеног ваздуха (који се извлачи,  $V_{iz}$ ), контролисана вентилација може се остварити у три облика:

- $V_{ub} = V_{iz}$  Најчешћи случај у комфорној вентилацији;
- $V_{ub} < V_{iz}$  У просторији се одржава потпритисак (карактеристично за просторије из којих је потребно спречити ширење мириса: кухиње, тоалети, лабораторије, фарбаре);
- $V_{ub} > V_{iz}$  У просторијама се одржава натпритисак како би се спречавао продор ваздуха из околине, нпр. „чисте“ собе.

### 8.2.3 Одређивање количине ваздуха

Свеж ваздух који се доводи за потребе вентилације (проветравања) просторија треба да обезбеди прихватљив квалитет унутрашњег ваздуха (енгл. Indoor Air Quality – IAQ). Количина, односно проток доведеног свежег ваздуха зависи од услова у затвореном простору и захтева који се поставе за систем вентилације. Вентилација треба да задовољи:

- довођење довољне количине кисеоника у унутрашњи простор за дисање људи;
- контролу концентрације загађивача у унутрашњем ваздуху;
- одвођење мириса из просторије;
- одвођење загађивача из простора (гараже, лабораторије и др.).

Количина свежег ваздуха за вентилацију одређује се према једном од следећих критеријума:

- Преко оброка по човеку на сат [ $m^3/h\text{-}\check{c}$ ] – користи се у комфорној климатизацији у зависности од намене просторије и жељеног нивоа комфора;
- Преко броја измена ваздуха на сат [1/h] – у зависности од намене и величине просторије

Оријентационе вредности броја измена ваздуха на сат при природном струјању ваздуха (проветравањем) приказане су у табели 8.1.

Табела 8-1: Број измена ваздуха у просторији у зависности од отворености прозора [7]

Отвореност прозора	Број измена ваздуха на сат
Затворени прозори и врата (инфилтрација)	0 – 0,5
Прозор отворен на кип	0,3 – 1,5
Полуотворен прозор	5 – 10
Широм отворен прозор	10 – 15
Отворени прозор и врата у наспрамним зидовима	до 40

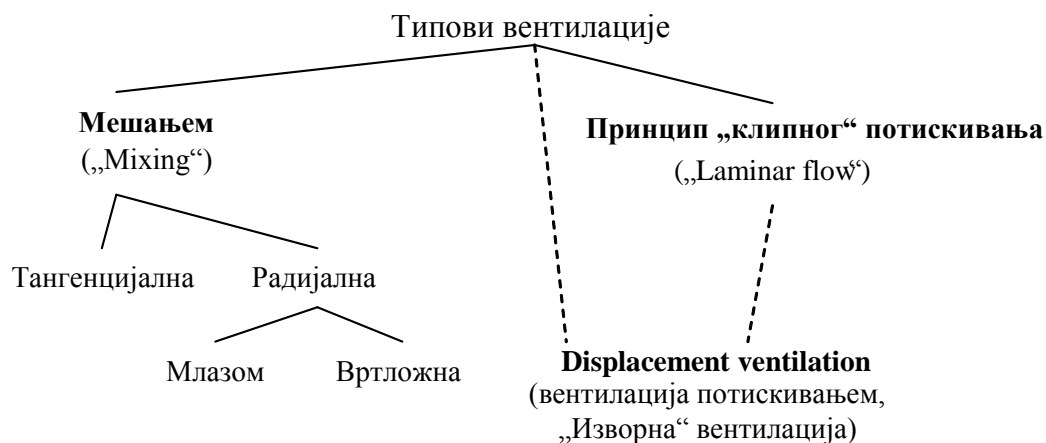
У табели 8.2 су препоручене вредности броја измене ваздуха на сат у зависности од намене просторије.

Табела 8-2: Оријентационе вредности броја измена ваздуха на сат [2]

Намена просторије	$n$ [1/h]
Библиотеке	3 – 5
Биоскопи и позоришта	4 – 6
Затворени базени	3 – 8
Канцеларије	3 – 6
Комерцијалне кухиње	15 – 25
Купатила	4 – 6
Продајни простори	4 – 8
Тоалети у становима	4 – 5
Тоалети у установама	5 – 8
Јавни тоалети	10 – 15
Угоститељски објекти	5 – 19

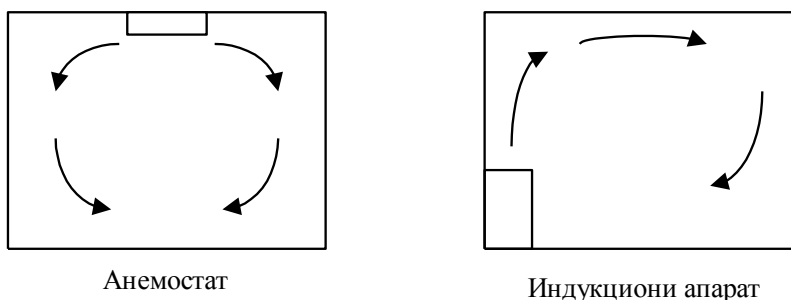
#### 8.2.4 Системи вентилације

С обзиром на примену вентилације у многим областима, развијен је велики број система вентилације. Основна решења приказана су на слици 8.1.



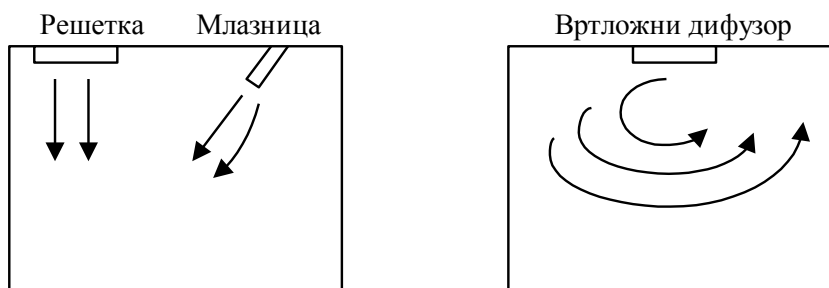
Слика 8.1: Основни системи вентилације

У случају тангенцијалне климатизације, ваздух се убацује дуж неке површине у просторији (најчешће таванице) и прилања уз њу, чиме се повећава домет ваздушне струје (слика 8.2).



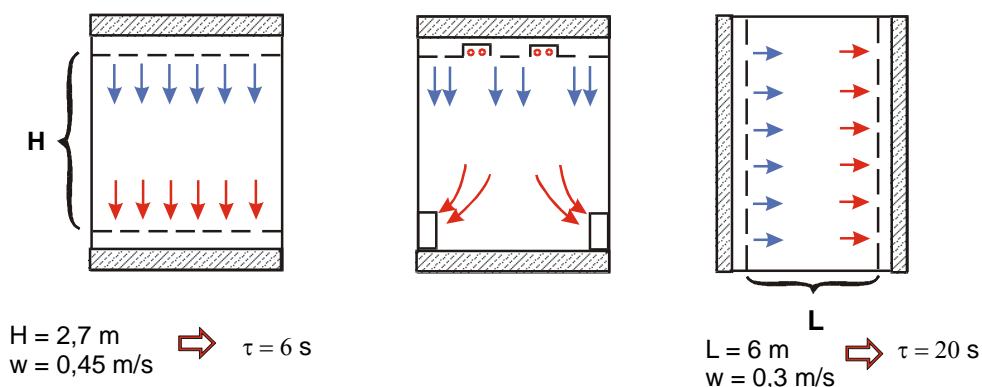
Слика 8.2: Тангенцијална вентилација

Решетке за убацивање ваздуха по правилу имају покретне ламеле (једноредне или дворедне) помоћу којих струја ваздуха може да се усмерава у жељеном правцу. Основна карактеристика млазница је велики домет млаза ваздуха. Користе се у великим халама, аеродромским зградама, спортским дворанама и сл. За разлику од млазница, вртложни дифузори убацују ваздух спирално и он се интензивно меша с ваздухом у просторији уз велики степен индукције. У просторијама велике висине, користе се вртложни дифузори посебне конструкције, који имају могућност промене угла иструјавања ваздуха. У летњем периоду, ваздух се убацује тангенцијално дуж таванице, шири се по просторији а, због веће густине у односу на ваздух у просторији, пада наниже до зоне боравка људи. У зимском периоду ваздух се убацује вертикално наниже да би својом кинетичком енергијом савладао узгонску силу и доспео до зоне боравка људи (слика 8.3).



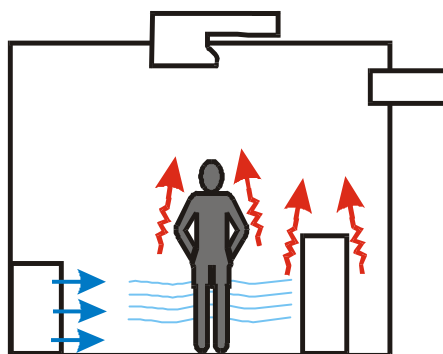
Слика 8.3: Радијална вентилација

Ламинарно струјање ваздуха примењује се за климатизацију простора с изузетно високим захтевима за чистоћом ваздуха, када се могућност контаминације из једног дела просторије у други мора свести на најмању могућу меру. На слици 8.4 у левом делу приказан је случај иструјавања климатизованог ваздуха по читавој површини спуштене таванице. Убацни ваздух потискује ваздух у просторији ка дуплом поду где се извлачи из просторије. Време за које ваздух проструји од таванице до пода је врло кратко (око 6 секунди) тако да овим системом климатизације може да се достигне 600 измена ваздуха на сат. Наравно, у овом случају, број измена се не односи на свеж ваздух, него на укупну количину ваздуха за климатизацију. У оваквим системима, удео свежег ваздуха обично износи свега неколико процената. На десном делу слике 8.4 приказано је хоризонтално ламинарно струјање ваздуха. С обзиром на димензије просторије, задржавање ваздуха у просторији је нешто дуже (до 20 s).



Слика 8.4: Ламинарно струјање

Вентилација потискивањем је карактеристична за пословне просторе у којима се користи велики број електричних уређаја, па углавном морају да се хладе током целе године. Припремљени климатизовани ваздух убацује се кроз решетке великих димензија смештених при поду просторије малом брзином иструјавања. Хладан ваздух који има већу густину од ваздуха у просторији лагано се распростире по поду целе просторије док не дође у близину тела више температуре. Ваздух се греје топлотом коју одаје човек и као топлији струји навише где се извлачи или кроз решетку у таваници или у зиду у близини таванице (слика 8.5). Слично се догађа и када хладан ваздух доспе до неког електричног уређаја где се загрева услед дисипације топлоте и тако загрејан струји ка таваници.



Слика 8.5: Вентилација потискивањем

### 8.2.5 Вентилатори у КГХ системима

У зависности од намене и потребних техничких карактеристика, у системима за вентилацију и климатизацију користе се различити типови вентилатора:

- Аксијални вентилатори (када је пад притиска при струјању ваздуха мали, док протоци могу бити веома велики)
- Центрифугални (у вентилационим и клима коморама за широк опсег протока и напора)
- Вентилатори за одвођење масних пара из кухиња (мотор се налази ван струје ваздуха)
- Противпожарни вентилатори за одвођење дима и продуката сагоревања у екстремним ситуацијама (обично се захтева отпорност вентилатора на 400°C у трајању од 2 сата).

### 8.3 Климатизација

Климатизација обухвата све функције система грејања и вентилације, плус:

- хлађење ваздуха лети;
- сушење (одвлаживање) ваздуха лети;
- влажење ваздуха зими;
- боље филтрирање ваздуха.

У прилогу 5: Услови комфора Правилника о енергетској ефикасности зграда, наводи се да се топлотни комфор обезбеђује током целе године пројектовањем зграда у складу са мерама енергетски ефикасне архитектуре и другим неопходним архитектонско-грађевинским решењима (правилним димензионисањем елемената омотача, заштитом од сунчевог зрачења, коришћењем термичке масе, пасивним/природним ноћним хлађењем, топлотним зонирањем и обликовањем зграда). Наведеним пасивним мерама треба обезбедити да се температура у згради одржава у границама комфора у зависности од намене објекта [6]. На крају тог прилога наводи се једна недовољно дефинисана формулација: “Тек пошто су исцрпљене све архитектонско-грађевинске могућности за постизање топлотног комфора овим методама, могу се увести системи за грејање, хлађење и вентилацију” [6]. У наведеном Правилнику нису наведени критеријуми на основу којих би се у фази пројектовања могло утврдити да ли су предвиђене архитектонско-грађевинске мере довољне за постизање топлотног комфора или се могу, тачније морају увести системи КГХ. Због недостатка реалног критеријума за оцену да ли наведене пасивне мере задовољавају услове комфора, овај приступ се не примењује у пракси. По правилу, све стамбене, пословне и зграде опште и јавне намене у нашој земљи се греју, а у зависности од потреба, жеље и могућности инвеститора и климатизују.

#### 8.3.1 Услови угодности

Радом система за климатизацију остварују се следећи термички и хигијенски услови у климатизованим просторима:

- жељена температура ваздуха  $t_v$ , °C;
- средња температура околних површина  $t_o$  (значајна за размену топлоте човека зрачењем);
- жељена релативна влажност ваздуха  $\varphi$ ;
- брзина струјања ваздуха у зони боравка људи  $w$ , m/s;
- чистоћа ваздуха (да нема честица прашине, лако испарљивих материја, као и да садржи довољну количину свежег ваздуха)
- одговарајући притисак ваздуха (у смислу контролисаног струјања између просторија)

Осим термичких и хигијенских услова средине, на осећај угодности човека утичу и лични фактори, од којих су најзначајнији: степен физичке активности и одевеност. Ова два фактора су у корелацији с наменом простора.

Било је много покушаја да се четири основна термичка параметра угодности



(температура ваздуха, средња температура околних површина, влажност и брзина струјања ваздуха), као и два доминантна лична утицаја (физичка активност и одевеност) исказу једним показатељем угодности. Међу успешнијим покушајима су: ефективна температура  $ET$ , оперативна температура по влажном термометру  $t_{oh}$ , индекс топлотног стреса (Heat stress index  $HSI$ ), индекс оквашености коже (Index of skin wettedness). У данашње време, најбољим показатељима сматрају се  $PMV$  и  $PPD$  индекси.

$PMV$  индекс (енглески Predicted Mean Vote) предвиђа како ће група људи оценити угодност боравка у просторији са контролисаном атмосфером. Оцена угодности у климатизованом простору изражава се једном од 7 могућих оцена: од ледено до вруће. Те оцене добијене на узорку не мањем од 1300 људи статистички се обрађују релативно сложеним математичким поступком према норми EN ISO 7730, којим се одређује процењена средња вредност.

$PPD$  индекс (енглески Predicted Percentage of Dissatisfied) одређује се на основу вредности  $PMV$  индекса и показује предвиђени проценат незадовољних у датим климатским условима.

$PMV$  и  $PPD$  индекси су међусобно зависни. Европска норма EN ISO 7730  $PMV$  и  $PPD$  индексима дефинише топлотни комфор и на основу ових показатеља класификује стандардне стамбено-пословне просторе у три категорије А, В и С (табела 8.3).

**Табела 8-3: Критеријуми угодности према  $PMV$  и  $PPD$  индексима за стамбено-пословне просторе [7]**

Категорија	Критеријум угодности		Распон температуре по сувом термометру	
	$PPD$ [%]	$PMV$ [-]	Зима (1,0 clo и 1,2 met) [°C]	Лето (0,5 clo и 1,2 met) [°C]
A	< 6	-0,2 < $PMV$ < +0,2	22,0 ± 1,0	24,5 ± 1,0
B	< 10	-0,5 < $PMV$ < +0,5	22,0 ± 2,0	24,5 ± 1,5
C	< 15	-0,7 < $PMV$ < +0,7	22,0 ± 3,0	24,5 ± 2,5

### 8.3.2 Подела система климатизације

Климатизационо постројење је технички систем којим се у климатизованом простору постижу и одржавају захтевани термички услови средине. Састоји се од низа уређаја и елемената спојених у једну функционалну целину.

Различити захтеви за одржавањем унутрашње климе у појединим објектима (грађевински, технолошки, енергетски, еколошки, економски, естетски,...) довели су до развоја великог броја климатизационих система. Сваки од тих система има своје предности и недостатке, што одређује њихов домен примене. Сагледавајући све релевантне параметре, на пројектанту је да одабере најрационалније или најприхватљивије решење у датим условима, јер усвојено техничко решење често представља ствар компромиса, а не резултат оптимизације коју спроводи пројектант.

Подела система климатизације може да се изврши према различитим критеријумима:

- Према радном флуиду:
  - ваздушни системи (ваздух је носилац топлоте до климатизованих просторија);
  - ваздушно-водени системи;
  - водени системи (нису прави системи климатизације);
  - са расхладним флуидом (обично фреоном) – нису прави системи климатизације
- Према брзини струјања ваздуха кроз канале:
  - системи ниског притиска (максимална брзина струјања ваздуха у каналу је мања од 12 m/s)
  - системи високог притиска ( $w > 12 \text{ m/s}$  – брзина може да има вредност од 25 до 30 m/s)
- Према количини ваздуха:
  - са константном количином ваздуха
  - са променљивом количином ваздуха – варијабилни системи
- Према броју цеви у систему:
  - Двоцевни;
  - Троцевни;
  - Четвороцевни.

### **8.3.3 Најчешће примењивани системи климатизације**

У пракси се примењује десетак основних система климатизације и десетине варијанти и подваријанти. Најчешће примењивани системи климатизације су:

#### **Ваздушни:**

- Једноканални ниског притиска с константном количином ваздуха
- Зонски
  - са зонским догрејачима
  - са вишезонском комором
  - са зонским поткоморама
- Системи високог притиска
  - са константном количином ваздуха
  - са променљивом количином ваздуха

#### **Ваздушно-водени:**

- Двоцевни са пребацивањем (са вентилатор-конвекторима или индукционим апаратима)
- Четвороцевни

Предности ваздушних система:

- Већи део опреме (клима-комора, канали, цеви, арматура и др.) налазе се у машинској сали, тако да се одржавање уређаја за климатизацију спроводи ван простора у коме

бораве људи. Такође, мање су изражени и проблеми с буком и вибрацијама од КГХ опреме у климатизованом простору.

- Веће могућности коришћења спољашњег ваздуха за бесплатно хлађење у прелазним периодима и ноћу.
- Релативно једноставна уградња елемената за коришћење топлоте из отпадног ваздуха.
- Добра могућност влажења ваздуха у зимском периоду.

Недостаци ваздушних система:

- У случају великих топлотних оптерећења у пројектним условима, потребни су канали великог попречног пресека, што захтева велики потребан простор у згради за њихово вођење.
- Урегулисавање (балансирање) каналске мреже како би се постизали пројектовани протоци ваздуха може бити сложено и дуготрајно, посебно код великих и разгранатих мрежа.

Предности ваздушно-водених система:

- Могућа локална регулација температуре у свакој просторији подешавањем на собним термостатима.
- С обзиром на различиту температуру примарног ваздуха и секундарне воде, корисник има могућност избора између режима грејања и хлађења.
- Довољан је мањи простор за смештај канала за ваздух јер систем ради са мањом количином ваздуха (само са свежим ваздухом за потребе вентилације простора).
- Величина клима-коморе је мања, па је потребан мањи простор у машинској сали за смештај опреме.
- Одвлаживање, влажење и филтрирање ваздуха по правилу се обавља у централној клима комори.
- Када се објекат не користи (ван радног времена), ваздушни систем се може искључити и дежурно грејање/хлађење обављати воденим делом система.

Недостаци ваздушно-водених система:

- Сложенији систем регулације него код већине ваздушних система.
- Довод примарног (свежег) ваздуха је обично константан, без могућности искључења.
- Потребна је ниска температура расхладне воде у примарном кругу како би се снизила релативна влажност ваздуха у летњем периоду.
- Инвестициони трошкови за четвороцевни систем су већи него за већину ваздушних система, али је флексибилност погона боља.

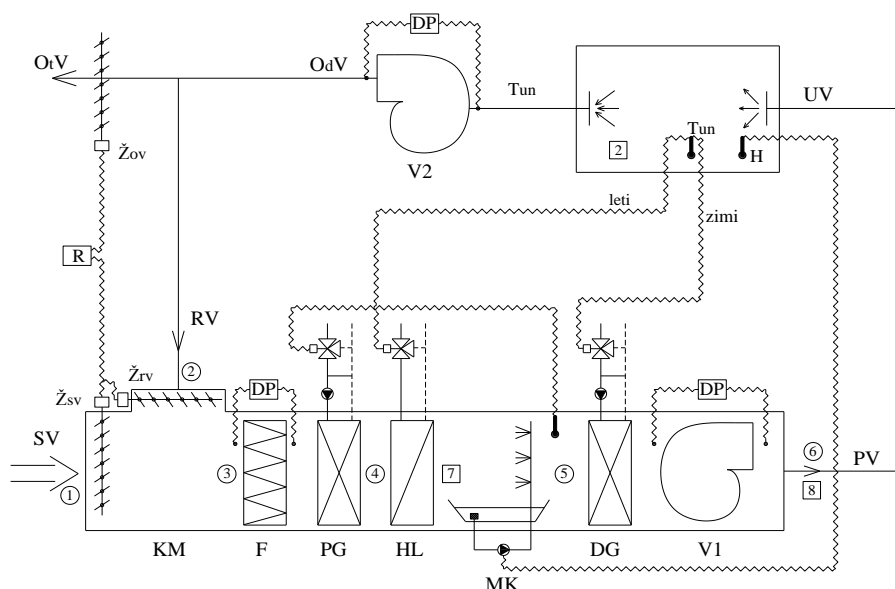
Централни једноканални систем ниског притиска са константном количином ваздуха представља основни и најједноставнији систем климатизације. То је чисто ваздушни систем – радни флуид је само ваздух. Ваздух се припрема на једном месту, у централној клима-комори, а затим се кроз разводне канале доводи у просторије које треба климатизовати. Ако се занемари хлађење/загревање ваздуха при развођењу каналском мрежом, у све просторије долази припремљени ваздух истих параметара (температура, влажност ваздуха).

У клима-комори се увек припрема константна количина ваздуха, при чему је једино могућа промена односа између количине свежег и рециркулисаног ваздуха. Жалузине отпадног и свежег ваздуха су увек у истом положају, а рецикулациони ваздух представља допуну до укупне количине ваздуха која остаје константна.

### 8.3.4 Клима-комора

На слици 8.6 приказана је шема једне клима-коморе. Ово је један од могућих, код нас често примењиваних система климатизације. Иначе, могућа су и друга решења. Филтер класе EU-2 до EU-5 пречишћава ваздух за убацивање у климатизоване просторије, а у исто време и штити елементе клима-коморе од запрљања.

Грејач је подељен на предгрејач и догрејач и повезан је с разделником топле воде. Ово решење је уобичајено када се влажење ваздуха остварује у магленој комори. Када се влажење ваздуха врши парним овлаживачем, или се ваздух уопште не влажи, довољан је један грејач у клима-комори. Хладњак има функцију хлађења и сушења ваздуха и повезан је са расхладним агрегатом, односно разделником хладне воде.



SV – свеж ваздух  
 KM – комора за мешање  
 F – филтер  
 PG – предгрејач  
 HL – хладњак  
 MK – маглена комора  
 DG – догрејач  
 V1 – убацни (потисни) вентилатор  
 PV – припремљен ваздух  
 UV – убацни (доводни) ваздух

T – термометар  
 H – хигростат  
 V2 – одсисни (одводни) вентилатор  
 OdV – одводни ваздух  
 OtV – отпадни ваздух  
 Žrv – жалузина рецикулационог ваздуха  
 Žsv – жалузина свежег ваздуха  
 Žov – жалузина отпадног ваздуха  
 DP – диференцијални пресосат  
 RV – рецикулациони (оптицајни) ваздух

Стања ваздуха:



зима



лето

**Слика 8.6: Клима-комора у централном једноканалном систему**

У зимском периоду, свеж (спољашњи) ваздух стања 1 адијабатски се меша у комори за мешање са рециркулационим ваздухом стања 2. Мешавина стања 3 се филтрира, загрева у топловодном предгрејачу до стања 4, а затим влажи у магленој комори до стања 5. У зимском режиму рада хладњак је ван функције. Овлажени ваздух се у догрејачу загрева до стања 6 које представља припремљени ваздух и, уколико је каналска мрежа релативно кратка, онда је то у исто време и стање убацног ваздуха (ваздуха који се уводи у климатизовану просторију).

У летњем периоду, мешавина свежег и рециркулисаног ваздуха стања 3 хлади се и суши (ваздух се одвлажује) у хладњаку чија је температура површине  $t_{ph}$  до стања 7. Ваздух се загрева у догрејачу до потребне температуре убацног ваздуха (стање 8). Ваздух се понекад потхлађује у хладњаку да би се издвојила и одвела потребна количина влаге. Ово решење се примењује када је потребна стриктна регулација влаге у летњем режиму. Да би се смањила потрошња енергије за припрему ваздуха, данас се у пракси ретко примењује потхлађивање па догревање ваздуха, већ се хлађење прекида на правцу промене 3-7 чим се достигне потребна вредност убацне температуре  $t_s$ . Убацни ваздух је нешто влажнији, ваздух у просторији има повећану влажност, обично у прихватљивим границама, а притом се постижу значајне уштеде енергије у хладњаку и потпуно елиминише потреба за коришћењем догрејача. У летњем периоду, предгрејач и маглена комора су ван функције.

Предгрејач се обично регулише помоћу температуре тачке росе (термостат се поставља на излазу из маглене коморе). Регулисање догрејача и хладњака одвија се према температури ваздуха у просторији. Чешће се мери температура ваздуха у одводном каналу јер реалније репрезентује термичко стање у просторији.

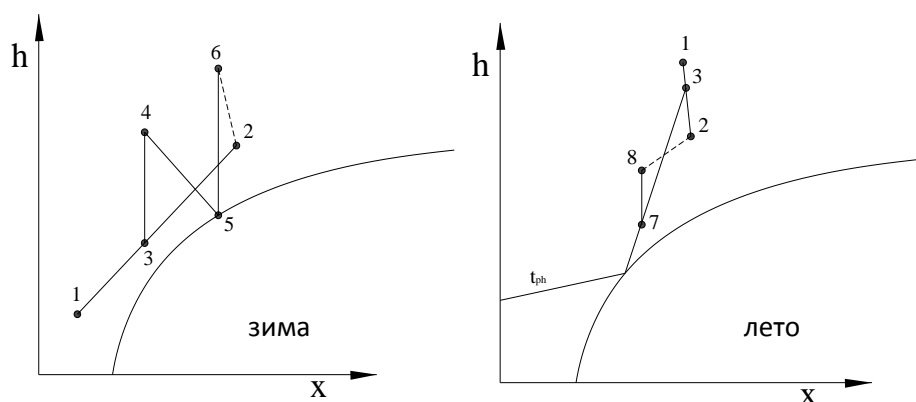
Постоји више могућих начина за регулисање жалузина. Сигнали за вођење покретача жалузина могу да се добију на основу следећих критеријума:

1. Константна температура мешавине (термостат се налази на излазу из коморе за мешање);
2. Зависност количине свежег ваздуха од спољне температуре – „трапезни“ дијаграм отварања жалузина (мора да се угради и сензор спољашње температуре);
3. Количина свежег ваздуха одређује се у зависности од температуре спољног ваздуха и температуре одводног ваздуха тако да се троши најмање енергије за загревање или хлађење ваздуха у клима-комори (процесорска јединица одређује оптималан положај жалузина);
4. Енталпијско регулисање – слично као 3, с том разликом што се, осим температуре, мери и влажност ваздуха, па се троши најмање енергије за припрему ваздуха.

Око филтера се поставља диференцијални пресостат који мери пад притиска и, када се достигне одређена вредност коју прописује произвођач филтера, сигнализира да треба заменити или очистити запрљани филтер. Диференцијални пресостат се поставља и око вентилатора да би давао индикацију рада вентилатора.

Водени системи (са вентилатор-конвекторима за термичку обраду ваздуха у свакој просторији) нису прави системи климатизације јер немају проветравање (вентилацију) и влажење ваздуха у зимском периоду. Првобитна намена била им је да хладе постојеће зграде

у којима није било простора или техничких могућности за постављање канала за ваздух. Ако се комбинују са системима вентилације, може да се оствари потпуна климатизација као са ваздушно-воденим системима.



Слика 8.7: Процес припреме ваздуха у зимском и летњем периоду

Слично је и са фреонским инсталацијама. Првобитно су имали исте функције као и водени системи. Касније су додавани системи за вентилацију, тако да данас могу да имају све карактеристике правих система за климатизацију. Ови аутономни уређаји за „климатизацију“ израђују се као:

- компактни уређаји (прозорски климатизери);
- уређај са 2 развојене јединице (спољашња и унутрашња), тзв. сплит системи;
- мултисплит системи код којих на једну спољашњу јединицу може да се повеже већи број унутрашњих јединица (при чему све унутрашње јединице морају да раде у истом режиму – или грејање или хлађење);
- супер мулти системи у којима део унутрашњих јединица може да ради у режиму грејања док друге раде у режиму хлађења;
- велики системи с променљивим протоком расхладног флуида (VRV – Variable refrigerant volume, односно VRF – Variable refrigerant flow).

Изглед унутрашњих јединица (зидна, парпетна, плафонска, касетна и каналска) приказан је на слици 8.8. Плафонска, зидна и парпетна јединица раде само с рецикулационим ваздухом, док касетна и каналска могу да раде и са уделом свежег ваздуха (могу да остваре и функцију вентилације).



Слика 8.8: Типови унутрашњих јединица

У почетку су саставни део климатизационих уређаја били хладњаци с директном експанзијом, а затим проточни хладњаци са хладном водом. Данас се у пракси срећу оба система хлађења. Хладњаци с водом се боље регулишу, док су хладњаци с директном експанзијом термодинамички бољи јер имају једну размену топлоте мање.

## **8.4 Потрошња енергије постројења за вентилацију и климатизацију**

### **8.4.1 Поређење методологије прорачуна потребне топлоте за грејање и хлађење**

Пренос топлоте кроз грађевински омотач зграде, као и у елементима унутар зграде, у пројектним условима различито се рачуна у летњем и зимском периоду, јер постоји знатна разлика у динамици дневне промене утицајних параметара.

Потребна количина топлоте за грејање (тзв. топлотни губици) представља количину топлоте у јединици времена коју просторија предаје околини (спољашњој и суседним просторијама). Уз претпоставку да је унутрашња температура грејане просторије стална током дана, као и да су варијације утицајних спољашњих параметара током зимског пројектног дана (температура, сунчево зрачење, брзина ветра) релативно мале, пренос топлоте може да се рачуна за стационарне услове.

У летњем периоду много је већи број утицајних параметара јер се спољашњи услови у летњем пројектном дану значајно мењају тако да је пренос топлоте кроз грађевински омотач зграде типично нестационаран процес, што знатно усложњава прорачун. Ипак, прорачун топлотног оптерећења у летњем пројектном дану рачуна се за квазистационарне услове. Како би се климатизациона опрема правилно димензионисала, прорачун у летњем пројектном дану разликује три појма:

- добитке топлоте;
- топлотно оптерећење;
- одведену топлоту.



Добици топлоте представљају количину топлоте у јединици времена која доспе у просторију или се у њој генерише од унутрашњих извора.

Топлотно оптерећење обухвата само онај део добитака топлоте који у датом тренутку оптерећује собни ваздух и који се мора одвести из просторије радом климатизационог система како би се одржавала задата (непромењена) температура ваздуха у просторији. Иако није експлицитно наведено, подразумева се да систем за климатизацију ради свих 24 сата. Топлотно оптерећење садржи суви (осетљиви) и латентни део топлоте. За квазистационарне услове, у периоду од 24 часа, добици топлоте и топлотно оптерећење су једнаки, али им је расподела током дана различита.

Топлота одведена из просторије представља количину одведене топлоте у јединици времена радом климатизационог система који ради с дневним прекидом (жељена температура ваздуха одржава се само у периоду рада климатизационог уређаја).

Прорачун топлотног оптерећења, односно одведене топлоте у летњем пројектном дану рачуна се према некој од светски прихваћених метода: VDI, ASHRAE, Carrier,... За прорачун се обично користи неки рачунарски програм.

#### 8.4.2 Годишња потребна топлота за грејање и хлађење

Развијен је велики број метода за прорачун потрошње енергије за грејање у току грејне сезоне. Све те методе могу се поделити у три основне категорије:

- једнопараметарске методе (метод степен-дана);
- вишепараметарске методе;
- детаљан прорачун на основу часовних вредности метеоролошких параметара.

Не улазећи посебно ни у једну методу прорачуна, може се генерално рећи да се губици топлоте састоје од трансмисионих и вентилационих губитака:

$$Q_{\text{gub.topl.}} = Q_{\text{trans}} + Q_{\text{vent}} \quad (8.1)$$

где су:

$Q_{\text{gub.topl}}$  [W] – топлотни губици (потребна топлота за грејање);

$Q_{\text{trans}}$  [W] – трансмисиони губици топлоте;

$Q_{\text{vent}}$  [W] – вентилациони губици топлоте;

Трансмисиони губици топлоте су претежно функција спољне температуре, док вентилациони губици топлоте зависе и од брзине ветра:

$$Q_{\text{trans}} = \text{fun}(t_s) \quad (8.2)$$

$$Q_{\text{vent}} = \text{fun}(t_s, w) \quad (8.3)$$

где су:

$t_s$  [°C] – температура спољашњег ваздуха;

$w$  [m/s] – брзина ветра.

Доминантан параметар за потрошњу топлоте за грејање зграда је спољна температура,

док се утицај осталих параметара (сунчево зрачење, брзина ветра, облачност...) узимају у обзир преко корекционих фактора.

Потребна топлота за хлађење климатизованог простора треба да елиминише топлотно оптерећење од спољашњих и унутрашњих извора топлоте:

$$Q_{\text{topl.opt.}} = Q_{\text{sp}} + Q_{\text{un}} \quad (8.4)$$

где су:

$Q_{\text{topl.opt}}$  [W] – укупно топлотно оптерећење;

$Q_{\text{sp}}$  [W] –топлотно оптерећење од спољашњих извора топлоте;

$Q_{\text{un}}$  [W] –топлотно оптерећење од унутрашњих извора топлоте

Спољашњи извори топлоте су Сунце и спољна температура, а због различитог механизма преноса топлоте, посебно се рачунају: топлотно оптерећење кроз спољашње зидове и кров –  $Q_z$ , кроз прозоре трансмисијом –  $Q_{tr}$ , сунчево зрачење кроз остакљене (транспарентне) површине –  $Q_s$  и топлотно оптерећење услед инфилтрације спољашњег ваздуха –  $Q_{inf}$  (суво и латентно):

$$Q_{\text{sp}} = Q_z + Q_s + Q_{tr} + Q_{inf} \quad (8.5)$$

Топлотно оптерећење од унутрашњих извора топлоте потиче од људи –  $Q_{ij}$ , од осветљења –  $Q_b$ , мотора, електричних апарата, уређаја и опреме –  $Q_m$  и добитака топлоте од суседних неклиматизованих простора (или климатизованих на различиту температуру):

$$Q_{\text{un}} = Q_{ij} + Q_b + Q_m + Q_r \quad (8.6)$$

Треба истаћи да је утицај температуре спољашњег ваздуха на потрошњу енергије за хлађење односно климатизацију, у летњем периоду далеко мањи него на потребну енергију за грејање у грејној сезони. Спољашња температура директно утиче на пренос топлоте трансмисијом кроз прозоре, инфилтрацијом и вентилацијом, и делимично на интензитет преноса топлоте кроз спољашње зидове и кров. Међутим, највећи извори топлоте у данашњим пословним и зградама опште и јавне намене потичу од сунчевог зрачења кроз остакљене површине, од осветљења, људи и електричних уређаја и не зависе од температуре спољашњег ваздуха, већ од осунчаности и заштите прозора од сунчевог зрачења лети, динамике присуства људи у климатизованом објекту и периода укључености осветљења и електричних апарата, уређаја и опреме. Највећи број ових параметара није доступан у фази пројектовања климатизационог постројења.

### 8.4.3 Методе прорачуна годишње потрошње енергије за климатизацију

У претходном поглављу наведени су разлози зашто је прорачун годишње потрошње енергије за климатизацију зграде далеко сложенији и захтева много више улазних података него прорачун годишње потрошње енергије за грејање. Због потребе енергетске сертификације зграда, њихове обнове и процене економских мера за побољшање њихове енергетске ефикасности, развијене су методе за прорачун годишње потрошње енергије за хлађење (климатизацију). Неке од метода су и стандардизоване:

- годишња потребна топлота за хлађење (према EN ISO 13790);
- годишњи губици система за хлађење (према EN 15243);

- годишња потребна енергија за хлађење (збир претходне две позиције);
- годишња потребна енергија за вентилацију (према EN ISO 13790, EN 15241, EN 15243).

Стандард EN ISO 13790 наводи и могуће нивое детаљности (сложености) прорачуна енергије за грејање/хлађење [8]:

- квазистационарни приступ на бази сезонских вредности;
- квазистатички приступ на бази месечних вредности;
- динамички прорачун с временским кораком од 1 сата (или краћим).

Немачки стандард DIN 18599 још детаљније прописује методологију прорачуна годишње потрошње енергије за климатизацију. И овај стандард пружа могућност избора нивоа детаљности (самим тим и сложености) прорачуна енергије за грејање/хлађење [9]:

- сезонски период;
- месечни период;
- упрошћен часовни модел;
- детаљан часовни модел.

За усвојену методологију ток прорачуна је сличан:

- биланс енергије на нивоу зграде;
- биланс енергије на нивоу техничких система;
- улазни подаци;
- прорачун према одабраној методологији;
- излазни подаци.

У нашој земљи се већ деценијама, углавном једнопараметарском методом степен-дана рачуна годишња потрошња енергије за грејање или потрошња енергије/горива у грејној сезони. Ти прорачуни су израђени у циљу адекватног димензионисања складишта угља у згради или резервоара течног горива, за процену потрошње енергије зграда још у периоду пројектовања, а у данашње време за енергетску сертификацију зграда на основу годишњих потреба за топлотом за грејање, користећи модификовану верзију методе степен-дана прописану Правилником о енергетској ефикасности зграда [6].

Интересантно је питање зашто не примењујемо прорачун потрошње енергије за климатизацију који обухвата и потрошњу енергије за хлађење зграда лети, као и потрошњу енергије за вентилацију, када је та потрошња енергије у нашим климатским условима веома изражена, поготово у великим пословним и зградама опште и јавне намене? Наведени су неки од могућих одговора:

- Немамо законску обавезу! Ниједним правилником, подзаконским актом није прописана обавеза прорачуна годишње потрошње енергије за потребе климатизације зграде.
- Чак и када бисмо хтели да израчунамо потребну енергију за климатизацију зграде, не бисмо могли јер у усвојеним европским стандардима који носе префикс СРПС недостаје Национални анекс са потребним метеоролошким подацима обрађеним у складу са предвиђеном методологијом прорачуна.

#### 8.4.4 Укупна потрошња енергије у згради

Кључно је питање колико је прорачун потрошње енергије за климатизацију према Правилнику о енергетској ефикасности зграда или неком постојећем стандарду меродаван за потребе енергетског менаџера за зграде? Ови прорачуни су битни за зграде које су у фази пројектовања да би се проценило колика ће бити потрошња енергије за њихово правилно функционисање, као и за потребе енергетске сертификације нових и постојећих зграда. Предмет рада енергетских менаџера за зграде није пројектовање и изградња нових зграда, већ енергетски ефикасно коришћење постојећих, већ изграђених објеката. Енергетски менаџери могу да дођу до стварне, реалне, измерене потрошње енергије у згради на основу рачуна за испоручену електричну и топлотну енергију, преузету количину природног гаса и купљену количину енергената. Ту енергију треба разврстати по намени и потрошачима. Укупна потрошња енергије зграде (према EN 15603) користи се за:

- грејање;
- хлађење и сушење;
- вентилацију;
- влажење ваздуха;
- припрему ПТВ;
- осветљење;
- остале потрошаче енергије.

Потрошња енергије за потребе функционисања зграде може се исказати у различитим облицима:

- **Потребна енергија** према намени коришћења и гориву (у термотехничкој пракси се назива и **корисна** енергија).
- **Доведена енергија** према намени и гориву (обухвата и карактеристике техничких система) – одговара уобичајено коришћеном термину **финална** енергија.
- **Примарна** енергија се рачуна на основу финалне потрошње енергије сагласно факторима трансформације енергије.
- Емисија CO<sub>2</sub> рачуна се на основу потребне примарне енергије према факторима емисије горива.

Укупну потрошњу енергије за потребе зграде енергетски менаџер разврстава по намени коришћења и потрошачима, проналази места где се енергија нерационално троши, а затим анализира могућа решења за ефикасније коришћење енергије у објекту! Свака мера за побољшање енергетских карактеристика мора да прође кроз процес вредновања инвестиције и очекиване уштеде енергије. Критеријуми за оцену ваљаности мера повећања енергетске ефикасности базирају се на основу следећих анализа:

- енергетској;
- финансијској;
- економској;
- еколошкој.

## 8.5 Енергетски ефикасни системи вентилације и климатизације

Правилним одабиром система климатизације, избором елемената клима коморе и правилним вођењем процеса припреме ваздуха, могу да се постигну значајне уштеде енергије при раду система за климатизацију.

### 8.5.1 Енергетски ефикасна решења

- Осим у прелазним режимима, и у летњем и у зимском периоду препоручљиво је радити с минималном количином свежег ваздуха неопходном за вентилацију (остало је рециркулациони ваздух).
- Снижењем унутрашње температуре зими за 1 степен постиже се уштеда у потрошњи енергије 5–6%. Слично се постиже и лети дозвољеним повишењем унутрашње температуре у екстремно топлим данима.
- Још веће уштеде енергије могу се постићи снижењем релативне влажности ваздуха зими, односно дозвољавањем виших вредности лети.
- Предвидети коришћење отпадне топлоте кад год је то економично:  
Рекуперација топлоте:
  - Плочасти размењивач топлоте са унакрсним струјањем ваздуха;
  - Два размењивача топлоте повезана цевоводом са мешавином гликол-вода, циркулационом пумпом и аутоматиком;
  - Топлотна цев.Регенерација топлоте:
  - Ротациони размењивач топлоте (осим суве топлоте могуће је пренети и влагу).
- Примена топлотне пумпе.
- Коришћење топлоте кондензације код расхладних агрегата:
  - Уградњом додатног кондензатора може да се користи топлота кондензације за припрему санитарне топле воде или загревање (нискотемпературски потрошачи). Уколико су потребни виши температурски параметри радног флуида, користи се топлотна пумпа за коју је извор топлоте отпадна топлота кондензатора.
  - У већим постројењима са вијчаним компресорима, топлота из хладњака уља може да се користи за добијање топле воде температуре 35–40°C.
- Акумулација леда у периоду ниже цене електричне енергије:
  - Уштеда енергије постиже се радом чилера током периода ниже спољне температуре (рад ноћу). При нижој температури кондензације повећава се коефицијент хлађења.
  - Уштеда погонских трошкова јер се смањује дневна вршна снага (потражња) електричне енергије на максиграфу. Чилери већим делом раде током периода ниже тарифе електричне енергије.
- Примена нових и обновљивих извора енергије – НОИЕ:
  - Сунчева енергија, ветар, биомаса, био-дизел, геотермална енергија, спаљивање отпада.
- Примена зонске регулације.

- Примена природног проветравања уместо вентилације (када је изводљиво).
- Примена ноћне вентилације у циљу одвођења акумулисане топлоте у грађевинском омотачу и потхлађивања климатизоване просторије ноћу.
- Инсталисање централног система за надзор и управљање (ЦСНУ) за КГХ системе.
- Избегавати лошу струјну слику на излазу из вентилатора јер то може да изазове велике губитке енергије.
- Користити вентилаторе са аеродинамичким лопатицама.
- Користити адекватно постројење за хлађење.
- Размотрити могућност смањења топлотног оптерећења климатизованог објекта.
- Подесити температуру испаравања расхладног флуида на највишу могућу.
- Снизити температуру кондензације.
- Термички изоловати цевоводе (и арматуру) хладне воде.
- Ефикасније је користити кондензаторе хлађене водом него ваздухом.
- Коришћење енергетски ефикасне опреме:
  - променљив број обртаја електромотора;
  - енергетски ефикасни компресори са што мањом специфичном потрошњом енергије;
  - адекватно аутоматско управљање радом расхладног агрегата.

#### **8.5.2 Одржавање и унапређење система за вентилацију и климатизацију**

- редовна контрола и сервисирање опреме;
- редовно чистити (заменити) филтере за ваздух;
- смањити брзину вентилатора на минимално потребну;
- редовно контролисати затегнутост каиша;
- користити моторе с променљивим бројем обртаја за погон вентилатора веће снаге;
- смањити цурење ваздуха из канала;
- искључити вентилаторе када њихов рад није потребан;
- уравнотежити (балансирају) цевну и каналску мрежу;
- користити предгревање зими и потхлађивање лети (пре периода јављања вршне електричне снаге у објекту);
- у зимском периоду када се објекат не користи, предвидети снижење температуре унутрашњег ваздуха;
- смањити број сати рада климатизационог уређаја (ноћу, викендом, празником);
- користити адијабатско хлађење у областима са топлим и сувом климом;
- у просторијама велике висине инсталирати вентилаторе под таваницом у циљу смањења стратификације температуре ваздуха;
- поправити оштећене флексибилне везе;

- избећи истовремено и грејање и хлађење у прелазним периодима;
- контролисати, очистити и подмазати покретаче жалузина и клапни (демпера);
- чистити размењиваче топлоте;
- редовно контролисати контролне и поставне вредности;
- одржавање топлотне изолације у добром стању смањује губитке/добитке топлоте и спречава појаву корозије;
- повисити температуру хладне воде на излазу из чилера ако је могуће;
- ако је могуће, смањити разлику између температура кондензације и испаравања;
- искључити помоћне уређаје кад год њихов рад није неопходан;
- кориговати неодговарајућу концентрацију гликола у води која негативно утиче на пренос топлоте или потребну енергију за рад пумпе;
- проверити ниво расхладног флуида у расхладном агрегату;
- одржавањем елемената аутоматике обезбеђује се правилан и ефикасан рад постројења;
- сачинити програм одржавања ефикасности КГХ система; почети с енергетским прегледом инсталација и сачинити програм за континуално праћење карактеристика система.

## **Литература**

- [1] Тодоровић Б., Климатизација, СМЕИТС, Београд, 2009.
- [2] Живковић Б., Стајић З., Мали термотехнички приручник, СМЕИТС, Београд, 2011.
- [3] Маркоски М., Расхладни уређаји, Машински факултет, Београд, 2013.
- [4] Вујић С., Расхладни уређаји, Машински факултет, Београд, 1997.
- [5] Resknapel и др.: Грејање и климатизација 2012, Интерклима, Врњачка Бања, 2012.
- [6] \*\*\*: Правилник о енергетској ефикасности зграда, Сл. Гласник РС, бр. 61/2011
- [7] \*\*\*: Приручник за енергетско сертификарање зграда, Фонд за заштиту околиша и енергетску учинковитост, ISBN: 978-953-7429-25-6, Загреб, 2010.
- [8] \*\*\*: SRPS EN ISO 13790: Енергетске перформансе зграда - Прорачун енергије која се користи за грејање и хлађење простора
- [9] \*\*\*: DIN 18599: Energy efficiency of buildings– Calculation of the energy needs, delivered energy and primary energy for heating, cooling, ventilation, domestic hot water and lighting
- [10] \*\*\*: SRPS EN 15243: Ventilation for buildings - Calculation of room temperatures and of load and energy for buildings with room conditioning systems
- [11] \*\*\*: SRPS EN 15603: Energy performance of buildings - Overall energy use and definition of energy rating, 2012

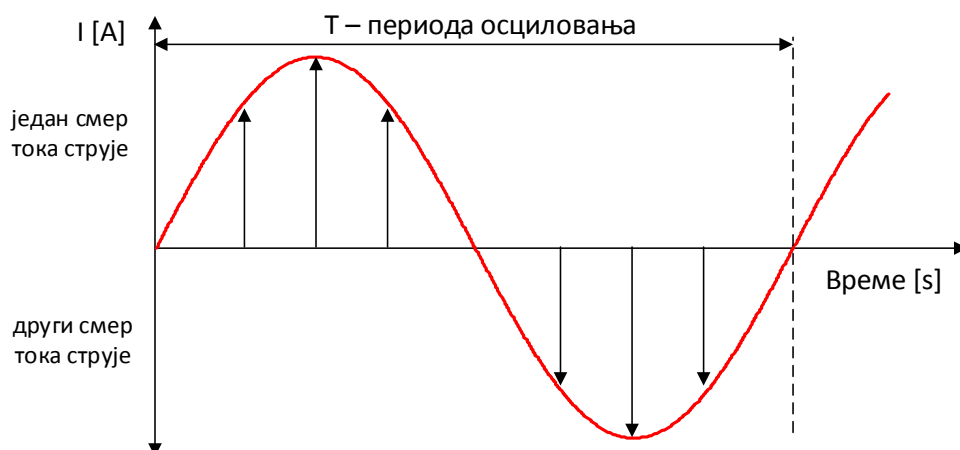


## 9 Електрична енергија, мере енергетске ефикасности у коришћењу електричних уређаја и расвете

### 9.1 Теоријске основе електричне енергије

#### 9.1.1 Основни појмови везани за простопериодичне напоне и струје

Стандардна ознака за наизменичне електричне величине (напон и струју) је *AC* (*Alternating Current*) а симбол " $\sim$ ". Ознака једносмерних електричних величина је *DC* (*Direct Current*). Код наизменичних електричних величина променљиви су тренутна вредност и смер, што је приказано на слици 9.1. Такође, и амплитуда осцилација може бити променљива.



Слика 9.1: Таласни облик наизменичне струје.

Мера брзине осциловања је фреквенција ( $f$ ) и изражава се у *Херцима* [Hz]. 1 Hz значи једна периода у секунди. Периода осциловања се израчунава као  $T=1/f$ . Фреквенција напона напајања у Европи је 50 Hz, што значи да је периода осциловања  $T=1/50=0.02\text{ s}=20\text{ ms}$ . У северној Америци је фреквенција 60 Hz.

Пошто наизменична струја (или напон) мења свој смер и амплитуду, њена вредност није константна величина. За физичке феномене који константно мењају своју вредност (нпр. температура ваздуха у природи, брзина кретања возила, потрошња воде у граду и сл.) најчешће користимо неке статистичке величине које добро описују понашање (стање) посматране величине у одређеном временском периоду. На тај начин долазимо до појмова као што су просечна дневна температура или просечна брзина возила. На тај начин можемо дефинисати и средњу вредност напона и струје, али само за једносмерне величине. За наизменичне то не важи.

На слици 9.2 приказан је таласни облик простопериодичне величине, у овом случају струје. Графички се ова величина може приказати на два начина: као синусоида или као вектор који се обрће око своје почетне тачке која се налази у центру тригонометријске кружнице, на пример, у смеру супротном смеру кретања казаљке на сату. Дужина вектора је  $I_{\max}$  и једнака је амплитуди струје док је тренутна вредност струје једнака пројекцији вектора на ординатну осу. Тренутна вредност струје је описана изразом

$$i(t) = I_{\max} \sin(\omega t), \quad (9.1)$$

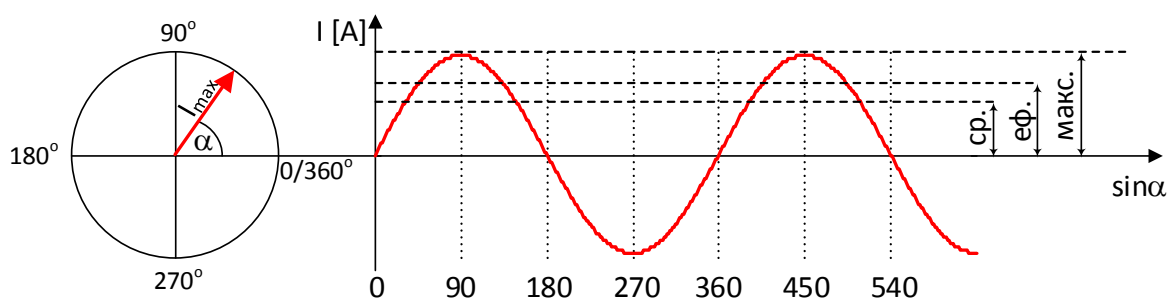
средња вредност струје у једној периоди (слика 9.1) је

$$I_{\text{sr}} = \frac{1}{T} \int_0^T I_{\max} \sin(\omega t) dt = 0, \quad (9.2)$$

и стварно, када бисмо нпр. волт-метром предвиђеним за мерење једносмерног напона покушали да измеримо наизменични, уређај би показао вредност нула. Из тог разлога се најчешће вредност наизменичне струје или напона изражава преко *ефективне вредности*, што је приказано на слици 9.2. Ефективна вредност наизменичне струје једнака је јачини сталне једносмерне струје која у датом проводнику за исто време произведе исту количину топлоте као наизменична струја и израчунава се према изразу

$$I_{\text{eff}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T (I_{\max} \sin(\omega t))^2 dt} = \frac{I_{\max}}{\sqrt{2}} = 0,707 I_{\max}. \quad (9.3)$$

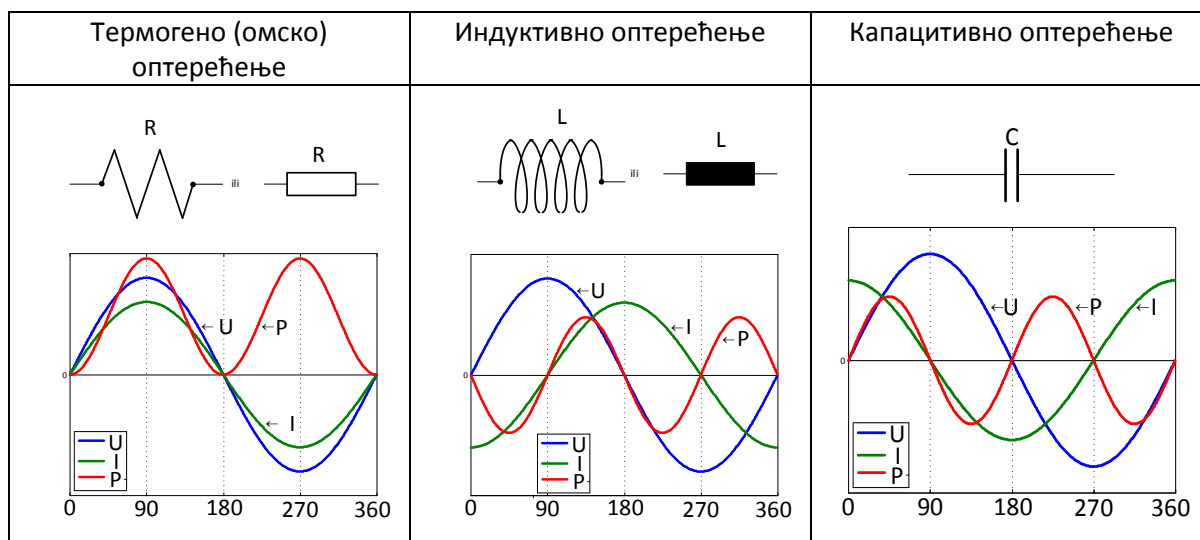
На исти начин се дефинише и ефективна вредност напона. Ефективна вредност фазног напона (напон између фазног проводника и нуле) у континенталном делу Европе је 230 V а у Северној Америци 110 V.



Слика 9.2: Карактеристичне величине наизменичне струје

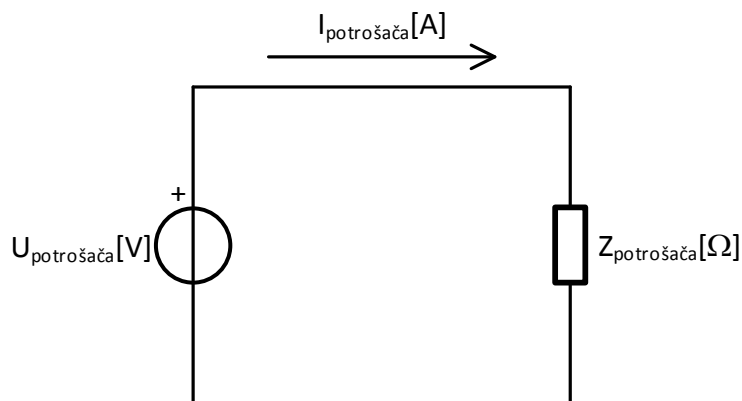
### 9.1.2 Типови електричних оптерећења

Основни типови оптерећења код наизменичних струја су: термогено (омско), индуктивно и капацитивно. Њихове карактеристике приказане су на слици 9.3. Криве напона и струје код омског потрошача осцилују заједно (синхроно). Види се да напон и струја истовремено пролазе кроз нулу и максималну вредност и тада се каже да су напон и струја „у фази“. Код индуктивног потрошача постоји одређено померање сигнала напона и струје. На временској оси види се да напон раније пролази кроз максимум него струја (и нулу такође), и каже се да напон „предњачи“ струји. То кашњење струје није произвољно, већ износи тачно једну четвртину периоде што дефинише фазну разлику између вектора, слика 9.2, напона и струје од  $\pi/2$  или  $90^\circ$ . За капацитивно оптерећење важи слична прича као и за индуктивно, фазна разлика између вектора струје и напона је исто  $\pi/2$  или  $90^\circ$ , само што у овом случају струја предњачи напону.



Слика 9.3: Основни типови електричног оптерећења

За сва три описна елемента је могуће дефинисати физичку карактеристику која представља меру отпора протоку простопериодичне струје. Та карактеристика се назива *импеданса* и дефинише се као однос напона на крајевима елемента и струје која кроз њега протиче под дејством наметнутог напона, као што је приказано на слици 9.4. *Импеданса* се означава латиничним словом „Z“, а јединица је Ом [Ω].



Слика 9.4: Електрично коло са једним извором напајања и једним потрошачем

Импедансе омског (отпорник -  $Z_R$ ), индуктивног (калем, намотај, завојница -  $Z_L$ ) и капацитивног (кондензатор -  $Z_C$ ) оптерећења су дефинисане следећим изразима, респективно,

$$Z_R = \frac{U_R}{I_R} = R \text{ [}\Omega\text{]}, \quad (9.4)$$

$$Z_L = \frac{U_L}{I_L} = j\omega L \text{ [}\Omega\text{]}, \quad (9.5)$$

$$Z_c = \frac{U_c}{I_c} = \frac{1}{j\omega C} [\Omega], \quad (9.6)$$

где је:  $R$  – термогена отпорност отпорника  $[\Omega]$ ;  $j = \sqrt{-1}$  - имагинарна јединица;  $\omega$  – кружна учестаност  $[\text{rad/s}]$  ( $\omega = 2\pi f$ ; где је  $f$  – фреквенција напона и струје  $[\text{Hz}]$ );  $L$  – индуктивност калема  $[\text{H}]$ ;  $C$  – капацитет кондензатора  $[\text{F}]$ .

Поред напона и струја, на слици 9.3 се појављује и једна нова величина означена латиничним словом „ $P$ “. То је електрична снага која се дефинише као производ струје и напона

$$P = U \times I \quad [\text{V} \times \text{A} = \text{W}]. \quad (9.7)$$

На слици 9.3 може се видети да је код омског оптерећења снага увек позитивна, док код индуктивног и капацитивног снага може бити и позитивна и негативна. Позитивна снага значи да је смер тока енергије од мреже за напајање према оптерећењу (потрошачу), односно да потрошач узима енергију из мреже. Негативна снага значи да потрошач враћа енергију у мрежу. На основу овога се може закључити да омско оптерећење може само да узима енергију из мреже док индуктивно и капацитивно могу и да узимају и да враћају.

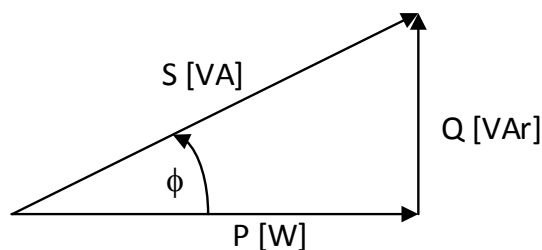
Претходно описана електрична оптерећења у природу се не могу наћи самостално већ увек у некој међусобној комбинацији тако да најчешће говоримо о  $RL$ ,  $RC$  или  $RLC$  оптерећењима (потрошачима).

### 9.1.3 Енергија, снага и фактор снаге у електричним колима

Енергија је способност тела да врши рад а снага је брзина вршења рада, односно брзина утрошка енергије. При вршењу рада долази до преласка енергије са једног тела на друго уз, најчешће, промену појавног облика (конверзију) енергије. Омско оптерећење при проласку струје кроз њега конвертује електричну енергију у топлотну и врши загревање. На тај начин омско оптерећење врши користан рад. Индуктивно и капацитивно оптерећење не могу да врше користан рад. Они могу само да приме електричну енергију из система и да је у непромењеном облику тамо и врате. С обзиром да се електрична оптерећења у природи јављају као комбинација  $R$ ,  $L$  и  $C$  елемената логично се намеће закључак да електрични потрошачи најчешће не могу сву преузету енергију из система да конвертују у користан рад, односно не могу да искористе сву ангажовану снагу. Део преузете енергије се користи за рад а део се троши на други начин (о чему ће бити речи касније). На тај начин, снага дефинисана изразом (9.7) неће сва бити утрошена на користан рад већ само делимично. У том случају, укупна енергија преузета из система је само привидна. Стварна енергија, која ће извршити користан рад је мања.

Из досадашњег излагања се види да се електрична енергија може разложити на неколико компоненти. Укупна преузета енергија из система назива се „*привидна енергија*“ и одговарајућа ангажована снага „*привидна снага*“. Компонента која врши користан рад назива се „*активна енергија*“ и у складу са тим се дефинише „*активна снага*“. Друга компонента, супротно „*активној*“ је „*реактивна енергија*“ (и „*реактивна снага*“). Векторски збир активне и реактивне снаге даје привидну снагу, што је приказано на слици 9.5. Привидна снага се означава латиничним словом „ $S$ “ и јединица за њу је *волт-ампер*  $[\text{VA}]$ . Активна снага се означава латиничним словом „ $P$ “ и јединица за њу је *ват*  $[\text{W}]$ , док се реактивна снага означава

латиничним словом „Q“ и јединица за њу је *волт-ампер-реактивни* [VAr]. У пракси се уместо основних јединица користе њихови децимални умношци „кило“ – [kVA], [kW] и [kVAr]. Важно је напоменути да реактивна снага и енергија нису губици и о томе ће бити речи каснијем тексту.



Слика 9.5: Активна, реактивна и привидна снага

Привидна снага ( $S$ ) дефинише се као производ ефективних вредности струје ( $I$ ) и напона ( $U$ )

$$S = U \times I \text{ [VA]}. \quad (9.8)$$

Фактор снаге ( $\cos \phi$ ) је однос између активне ( $P$ ) и привидне снаге ( $S$ ), односно, угао између вектора  $S$  и  $P$ . Угао  $\phi$  представља угао (фазни став) између вектора напона и струје (слика 7.3).

$$\cos \phi = \frac{P}{S} = \frac{P}{U \times I} \quad (9.9)$$

У табели 9.1 су приказане релације између претходно дефинисаних и наведених величина.

Табела 9-1: Релације између напона, струје и снаге у колима наизменичне струје

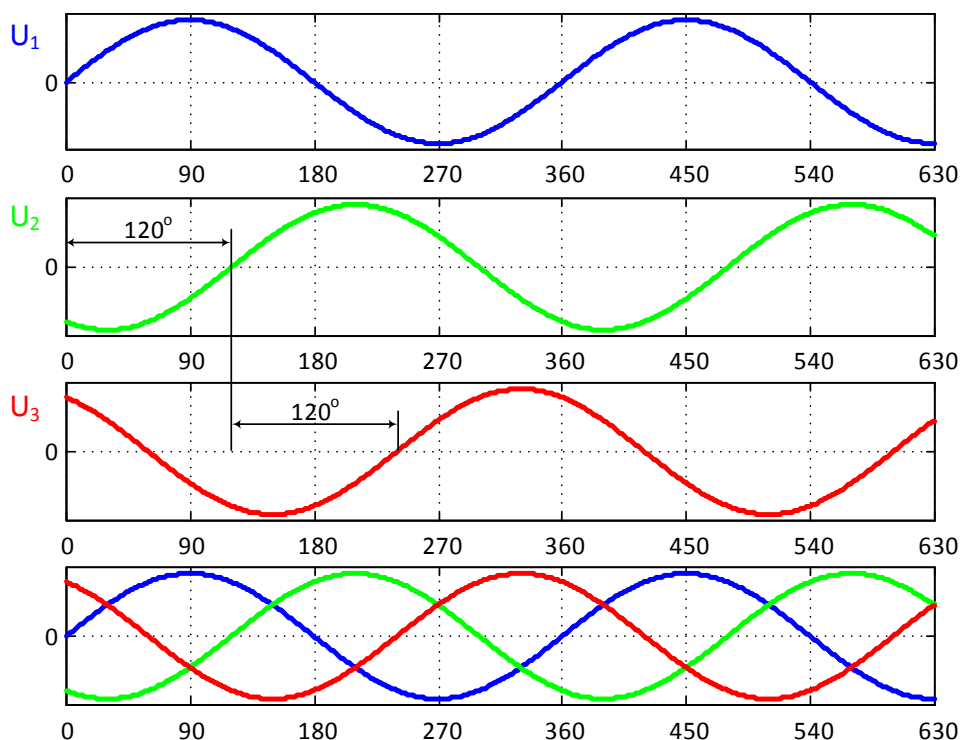
Величина	Израз	Јединица
Снага	$P = UI \cos \phi = S \cos \phi$	[W] или [kW]
	$Q = UI \sin \phi = S \sin \phi$	[Var] или [kVAr]
	$S = UI = \frac{P}{\cos \phi} = \frac{Q}{\sin \phi}$	[VA] или [kVA]
Напон	$U = \frac{P}{I \cos \phi} = \frac{Q}{I \sin \phi} = \frac{S}{I}$	[V]
Струја	$I = \frac{P}{U \cos \phi} = \frac{Q}{U \sin \phi} = \frac{S}{U}$	[A]
Фазни став	$\cos \phi = \frac{P}{UI} = \frac{P}{S}$	без димензиона величина
	$\sin \phi = \frac{Q}{UI} = \frac{Q}{S}$	без димензиона величина

### 9.1.4 Трофазни наизменични напони и струје (3~ AC)

У трофазним системима напони су фазно померени за  $120^\circ$ , што је приказано на слици 9.6. Напон између фазног проводника и нуле се назива фазни напон ( $U_f$ ) док се напон између два фазна проводника назива међуфазни или линијски напон ( $U_n$  или  $U_L$ ). Између фазног и међуфазног напона важи релација

$$U_n = \sqrt{3} U_f \quad (9.10)$$

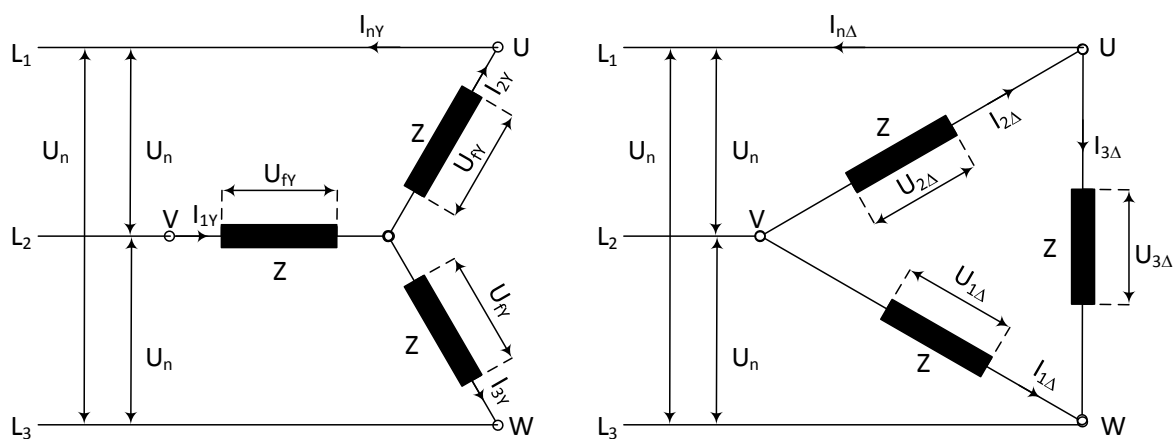
У Европи је  $U_f = 230 \text{ [V]}$  а  $U_n = 400 \text{ [V]} = 0,4 \text{ [kV]}$ .



Слика 9.6: Таласни облици напона у трофазном систему

### Спој звезда-троугао

Звезда и троугао представљају начине повезивања проводника трофазног потрошача (најчешће електромотори) и приказани су на слици 9.7.



Слика 9.7: Фазне и линијске величине у спојевима звезда (Y) и троугао (D или Δ) потрошача у трофазним системима

Трофазни потрошачи се најчешће реализују као „уравнотежени“, што значи да су импедансе у све повезане три гране међусобно једнаке. Према слици 9.7, важе следеће релације за струје и напоне, под условом да се ради о уравнотеженом потрошачу.

Спој звезда (Y)

$$U_{fY} = \frac{U_n}{\sqrt{3}}, \quad (9.11)$$

$$I_{1Y} = I_{2Y} = I_{3Y} = I_{nY}. \quad (9.12)$$

Спој троугао (D или Δ)

$$I_{1\Delta} = I_{2\Delta} = I_{3\Delta} = \frac{I_{n\Delta}}{\sqrt{3}}, \quad (9.13)$$

$$U_{1\Delta} = U_{2\Delta} = U_{3\Delta} = U_n. \quad (9.14)$$

На основу слике 9.7 и израза (9.11)-(9.14), могу се написати следећи изрази

$$I_{nY} = I_{2Y} = \frac{U_{fY}}{Z} = \frac{U_n}{\sqrt{3}Z} \quad (9.15)$$

$$I_{n\Delta} = \sqrt{3}I_{2\Delta} = \sqrt{3} \frac{U_{2\Delta}}{Z} = \sqrt{3} \frac{U_n}{Z}. \quad (9.16)$$

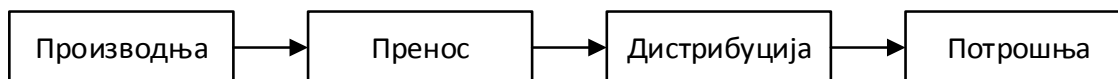
Након дељења (9.16) са (9.15) следи

$$\frac{I_{n\Delta}}{I_{nY}} = 3. \quad (9.17)$$

Из израза (9.17) може се видети да је линијска струја трофазног потрошача везаног у троугао три пута већа од линијске струје потрошача везаног у звезду. То значи да је и снага коју потрошач везан у троугао повлачи из мреже три пута већа од снаге потрошача везаног у звезду [1], [2].

## 9.2 Производња, пренос, дистрибуција и потрошња електричне енергије

Класични електроенергетски систем (ЕЕС) чине четири основне целине (подсистема): производња, пренос, дистрибуција и потрошња електричне енергије. Овај функционални ланац приказан је на слици 9.8. Основни елементи ЕЕС су генератор, трансформатор, вод (надземни или кабловски) и пријемници електричне енергије (који чине потрошачки центар у најширем смислу речи) [3].



Слика 9.8: Функционална веза подсистема ЕЕС

### 9.2.1 Производња електричне енергије

Први у ланцу подсистема је производни подсистем (електрана или „електрична централа“). У електранама се налази “срце” ЕЕС – синхрони генератор – у коме се механичка енергија трансформише у електричну. Електране (извори електричне енергије) имају задатак да у сваком тренутку задовоље потребе потрошача за електричном енергијом и да обезбеде неопходан ниво резерве за случај испада појединих капацитета или за случај непредвиђених



захтева од стране потрошача. У основи постоје три доминантна начина производње електричне енергије: производња у хидроелектранама, у термоелектранама и у нуклеарним електранама. Суштинска разлика између њих је у форми примарне енергије из које се производи механичка енергија која се касније трансформише у електричну. Поред наведених, најчешће коришћених начина производње електричне енергије, данас су све више у употреби обновљиви извори енергије: ветар, сунце, биомаса и био-гас. Локација ових производних капацитета налази се на крају ланца снабдевања приказаног на слици 9.8 па се у анализи рада целог ЕЕС више могу посматрати као део подсистема „потрошња“ и/или „дистрибуција“.

Називни напони генератора у електранама крећу се у распону од 1 kV до 25 kV и у циљу повезивања са преносном мрежом технолошки се формира блок-веза агрегат–трансформатор, где се под појмом „агрегат“ подразумева целина турбина-генератор.

### **9.2.2 Пренос електричне енергије**

Наредни технолошки подсистем је пренос чији је задатак да електричну енергију пренесе од извора до дистрибутивног подручја. У свету данас егзистирају два типа електричних мрежа: мреже наизменичне и мреже једносмерне струје. Производња и потрошња електричне енергије остају неприкосновено, за сада, на трофазном наизменичном напону као оптималном начину и продукције и потрошње електричне енергије са актуелним технологијама. У нашем ЕЕС пренос електричне енергије врши се искључиво на наизменичном напону учестаности 50 [Hz] на напонским нивоима 110 kV, 220 kV и 400 kV.

Далеководима напона 400 kV повезују се највећи и најзначајнији центри производње и потрошње у Србији, али се претежно преко овог напонског нивоа и читав електроенергетски систем Србије повезује са електроенергетским системима суседних земаља што омогућава међународну трговину електричном енергијом. На тај начин, преносни систем Србије чини део паневропског система за пренос електричне енергије а његов посебан значај огледа се у томе што непосредно повезује девет земаља и обезбеђује пренос електричне енергије са севера на југ, са истока на запад и са североистока на југозапад Европе.

Далеководи се спајају у високонапонским постројењима, где се врши трансформација електричне енергије, односно промена напонског нивоа, помоћу енергетских трансформатора велике снаге (трансформаторске станице) или развод електричне енергије на истом напону (разводна постројења). Трансформаторске станице и разводна постројења су сложена постројења која омогућавају функционисање и управљање електроенергетским системом као целином.

Поред далековода и постројења, преносни систем чине и други пратећи системи (телекомуникациони систем, систем даљинског управљања, сопствена потрошња и други) што све заједно преносни систем чини једним од најсложенијих инфраструктурних система.

Оператер система преноса и тржишни оператер (ТСМО) у Републици Србији, који је одговоран за пренос електричне енергије кроз мрежу високог напона, за рад система, пропратне услуге, управљање тржиштем електричне енергије и уравнотежење тржишта је Јавно предузеће Електромрежа Србије.

### 9.2.3 Трансформација и дистрибуција електричне енергије

Системи за трансформацију и дистрибуцију електричне енергије су неопходни како би се произведена електрична енергија транспортовала до одређених потрошача и на веће даљине.

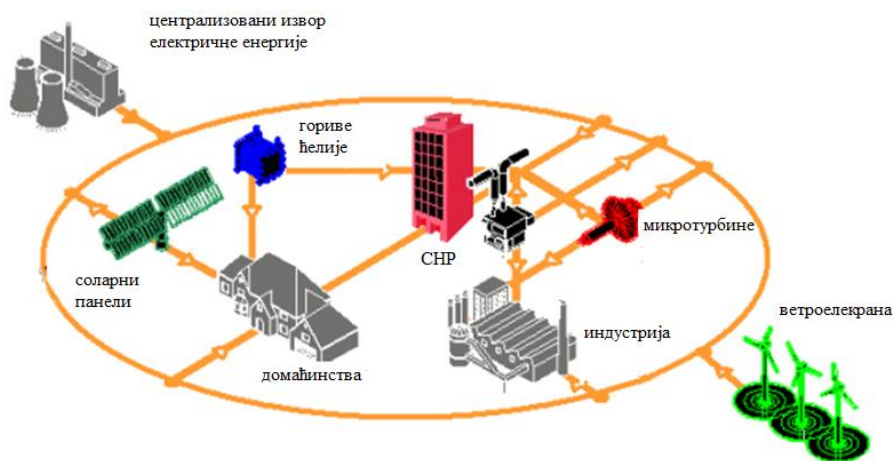
Да би се из производних система (електрана) произведена електрична енергија на напонском нивоу најчешће 15÷21 kV пренела до удаљених потрошача, прво се користе системи за трансформацију (трафостанице) у којима се врши трансформација на више напонске нивое (110 kV, 220 kV и 400 kV), а затим далеководима преноси до трафостаница дистрибутивног система. У оквиру дистрибутивних система се високи напон поново трансформише, али сада на ниже вредности (10 kV или 6 kV за индустријске потрошаче, односно 0,4 kV за домаћинства).

Трансформатор је статички електромагнетски уређај у којем се електрична енергија из једног или више наизменичних кругова, који напајају примарне намоте трансформатора, преноси у један или више наизменичних кругова напајаних из секундарних намотаја трансформатора с измењеним вредностима струја и напона и непромењеном фреквенцијом и снагом. Трансформација енергије догађа се у активном делу трансформатора састављеном од намотаја (најчешће од бакра) и језгра од легуре гвожђа. Најраспрострањенији су тзв. енергетски трансформатори који служе за пренос и расподелу електричне енергије.

Дистрибутивни систем се састоји од мреже кабловских (најчешће подземних) и надземних водова и трафостаница напона 110 kV/x ( $x = 35 \text{ kV}$  или  $10 \text{ kV}$ , у Војводини  $20 \text{ kV}$ ),  $35 \text{ kV}/10 \text{ kV}$ ,  $10 \text{ kV}/0,4 \text{ kV}$  или  $20 \text{ kV}/0,4 \text{ kV}$ .

Од средине 2015. године радом дистрибутивног система управља оператор дистрибутивног система - ЕПС Дистрибуција. Цену приступа систему за дистрибуцију електричне енергије, правила под којим се приступа дистрибутивном систему, правила о раду и правила о раду тржишта електричне енергије одређује Агенција за енергетику (АЕРС) [4], [5] а у складу са Законом о енергетици [6].

Треба истаћи да је данас због све већег продора обновљивих извора електричне енергије све већи број потрошача који су уједно и произвођачи електричне енергије, тако да се све више говори о дистрибуираном или децентрализованом систему производње електричне енергије. На слици 9.9 приказан је концепт будућег електроенергетског система у коме ће досадашњи потрошачи добијати све већу улогу и као произвођачи електричне енергије, пре свега из обновљивих извора. На слици 9.9 види се да ће све значајнији извори напајања у ЕЕС у будућности бити ветрогенератори, соларне електране, микротурбине, горивне ћелије и когенеративна постројења (CHP – Combined Heat and Power). Ово је значајно са три аспекта: техничко-функционалног, економског и еколошког.



Слика 9.9: Концепт будућег електроенергетског система

#### 9.2.4 Потрошња електричне енергије

Последњи подсистем у технолошком ланцу је потрошачки подсистем. Физичке појаве у ЕЕС одвијају се тако да се процеси производње и потрошње дешавају практично истовремено, те се све промене у потрошњи директно преносе на остале подсистеме. Подсистем потрошње је сложена целина коју чини велики број разнородних пријемника. Захтеви овог подсистема или, како се обично каже, захтеви конзума су променљиви како у току дана тако и током године, па је ЕЕС дужан да практично тренутно прати промене конзума. Сви капацитети у ЕЕС морају се димензионисати према максималном оптерећењу (максималној снази) конзума које траје веома кратко (нпр. 1 h у току године). Преостало време, систем ради са смањеним оптерећењем и квантитативна мера која указује колико се ефективно користе капацитети у систему на годишњем нивоу дефинише се као *фактор оптерећења*. То је количник стварно испоручене енергије и максимално могуће енергије коју би систем произвео када би све време радио са максималном снагом. Овај количник има у системима типичне вредности од 0,6 до 0,8. У нашој земљи износио је преко 0,65 до 1990. године да би се погоршао до вредности око 0,55 у последњим годинама због још израженије сезонске неравномерности у потрошњи услед преласка многих домаћинстава и осталих потрошача на грејање електричном енергијом [3].

Планирање развоја електроенергетских капацитета увек је везано са прогнозом будућих потреба у електричној енергији. Слично је и са планирањем развоја и других енергетских капацитета. Општа законитост је да економски раст захтева увећање потреба у енергији што је с друге стране праћено још неповољнијим утицајем на околину. Ова законитост је још валиднија у корелацији економски раст – потрошња електричне енергије. Налажење баланса у овим релацијама је главни задатак енергетике [3]. Код прогнозирања потреба за енергијом полазни податак је пораст броја становника на посматраном узорку (у појединој земљи или за свет као целину) као и специфична потрошња енергије по становнику. Прогнозе рађене до 2050. године, базиране на детаљним анализама нашле су да би специфична потрошња електричне енергије за свет као целину била око 4830 kWh/становнику у поређењу са 2010 kWh/становнику из 1986. године. Овај сценарио подразумева технолошки прогрес у

домену рационалног коришћења електричне енергије, односно полази од претпоставке да ће процеси рационализације осетно узапредовати. Други сценарио, којим се само екстраполирају данашње технологије, довео би до потрошње електричне енергије од 7240 kWh/становнику. На бази оваквих прогноза могу се креирати пројекције развоја електроенергетике. Исто тако је значајно истаћи да се очекује још значајније релативно учешће електричне енергије у укупним енергетским потребама које иде до 52% на крају тог планског периода [7].

### **9.3 Тржиште електричне енергије, крајњи потрошачи, тарифни системи, тарифни ставови**

#### **9.3.1 Тржиште електричне енергије**

Усвајањем новог Закона о енергетици [6] крајем 2014. године, област енергетике у домаћем законодавству је хармонизирана са одредбама Трећег енергетског законодавног пакета Европске уније који се састоји од две директиве и три уредбе [8], [9], [10], [11], [12], чиме је настављен процес увођења конкуренције у електроенергетски сектор у Србији, како би се повећала ефикасност сектора кроз дејство тржишних механизма у производњи и снабдевању електричном енергијом, задржавајући при томе економску регулацију делатности преноса и дистрибуције електричне енергије као природних монопола.

Почев од јануара 2014. године успостављено је тржиште електричне енергије у Републици Србији, тако што је прво извршено раздвајање послова снабдевања и дистрибуције електричне енергије у оквиру ЈП ЕПС формирањем привредног друштва ЕПС Снабдевање. Затим је на тржиште ушао одређени број других снабдевача који од 1. јануара 2014. године уговарају снабдевање са свим купцима, осим са домаћинствима и малим купцима са којима уговоре о снабдевању могу да потписују почев од 1. јануара 2015. године. Предузеће ЕПС Снабдевање је од стране Агенције за енергетику добило лиценцу за јавно снабдевање, тако да од тада постаје јавни снабдевач свих купаца електричне енергије који се снабдевају по регулисаним ценама. С обзиром да је ЕПС Снабдевање присутно и на отвореном тржишту електричне енергије од 1. јануара 2014. године, од тада обавља послове снабдевача и осталих крајњих купаца.

Према новом Закону, измењени су услови за стицање права на гарантовано снабдевање електричном енергијом. У складу са тим, од 1. јануара 2015. право на гарантовано снабдевање по ценама које регулише Агенција за енергетику, имају само домаћинства и мали купци. Након отварања тржишта електричне енергије у Републици Србији лиценциран је велики број снабдевача електричном енергијом, тако да их је на крају 2015. године било 101. Део наведених снабдевача обавља ову делатност углавном преко граничног промета ради транзита и трговине међу самим снабдевачима, укључујући и ЈП ЕПС. Снабдевањем крајњих купаца се до сада углавном бавило ЕПС Снабдевање мада је неколико снабдевача такође учествовало у снабдевању ове категорије.

За развој тржишта електричне енергије, што представља новину од 2013. године, веома су значајна одговарајућа правила о промени снабдевача која се односе на снабдевање по уговору о потпуном снабдевању и утврђују да је промена снабдевача за купца бесплатна. Овим правилима су обухваћени случајеви промене снабдевача на захтев купца, прелазак на

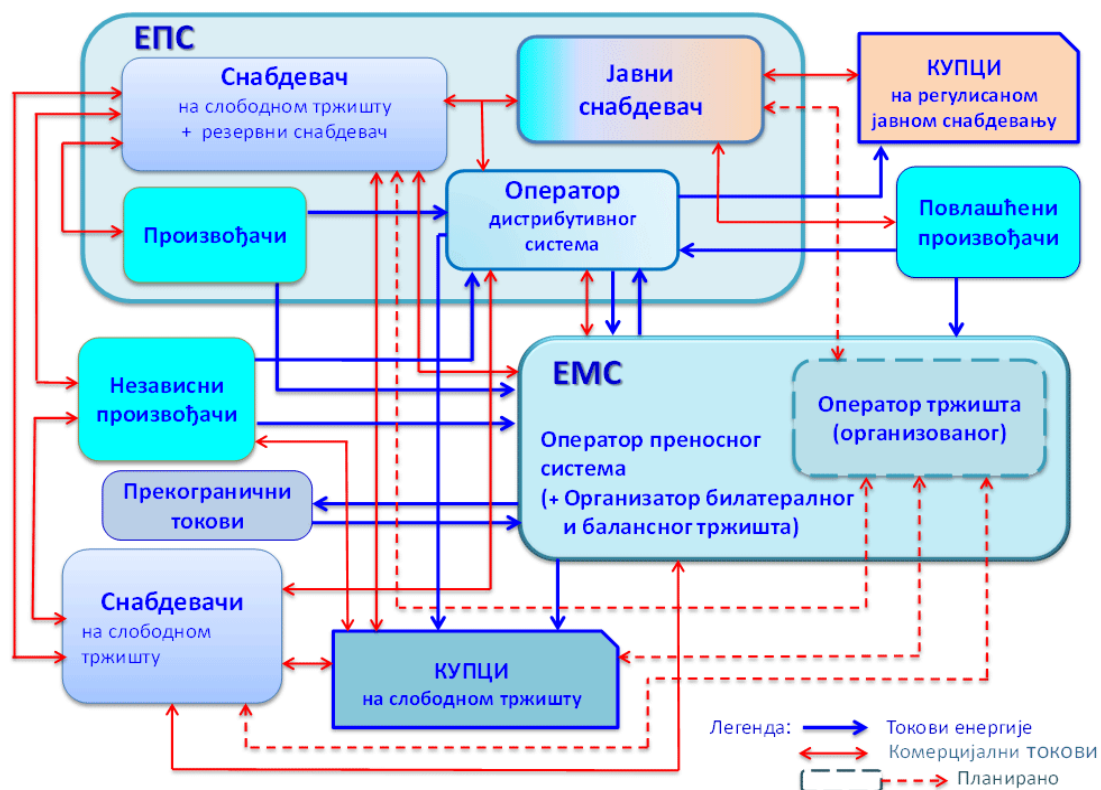
резервно или јавно снабдевање када купац по Закону на то има право, као и поступак при промени снабдевача у случају раскида уговора о продаји због неплаћања. Поступак промене снабдевача не може трајати дужи од 21 дан, рачунајући од дана предаје уредног захтева.

Цене електричне енергије које се установљују на отвореном тржишту електричне енергије, деле се на тржишне цене и регулисане цене. Тржишне цене формирају се слободно и у складу са законима тржишта, па се често називају и слободне цене. С друге стране, регулисане цене су:

- цене за приступ систему за пренос;
- цене приступа систему за дистрибуцију електричне енергије (за све кориснике система);
- цене помоћних услуга (примарна регулација, регулација напона, безнапонско покретање и острвски рад).

Поред наведених, могу бити регулисане и цене електричне енергије за гарантовано (јавно) снабдевање и цене закупа резерве снаге за системске услуге секундарне и терцијарне регулације.

Крајњи купац који нема право на гарантовано снабдевање, а нема важећи уговор о снабдевању (из разлога прописаних чланом 192. Закона о енергетици), има право на резервно снабдевање у периоду до 60 дана, у коме мора да пронађе новог снабдевача (у супротном је оператор система дужан да му обустави испоруку електричне енергије). На слици 9.10 приказана је шема тржишта електричне енергије у Републици Србији.



Слика 9.10: Блок шема тржишта електричне енергије у Републици Србији

### 9.3.2 Крајњи купац и тарифни систем

Крајњи купац електричне енергије (Крајњи купац) је физичко или правно лице или предузетник који купује електричну енергију за своје потребе.

Купац из категорије «домаћинство» је Крајњи купац који купује електричну енергију за потрошњу свог домаћинства и за заједничку потрошњу домаћинстава искључујући обављање професионалних или комерцијалних делатности.

Мали купци електричне енергије (Мали купци) су Крајњи купци (правна лица и предузетници) који имају мање од 50 запослених, укупан годишњи приход у износу до 10 милиона евра у динарској противвредности, чији су сви објекти прикључени на дистрибутивни систем електричне енергије напона нижег од 1kV и чија је потрошња електричне енергије у претходној календарској години до 30.000 kWh [13].

Крајњи купци набављају електричну енергију за своје потребе, не врше њену даљу дистрибуцију већ је трансформишу у неки други вид и троше према својим жељама и потребама за производњу материјалних добара, транспорт, осветљење, загревање, хлађење, комуникацију, информисање, забаву... Практично, крајњи корисник скоро да нема ограничења у набавци и располагању купљеном електричном енергијом. Једина обавеза коју Крајњи корисник има, а која се у неким случајевима може сматрати и за ограничење, јесте његова обавеза да на време измирује дуг за преузету електричну енергију, односно, на време плаћа рачун (фактуру) који му периодично (најчешће једном месечно) испоставља оператер дистрибутивног система (ОДС).

Рачун за утрошену електричну енергију не садржи само један обрачунски елемент како најчешће при куповини роба бива и како би се могло очекивати. Уобичајено је да при куповини неке робе постоји јединична цена, постоји укупна количина купљене робе и множењем претходна два податка израчунава се укупна цена робе коју је потребно платити. То би значило да за електричну енергију треба да постоји јединична цена [Дин/kWh], треба да постоји мерење потрошње у неком временском периоду, нпр. [kWh/месец] и множењем те две вредности би се добила укупна цена за утрошену електричну енергију [Дин/месец] коју потрошач треба да плати. Нажалост, у реалном животу то није случај. Ни приближно.

Наиме, електрична енергија је веома специфична роба, чак би се могло рећи „уникатна“, која се веома разликује од свих осталих роба на тржишту. Специфична је и њена производња и транспорт и потрошња и због тога се накнада за њено коришћење израчунава на веома специфичан начин.

Тарифни систем, тарифе и тарифни ставови обједињују методологију за обрачун накнаде за утрошену енергију и иако на први поглед делују компликовано, у својој основи се базирају на једној веома једноставној идеји и принципу. Основна идеја увођења тарифног система јесте максимално могуће уједначавање оптерећења система у двадесетчетворочасовном временском периоду и повећање његове поузданости, те увођење принципа кажњавања неодговорних и несавесних потрошача.

Људи су по својој природи углавном активни преко дана док се ноћу одмарају. Поред тога, у



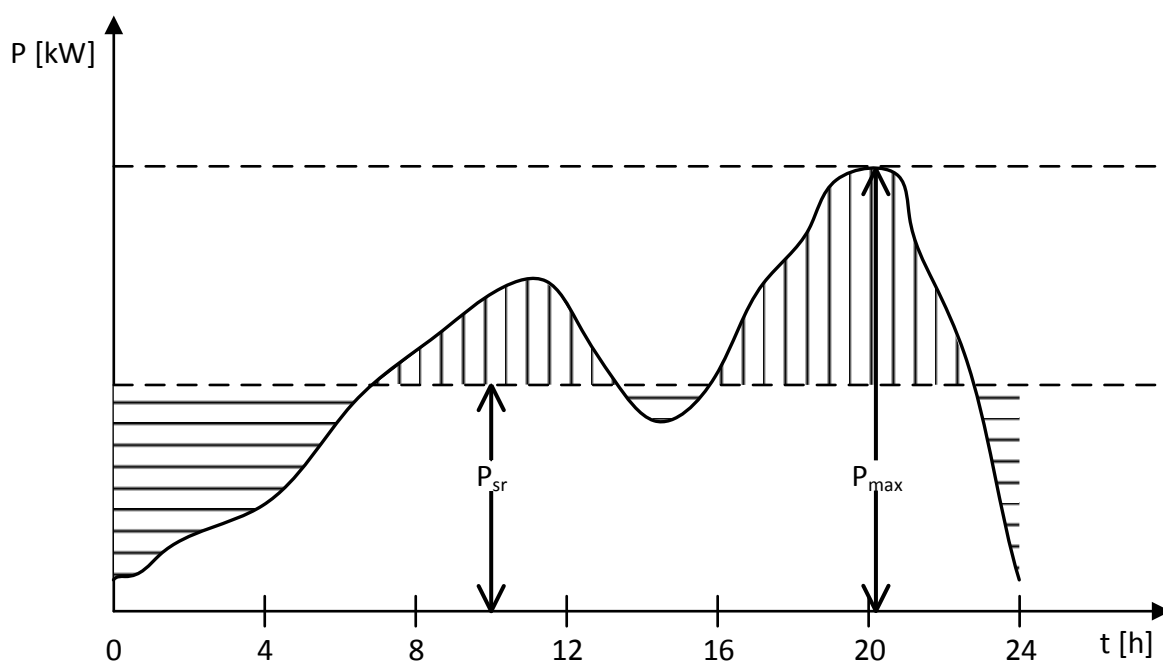
својим дневним активностима су прилично синхронизовани. Велики број људи истовремено одлази на посао и са њега се враћа кућама, деца у исто време одлазе и бораве у школи, државне институције раде истовремено на целој територији државе, фабрике које раде по сменама имају почетке и завршетке смена у исто време итд. Све ово се понавља из дана у дан, из године у годину и то ствара одређену рутину у понашању људи, тако да велики број људи истовремено ради, спава, једе, има слободно време и што је најважније за ово разматрање истовремено троши или не троши електричну енергију. Свакодневно понашање и навике људи се пресликавају на потрошњу електричне енергије и на слици 9.11 приказана је крива потрошње за неку карактеристичну групу потрошача (нпр. група домаћинстава и једној згради). Потрошачи према ЕЕС имају два захтева: да електричну енергију троше када то желе и у количини коју желе. Оператери одговорни за снабдевање конзума енергијом желе да имају стабилан, поуздан систем и да свим потрошачима обезбеде довољне количине енергије задовољавајућег квалитета (квалитет електричне енергије представљају вредност напона и фреквенције и степен изобличења таласних облика напона и струја). На први поглед ова два захтева нису супротстављена, али ако се погледа природа електричне енергије и начин функционисања ЕЕС долази се до следећих закључака.

Електрична енергија за сада не може да се ускладишти као таква у већим количинама и мора да се троши истовремено када се и производи. То значи да истовремено када се у конзумном подручју енергија троши, електране је морају производити, а преносни и дистрибутивни систем транспортовати до потрошача. Сви елементи ЕЕС морају радити и функционисати заједно. Како расте потрошња, мора да расте и производња (укључују се нови агрегати и електране), а заједно са њима расте и оптерећење преносне и дистрибутивне мреже. Исто важи и за опадање потрошње. ЕЕС мора да „дише“ као јединствен, веома сложен организам. Свакодневно потрошња а са њом и производња и пренос и дистрибуција осцилују од ноћног минимума до дневног максимума.

За сваки технички систем идеални радни услови су у стационарном стању. Тада нема промена, поремећаја, сви сигнали имају константну вредност (струје, напони и фреквенција у ЕЕС, у овом случају), сви су уређаји и опрема равномерно и константно оптерећени. Идеална ситуација за оператере ЕЕС би била да крива оптерећења буде права линија, као што је  $P_{sr}$  на слици 9.11. На слици се такође види да би се потрошња могла уједначити ако би се потрошња са врхова изнад  $P_{sr}$  (вертикална шрафура на слици 9.11) „прелила“ у доље (хоризонтална шрафура на слици 9.11), али проблем је како то извести. Потрошачи се не могу једноставно натерати да троше енергију у одређеном временском периоду (осим рестрикцијама напајања што је ванредна ситуација), али се на неки начин могу „убедити“. Ту сада на сцену ступа тарифни систем. Једноставно, у тренуцима када је оптерећење система мало, потрошачима је понуђена електрична енергија по нижој цени („нижа тарифа“) а у тренуцима када је оптерећење система велико цена електричне енергије је већа („виша тарифа“). На тај начин потрошачи, из чисто економских разлога, део своје потрошње „селе“ у доба дана када је оптерећење систем мање и то је потрошња за коју у принципу није битно када се одвија (машине за прање веша, акумулација енергије у ТА пећима, пуњење великих резервоара за воду, заливни системи у пољопривреди и слично). На овај начин врши се уравнотежење дневног дијаграма потрошње.



Следећи проблем, који се јавља и поред увођења више и ниже тарифе за цену ЕЕ јесте вршна потрошња (*прекомерна снага*). Без обзира на цену ЕЕ, дневни дијаграм потрошње ипак у једном тренутку има свој максимум. Тај максимум се назива *вршно оптерећење* и на слици 9.11 је означен са  $P_{\max}$ . У том тренутку су максимално ангажовани (сви расположиви) производни и преносни капацитети и то је, у принципу, најкритичнији део дана за функционисање ЕЕС. Уколико вршно оптерећење пређе неку уобичајену границу и почне да расте према техничком максимуму који систем може да поднесе, највероватније је да се ради о неком поремећају и прекомерној потрошњи ЕЕ. Уколико дође до појаве прекомерне потрошње ЕЕ, угрожава се стабилност система и то на различитим нивоима, почевши од локалних трансформаторских станица (ТС) (нпр. припрема хране у домаћинствима пред Нову годину или Божић), па преко појединих области (нпр. локални наилазак веома хладног или топлог времена), па до ЕЕС целе државе (нпр. испад агрегата или далековода великих снага). У екстремним случајевима, прекомерна потрошња може да проузрокује нестабилност и распад ЕЕС и вишедневни прекид у напајању појединих потрошача. Претходно наведено, али не само то, јесте разлог увођења обрачунског елемента „*прекомерна снага*“ у тарифни систем. Потрошачима се додатно наплаћује, по вишој цени, ангажовање веће снаге од уговором са ОДС дефинисане.



Слика 9.11: Пример дневног дијаграма оптерећења електричне енергије

Трећи кључни елемент тарифног и обрачунског система јесте *реактивна снага* или *енергија*. У поглављу 9.1.3 речено је да се енергија преузета из мреже назива *привидна* и да су њене компоненте *активна* и *реактивна*. Такође, у тексту је објашњено да је активна снага обележје омског (термогеног) оптерећења, док је реактивна обележје индуктивног и капацитивног. Дакле, ако у конзумном делу система постоји проблем са фактором снаге, чињеница је да поред термогеног морају постојати индуктивна и/или капацитивна оптерећења. Ако се проанализира тип оптерећења код различитих типова потрошача, може се закључити следеће.

У домаћинствима највећи део оптерећења је термогено (сијалице, бојлер, штедњак, рерна, електрично грејање, грејачи воде у машини за прање веша и судова...) и постоји мала количина електромотора (машина за прање веша, пумпа система централног грејања, вентилатори клима уређаја или ТА пећи, фен за косу, миксер...) који су по својој природи индуктивна оптерећења (основни елементи свих електромотора су намотаји - калемови). Капацитивних оптерећења нема. С обзиром да је број мотора у домаћинству мали, да су мале снаге и да су ретко укључени, сматра се да је њихов утицај занемарив и за домаћинства се рачуна да је фактор снаге једнак јединици. За домаћинства се због тога не мери потрошња реактивне енергије, већ се региструје и наплаћује само активна енергија.

Из претходног текста већ се може видети ко су кандидати за значајне потрошаче реактивне енергије. Крајњи потрошачи који велики део потрошње остварују кроз употребу електромоторних погона због индуктивног карактера потрошње имају фактор снаге мањи од један. У ту групу потрошача спада индустрија и објекти у којима се налазе мотори значајне инсталиране снаге (нпр. стамбено-пословни комплекси или хотели са великим пумпама за воду и вентилаторима у HVAC системима, лифтовима, покретним степеницама...). С обзиром да су капацитивни потрошачи веома ретки (практично и не постоје), главни узрок проблема са реактивном енергијом су електромотори. У поглављу 9.1.3 речено је да реактивна енергија не може да изврши користан рад, али да она не представља губитке. Губици настају као резултат отпора на који наилази активна енергија (снага) при проласку кроз систем. Губици се манифестују кроз ефективно смањење количине активне енергије која ће извршити користан рад при проласку кроз систем. На пример, активна електрична снага „улази“ у електромотор на прикључцима на статору, а излази из мотора кроз брзину обртања ротора и погони радну машину. При „проласку“ кроз мотор, активна снага мора да савлада електрични отпор бакарних намотаја, магнетни отпор гвоздених делова, трење у лежајевима и терет вентилатора за хлађење. На савладавање тих отпора одлази део активне снаге и то су губици.

Шта је реактивна енергија ако нису губици? Реактивна енергија је део укупне енергије који не може да изврши користан рад, али је неопходан да обезбеди услове за исправно функционисање електричног уређаја. Реактивна енергија се још назива и енергија магнећења. Конкретно, да би електромотор исправно радио у њему мора да се успостави магнетно поље. За успостављање и одржавање магнетног поља у мотору се троши енергија и то је управо реактивна енергија. Ово би се могло илустровати примером путовања авионом. Путници у авиону треба да пређу растојање од места А до места Б и за њих је користан пут путовање најкраћим растојањем између те две тачке (хоризонталан пут). Свако скретање са најкраће путање је за њих бескористан пут. Авион лети од места А до места Б и превози путнике, али не најкраћом путањом. Да би авион превезао путнике потребно ја да узлети и да слети. То значи да поред хоризонталног лета (користан пут) авион треба да пређе и неки вертикални пут који је за путнике потпуно бескористан, али је неопходан да би авион уопште вршио своју функцију. Ако се сада успостави аналогија са електричном снагом, може се рећи да је целокупна путања авиона аналогна привидној снази, да је хоризонтална компонента лета активна а вертикална реактивна снага.

Следеће питање које се логично поставља јесте: ако је реактивна енергија неопходна за исправно функционисање појединих потрошача и њена потрошња се не може избећи или

заобићи, зашто се онда она посебно обрачунава и наплаћује потрошачу? Зашто се једноставно не мери и не наплаћује само привидна енергија? Било би једноставније. И овде је објашњење прилично једноставно и налази се у природи активне и реактивне енергије. Потрошач активну енергију не може да производи сам (осим ако нема своје производне капацитете – генераторе, али то је редак и посебан случај), а реактивну за подмирење својих потреба може. И то прилично лако и једноставно. Производња реактивне енергије за сопствене потребе се назива *компензација реактивне енергије* и биће детаљније објашњена у поглављу 9.6. Дакле, потрошач активну енергију мора да преузима из система док реактивну не мора, а ако је преузима онда му се то наплаћује. На све наведено, мора се додати и чињеница да реактивна енергија при транспорту заузима реалан простор у транспортном путу чиме се директно смањује простор за транспорт активне енергије. Упростијено речено, реактивна енергија „смањује капацитет“ за пренос активне енергије у преносним и дистрибутивним мрежама.

У наредном тексту ће бити дат преглед и кратка објашњења елемената тарифног система, а након тога објашњење и анализа обрачуна за утрошену електричну енергију за два различита типа потрошача.

### **9.3.3 Елементи тарифног система**

Тарифни систем је скуп прописа и правила на основу којег се крајњим корисницима врши обрачун утрошене електричне енергије.

Тарифни системи се разликују од земље до земље, а поред економских често садрже и социјалне и политичке елементе. Већина тарифних система се заснива на трошковном принципу, односно сваки купац треба да надокнади трошкове које ствара због природе своје потрошње.

У зависности од природе потрошње (јавно осветљење или приступ дистрибутивном систему) дефинишу се различите категорије купаца, групе купаца, тарифни елементи и тарифе [14], [15].

У даљем тексту ће бити побројане категорије и групе купаца као и елементи тарифног система. Детаљније ће бити објашњени само они појмови који су од значаја за тренутну област интересовања а то је енергетика зграда.

#### **9.3.3.1 Категорије купаца**

Категорије купаца се одређују у зависности од врсте мерних уређаја, односно начина мерења електричне енергије и то:

- Потрошња на високом напону;
- Потрошња на средњем напону;
- Потрошња на ниском напону - купци чији су објекти прикључени на дистрибутивни систем напонског нивоа до  $1kV$  и којима се испоручена активна снага, активна и реактивна енергија утврђују мерењем;
- Широка потрошња - купци чији су објекти прикључени на дистрибутивни систем до  $1kV$  којима се активна снага утврђује, у складу са овом методологијом, према одобреној снази прикључка (највише  $14,49kW$  за монофазни прикључак, односно  $4347 kW$  за

трофазни прикључак), испоручена активна енергија се утврђује мерењем, а реактивна енергија се не мери;

- Јавно осветљење.

### 9.3.3.2 Групе купаца

Групе купаца се утврђују за категорије *Широка потрошња* и *Јавно осветљење*. Групе купаца се утврђују у зависности од начина мерења и услова испоруке активне енергије и у зависности од намене потрошње електричне енергије.

Групе купаца у категорији *Широка потрошња* у зависности од начина мерења су:

- Потрошња са једнотарифним мерењем;
- Потрошња са двотарифним мерењем;
- Управљана потрошња;
- Управљана потрошња са посебним мерењем.

У категорији *Широка потрошња*, утврђују се три подгрупе купаца у зависности од намене потрошње електричне енергије:

- *Домаћинство* - купци који електричну енергију користе за потребе домаћинства у становима, стамбеним зградама и објектима за одмор, за потребе осветљавања припадајућих споредних, економских објеката и гаража и прилаза тим објектима, као и за погон електромотора и апарата у пољопривредним домаћинствима;
- *Јавна и заједничка потрошња* – купци су установе које је основала држава, односно аутономна покрајина или јединица локалне самоуправе у области образовања, културе, здравствене заштите становништва, дечје заштите, социјалне заштите, здравствене заштите животиња; потрошња електричне енергије за напајање заједничких уређаја и инсталација у стамбеним зградама, заједничким и споредним просторијама, као и потрошња за погон уређаја и инсталација кућних и заједничких сеоских водовода;
- *Остала комерцијална потрошња* – купци који електричну енергију користе за потребе осветљавања и загревања пословних објеката и пословних просторија и погон мотора и апарата у тим објектима и просторијама, погон заједничких уређаја и инсталација у тим објектима и остали потрошачи из категорије Широка потрошња, који електричну енергију користе за потребе обављања привредних и других делатности и друге потребе, осим за намене из претходне две тачке овог пододељка..

### 9.3.3.3 Тарифни елементи

Тарифни елементи су:

- *Активна снага* – годишња сума месечних максималних активних снага свих купаца из одређене категорије која се изражава у киловатима [*kW*];

- Активна енергија – укупна активна енергија која се годишње испоручује одређеној категорији купаца која се изражава у киловат-сатима [*kWh*];
- Реактивна енергија – укупна реактивна енергија која се годишње испоручује одређеној категорији купаца која се изражава у киловар сатима [*kVArh*];
- Место испоруке – укупан број мерних места свих купаца које снабдева јавни снабдевач.

Тарифни елементи, као обрачунске величине, утврђују се за сваку од категорија купаца.

#### 9.3.3.4 Тарифе

Тарифе се утврђују за сваки од тарифних елемената. Тарифе се утврђују по категоријама и групама купаца.

За тарифни елемент *Активна снага* се утврђују две тарифе:

- Обрачунска снага – за купце из категорије Потрошња на ниском напону примењује се на износ месечне максималне активне снаге ако је месечна максимална активна снага мања или једнака одобреној снази. За купце из категорије Широка потрошња, утврђује се једна тарифа: „обрачунска снага“, која се примењује на одобрену снагу;
- Прекомерна снага – примењује се ако је измерена месечна максимална активна снага већа од одобрене снаге, тако што се на износ одобрене снаге примењује тарифа „обрачунска снага“, а на износ разлике између измерене месечне максималне и одобрене снаге, примењује се тарифа „прекомерна снага“.

За тарифни елемент *Активна енергија*, у зависности од начина мерења, доба дана преузимања електричне енергије и намене потрошње електричне енергије, утврђују се тарифе:

- *Виша дневна тарифа за активну енергију* – по правилу, рачуна се сваки дан од 08h до 00h наредног дана у летњем систему рачунања времена, а у зимском од 07h до 23h;
- *Нижа дневна тарифа за активну енергију* – по правилу, рачуна се сваки дан од 00h до 08h у летњем систему рачунања времена, а у зимском од 23h до 07h наредног дана.

За тарифни елемент *Активна енергија*, за купце из категорије *Широка потрошња*, тарифе за активну енергију утврђују се и у зависности од количине, намене и начина потрошње активне енергије и то:

- *Тарифа за малу потрошњу* – обухвата месечну потрошњу до 350kWh (зелена зона);
- *Тарифа за умерену потрошњу* – обухвата месечну потрошњу преко 350kWh до 1600kWh (плава зона)
- *Тарифа за велику потрошњу* – обухвата месечну потрошњу преко 1600kWh (црвена зона).

За тарифни елемент *Реактивна енергија* утврђују се две тарифе:

- *Реактивна енергија* – примењује се на износ измерене реактивне енергије, ако је

фактор снаге на месту преузимања из дистрибутивног система за обрачунски период већи или једнак 0,95.

- *Прекомерна реактивна енергија* – ако је фактор снаге на месту преузимања из дистрибутивног система за обрачунски период мањи од 0,95, тарифа *Реактивна енергија* се примењује на износ реактивне енергије која одговара фактору снаге 0,95, а тарифа *Прекомерна реактивна енергија* примењује се на износ позитивне разлике измерене реактивне енергије и реактивне енергије која одговара фактору снаге 0,95.

За тарифни елемент *Место испоруке* се утврђује тарифа *Трошак јавног снабдевача*.

Тарифе за продају електричне енергије за све купце које снабдева јавни снабдевач у оквиру исте категорије и групе купаца једнаке су на целој територији Републике Србије.

Продата електрична енергија се обрачунава на основу тарифа за обрачунски период.

### **9.3.4 Обрачун за утрошену електричну енергију**

Да би се илустровала примена елемената тарифног система као и да би се лакше разумео начин вршења обрачуна, у даљем тексту ће бити приказани, објашњени и анализирани обрачуни за утрошену електричну енергију за крајњег купца из групе *Домаћинство* и из категорије *Потрошња на средњем напону*.

#### **9.3.4.1 Обрачун за крајњег купца из групе „Домаћинство“**

На слици 9.12 приказан је рачун за електричну енергију за крајњег потрошача из групе *Домаћинство*. Ставке на рачуну су нумерисане бројевима од 1 до 14 и у даљем тексту следи њихово објашњење:

1. Учешће више и ниже тарифе, односно једнотарифног мерења у укупној потрошњи исказано у процентима.
2. Обрачунска снага [kW] - изражава се у киловатима (kW) и представља снагу коју је Дистрибуција одобрила као највећу једновремену снагу укључених уређаја у стану/кући. Она је одређена и осигурачима у домаћинству. Дистрибуција ту снагу ставља купцу на располагање кад год је то њему потребно. Плаћа се месечно, па и онда када нема потрошње електричне енергије.

Купац може да захтева од Дистрибуције да му се смањи обрачунска снага. Уколико купац жели већу снагу од оне која му се обрачунава, може да поднесе захтев (једном годишње) после чега ће дистрибуција проверити да ли има техничких могућности за повећање снаге.

Купцима са трофазним прикључком чија је одобрена снага између 11,04 kW и 17,25 kW а који месечно троше до 350 kWh, обрачунска снага ће до измене прописа бити 6,9 kW (то одговара аутоматским осигурачима од 10 A). Купцима који имају трофазни прикључак и чија је одобрена снага између 11,04 kW и 17,25 kW а троше више од 350 kWh месечно, обрачунска снага ће до измене прописа бити 11,04 kW (то одговара аутоматским осигурачима од 16 A).

Купци који имају монофазни прикључак плаћају обрачунску снагу 5,75 kW (то одговара

аутоматским осигурачима од 25 А).

Купци са трофазним прикључком који имају одобрење за прикључење на снагу мању од 11,04 kW или више од 17,25 kW, као и купци са монофазним прикључком којима је одобрена снага изнад 5,75 kW, плаћају обрачунску снагу у складу с тим одобрењима.

Како се рачуна одобрена снага?

Одобрена снага се рачуна према образцу

$$P_{\text{одобрено}} = 3 \times U_{\text{nf}} \times I_{\text{носигурача}} \times \cos \phi \quad (7.18)$$

за трофазне потрошаче, а

$$P_{\text{одобрено}} = U_{\text{nf}} \times I_{\text{носигурача}} \times \cos \phi \quad (9.19)$$

за монофазне потрошаче. У изразима (9.18) и (9.19) је:  $P_{\text{одобрено}}$  – одобрена снага од стране ОДС [kW];  $U_{\text{nf}}$  – номинални фазни напон напајања, у Србији је 230V;  $I_{\text{носигурача}}$  – називна струја осигурача<sup>18</sup> на улазу у разводни орман („лимитатор снаге“) [A];  $\cos \phi$  – фактор снаге, за *Домаћинства* једнак је јединици.

Таблица 7.2 приказује називне струје осигурача и њима одговарајуће одобрене снаге прикључака у зависности од тога да ли се ради о монофазном или трофазном прикључку.

Табела 9-2: Називне струје осигурача и одговарајуће одобрене снаге прикључка

Монофазни прикључак		Трофазни прикључак	
$I_{\text{носигурача}}$ [A]	$P_{\text{одобрено}}$ [kW]	$I_{\text{носигурача}}$ [A]	$P_{\text{одобрено}}$ [kW]
20	4,60	16	11,04
25	5,75	20	13,81
32	7,36	25	17,25
40	9,20	32	22,08
50	11,50	40	27,60

3. Трошак гарантованог снабдевача - плаћа се за свако мерно место у једнаким износима сваког месеца и у месецима када нема потрошње. Накнада за обавезу гарантованог снабдевача да у сваком тренутку обезбеди напајање одобреном снагом
4. Обрачун утрошене електричне енергије - врши се по зонама потрошње на месечном нивоу. За обрачунске периоде који се разликују од 30 дана, границе зона се сразмерно померају. Уколико је мерење двотарифно, учешће појединих тарифа у свакој од зона се одређује на основу учешћа сваке од тарифа у укупној потрошњи.

У приказаном рачуну укупна утрошена активна енергија је 711 kWh од чега у вишој тарифи 540 kWh а у нижој 171 kWh. Процентуално у вишој тарифи је потрошено 540 kWh/711 kWh=75,95%, а у нижој 171 kWh/711 kWh=24,05%.

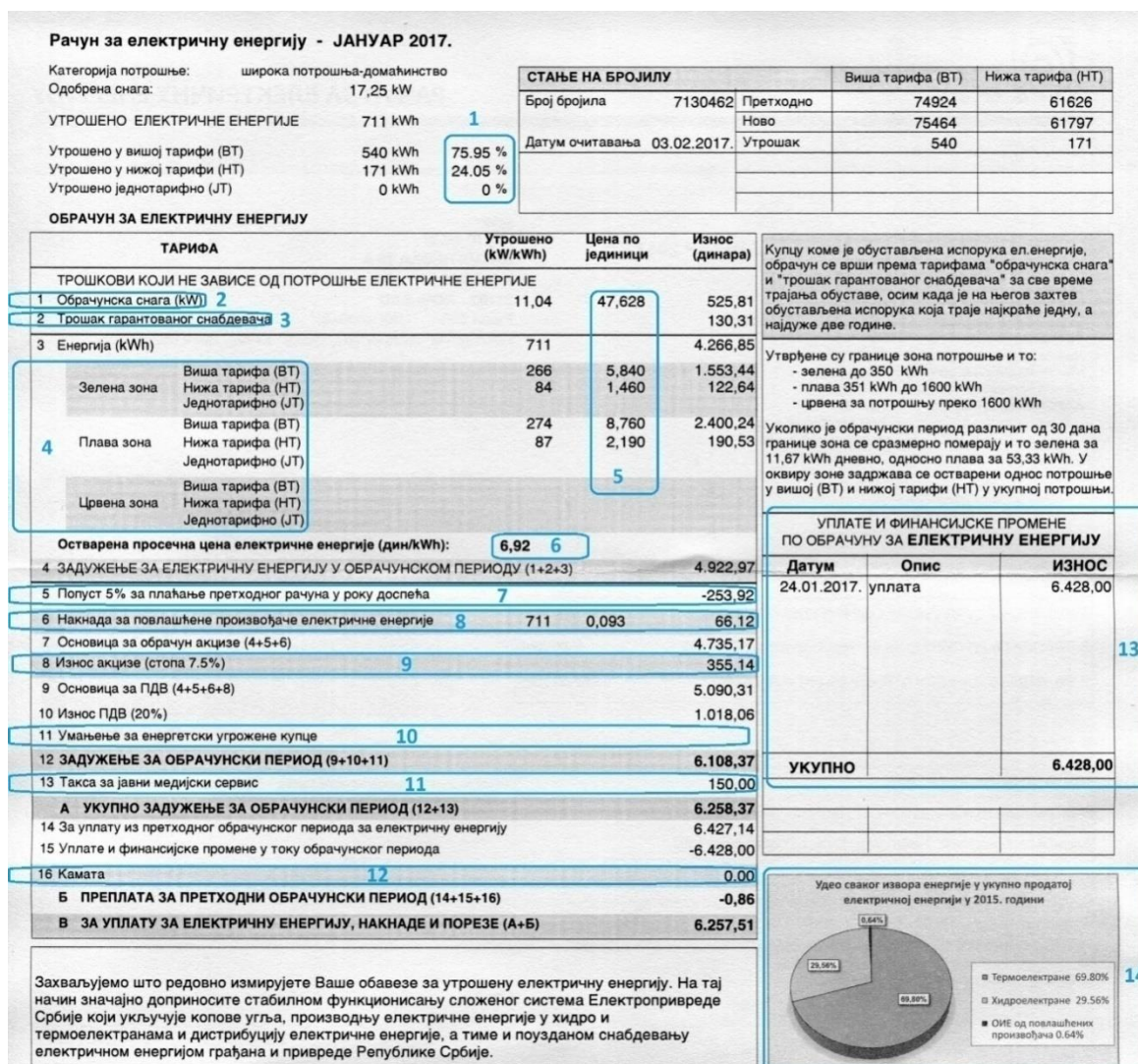
<sup>18</sup> називна струја осигурача је струја коју осигурач може да проводи у трајном раду, односно струја која може да протиче кроз осигурач неограничено дуго а да осигурач не одреагује.



Потрошач је у зеленој зони потрошио 350 kWh и то у вишој тарифи  $350 \text{ kWh} \times 0,7595 = 266 \text{ kWh}$  и у нижој  $350 \text{ kWh} \times 0,2405 = 84 \text{ kWh}$

Потрошач је у плавој зони потрошио  $711 \text{ kWh} - 350 \text{ kWh} = 361 \text{ kWh}$  и то у вишој тарифи  $361 \text{ kWh} \times 0,7595 = 274 \text{ kWh}$  и у нижој  $361 \text{ kWh} \times 0,2405 = 87 \text{ kWh}$

5. Цена – јединична цена за сваки обрачунски елемент у складу са Одлуком о регулисаној цени електричне енергије за гарантовано снабдевање.
6. Остварена просечна цена електричне енергије [дин/kWh] - количник задужења за електричну енергију у обрачунском периоду и утрошене електричне енергије [kWh].
7. Попуст 5% – умањење рачуна за купце који су своје обавезе за утрошену електричну енергију измирили у року за плаћање рачуна. Попуст се одобрава у наредном месецу и не обрачунава се на износ накнаде за повлашћене произвођаче електричне енергије.
8. Накнада за повлашћене произвођаче електричне енергије – обрачунава се и наплаћује на основу Уредбе о накнади за подстицај повлашћених произвођача електричне енергије.
9. Износ акцизе (стопа 7,5%) – обрачунава се и наплаћује на основу Закона о изменама и допунама Закона о акцизама ("Службени гласник РС", бр. 55/2015).
10. Умањење за енергетски угрожене купце – одобрава се за купце који су тај статус стекли у складу са Уредбом о енергетски угроженом купцу.
11. Такса за јавни медијски сервис – обрачунава се у складу са Законом о привременом уређивању начина наплате таксе за јавни медијски сервис ("Службени гласник РС" бр. 112/2015).
12. Камата – обрачунава се у складу са Законом о затезној камати применом простог процентног рачуна и обрачунава се на неизмирени део рачуна почев од првог дана након рока за плаћање.
13. Уплате и финансијске промене по обрачуну за електричну енергију – евидентиране све уплате, финансијска задужења и одобрења по обрачуну за електричну енергију у обрачунском периоду.
14. Удео сваког извора енергије у укупно продатој електричној енергији у претходној години – графички приказ удела сваког извора енергије у укупно продатој електричној енергији у претходној години.



Слика 9.12: Обрачун за електричну енергију за потрошача из групе *Домаћинство*

### 9.3.4.2 Обрачун за крајњег купца из категорије „Потрошња на средњем напону“

На слици 9.13 приказан је обрачун за електричну енергију за крајњег потрошача из категорије *Потрошња на средњем напону*. На почетку обрачуна налазе се подаци о месту издавања рачуна, датумима издавања, промета и доспећа, број места мерења, број уговора, категорија потрошача, одобрена снага (у конкретном случају 4300 kW) и период обрачуна.

Ставке на рачуну нумерисане су бројевима од 1 до 5 и у даљем тексту следи њихово објашњење:

1. Очитане вредности – вредности очитане на бројилу за активну [kWh] и реактивну енергију [kVarh]; Претходно стање бројила је стање при претходном очитавању за вишу (BT) и нижу (HT) тарифу; Ново стање је стање при тренутном очитавању за вишу (BT) и нижу (HT) тарифу; Обрачунска константа је константа бројила којом се множи очитана вредност да би се добила вредност Енергија за обрачун у [kWh] и [kVarh]. Стање максиграфа и Снага [kW] су очитане вредности и у конкретном случају се види да је

Снага = 4000 kW, што је мање од одобрене снаге од 4300 kW, што значи да у датом месецу није било прекомерне снаге.

2. Обрачун за испоручену електричну енергију – укупно утрошена активна енергија у *BT* и *HT* се множи јединичним ценама и израчунава се укупан износ за испоручену активну енергију.
3. Обрачун за приступ систему дистрибуције електричне енергије – трошкови коришћења дистрибутивног система електричне енергије представљају производ тарифа за приступ систему за дистрибуцију електричне енергије и одговарајућих физичких величина на основу којих се користи дистрибутивни систем за потребе јавног снабдевања. У овај обрачун спадају: одобрена снага; укупно утрошена активна енергија у *BT*; укупно утрошена активна енергија у *HT*; реактивна енергија; прекомерна реактивна енергија и прекомерна снага.

На приказаном обрачуну на слици 9.13 види се да су последње две ставке нула, односно да није било прекомерне потрошње реактивне енергије нити ангажовања прекомерне снаге. Ангажовање прекомерне снаге се очитава са максиграфа, док се дозвољена количина реактивне енергије израчунава на основу утрошене активне енергије и минимално дозвољене вредности фактора снаге. Израчуната вредност се уписује поред наслова табеле и у конкретном случају износи *823,851kVA<sub>rh</sub>*. Максимална дозвољена реактивна енергија се израчунава на следећи начин.

На основу слике 9.5 и израза (9.9) се може написати

$$\cos \phi = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} \quad (9.20)$$

из израза (9.20) је могуће изразити *Q*

$$Q = \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \phi} P}{\cos \phi} \quad (9.21)$$

уврштавањем вредности  $\cos \phi = 0,95$  у израз (9.21) добија се израз за одређивање максимално дозвољене реактивне енергије:

$$Q_{\max} = \frac{\sqrt{1 - 0,95^2}}{0,95} P = 0,3287 P. \quad (9.22)$$



**ОБРАЧУН ЗА ЕЛЕКТРИЧНУ ЕНЕРГИЈУ - ДЕЦЕМБАР 2016**

Обрачун број: 20538501  
Место издавања: Београд  
Датум издавања: 20.01.2017  
Датум промета и акције: 01.01.2017  
Датум доспећа: 30.01.2017

Приликом уплате на текући рачун **845-484849-65** позвати се на број модел 97.

Број места мерења:  
Уговор број:  
Категорија: Потрошња на средњем напону  
Врста снабдевања: Комерцијално снабдевање  
Одобрена снага (kW): 4.300  
Период обрачуна: 02.12.2016 - 01.01.2017

ПИБ:  
МБ:

Место мерења:

**1. ОЧИТАНЕ ВРЕДНОСТИ**

Број бројила	Датум очитавања	Обрач. величина	Стање бројила				Обрач. константа	Коеф. свођења	Енергија за обрачун		Стање макс.	Константа макс. свођења	Снага (kW)
			Претходно стање		Ново стање				ВТ	НТ			
			ВТ	НТ	ВТ	НТ							
96733501	01.01.2017	kWh	12.198,445	6.047,069	12.407,44	6.151,373	8000		1.671.960	834.432	0,5		4,000
	01.01.2017	kVAh	2.064,333	986,736	2.081,313	995,386	8000		135.840	69.200			

**2. ОБРАЧУН ЗА ИСПОРУЧЕНУ ЕЛЕКТРИЧНУ ЕНЕРГИЈУ**

Р.бр.	Назив	Јед. мере	Испоручена количина	Јединична цена (EUR)	Ср.курс НБС на дан промета(РСД)	Јединична цена (РСД)	Укупно (РСД)
1	Активна електрична енергија у ВТ	kWh	1.671.960	0,04656	123,4723	5,748870	9.611.880,69
2	Активна електрична енергија у НТ	kWh	834.432	0,03104	123,4723	3,832580	3.198.027,39
Укупно за испоручену електричну енергију:							<b>12.809.908,08</b>

**3. ОБРАЧУН ЗА ПРИСТУП СИСТЕМУ ЗА ДИСТРИБУЦИЈУ ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ**

Реактивна енергија за  $\cos\Phi(0.95) = 823.851$

Р.бр.	Назив тарифе	Обрачунска величина	Количина за обрачун	Јединична цена (РСД)	Укупно (РСД)
1	Одобрена снага	kW	4.300	93,0270	400.016,10
2	Виша дневна тарифа за активну енергију	kWh	1.671.960	0,9710	1.623.473,16
3	Нижа дневна тарифа за активну енергију	kWh	834.432	0,3240	270.355,97
4	Реактивна енергија	kVAh	205.040	0,4540	93.088,16
5	Прекомерна реактивна енергија	kVAh	0	0,9070	0,00
6	Прекомерна снага	kW	0	372,1100	0,00
Укупно за приступ систему за дистрибуцију електричне енергије:					<b>2.386.933,39</b>

**4. ОБРАЧУН НАКНАДЕ ЗА ПОДСТИЦАЈ ПОВЛАШЋЕНИХ ПРОИЗВОЂАЧА ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ**

Р.бр.	Назив тарифе	Обрачунска величина	Количина за обрачун	Јединична цена (РСД)	Укупно (РСД)
1	Накнада за подстицај повлашћених произвођача ел. енергије (Службени гласник РС бр.7 од 23.01.2015.године)	kWh	2.506.392	0,093	233.094,46
Укупно накнаде за подстицај повлашћених произвођача електричне енергије:					<b>233.094,46</b>

**5. РЕКАПИТУЛАЦИЈА ОБРАЧУНА**

1	Испоручена електрична енергија	12.809.908,08
2	Приступ систему за дистрибуцију електричне енергије	2.386.933,39
3	Накнада за подстицај повлашћених произвођача ел.енергије	233.094,46
4	Основица за обрачун акције (4=1+2+3)	15.429.935,93
5	Износ обрачунате акције (стопа 7,5%) (5=4*0.075)	1.157.245,19
6	Основица за ПДВ (6=4+5)	16.587.181,12
7	Порез на додату вредност 20% (7=6*0.20)	3.317.436,22
8	Такса за јавни медијски сервис	0,00
9	Укупно за обрачун (9=6+7+8)	<b>19.904.617,34</b>

Слика 9.13: Обрачун за електричну енергију за потрошача из категорије Потрошња на средњем напону

Наравно, на основу података из обрачуна могуће је израчунати и фактор снаге који је потрошач постигао у обрачунском периоду, једноставним уврштавањем података у израз (7.20). У конкретном примеру на слици 7.13, потрошач је остварио фактор снаге:

$$\cos\phi = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} = \frac{1.671.960 + 834.432}{\sqrt{(1.671.960 + 834.432)^2 + 205.040^2}} = 0,99667.$$

4. Обрачун накнаде за подстицај повлашћених произвођача електричне енергије – накнада за произвођаче електричне енергије из обновљивих извора за које важе *фид-ин тарифе*.
5. Рекапитулација обрачуна – коначан збир свих претходних ставки са додатом акцизом и ПДВ-ом.

#### **9.4 Карактеристичан профил оптерећења, фактор оптерећења, управљање оптерећењем**

Потрошња представља последњи блок у технолошком ланцу у оквиру ЕЕС. Основни разлог постојања ЕЕС своди се на сигурно, поуздано, квалитетно и економично задовољавање потреба потрошње. Потрошњу, или како се то често каже, конзум, чини збирни одзив различитих пријемника (уређаја) веома широког спектра. Ради се о пријемницима различитих намена и снага којих се у домаћинствима може идентификовати неколико стотина, а у разним гранама индустрије још много више. Са аспекта финалне примене електричне енергије могу да се издвоје примене уређаја за осветљење, уређаја за покретање (мотори и други уређаји), уређаја за производњу топлотне енергије или енергије за расхлађивање, уређаја за електронска кола и друге примене. Са аспекта администрирања системом, односно са аспекта вођења одређене тарифне политике, сви пријемници са различитим применама могу да се групишу у карактеристичне целине као што су широка потрошња, којој печат дају домаћинства и комерцијално-административни сектор, индустрија са свим својим специфичностима, потрошња у саобраћају и потрошња у пољопривреди са пратећом прехрамбеном индустријом.

Захтеви потрошача нису константни и мењају се са природним дневним и сезонским циклусима у потребама конзума. У основи се ове промене приказују као промене снага или струја у функцији времена. Овакви променљиви захтеви потрошача условљавају различита радна стања у систему и могуће је издвојити више радних режима од којих су нека:

- Режим максималног оптерећења (радно стање које одговара максималном оптерећењу). У нашем ЕЕС то је зимски максимум, односно максимално вршно оптерећење које пада у зимској сезони.
- Режим минималног оптерећења (радно стање које одговара минималном оптерећењу). У нашем ЕЕС то је летњи минимум, односно минимално оптерећење које пада лети у ноћном погону.
- Режим економичног оптерећења (који се са инжењерске тачке може формулисати као режим у којем се оптимално користе изграђени капацитети како са аспекта инвестиционих улагања тако и са аспекта губитака активне снаге, односно експлоатационих трошкова).

Важно је указати да је могуће издвојити и многе друге режиме пошто оптерећење варира током дана у складу са циклусом дневних активности, а такође варира и по сезонама пратећи временске прилике у метеоролошком смислу.

Дневни дијаграм оптерећења даје информације о променама оптерећења током дана, а као оптерећење може се анализирати привидна снага  $S$ , активна снага  $P$ , реактивна снага  $Q$  или струја  $I$ .

Оптерећења се за потребе експлоатације система обично региструју сваких 15 минута. То се може тако извести да се региструје бројилом измерена потрошена енергија на сваких 15 минута, а затим се та измерена енергија подели са  $1/4h$  што као резултат даје снагу (која репрезентује оптерећење).

Карактеристичан дневни дијаграм оптерећења приказан је на слици 9.14 где је са  $W_d$  означена укупна дневна утрошена енергија, са  $P_{\max}$  максимално (вршно) дневно оптерећење а са  $P_{\min}$  минимално дневно оптерећење. Дневни дијаграм приказан је и као хронолошки (оптерећења се региструју по редоследу појављивања, на слици 9.14 , или уређени (односно дневни дијаграм трајања оптерећења, на слици 9.15 у коме су оптерећења уређена у опадајући низ. Дневни дијаграм је у основи одређен са три информације:  $P_{\max}$ ,  $P_{\min}$ , и  $W_d$ . Укупна дневна енергија се налази као:

$$W_d = \int_0^{24} P(t) dt \quad (9.23)$$

Поред ових показатеља, уводи се и релативни показатељ

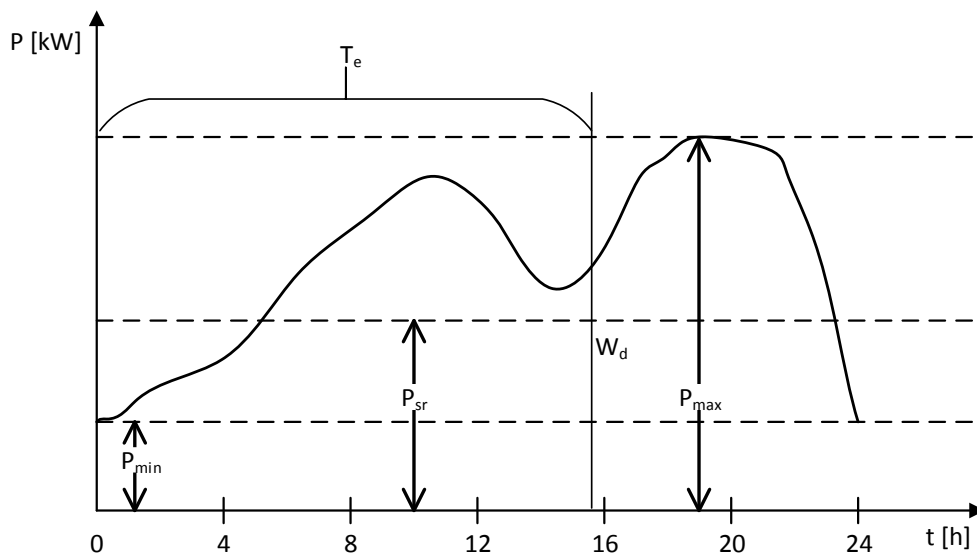
$$m = \frac{W_d}{24P_{\max}} = \frac{P_{sr}}{P_{\max}} \quad (9.24)$$

Са  $m$  је означен *фактор оптерећења* (или *фактор облика*) који квантификује степен попуњености правоугаоника ( $P_{\max}, T$ ), а показује колико се капацитети система ефективно користе. Формално се фактор оптерећења израчунава као количник средње и максималне снаге на карактеристичном временском интервалу. Идеално коришћење капацитета има се за  $m = 1$ . Вредност  $m = 0,75$  одговара тзв. дистрибутивном фактору оптерећења. Типичне системске вредности за фактор оптерећења варирају са сезоном и крећу се од 0,50 до 0,80. У експлоатацији система тежи се остварењу више вредности фактора оптерећења у циљу подизања ефективности коришћења капацитета. Начини да се то оствари деле се на две велике групе. Прву чине поступци директног управљања потрошњом путем укључивања и искључивања неких потрошача у циљу смањења вршног дневног оптерећења. Другу групу мера чине поступци индиректног управљања потрошњом путем тарифног система којима се подстиче потрошња у ноћним периодима, а дестимулише у периодима дневног вршног оптерећења. И једни и други поступци, односно управљање потрошњом као посебна целина, чини данас један од најважнијих праваца развоја савремених ЕЕС-а, пошто се успешном применом ових поступака одлажу инвестиције у скупе производне, преносне и дистрибутивне капацитете.

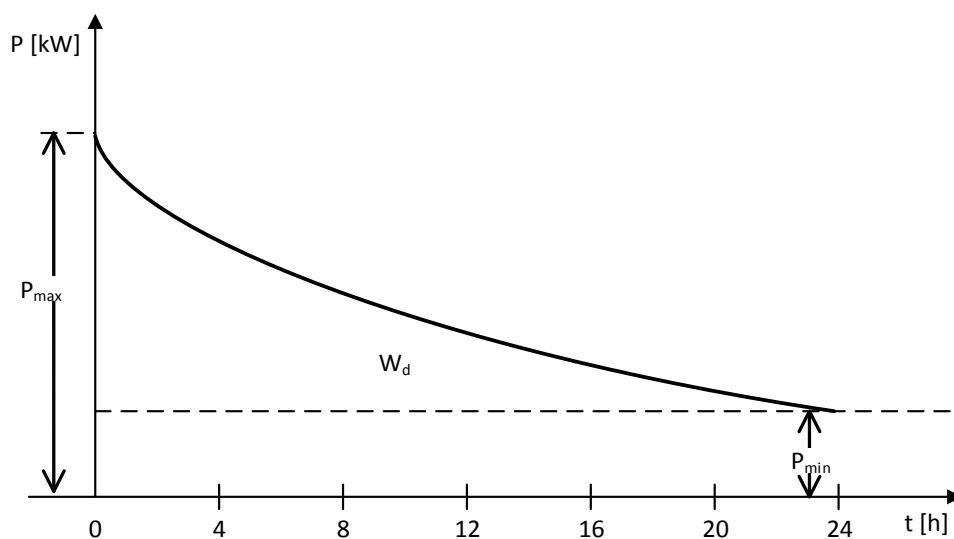
Поред фактора оптерећења као изведени показатељ користи се и еквивалентно време трајања

вршног (максималног) оптерећења (фиктивно трајање врха). Ако се оно обележи са  $T_e$  тада је

$$W_d = T_e P_{\max} \Rightarrow T_e = \frac{W_d}{P_{\max}} \quad (9.25)$$



Слика 9.14: Дневни дијаграм оптерећења – хронолошки



Слика 9.15: Дневни дијаграм оптерећења – уређени (кумулятивни)

## 9.5 Управљање оптерећењем

Под управљањем оптерећењем подразумева се скуп мера и поступака ради смањења потрошње у појединим деловима дана. То се пре свега огледа у жељи потрошача, а и оператера ОДС, да се смањи вршна потрошња, тако да управљање оптерећењем у ужем смислу подразумева одсецање потрошње односно искључивање појединих оптерећења и/или одлагање укључења нових. Управљање оптерећењем може бити ручно или аутоматско. Под ручним управљањем подразумева се да нека особа прати дијаграм оптерећења и самостално



искључује поједина оптерећења, координира и одлаже укључења нових, распоређује укључења великих потрошача у времену итд. Под аутоматским управљањем подразумева се да све наведене акције извршава рачунарски вођен надзорно-управљачки систем.

Да би управљање оптерећењем било могуће, потребно је извршити припремне радње у које спадају:

- прикупљање и обрада података о дневним дијаграмима оптерећења, вршним оптерећењима, учешћу појединих уређаја у вршном оптерећењу, месечној потрошњи електричне енергије;
- одређивање локације за смештај уређаја за управљање оптерећењем;
- израдити списак свих потрошача са њиховим снагама (компресори, пумпе, осветљење, климатизација и грејање, припрема санитарне воде, вентилатори, надзор и управљање...);
- израдити списак потрошача који се не смеју искључити јер су кључни за одвијање пословног процеса или безбедност људи и објеката;
- одредити жељено вршно оптерећење које је мање од актуелног али реално достижно;
- израдити списак потрошача који се могу повремено искључити без негативних последица по одвијање пословног-технолошког процеса и безбедност људи и објеката;
- поделити потрошаче који се смеју искључити у групе (најчешће је довољно 3–4 групе);
- поделити потрошаче у групама према приоритету искључивања појединих група;
- прилагодити електричну инсталацију и монтирати извршне органе за искључивање потрошача;
- упознати људе (радници, станари, корисници) са начином рада, сврхом управљања оптерећењем и ефектима који се од тога очекују;
- пустити систем у рад, пратити његово понашање и извршити корекције ако је то потребно.

## **9.6 Профил потрошње, анализа профила потрошње, управљање потрошњом,**

Профил потрошње представља карактеристику сваког потрошача у ЕЕС. Иако је профил потрошње специфичан за сваког потрошача, могуће формирати групе типских потрошача и статистички генерисати њихове профиле потрошње. Ти профили потрошње су детаљно описани у документу [16], где се види да ОДС у Србији препознаје само профиле потрошње привредних субјеката и јавне расвете. У даљем тексту ће бити детаљније објашњени елементи који утичу на генерисање профила потрошње.

Профили потрошње се одређују за карактеристичне типове мерног места, периоде током календарске године и типове дана. Типови мерног места се утврђују на основу намене потрошње или на основу часовног коришћења измерене месечне максималне петнаестоминутне активне снаге где постоји мерење снаге или одобрене активне снаге где

нема мерења снаге.

Периоди током године се дефинишу уз уважавање карактеристичних климатских услова, привредних активности и других карактеристичних показатеља.

Типови дана се одређују у зависности од дана у седмици уз уважавање државних и верских празничних дана.

Дневна енергија дефинисаних типова дана и профили потрошње за те дане одређују се на основу измерених сатних оптерећења на мерним местима која по својим карактеристикама представљају репрезентативне примере за сваки од типова мерних места.

Профили потрошње исказани су у процентима као релативно сатно оптерећење у односу на дневну енергију

Дефинисана су четири типа мерног места за:

- Привреду (три типа):
  - 1. категорија;
  - 2. категорија;
  - 3. категорија.
- Јавно осветљење.

За Привреду су дефинисана три периода током године:

1. Зимски – новембар, децембар, јануар, фебруар и март;
2. Летњи – јун, јул и август;
3. Прелазни период – април, мај и септембар, октобар.

За Јавно осветљење дефинисано је дванаест периода током године – сваки месец у години представља један период.

Дефинисана су два типа дана:

1. Радни дан – понедељак, уторак, среда, четвртак, петак и субота;
2. Нерадни дан – недеља, државни и верски празници који су нерадни дани.

За Привреду је за сваки период током године дефинисан *Коефицијент типа дана*  $K_w$  као

$$K_w = \frac{\text{Утрошена електрична енергија у току радног дана}}{\text{Утрошена електрична енергија у току нерадног дана}} \quad (9.26)$$

На основу коефицијента типа дана  $K_w$ , утрошене електричне енергије на месечном нивоу  $W_{dm}$ , броја радних  $PD$  и нерадних дана  $ND$  се одређују дневне потрошње електричне енергије у току радног и нерадног дана као

$$W_{PD} = \frac{W_{dm} K_w}{K_w PD + ND} \quad (9.27)$$

$$W_{HD} = \frac{W_{dm}}{K_w P_{D+HD}} \quad (9.28)$$

За привреду, тип мерног места одређује се према критеријуму еквивалентног времена трајања вршног оптерећења, израз (9.25). Еквивалентно време трајања вршног оптерећења одређује се према месечној максималној петнаестоминутној активној снази када на мерном месту постоји мерење те снаге. У случају да не постоји мерење месечне максималне петнаестоминутне активне снаге, еквивалентно време трајања вршног оптерећења се рачуна на основу одобрене снаге.

На основу познате утрошене електричне енергије у једном месецу ( $W_{dm}$ ) и месечне максималне петнаестоминутне активне снаге ( $P_{max}$ ), односно одобрене снаге ( $P_{odobreno}$ ), рачуна се еквивалентно време трајања вршног оптерећења -  $T_m$  према изразу

$$T_m = \frac{W_{dm}}{P_{max(odobreno)}} \quad (9.29)$$

Тип мерног места одређује се на основу вредности  $T_m$  приказаних у табели 9.3 у којој фигурише број дана посматраног месеца.

Табела 9-3: Еквивалентна времена трајања вршног оптерећења

Број дана у месецу	1. категорија	2. категорија	3. категорија
28	$T_m < 370$	$370 \leq T_m < 456$	$T_m \geq 456$
29	$T_m < 384$	$384 \leq T_m < 472$	$T_m \geq 472$
30	$T_m < 397$	$397 \leq T_m < 489$	$T_m \geq 489$
31	$T_m < 410$	$410 \leq T_m < 505$	$T_m \geq 505$

Одређивања типа мерног места за привреду се врши тако што се на основу последњих познатих остварених потрошњи за месеце април, мај, октобар и новембар израчуна максимално време трајања вршног оптерећења  $T_m$ . Од четири добијене вредности, за  $T_m$  усваја се она која је највећа.

Табела 9-4: Коefицијенти за 1. категорију мерног места

1. категорија	Коefицијент типа дана [ $K_w$ ]					
	Децембар		Мај		Јул	
	2.01042		2.93239		3.53111	
Релативна сатна оптерећења [%]						
1. категорија	Децембар		Мај		Јул	
	$K_{RD}$	$K_{HD}$	$K_{RD}$	$K_{HD}$	$K_{RD}$	$K_{HD}$
1	3.360	4.920	2.829	3.977	2.718	4.992
2	3.431	4.920	2.809	4.091	2.320	4.736
3	3.503	4.708	2.809	4.114	2.211	4.672
4	3.568	4.612	2.906	3.966	2.211	4.608
5	3.705	4.385	3.023	3.773	2.247	4.352
6	4.055	4.327	3.274	3.148	2.428	3.904
7	4.847	4.100	3.712	2.932	3.081	3.712
8	5.260	3.714	4.724	2.937	4.169	3.648
9	5.574	3.618	5.464	3.659	4.748	3.648
10	5.704	3.449	5.577	4.034	5.183	3.648

11	5.627	3.380	5.619	4.318	5.618	3.712
12	5.509	3.444	5.635	4.432	5.869	3.776
13	5.256	3.478	5.580	4.455	5.869	3.840
14	4.924	3.468	5.515	4.432	5.836	3.904
15	4.317	3.521	5.088	4.318	5.836	3.942
16	3.837	3.810	4.747	4.262	5.281	3.904
17	3.647	3.860	4.379	4.262	4.973	3.904
18	3.527	4.100	4.185	4.262	4.755	3.904
19	3.479	4.341	4.108	4.318	4.603	3.970
20	3.407	4.438	4.069	4.435	4.259	4.035
21	3.383	4.448	3.991	4.773	4.248	4.225
22	3.360	4.583	3.798	5.000	4.288	4.800
23	3.360	4.776	3.318	5.045	3.987	5.057
24	3.360	5.600	2.841	5.057	3.262	5.107

Табела 9-5: Коefицијенти за 2. категорију мерног места

2. категорија	Коefицијент типа дана [K <sub>w</sub> ]					
	Децембар		Мај		Јул	
	1.32248		1.19702		1.24627	
Релативна сатна оптерећења [%]						
2. категорија	Децембар		Мај		Јул	
	K <sub>рд</sub>	K <sub>нд</sub>	K <sub>рд</sub>	K <sub>нд</sub>	K <sub>рд</sub>	K <sub>нд</sub>
1	2.540	3.674	3.639	4.322	3.219	3.578
2	2.574	3.629	3.664	4.170	3.221	3.578
3	2.614	3.584	3.690	4.033	3.221	3.578
4	2.638	3.584	3.715	3.908	3.221	3.580
5	2.727	3.629	3.740	3.853	3.262	3.660
6	2.963	3.763	3.766	3.872	3.377	3.697
7	3.652	3.920	3.942	3.933	3.900	3.771
8	4.705	4.189	4.499	4.054	4.459	3.941
9	5.396	4.435	4.650	4.114	4.805	4.214
10	5.535	4.623	4.726	4.175	4.983	4.436
11	5.589	4.669	4.777	4.205	5.101	4.528
12	5.623	4.669	4.802	4.205	5.162	4.547
13	5.635	4.669	4.802	4.205	5.146	4.565
14	5.549	4.669	4.820	4.205	4.933	4.584
15	5.257	4.669	4.775	4.217	4.743	4.630
16	4.876	4.669	4.325	4.235	4.623	4.630
17	4.675	4.669	4.147	4.284	4.567	4.630
18	4.491	4.669	4.044	4.308	4.548	4.630
19	4.477	4.569	3.972	4.356	4.452	4.584
20	4.416	4.301	4.006	4.441	4.299	4.510
21	4.294	4.032	4.044	4.463	4.198	4.362
22	3.961	3.763	4.014	4.421	3.915	4.140
23	3.262	3.539	3.791	4.102	3.417	3.918
24	2.551	3.414	3.650	3.919	3.228	3.709

Табела 9-6: Коефицијенти за 3. категорију мерног места

3. категорија	Коефицијент типа дана ( $K_w$ )					
	Децембар		Мај		Јул	
	1.27257		1.31331		1.15988	
Релативна сатна оптерећења [%]						
3. категорија	Децембар		Мај		Јул	
	$K_{RD}$	$K_{HD}$	$K_{RD}$	$K_{HD}$	$K_{RD}$	$K_{HD}$
1	3.606	4.069	3.771	3.885	3.894	4.407
2	3.641	4.069	3.771	3.885	3.870	4.243
3	3.695	4.069	3.771	3.885	3.894	4.106
4	3.766	4.069	3.771	3.885	3.917	4.037
5	3.837	4.069	3.790	3.825	3.964	3.960
6	3.943	4.069	3.863	3.740	4.059	3.914
7	4.174	4.069	3.974	3.722	4.130	3.848
8	4.387	4.126	4.159	3.740	4.316	3.914
9	4.512	4.126	4.381	3.763	4.351	3.969
10	4.547	4.126	4.460	3.884	4.358	4.037
11	4.556	4.126	4.489	4.001	4.380	4.092
12	4.565	4.126	4.489	4.152	4.380	4.147
13	4.529	4.186	4.489	4.273	4.380	4.202
14	4.512	4.351	4.489	4.370	4.342	4.256
15	4.476	4.351	4.489	4.467	4.342	4.380
16	4.441	4.351	4.489	4.540	4.342	4.508
17	4.387	4.351	4.489	4.589	4.344	4.352
18	4.352	4.351	4.455	4.589	4.255	4.297
19	4.299	4.296	4.344	4.589	4.200	4.243
20	4.227	4.130	4.252	4.590	4.200	4.215
21	4.121	4.130	4.141	4.516	4.153	4.188
22	3.997	4.130	4.011	4.370	4.059	4.161
23	3.813	4.130	3.882	4.370	3.964	4.213
24	3.617	4.130	3.781	4.370	3.906	4.311

Наредни пример илуструје израду профила потрошње за једну категорију потрошача.

### 9.6.1 Пример одређивања дневног дијаграма потрошње купца у зимском месецу (децембар)

Подаци за прорачун су: Категорија купца = 3;  $K_w = 1,27257$ ;  $RD = 24$ ;  $HD = 7$ ;  $W_{dm} = 24.000kWh$ ; месец: децембар.

На основу претходних података рачунају се потрошње електричне енергије у току радног и нерадног дана

$$W_{RD} = \frac{W_{dm} K_w}{K_w RD + HD} = \frac{24.000 \cdot 1,27257}{1,27257 \cdot 24 + 7} = 814 \text{ kWh},$$

$$W_{HD} = \frac{W_{dm}}{K_w RD + HD} = \frac{24.000}{1,27257 \cdot 24 + 7} = 639 \text{ kWh}.$$

Сатне потрошње електричне енергије рачунају се на основу релативних сатних оптерећења као

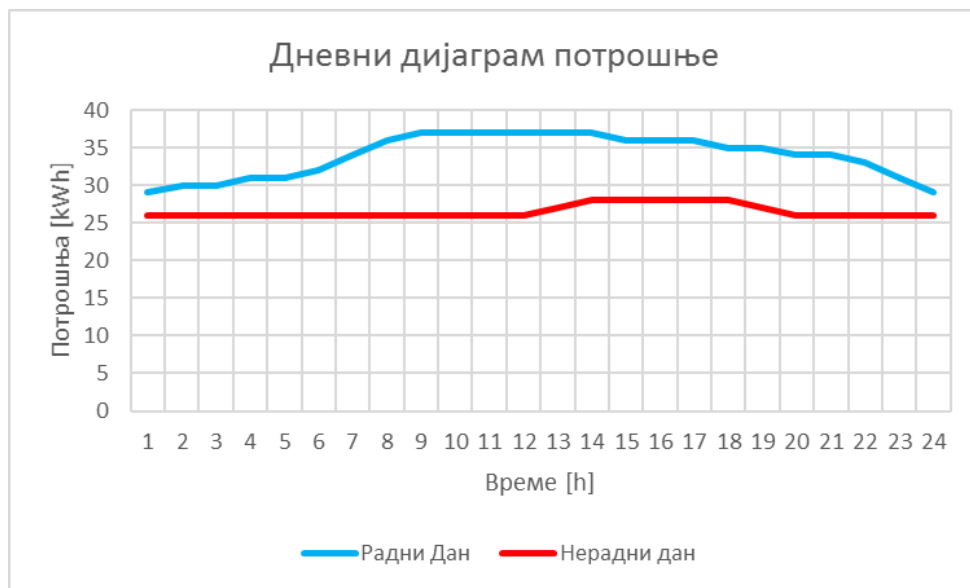
$$W_{pD(1-24)} = \frac{W_{pD} K_{pD(1-24)}}{100}, \quad (9.30)$$

$$W_{nD(1-24)} = \frac{W_{nD} K_{nD(1-24)}}{100}, \quad (9.31)$$

где су  $K_{pD}$  и  $K_{nD}$  подаци узети из табеле 9.6. У табели 9.7 приказани су резултати прорачуна за  $W_{pD}$  и  $W_{nD}$ , а на слици 9.16 њихов графички приказ.

Табела 9-7: Сатне потрошње електричне енергије за купца 3. категорије за месец децембар

3. Категорија	Децембар	
	$W_{pD} (1-24)$	$W_{nD} (1-24)$
1	29	26
2	30	26
3	30	26
4	31	26
5	31	26
6	32	26
7	34	26
8	36	26
9	37	26
10	37	26
11	37	26
12	37	26
13	37	27
14	37	28
15	36	28
16	36	28
17	36	28
18	35	28
19	35	27
20	34	26
21	34	26
22	33	26
23	31	26
24	29	26
<b>УКУПНО</b>	<b>814</b>	<b>639</b>



Слика 9.16: Дневни дијаграми потрошње за купца 3. категорије за месец децембар

### 9.6.2 Управљање потрошњом

За разлику од управљања оптерећењем које је практично активност у реалном времену („on-line“), управљање потрошњом је више оријентисано на дугорочне активности засноване на планирању, управљању, одржавању и инвестицијама. На тај начин би се управљање потрошњом могло рашчланити на три елемента:

1. Планирање – планирање активности као што су: радно време, потреба за сменским радом, проветравање и чишћење просторија; време одржавања периодичних ремонта и сервиса; потреба за загревањем и хлађењем просторија; подела објеката на зоне према потребама за климатизацијом, осветљењем и грејањем и слично.
2. Управљање и одржавање – редовна контрола, сервисирање и одржавање електричних уређаја и система којима припадају како не би дошло до непотребних губитака, као и подешавање параметара рада тих система на оптималне вредности. Ово се посебно односи не системе снабдевања компримованим ваздухом; топлим санитарном водом и системе климатизације, грејања и хлађења (КГХ). Неправилно подешавање параметара система или неисправности у њиховом раду могу да воде ка значајним губицима енергије.
3. Инвестиције и инвестиционо одржавање – при свакој замени и набавци нове опреме треба набављати опрему која по свом капацитету одговара потребама система (не треба да буде нити предимензионирана нити поддимензионирана) и која по својим енергетским карактеристикама спада у што је могуће енергетски ефикасније уређаје. На први поглед такве набавке су увек скупље, али то је само разлика у набавној цени. Корист од енергетски ефикаснијих уређаја и опреме остварује се у експлоатацији и то, по правилу, у веома кратком временском периоду.

### 9.7 Компензација реактивне снаге

При напајању потрошача електричном енергијом део се користи за вршење корисног рада

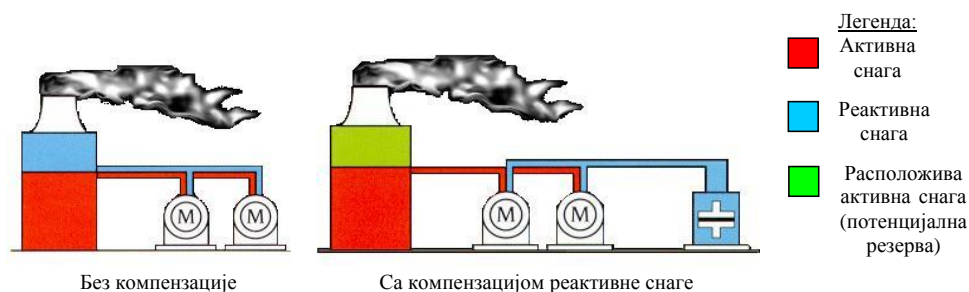


(активна енергија). Активна енергија се у потпуности троши на пасивне (тзв. резистивне, омске, термогене) потрошаче.

Као што је у претходном тексту речено, *реактивна енергија* не може да изврши користан рад, али је неопходна да омогући исправно функционисање електричних уређаја. Ту се пре свега мисли на електромоторе и трансформаторе који захтевају одређени део енергије за надокнађивање магнетнења магнетног кола. Овај део енергије се, с обзиром да се не троши на вршење рада, често назива и „јалова“ снага.

У претходним разматрањима речено је да је, поред свих осталих разлика између активне и реактивне енергије, битна чињеница да активну енергију потрошач мора да узима из мреже док реактивну може сам да производи за своје потребе, чак је и веома пожељно да то чини. Производња реактивне енергије у циљу поправке фактора снаге се назива *компензација реактивног оптерећења* или *компензација фактора снаге* (у даљем тексту: *компензација*). У даљем тексту биће разматрани концепт и начини реализације компензације.

На следећој слици се види како реактивна снага утиче на укупни рачун за утрошену електричну енергију индустријског постројења. На слици 9.17 лево, црвеном и плавом бојом је означена укупна енергија која се плаћа, при чему је део који се односи на активну енергију представљен црвеном бојом. Уколико се угради компензација, односно кондензаторске батерије како је приказано на слици десно, значајан (понекад и комплетан) удео реактивне снаге биће покривен из кондензатора и неће се појављивати у рачуну. Део означен зеленом бојом значи да се за толико умањује рачун за утрошену електричну енергију или да за толико можемо да повећамо потрошњу.



Слика 9.17: Шематски приказ утицаја компензације реактивне снаге

### 9.7.1 Основни принципи система компензације реактивне снаге

У рачуну за утрошену енергију посебно се наплаћују утрошена активна и реактивна енергија, при чему ова друга, иако ниже цене, може значајно утицати на укупни рачун.

Системи за компензацију реактивне снаге примењују се тамо где је у рачунима за утрошену електричну енергију утврђено да се на месечном нивоу значајан део издваја за реактивну енергију. Ово значи да потрошач ради са сниженим фактором снаге, а за дистрибутивни систем би најпогодније било да је његова вредност блиска јединици. У неки енергетским системима, а тако је раније и код нас била пракса, од потрошача се захтевало да ради са фактором снаге 0,95 или 0,96 и већим и у тим случајевима се на рачуну није обрачунавала утрошена реактивна енергија. Сада је ситуација таква да се плаћа сваки потрошени киловар сат [kVArh] реактивне енергије, и то реактивна енергија за  $0,95 \leq \cos \phi < 1$ , док се за  $\cos \phi < 0,95$

плаћа прекомерна реактивна енергија. Због тога се у неким индустријским постројењима са претежно моторним потрошачима исплати уградња компензације реактивне снаге и у случајевима када је фактор снаге у опсегу 0,95-0,97 [17].

Основни принципи компензације су веома једноставни и базирају се на редном везивању три основна елемента у електричним системима: отпорника, калема и кондензатора. Из разматрања у поглављима 7.1.2 и 7.1.3 види се да је фактор снаге једнак јединици само код чисто термогеног оптерећења (отпорника) јер су само код њега напон и струја у фази. Код индуктивног и капацитивног оптерећења постоји међусобно померање сигнала напона и струје и, што је кључно за ово разматрање, то померање је код ових елемената дијаметрално супротно. Колико напон предњачи струји код индуктивног оптерећења, толико струја предњачи напону код капацитивног. То значи да ако сигнали „прођу“ кроз оба типа оптерећења, на крају неће бити међусобног кашњења, сигнали ће бити у фази и фактор снаге биће једнак јединици.

Математички се то описује на следећи начин. Посматра се слика 7.18 која шематски приказује принцип компензације. Електрично гледано, мотор је представљен редном везом отпорника и калема ( $RL$ ), компензациона кондензаторска батерија је представљена кондензатором ( $C$ ), док је мрежа из које се цео систем напаја представљена извором напона ( $U$ ). Кроз коло на слици протиче струја ( $I$ ). С обзиром да су  $R$  и  $L$  познати и задати (параметри мотора, трансформатора или другог индуктивног потрошача), потребно је одредити  $C$  тако да  $U$  и  $I$  буду у фази, односно да фактор снаге у колу буде једнак јединици.

Према другом Кирхофовом закону може се написати

$$U = IZ_C + IZ_R + IZ_L = I(Z_R + Z_C + Z_L) \quad (9.32)$$

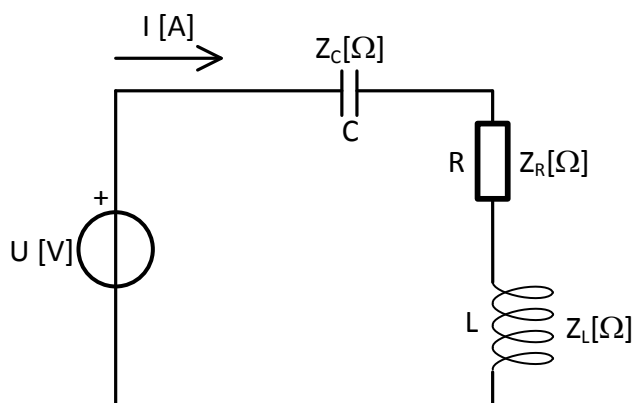
Ако се сада уместо импеданси  $Z_R$ ,  $Z_C$  и  $Z_L$  уврсте њихове вредности из израза (7.4)-(7.6), следи

$$U = I \left( R + j\omega L + \frac{1}{j\omega C} \right) = I \left( R + j \left( \omega L - \frac{1}{\omega C} \right) \right) \quad (9.33)$$

Да би фактор снаге био једнак јединици, импеданса кола мора да буде чисто термогена – омска (слика 9.3). То значи да у изразу (9.33) имагинарни део импедансе мора бити једнак нули. Одатле се израчунава потребна вредност  $C$  као

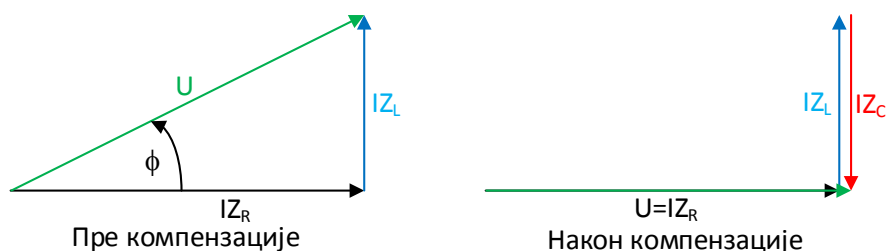
$$C = \frac{1}{\omega^2 L}, \quad (9.34)$$

где је кружна фреквенција:  $\omega = 2\pi f = 2\pi \cdot 50 \text{ Hz} = 314 \text{ rad/s}$ , у Европи, где је фреквенција напона напајања  $f = 50 \text{ Hz}$ .



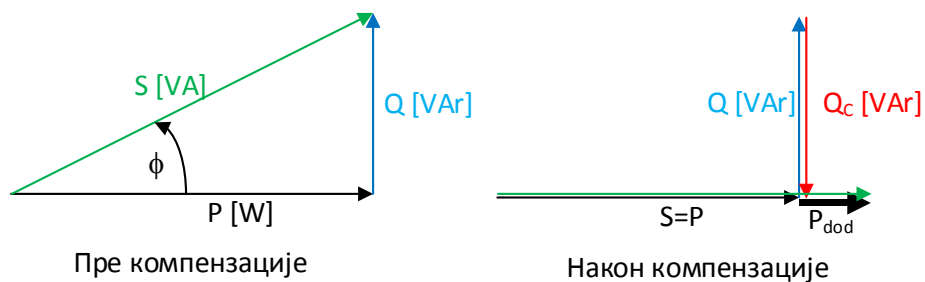
Слика 9.18: Редно RLC коло – принцип компензације реактивне снаге

На слици 9.19 приказан је дијаграм напона који илуструје једначине (7.32)–(7.34).



Слика 9.19: Изглед фазора напона у редном RLC колу пре и након компензације

Ако се уместо напона нацрта дијаграм снаге, добија се исти цртеж само са промењеним ознакама. Важно је на слици 9.20 приметити један додатни елемент  $P_{\text{dod}}$  који илуструје значај компензације. Пошто је привидна снага  $S$  иста пре и након компензације, а реактивна  $Q$  након компензације не постоји и пошто енергија не може да нестане, једина могућност јесте да се вектор  $P$  „продужио“. То је управо оно о чему је већ било речи у претходном тексту и разлог увођења компензације. Пре компензације је реактивна енергија заузимала део преносних и напојних капацитета потрошача. Након компензације тај простор се „ослободио“, повећан је капацитет за пренос активне енергије и практично је сва преузета енергија активна. Ово је идеалан случај и за потрошача и за ОДС. Наравно, у реалном случају се никада не врши 100% компензација, већ је она нешто мања (пример у одељку 9.3.5.2), али довољно близу 100% да се разматрани случај може сматрати референтним. Разлог зашто се не врши компензација у износу 100% или више објашњен је у поглављу 9.6.3.3



Слика 9.20: Активна, реактивна и привидна снага, пре и после компензације

Уградња система за компензацију реактивне снаге подразумева примену кондензаторских батерија које на локалном нивоу (близу потрошача) обезбеђују потребан ниво реактивне снаге, тако да је укупно преузета енергија из мреже мања након примене ових система [18]. У случају да је мерењима претходно утврђено да постоје варијације оптерећења, односно реактивне снаге, системи се пројектују тако да се одређене групе кондензатора аутоматски укључују/искључују.

Системи за компензацију могу бити и са додатним филтерима (обично пригушницима) за уклањање појединих виших хармоника који нарушавају квалитет напона напајања.

### **9.7.2 Могућности уштеде енергије применом система компензације**

Системи компензације реактивне снаге представљају један од најчешћих начина за постизање уштеда у утрошеној електричној енергији у индустрији и објектима. Правилна примена система за компензацију реактивне снаге може да обезбеди не само мањи рачун за утрошену електричну енергију, већ и да омогући додатне погодности.

На пример, у случају да се компензује потрошач који је удаљен у односу на остале потрошаче у објекту, након компензације биће смањен и пад напона на напојном каблу и самим тим постигнуто поузданије напајање потрошача [19].

При компензацији главног довода електричне енергије у објекат (трафостанице), постиже се додатно растерећење довода односно омогућавање преузимања додатне количине активне енергије по истом доводу.

Иако је код нас још увек ниска цена електричне енергије, у већини већих потрошачких комплекса (снаге 1 MW и више) уградња компензације реактивне снаге исплати се за период не већи од годину дана. Ово се односи првенствено на системе тзв. фиксне и аутоматске компензације са регулатором фактора снаге.

У многим случајевима могуће је, пажљиво изабраном фиксном компензацијом у складу са претходно извршеним мерењима, постићи прилично висок фактор снаге ( $>0,98$ ) и тако смањити ниво почетне инвестиције [18].

Наравно, ово важи код постројења са константним или слабо променљивим оптерећењем. Код потрошача код којих се оптерећење мења скоковито и у широком опсегу, једини могући избор је тзв. динамичка компензација. У системима са динамичком компензацијом ниво реактивне снаге се мења помоћу енергетских претварача а не обичних контактора, како би се складно пратиле брзе промене оптерећења. Овакви системи су још увек скупи и одлука за њихову примену треба да буде пажљиво донета уз претходно детаљно обављену финансијску анализу.

### **9.7.3 Пројектовања система компензације реактивне снаге**

При пројектовању система компензације, обично се полази од прорачуна, на основу претходних рачуна за утрошену електричну енергију и података о типу потрошача и начину напајања. Избор опреме у случају фиксне компензације трансформатора или електромотора врши се и на основу табличних вредности које обезбеђују произвођачи опреме.

### 9.7.3.1 Пример система компензације реактивне снаге трансформатора

Трансформатор се обично компензује постављањем одговарајуће кондензаторске батерије у саму трафо-ћелију, непосредно уз трансформатор. На следећој слици приказан је уграђени кондензатор код трансформатора за компензацију струје магнећења трансформатора у празном ходу.



Легенда:

1. трансформатор  
10kV/0,4kV
2. сабирнице напајања
3. кондензатор за  
компензацију

**Слика 9.21: Положак кондензатора за компензацију реактивне снаге потребне за магнећење трансформатора**

Вредност капацитета батерије, односно износ реактивне снаге коју кондензатор обезбеђује при одређеном напону напајања, бира се на основу снаге трансформатора. Разлог је тај што се овим кондензатором компензују губици трансформатора у празном ходу. Нпр. за трансформатор снаге 1000 kVA, што представља један од најраспрострањенијих у индустријским постројењима, користи се кондензатор снаге 25 kVAg при напону напајања 400 V.

У табели 9.8 приказане су препоручене вредности кондензатора за компензовање реактивне енергије трансформатора напона  $x/0,4$  kV потребне за магнећење његових намотаја [19].

Табела 9-8: Потребне вредности кондензатора за компензовање реактивне снаге магнећења трансформатора

Номинална снага трансформатора [kVA]	Потребан износ kVAr за магнећење трансформатора		
	неоптерећен	75% оптерећења	100% оптерећења
100	3	5	6
160	4	7,5	10
200	4	9	12
250	5	11	15
315	6	15	20
400	8	20	25
500	10	25	30
630	12	30	40
800	20	40	55
1000	25	50	70
1250	30	70	90
2000	50	100	150

### 9.7.3.2 Пример система компензације реактивне снаге потрошача

Да би се извршила компензација реактивне снаге потрошача, потребно је знати активну снагу потрошача, тренутни и жељени фактор снаге. Ти подаци се могу прочитати у каталозима, срачунати или извршити мерење снаге и фактора снаге на одговарајућим изводима из трафостанице.

Комплетан прорачун компензације базира се на једначинама (9.20) и (9.21)

$$\cos \phi = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} \quad (9.20)$$

$$Q = \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \phi} P}{\cos \phi} \quad (9.21)$$

Следећи пример илуструје прорачун вредности кондензаторских батерија за компензацију.

На трансформатору снаге 630 kVA мерењем је утврђено да је активна снага оптерећења  $P = 529,2 \text{ kW}$  са фактором снаге  $\cos \phi = 0,84$ . Колике су кондензаторске батерије потребне да би се фактор снаге повећао на  $\cos \phi = 0,99$ ?

На основу израза (7.21) израчунава се тренутна реактивна снага коју троше потрошачи

$$Q_{\text{pre}} = \frac{\sqrt{1 - 0,84^2}}{0,84} 529,2 = 341,8 \text{ kVAr}$$

након компензације реактивна снага ће бити

$$Q_{\text{posle}} = \frac{\sqrt{1 - 0,99^2}}{0,99} 529,2 = 75,4 \text{ kVAr}$$

Потребна компензација је

$$Q_c = Q_{pre} - Q_{posle} = (341,8 - 75,4) \text{ kVAr} = 266,4 \text{ kVAr} .$$

Пошто се кондензаторске батерије за компензацију реактивне снаге израђују у модулима различитих капацитета (нпр. 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 135, 150 kVAr), сада је потребно усвојити комбинацију кондензаторских батерија чија ће укупна вредност [kVAr] бити  $266,4 \text{ kVAr} < Q_{CB} < 341,8 \text{ kVAr}$ . Решење није једнозначно и зависи од више детаља везаних за сам погон. У овом случају можемо претпоставити да је оптерећење константно, тако да се могу усвојити две батерије  $2 \times 150 \text{ kVAr}$  и укупна компензација од  $Q_{CB} = 300 \text{ kVAr}$ .

Провером се утврђује

$$\cos \varphi_{posle \text{ komp.}} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q_{posle}^2}} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + (Q_{pre} - Q_{CB})^2}} = \frac{529,2}{\sqrt{526,2^2 + (341,8 - 300)^2}} = 0,9969$$

да усвојене кондензаторске батерије задовољавају постављене захтеве.

Претпоставимо даље да ће на трансформатор бити додати нови потрошачи са истим фактором снаге 0,84 и да ће и за њих постојати потреба за компензацијом до фактора снаге 0,99. Одредити колика је максимална снага потрошача који се могу прикључити на трансформатор при фактору снаге 0,99 и колика је снага компензације у том случају?

Активна снага трансформатора при фактору снаге 0,99 је

$$P = S \cos \varphi = 630 \cdot 0,99 = 623,7 \text{ kW}$$

реактивна снага у том случају је

$$Q_{posle} = \frac{\sqrt{1 - 0,99^2}}{0,99} 623,7 = 88,9 \text{ kVAr}$$

реактивна снага потрошача при фактору снаге 0,84 је

$$Q_{pre} = \frac{\sqrt{1 - 0,84^2}}{0,84} 623,7 = 402,9 \text{ kVAr} .$$

Потребна снага компензације је:

$$Q_c = Q_{pre} - Q_{posle} = (402,9 - 88,9) \text{ kVAr} = 314,0 \text{ kVAr} .$$

С обзиром да је за постизање фактора снаге  $\cos \phi = 0,99$  потребна компензација од 314,0 kVAr, а за фактор снаге  $\cos \phi = 1$ , потребна 100% компензација од 402,9 kVAr, жељена вредност компензације је између тих вредности  $314,0 \text{ kVAr} < Q_{CB} < 402,9 \text{ kVAr}$ , и може се усвојити, на пример, компензација  $Q_{CB} = 330 \text{ kVAr}$ . Још једном ваља напоменути да усвојено решење није једнозначно и да практично свака вредност из интервала [314,0 kVAr, 402,9 kVAr] може бити усвојена као решење. Важно је само водити рачуна о томе да се не „прекомпензује“ (види последњи пасус поглавља 9.7.3.3) систем, те је због тога боље бирати вредности ближе доњој граници наведеног интервала.



Провером се утврђује

$$\cos \varphi_{\text{posle komp.}} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + (Q_{\text{pre}} - Q_{\text{CB}})^2}} = \frac{623,7}{\sqrt{623,7^2 + (402,9 - 330)^2}} = 0,9932$$

да усвојена компензација задовољава постављене захтеве.

### 9.7.3.3 Препоруке за реализацију система компензације реактивне снаге

При компензовању реактивне снаге целог индустријског постројења систем се обично поставља у објект трафостанице или непосредно уз њега, тако што се на исти прикључује повезивањем на главне (бакарне) сабирнице напајања одакле се даље кабловским везама обезбеђује напајање свих главних потрошача или делова постројења.

Да би се обезбедио поуздан рад система компензације, при инсталацији треба обратити пажњу на неколико важних детаља.

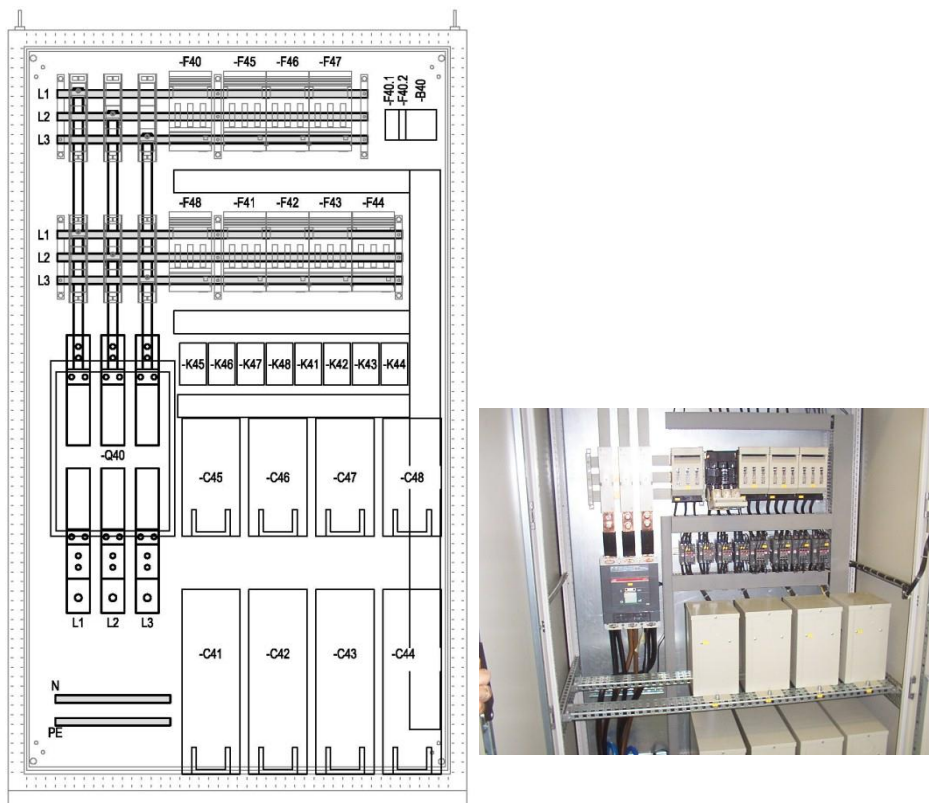
Први и најважнији је напонски ниво и квалитет напона напајања. Наиме, није свеједно да ли је називни напон нешто већи од 400 V (али још увек у оквиру дозвољених граница од  $\pm 10\%$ ) и да ли је присутан већи садржај виших хармоника (изобличење напона). У оба случаја, препоручује се да се изврши одговарајуће мерење квалитета напона напајања у најкраћем трајању од 24 h уколико индустријски погон ради у све три смене. Том приликом ће се тачно утврдити ниво промене оптерећења проузрокован укључењем/искључењем појединих потрошача, као и вредност напона напајања. Кондензаторске батерије треба, уколико је напон напајања 400V или који проценат већи, изабрати за називни напон од 440 V, јер се на тај начин обезбеђује сигуран рад система и избегава евентуални отказ кондензатора у случајевима када дође до пораста напона. Даље, ако се примењује аутоматски односно регулисан систем компензације, контактори за укључење/искључење кондензатора треба да буду са уграђеним предотпорима који служе да спрече појаву пренапона и електричног лука при укључењу/искључењу кондензатора [20].

Ако се мерењима утврди значајна вредност изобличења напона ( $>8\%$ ), потребно је уградити и одговарајуће пригушнице којима се сузбијају виши хармоници (најчешће 5. и 7. хармоник) [21]. На повећану вредност виших хармоника посебно треба обратити пажњу у постројењима са већим бројем инсталираних фреквентних регулатора и/или других система енергетске електронике попут система индуктивног грејања, регулатора напона (софт стартера и сл.).

Погодно је да се прикључење система компензације врши преко прекидача са интегрисаном заштитом, који у случајевима превелике струје оптерећења или квара у систему компензације обезбеђује његово сигурно раздвајање од осталог дела система напајања [20]. На следећој слици дат је изглед једног савременог система аутоматске компензације индустријског постројења, пројектованог у складу са претходним препорукама.

На крају, важна је напомена да у системима за компензацију реактивне снаге не важи принцип „што више то боље“. То значи да се не сме вршити укључење кондензаторских батерија већег капацитета од неопходног за компензацију. Укључење кондензаторских батерија већег капацитета од неопходног помера цео фактор снаге у капацитивно подручје и тада долази до

такозване „прекомпензације“. Ефекат прекомпензације је повишење напона, што за последицу може имати електрични пробој изолације те оштећење и/или уништење електричне опреме и уређаја.



Слика 9.22 Изглед система компензације реактивне снаге индустријског постројења (лево – шематски распоред опреме у орману, десно – изглед изведеног система)

### 9.8 Основни типови мотора, основне радне карактеристике, степен корисности мотора, избор електромотора, фактори који утичу на степен корисности, регулација рада електромотора,

Електромоторни погони имају важну улогу у свакодневном животу и у напретку човечанства. Преко половине произведене електричне енергије у индустријски развијеним земљама се претвара у механичку, било за потребе транспорта, било за производне процесе. У односу на друге врсте погона електромоторни погони имају низ предности:

- обухватају широк дијапазон снага, почев од снага испод једног вата (електронски часовници), па до више стотина мегавата (реверзибилне хидроелектране);
- обухватају широк дијапазон обртних момената (преко 1.000.000 Nm у ваљаоницама) и брзина (преко 10.000 о/мин код центрифуга);
- могу се прилагодити било каквим радним условима (принудно хлађени, потпуно

затворени, потопљени, у експлозивној атмосфери...);

- еколошки су позитивни (нема запаљивог горива, нема гасова, релативно мала бука);
- спремни су за рад одмах и то на пуно оптерећење;
- захтевају веома мало одржавања;
- имају веома мале губитке празног хода;
- имају веома висок степен корисног дејства;
- имају способност високе краткотрајне преоптеретивости;
- лако се управља и то у широком интервалу брзина без потребе за механичким мењањем преносног односа;
- при управљању могу имати веома брз динамички одзив;
- лако се мења смер обртања (реверзирање без механичких преносника);
- имају могућност кочења са рекулпацијом (регенерацијом) енергије назад према извору напајања;
- имају равномеран обртни моменат и миран ход без вибрација;
- не раде под нарочито високом температуром, те су дуговечни;
- могући су различити облици, прилагођени различитим потребама монтаже у радним машинама (нпр. више мањих мотора монтираних на местима употребе уместо једног већег мотора са механичким преносницима, мотор са ротором са спољашње стране, линеарни мотор уместо ротационог...).

Овом низу значајних предности електричних погона супротстављају се само два већа недостатка, али су у одређеним случајевима и она довољна да спрече или бар ограниче њихову употребу:

- зависност од електричног напајања;
- мали однос снаге према тежини.

Први недостатак ограничава примену електричних погона у вучи. Економски прихватљива акумулаторска батерија је још увек око 50 пута тежа него одговарајућа количина горива за мотор са унутрашњим сагоревањем.

### **9.8.1 Основни типови мотора и радне карактеристике**

Основна подела мотора јесте према напону напајања тако да се мотори деле на моторе једносмерне струје (*DC*) и моторе наизменичне струје (*AC*). Једносмерни мотори се даље деле према типу побудног система на: моторе са независном побудом, редном, оточном (паралелном), комбинованом (компаундном), моторе са перманентним магнетима и универзалне моторе.

Наизменични мотори деле се на монофазне и трофазне (мада постоје и полифазни), који се даље деле на синхроне и асинхроне. Синхрони мотори се деле на моторе са истуреним

половина и моторе са ваљкастим ротором. Асинхрони мотори се даље дела на клизноколутне (са намотаним ротором) и кавезним ротором.

Поред наведених, постоје и специјалне врсте мотора као што су: линеарни, корачни, бескомутаторски (brushless) итд.

### 9.8.1.1 Механичке карактеристике

Под статичком механичком карактеристиком подразумева се зависност момента машине од њене брзине у устаљеном стању, дата у аналитичкој или графичкој форми. Постоје механичке карактеристике мотора:

$$m_e = f_e(\omega), \quad (9.35)$$

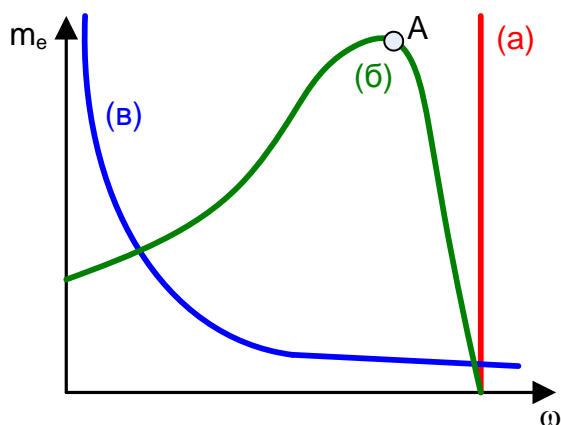
и механичке карактеристике оптерећења:

$$m_m = f_m(\omega). \quad (9.36)$$

где је:  $m_e$  – електрични моменат мотора [Nm];  $m_m$  – механички моменат оптерећења [Nm] и  $\omega$  – брзина обртања [rad/s].

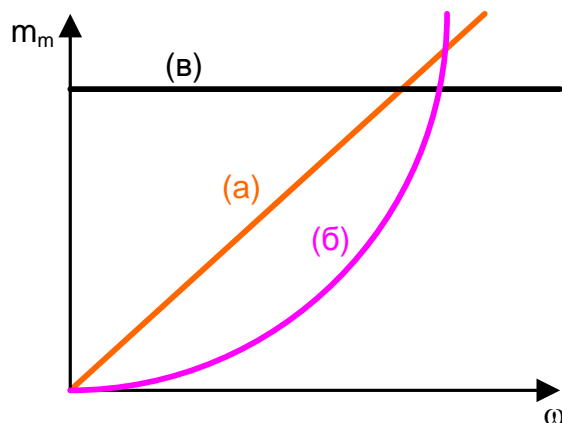
На слици 9.23 приказане су три типичне механичке карактеристике електричног мотора: синхрона (а), асинхрона или оточна (б) и редна (в).

Синхрона карактеристика се одликује потпуном независношћу електричног момента од брзине, као што је случај код синхроног мотора. Код асинхроне карактеристике, брзина мало опада се повећањем оптерећења. Ову особину има једносмерни мотор са независном побудом (крива б, десно од тачке А). Исту особину има и асинхрони мотор, али само испод одређене вредности момента (радни део карактеристике б, десно од тачке А); изнад тога моменат достиже максимум и са смањењем брзине се смањује. Редна карактеристика се одликује јаком зависношћу момента од брзине, карактеристичном по томе што је на широком опсегу брзина, снага  $p_e = \omega m_e$  приближно константна. Због тога њена графичка представа има хиперболичну форму. Овакву зависност има једносмерни мотор са редном побудом.



Слика 9.23: Типичне механичке карактеристике електромотора: синхрона (а), асинхрона или оточна (б) и редна (в)

На слици 9.24. приказане су три типичне механичке карактеристике оптерећења: (а) линеарна, (б) вентилаторска или календерска и (в) гравитациона. Код линеарне карактеристике моменат оптерећења расте линеарно са брзином (ваљаонице). Вентилаторска карактеристика је такође монотонно растућа функција, приближно са квадратом брзине (центрифуге, вентилатори, центрифугалне пумпе). Код гравитационе карактеристике моменат оптерећења не зависи од брзине (вертикални транспортери, лифтови).



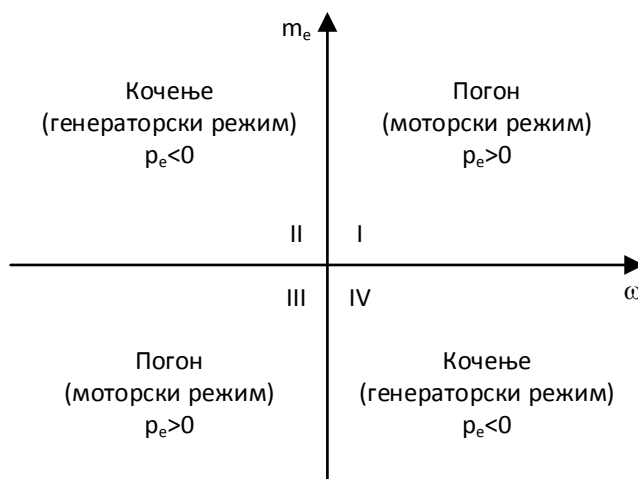
Слика 9.24: Типичне механичке карактеристике оптерећења: (а) линеарна, (б) вентилаторска и (в) гравитациона

### 9.8.1.2 Радни квадранти

Електрични погони могу бити предвиђени за рад у једном или у оба смера брзине, са могућношћу електричног кочења (генераторски рад) или без те могућности.

Рад погона приказан графички у равни моменат-брзина може обухватити сва четири квадранта ове равни или само неке од њих. Пошто производ момента и брзине представља снагу, у сваком квадранту ове равни је смер снаге одређен (слика 9.25) на следећи начин. У равни  $m_e$ - $\omega$  непарним квадрантима одговара позитивна, а парним негативна снага. Позитивна снага значи претварање електричне снаге у механичку, а негативна обрнуто. Односно, у првом и трећем квадранту енергија се узима из електричне мреже, а у другом и четвртном се у њу враћа ако за то постоји могућност.

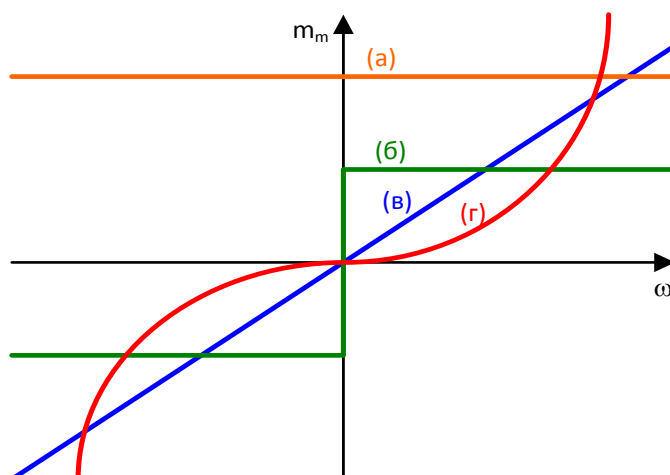
У зависности од врсте мотора и других елемената погона, пре свега врсте енергетског претварача, механичке карактеристике могу се протезати по једном, два или четири квадранта.



Слика 9.25: Радни квадранти

### 9.8.1.3 Активно и реактивно оптерећење

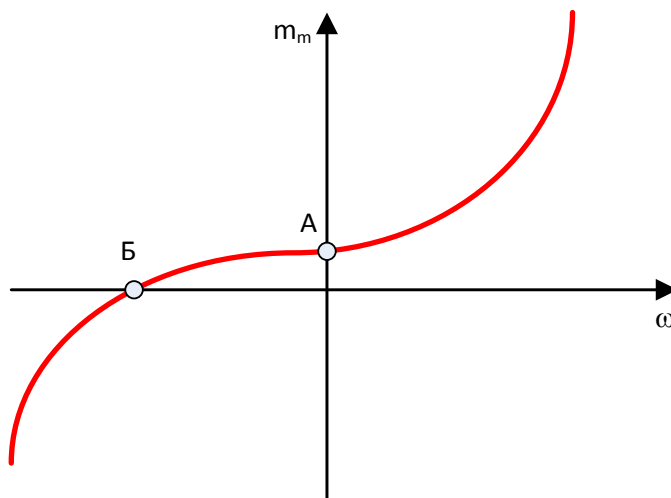
Механичка карактеристика оптерећења може бити активна и реактивна. Активна карактеристика настаје дејством спољних сила, као што су земљина тежа или ветар. Она обично не зависи од смера обртања нити од брзине, па се протеже кроз I и II квадрант равни  $m_e-\omega$ , као што је приказано правом (а) на слици 9.26. Реактивна карактеристика је последица реакције радне машине на покретање (трење). Оваква карактеристика се протеже кроз I и III квадрант (карактеристике (б), (в), (г) на слици 9.26). У оваквим случајевима снага је увек истог смера: променом смера обртања мења се и смер отпорног момента.



Слика 9.26: Активна (а) и реактивне (б, в, г) карактеристике оптерећења

Код појединих погона механичка карактеристика оптерећења може бити комбинована. На слици 9.27. приказана је карактеристика једне дизалице у којој се суперпонира моменат услед земљине теже (тачка А) и моменат услед трења. У првом квадранту мотор даје снагу (моменат и брзина су позитивни) и терет се диже. У другом се терет спушта (брзина негативна), моменат због дејства гравитације остаје позитиван, па снага мења смер (кочиони режим). Међутим, под утицајем трења, да би брзина спуштања прешла одређену вредност (тачка Б) мора се поново

прећи у моторски режим, то јест у трећи квадрант.



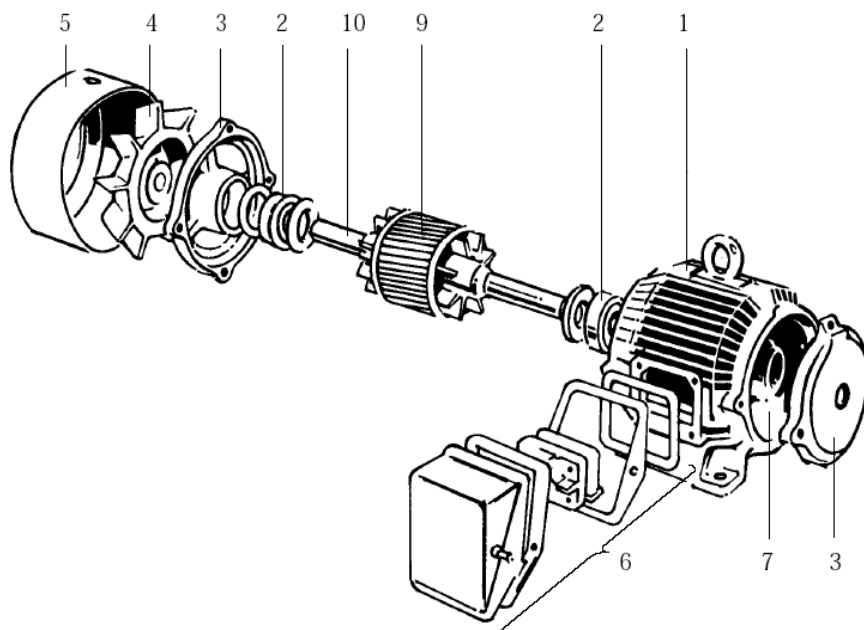
Слика 9.27: Механичка карактеристика дизалице

### 9.8.2 Асинхрони мотори

У претходном поглављу наведене су различите врсте мотора. Сви они имају своју примену, али се у пракси не користе сви подједнако. Због своје једноставне конструкције и велике поузданости, те због брзог напретка енергетске и управљачке електронике, асинхрони мотор је данас постао убедљиво најзаступљенији у индустријској и општој примени. Због тога ће се у даљем тексту говорити искључиво о асинхроним моторима и електромоторним погонима са овом врстом мотора.

Асинхрони мотори су данас у веома широкој употреби. Једноставне су конструкције, поуздани и практично не захтевају посебно одржавање. Постоји неколико типова асинхроних мотора и сви они раде на истом принципу. Саставни делови једног асинхроног мотора приказани су на слици 9.28.





Слика 9.28: Основни делови асинхроног мотора.

Основи делови асинхроног мотора на слици 7.28 су статор и ротор. Делови статора су: **1.** кућиште; **2.** котрљајни лежајеви; **3.** лежајни штит; **4.** вентилатор; **5.** поклопац вентилатора; **6.** прикључна кутија; **7.** статорски пакет лимова (дебљина лима је  $0.3$  до  $0.5\text{mm}$ ) који у себи садржи намоте статора. Делови ротора су: **9.** намот ротора; **10.** вратило.

Намоти статора се прикључују на напајање (трофазни напон). Појава трофазног напона (и струја) у просторно распоређеним намотима по целом обиму статора проузрокују појаву обртног магнетног поља. Обртно магнетно поље је узрок обртања ротора, односно магнетна индукција тера ротор да се обрће у тежњи да се "поклопи" са обртним пољем статора. Брзина обртања магнетног поља статора зависи од броја (пари) полова. Ова се брзина назива синхрона брзина ( $n_0$ ) и у табели 9.9 дата веза између броја пари полова ( $p$ ) и брзине  $n_0$ .  $n_0$  је брзина обртања магнетног поља статора а не брзина обртања ротора (што се често назива „брзина мотора“).

Табела 9-9: Стандардне брзине мотора у зависности од броја полова

Број пари полова ( $p$ )	1	2	3	4	6
Број полова	2	4	6	8	12
$n_0$ [обртаја/мин]	3000	1500	1000	750	500
$n$ [обртаја/мин]	2700-2940	1350-1470	900-980	675-735	450-490

### 9.8.2.1 Клизање, моменат и брзина

Синхронну брзину ( $n_0$ ), фреквенцију напона напајања ( $f$ ) и број пари полова мотора ( $p$ ) повезује следећа релација

$$n_0 = \frac{f \times 60}{p} \text{ [1/min]}. \quad (9.37)$$

Клизање ( $s$ ) се дефинише као разлика између синхроне ( $n_0$ ) и стварне брзине мотора ( $n$ ).

$$s = n_0 - n. \quad (9.38)$$

Номинално клизање ( $s_n$ ) је разлика између синхроне ( $n_0$ ) и номиналне брзине мотора ( $n_n$ ).

$$s_n = n_0 - n_n. \quad (9.39)$$

Клизање се често изражава у процентима

$$s = \frac{n_0 - n}{n_0} \times 100 \text{ [%]}. \quad (9.40)$$

Клизање у нормалном раду (номинални режим) креће се од 10% за мале (неколико kW) до 2% за врло велике машине (неколико стотина kW до преко 1 MW). Реалне брзине мотора у номиналним радним режимима приказане су у последњој врсти Табеле 9.9 где мањи број важи за моторе мале снаге, а већи за моторе велике снаге.

Веза између излазне снаге машине ( $P$  [kW]), момента ( $M$  [Nm]) и угаоне брзине ( $\omega$  [rad/s]) је

$$M = \frac{P}{\omega}. \quad (9.41)$$

Веза између угаоне брзине  $\omega$  [rad/s] и брзине обртања  $n$  [o/min] је:  $\omega = \frac{2 \times \pi \times n}{60}$  [rad/s], тако да је

$$M = \frac{P \times 9550}{n} \text{ [Nm]} \quad (9.42)$$

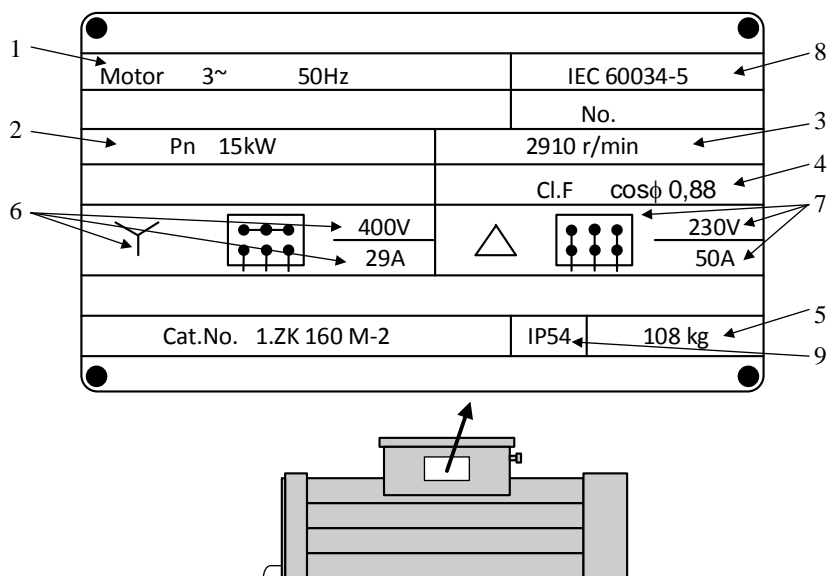
У последњем изразу је момент  $M$  изражен у [Nm], снага  $P$  у [kW], а брзина мотора  $n$  у [обртајима/мин]. Последњи образац је доста погодан за израчунавање номиналног момента мотора пошто се сви подаци налазе на натписној плочици.

НАПОМЕНА: Ако се погледају подаци у табели 9.9 и израз (7.42), јасно се види да мотори исте снаге али различитог броја полова имају различите моменте. Тако нпр. 4-полни мотор има дупло већи момент од 2-погног исте снаге, што значи да је у стању да „потегне“ дупло већи терет. Наравно, брзина му је дупло мања. Ово треба имати у виду при избору мотора јер се

мотор мора изабрати у складу са радном машином, односно теретом који ће морати да погони. Зато, за избор мотора није довољно знати само снагу већ је потребно познавати и укупан момент погона сведен на вратило мотора! О карактеристичним моментима оптерећења биће речи у даљем тексту.

### 9.8.2.2 Натписна плочица мотора

Сви мотори имају натписну плочицу са листом основних података. Остали подаци су обично доступни у каталогу мотора. На слици 9.29 приказана је натписна плочица мотора са основним подацима. У даљем тексту дата су објашњења за појединачна поља на натписној плочици.



Слика 9.29: Натписна плочица мотора

**Поље 1.** Мотор је предвиђен за трофазно напајање (3~) са фреквенцијом напајања од 50 Hz.

**Поље2.** Номинална излазна снага мотора је 15 kW, тј. мотор може да на вратилу да снагу од 15 kW ако је повезан на напајање за које је предвиђен. Номинална излазна снага асинхроних мотора је одређена стандардом. Ово омогућава кориснику слободан избор различитих мотора израђених за различите намене. Називне снаге нисконапонских мотора (напајање 400 V) су стандардизоване и приказане су у табели 9.10.

Табела 9-10: Стандардне називне снаге мотора

P [kW]												
0.06	0.09	0.12	0.18	0.25	0.37	0.55	0.75	1.1	1.5	2.2	3.0	4.0
5.5	7.5	11.0	15.0	18.5	22.0	30.0	37.0	45.0	55.0	75.0	90	110
132	160	200	250	315	355	400	450	500	560	630	710	...

Често се уместо kW за означавање снаге мотора користи KS (коњска снага, енгл. Horse Power - HP). Конверзија kW у KS и обрнуто се врши према обрасцу: 1 KS=0.736 kW, односно

1 kW=1,36 KS.

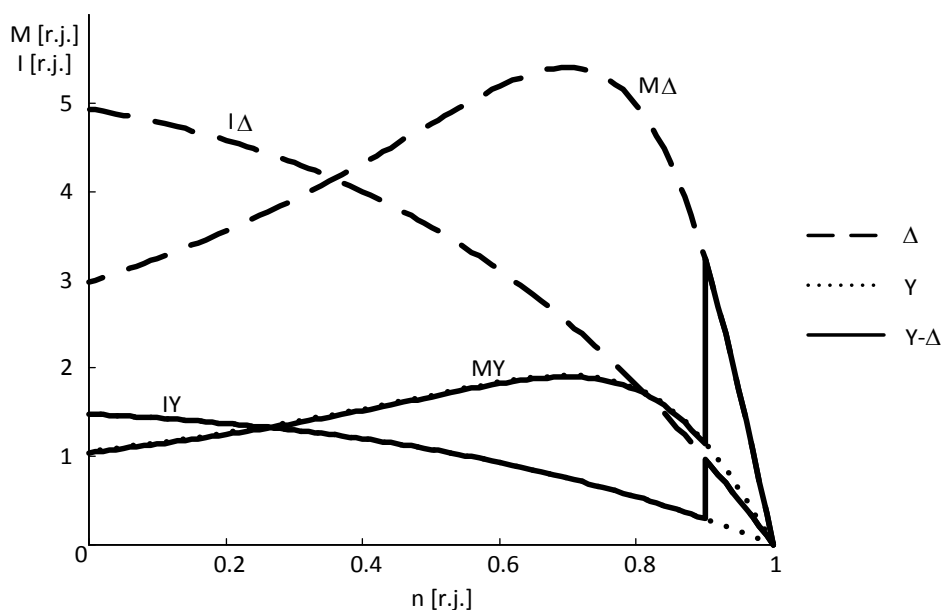
**Поље 3.** Номинална (називна) брзина мотора. Уобичајено се изражава у [обртајима/мин] иако то није званична јединица SI система. Номинална (називна) брзина мотора је брзина којом се обрће ротор мотора ако је прикључен на номинални напон и оптерећен номиналним теретом.

**Поље 4.** Фактор снаге  $\cos\phi$  дефинише реактивну снагу мотора. Идеална вредност фактора снаге је  $\cos\phi = 1$  (тада је реактивна снага  $Q = 0$  kVAr) и њега је могуће остварити само компензацијом, употребом кондензаторских батерија. Уобичајено је да се фактор снаге поправља на нивоу погона и/или фабрике. Електродистрибуција наплаћује потрошњу реактивне енергије, а ако је фактор снаге на нивоу фабрике/погона/постројења  $\cos\phi < 0,95$  наплаћује се *прекомерна реактивна енергија*. Фактор снаге  $\cos\phi$  не треба бркати са степеном корисног дејства  $\eta$ . Фактор снаге дефинише енергију потребну за магнећење магнетног кола машине док  $\eta$ , степен корисног дејства дефинише укупну количину губитака у машини (термички губици у бакру, губици у гвожђу и губици фрикције и вентилације).

**Поље 5.** Маса мотора, изражена у [kg].

**Поља 6-7.** Намотаји статора могу бити повезани у звезду или троугао. Најчешће су намотаји нисконапонских мотора малих снага (неколико kW до неколико десетина kW) везани у спрегу Y (звезда). На натписној плочици приказаној на слици 2 се могу прочитати следећи подаци: ако је напон напајања 400 V намотаји морају бити повезани у звезду. Струја мотора је тада 29 A по фази. Ако је напон напајања 230 V намотаји статора морају бити повезани у троугао. Струја мотора је тада 50 A по фази.

Код залетања мотора, где је струја 4 до 10 пута већа него номинална струја, напајање може бити преоптерећено. Због тога електродистрибуције одређују ограничење полазних струја великих мотора. Ово се постиже тако што се мотор залеће у звезди, а затим се пребаци у троугао. У спреси звезда (Y), снага и момент су 3 пута мањи него у спреси троугао ( $\Delta$ ) и мотор не може да се залеће под пуним оптерећењем. Ово је приказано на слици 9.30 (погледати поглавље 9.1.4.1 - *Спој звезда-троугао*).



Слика 9.30: Момент и струја мотора у споју звезда (Y) и споју троугао ( $\Delta$ ) као и при залетању Y- $\Delta$ .

**Поља 8-9.** Ово поље означава степен заштите мотора коју обезбеђује кућиште против продирања течности и страних тела. Табела 9.11 садржи ознаке коришћене у интернационалном стандарду IEC издање 60034-5., док се у табели 9.12 налазе опционе ознаке.

Заштита се означава са два слова IP (*International Protection Marking*), две цифре и опционо још два слова. Цифре се користе да специфицирају ниво заштите против контакта и страних тела (прва цифра) и течности (друга цифра). Ако је потребно, могу се додати опциона слова. Прво опционо додатно слово означава да су људи заштићени од приступа опасним компонентама. Друго опционо допунско слово означава да је радна машина заштићена и садржи допунске информације о: високо-напонским јединицама; тестирању водом у току рада; тестирању водом у стању мировања и отпорности на временске утицаје. Основни IP код је приказан на слици 9.31.

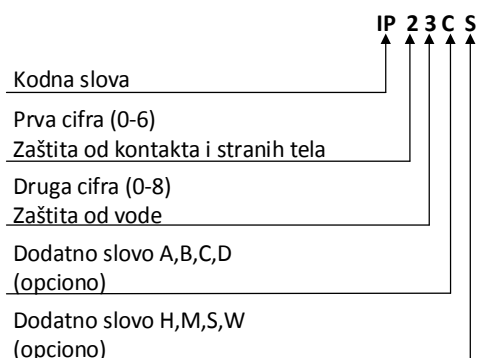
Табела 9-11: Листа заштита мотора по стандарду IEC 60034-5

Цифра	Прва цифра		Друга цифра
	Заштита од контакта	Заштита од страног тела	Заштита од воде
0	Без заштите	Без заштите	Без заштите
1	Заштита од додира шаком	Заштита од чврстог страног тела пречника 50мм	Заштита од вертикалног капања воде
2	Заштита од додира прстима	Заштита од чврстог страног тела пречника 12.5мм	Заштита од капања воде под углом од 15 степени
3	Заштита од додира алатом	Заштита од чврстог страног тела пречника 2.5мм	Заштита од воде прскане до угла од 60 степени
4	Заштита од додира жицом	Заштита од чврстог страног тела пречника 1.0мм	Заштита од воде прскане из свих праваца
5	Заштита од додира жицом	Заштита од прашине	Заштита од млаза воде

6	Заштита од додира жицом	Заштита од прашине	Заштита од јаког млаза воде
7	-	-	Заштита од привременог зарањања у воду
8	-	-	Заштита од трајног зарањања у воду

Такође треба знати да:

- Ако одређена позиција нема дефинисано стање, може бити замењена словом "X".
- Додатна и допунска слова могу бити уклоњена а да се не замене ничим другим
- Ако је потребно више допунских слова мора се поштовати абecedни ред.



Слика 9.31: Структура IP кода

Табела 9-12: Додатна опциона слова IP кода.

Заштита од приступа	Слово	Допунска информација	Слово
Шаком	A	Високо-напонска јединица	H
Прстима	B	Тестирано водом у току рада	M
Алатом	C	Тестирано водом у стању мировања	S
Жицом	D	Отпорно на временске услове	W

У случају да је радна машина заштићена од прашине (прва цифра је 5), продирање прашине није потпуно спречено, ипак, прашина може да уђе само у неке делове и јединица ће наставити да ради без угрожавања сигурности. Заштита од воде је понуђена до шесте цифре, што значи да су услови за све ниже бројеве такође испуњени. За радну јединицу са описом IPX7 (привремено зарањена) или IPX8 (трајно зарањена) не мора да значи да је заштићена од воденог млаза IPX5 или јаког млаза воде IPX6. Ако су оба захтева испуњена, радној машини се мора дати двострука ознака, тј. IPX5/IPX7.

### 9.8.3 Типови механичких оптерећења

Табела 9.13 приказује типове механичких оптерећења њихове моментне карактеристике као и захтевану снагу погонских електромотора. Нумеричка веза између момента оптерећења радне машине  $M$ , снаге мотора  $P$  (ако се занемаре губици у мотору, који су реда величине до 10%, може се рећи да је снага мотора у ствари активна снага коју мотор повлачи из мреже за напајање) и брзине мотора  $\omega$ , је дефинисана изразом (7.41). Тај израз дефинише везу између

величина представљеним у другој и трећој колони табеле 9.13.

Види се да су за различите типове оптерећења критични различити радни режими и тренуци. Код погона где постоји намотавање материјала, критичан је полазак пошто се захтева велики моменат при малим брзинама. Снага мотора на свим брзинама је једнака тако да је са становишта потрошње електричне енергије практично свеједно којом брзином се мотор обрће.

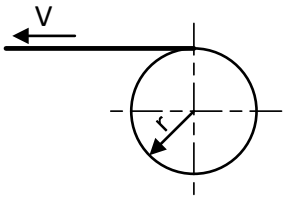
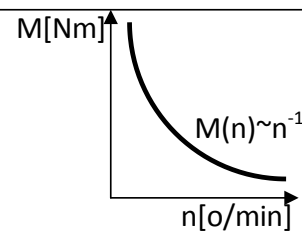
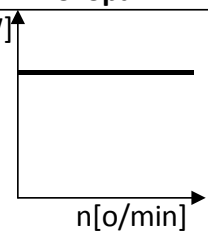
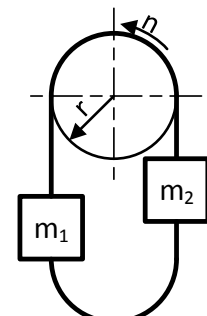
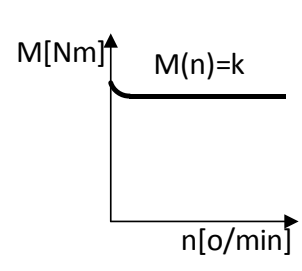
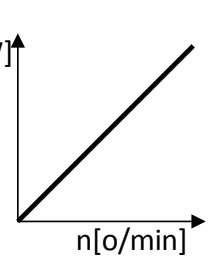
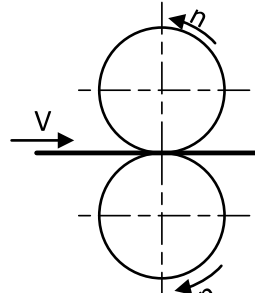
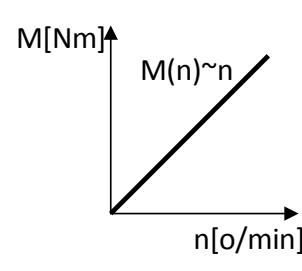
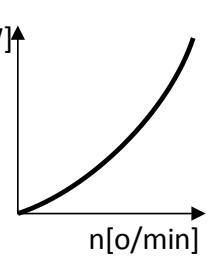
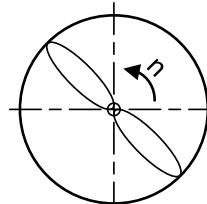
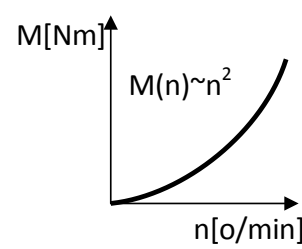
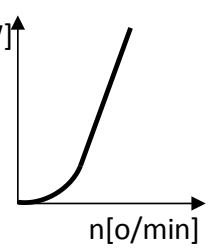
Код транспортера, вертикалних и хоризонталних, моменат радне машине је константан док снага мотора линеарно расте са порастом брзине. Потрошња електричне енергије расте линеарно са порастом брзине целог погона.

У ваљаоницама, моменат радне машине расте линеарно са брзином док снага мотора расте са квадратом брзине. Ово значи да ће при номиналној брзини бити и номинална потрошња док ће при брзини од 80% номиналне потрошња електричне енергије бити око 64% ( $0.8^2=0.64$ ). Смањењем брзине, код овог типа погона могуће је извршити уштеду у потрошњи електричне енергије.

Последњи тип оптерећења су вентилатори и центрифугалне пумпе који имају календерску карактеристику. Код овог типа оптерећења момент расте са квадратом брзине док снага мотора расте са трећим степеном брзине. Смањењем брзине, код овог типа погона могуће је остварити велику уштеду у потрошњи електричне енергије пошто смањење брзине од 20% смањује потрошњу електричне енергије за скоро 50%. Ако се брзина са 100% смањи на 80%, електрична снага ће се смањити са 100% на  $0.8^3=0.512\approx 50\%$ .



Табела 9-13: Механичке карактеристике типичних оптерећења електромотора у индустријским постројењима

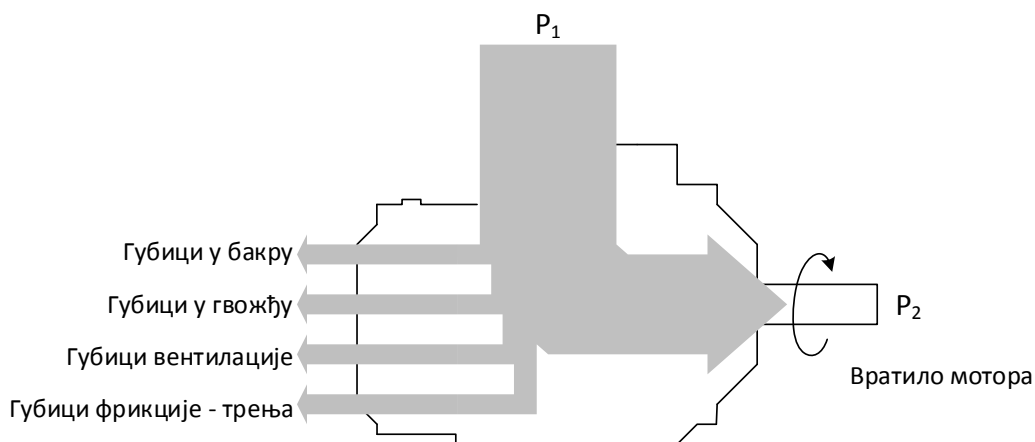
Типови оптерећења	Моментна к-ка	Снага погонског мотора	Опис
			Намотавање материјала (подне облоге, папир, каблови...)
			Вертикални и хоризонтални транспортери
			Ваљаонице
			Календерска карактеристика (вентилатори, центрифугалне пумпе)

### 9.8.4 Степен корисности мотора и фактори који на њега утичу, избор електромотора

Мотор узима електричну снагу из електричне мреже. При константном оптерећењу, снага узета из мреже ( $P_1$ ) је већа од механичке снаге на излазу ( $P_2$ ) због постојања губитака у мотору. Величина која даје везу између улаза и излаза машине је степен корисности мотора,  $\eta$ .

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \quad (9.43)$$

Карактеристичне вредности степена корисности мотора су између 0,7 и 0,9, где  $\eta$  расте са повећањем снаге мотора и броја полова. На слици 9.32 приказана је структура губитака у мотору.



Слика 9.32: Губици у мотору

Постоје четири врсте губитака: губици у бакру, губици у гвожђу и губици фрикције и вентилације.

1. Губици у бакру су последица омске отпорности намотаја статора и ротора.
2. Губици у гвожђу се састоје од хистерезисних губитака и губитака због постојања вртложних струја.
  - a. Хистерезисни губици се јављају у гвожђу када се оно магнетише наизменичном струјом. У нашем случају, при наизменичном напону од 50 Hz гвожђе се магнетише и демагнетише 100 пута у секунди. Оба процеса, магнетизације и демагнетизације, захтевају да се уложи енергија. Ова енергија се узима из електричне мреже и она расте са повећањем фреквенције и магнетне индукције.
  - b. Губици услед вртложних струја постоје због индукције напона у гвожђу и проводницима услед променљиве магнетне индукције. Индуковани напон узрокује струју која се циклично креће око линија магнетног поља и производи топлотне губитке. Дељењем магнетног језгра на танке лимове, губици услед вртложних струја се драстично смањују.
3. Губици услед вентилације се јављају због постојања трења ваздуха приликом његовог

проласка кроз вентилатор и машину.

4. Губици услед трења се јављају у лежиштима мотора.

Степен корисности мотора, поред наведених конструкционих особина (величина и број полова) зависи још и од радних услова. Радне услове можемо поделити на: услове околине и радне режиме.

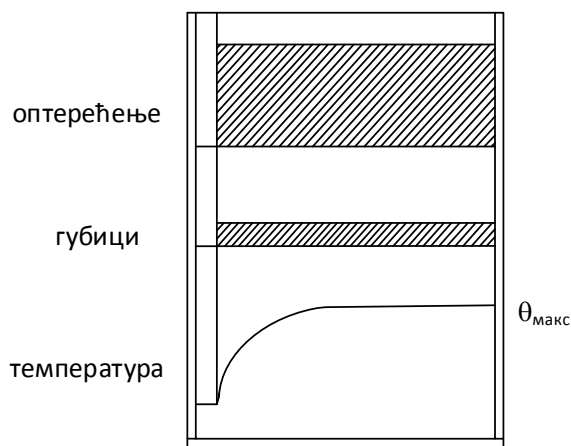
Под условима околине сматрају се: температура амбијента, влажност, надморска висина, загађеност (присуство честица нечистоћа у ваздуху), присуство опасних и експлозивних материја, присуство воде, услови хлађења, стање филтера за ваздух, стабилност напона напајања, вредност напона напајања, фреквенција напајања.

Под радним режимима сматрају се радни режими (циклуси) дефинисани у складу са стандардом IEC 60034-1 и има их укупно 10.

**9.8.4.1 Радни режими према IEC 60034-1**

**Трајни погон – S1**

Режим трајног рада S1 представља рад код кога је период оптерећења машине довољно дуг тако да мотор остварује стабилну температуру. Повећањем оптерећења достиже се максимална дозвољена температура. Покретање и заустављање машине нису узети у разматрање под претпоставком да сувише кратко трају да би имали неког утицаја на повећање температуре мотора. Краткотрајна преоптерећења су прихватљива. Период без оптерећења нема значаја ако после њега следе брза оптерећења. Коefицијент преоптерећења не сме прелазити процењени коefицијент.

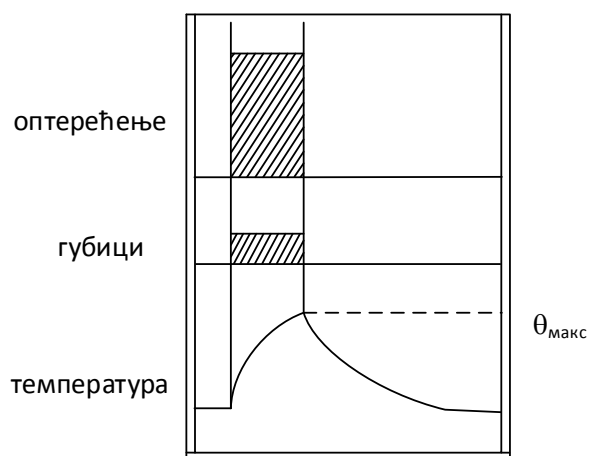


Слика 9.33: Оптерећење, губици и температура за радни режим S1.

**Краткотрајни погон – S2**

При краткотрајном радном циклусу период оптерећења је сувише кратак да би мотор достигао стабилну температуру, а период без оптерећења довољно дуг да температура мотора падне на температуру околине или расхладног медијума (чак и у паузи рада мотора). Покретање и заустављање нису узети у разматрање. При S2 раду, коefицијент оптерећења може бити већи од процењеног коefицијента, али само у одговарајућем кратком периоду. При одређивању

краткотрајног рада S2, неопходно је утврдити радни период, нпр. S2 – 30 мин. Стандардне спецификације разликују следеће радне периоде: 10 мин, 30 мин, 60 мин. и 90 мин.



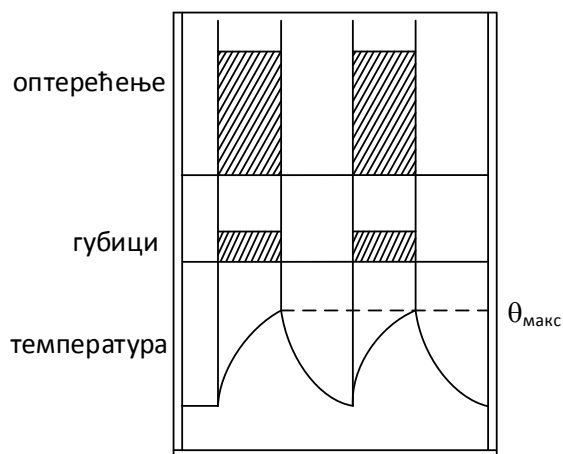
Слика 9.34: Оптерећење, губици и температура за радни режим S2.

**Периодични погон без утицаја залета – S3 (интермитентни радни режим)**

Испрекидан рад представља секвенцу идентичних радних циклуса. Сваки циклус се састоји од периода са оптерећењем и периода без оптерећења током којег се мотор „одмара“. Период са оптерећењем у току једног циклуса сувише је кратак да би мотор достигао стабилну температуру, а период без оптерећења је сувише кратак да би се мотор охладио на температуру околине или расхладног медијума.

Покретање и заустављање нису узети у обзир под претпоставком да су њихова времена сувише кратка у поређењу са периодом са оптерећењем и стога не утичу значајније на загревање мотора.

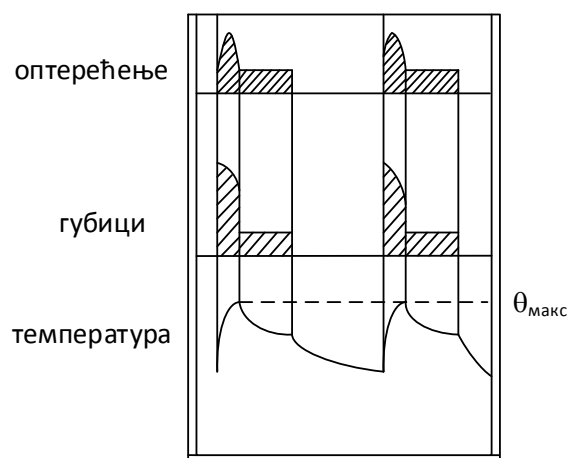
Коефицијент оптерећења током једног циклуса може бити већи од просечног коефицијента оптерећења мотора.



Слика 9.35: Оптерећење, губици и температура за радни режим S3.

**Периодични погон са утицајем залета – S4**

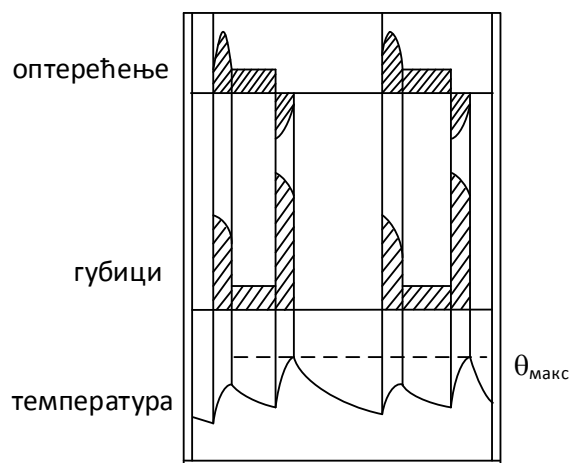
S4 је слично са S3, али узима се у обзир покретање.



Слика 9.36: Оптерећење, губици и температура за радни режим S4.

**Периодични погон са утицајем залета и електричног кочења – S5**

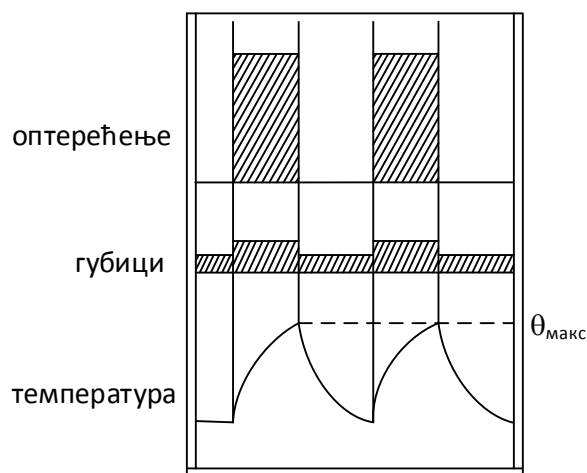
S5 је слично S3, али узима се у обзир покретање и заустављање.



Слика 9.37: Оптерећење, губици и температура за радни режим S5.

**Трајни погон са испрекиданим оптерећењем – S6**

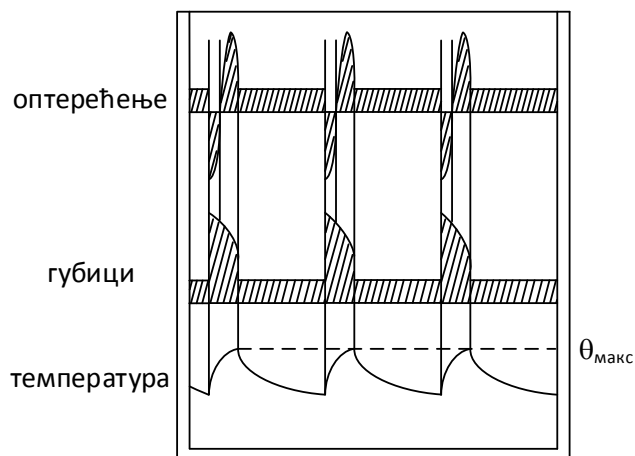
S6 је слично S3, изузев што је радни циклус такав да се мотор на крају нерадног периода (периода без оптерећења) не враћа на температуру околине (расхладног медијума). Циклус би требало понављати док температура у истој тачки радног циклуса не достигне градијент мањи од 2°C на сат.



Слика 9.38: Оптерећење, губици и температура за радни режим S6.

**Непрекидни погон са залетом и електричним кочењем – S7**

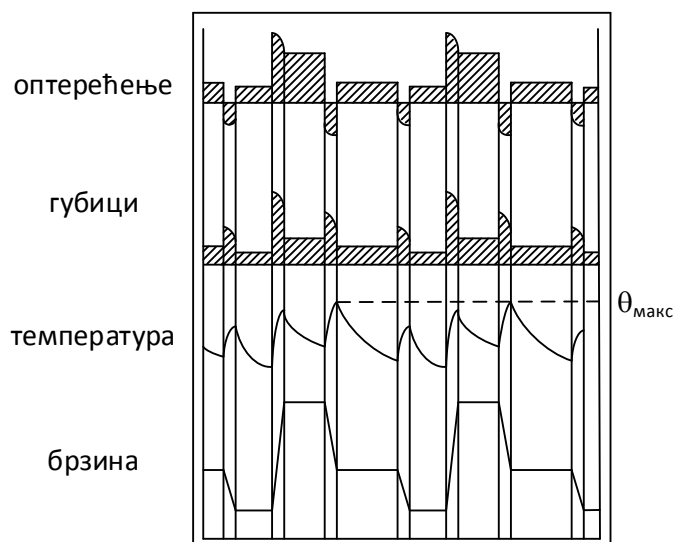
S7 је слично S6, али узима се у обзир и заустављање.



Слика 9.39: Оптерећење, губици и температура за радни режим S7.

**Непрекидни погон са периодичном променом брзине обртања – S8**

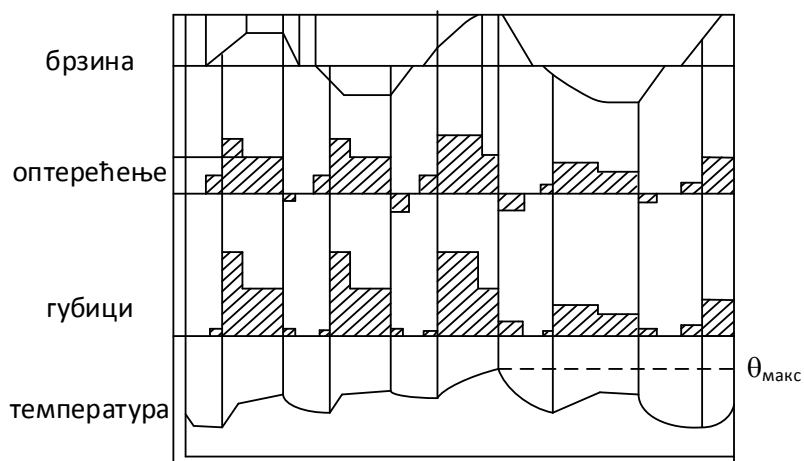
S8 је као S7, али са дефинисаним цикличним променама брзине оптерећења.



Слика 9.40: Оптерећење, губици и температура за радни режим S8.

**Погон са не периодичним оптерећењем и променом брзине обртања – S9**

S9 радне циклусе би требало разматрати са произвођачем мотора пошто ефекти оваквог радног циклуса веома зависе од специфичности конструкције мотора.

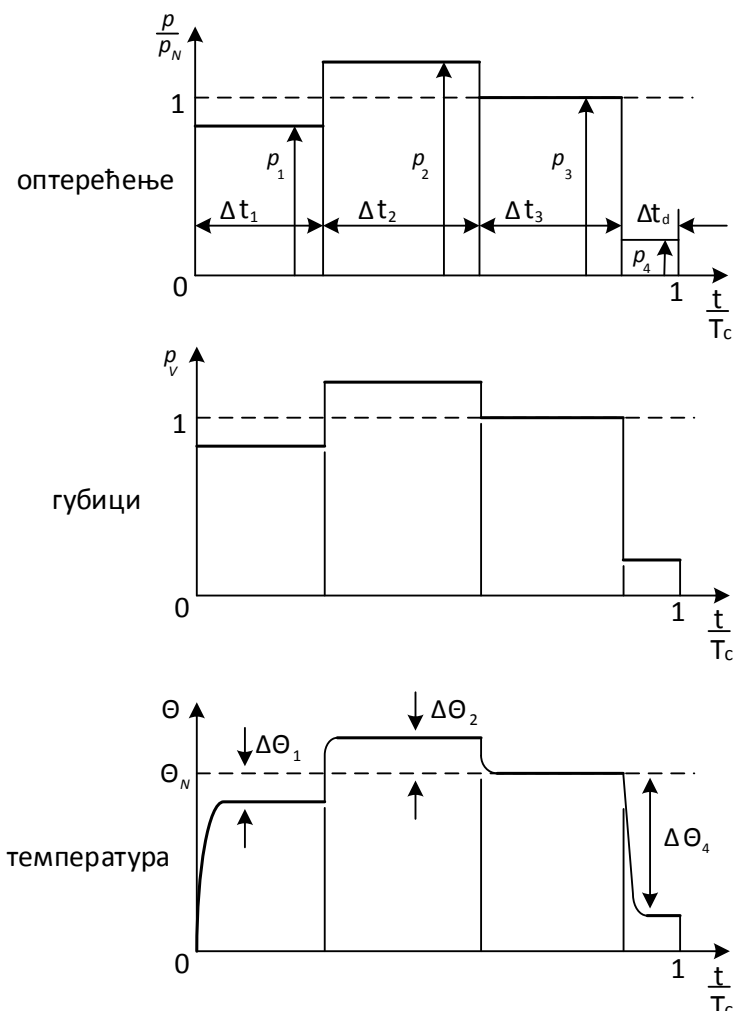


Слика 9.41: Оптерећење, губици и температура за радни режим S9.



### Погон са дискретним (посебним) константним оптерећењем – S10

Као и код S9 радног циклуса и S10 радни циклус треба разматрати заједно са произвођачем мотора.



Слика 9.42: Оптерећење, губици и температура за радни режим S10.

#### 9.8.4.2 Избор електромотора

За правилан избор електромотора потребно је знати велики број података.

За почетак је потребно знати: називни напон напајања и фреквенцију; потребну брзину и снагу мотора и укупан моменат оптерећења сведен на вратило мотора и тип механичког оптерећења; положај и тип вратила мотора; начин повезивања са радном машином; потребу за редуктором; начин монтаже; положај прикључне кутије и кабловског уводника; радне циклусе; степен IP заштите; врсту хлађења; електричну и термичку заштиту мотора; начин залетања.

Поред наведених података везаних за повезивање, напајање и рад мотора, потребно је знати и податке о условима околине: температуру амбијента, влажност, надморску висину, загађеност (присуство честица нечистоћа у ваздуху), присуство опасних и експлозивних материја, присуство воде, услове хлађења, стање филтера за ваздух, стабилност напона напајања, вредност напона напајања, фреквенцију напајања, ниво дозвољених вибрација и буке.

Један од најважнијих фактора за уштеде енергије је употреба енергетски ефикасних мотора. Коришћењем електромотора са повећаним вредностима степена искоришћења могу се постићи уштеде од 5 до 6%. *IEC* је развио Стандард за класификацију мотора по нивоима вредности степена искоришћења, *IEC 60034-30*, са циљем да се, на глобалном нивоу, уједначе одговарајући стандарди за моторе снага између 0,75 kW и 375 kW [23]. Дефинисане су четири енергетске класе мотора:

- *IE1*, мотори стандардне ефикасности (Standard efficiency);
- *IE2*, мотори високе ефикасности (High efficiency), са 18–25% мањим губицима у односу на *IE1*;
- *IE3*, мотори врло високе ефикасности (Premium efficiency), са 15–20% мањим губицима од *IE2*;
- *IE4*, мотори супер ефикасности (Super Premium efficiency), што се презентује као циљ коме се тежи.

Према Директиви 2005/32/ЕС примена мотора наведених енергетских класа биће обавезна у земљама Европске уније, и то:

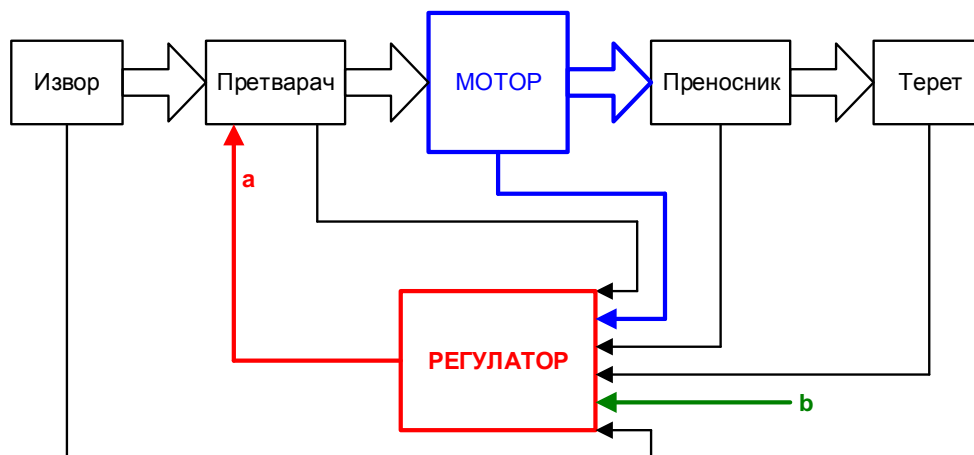
1. од 16. јуна 2011, мотори морају бити најмање класе *IE2*,
2. од 1. јануара 2015: мотори номиналних снага од 7,5-375 kW морају бити најмање класе *IE3*, или класе *IE2* и опремљени са претварачима за регулацију брзине (фреквенције);
3. од 1. јануара 2017: сви мотори номиналних снага од 0,75-375 kW морају бити најмање класе *IE3*, или класе *IE2* и опремљени претварачима за регулацију брзине (фреквенције).

Исправан избор и правилно коришћење асинхроних мотора укључује следеће:

- исправан избор мотора по снази и синхронном броју обртаја;
- Избор мотора више енергетске класе (тј. веће вредности степена искоришћења), када је то економски исплативо;
- замену старих мотора са ниским вредностима степена искоришћења;
- проверу и одржавање квалитета електричне енергије (посебно квалитета напона), и
- квалитетно одржавање (подмазивање, замену лежајева и слично).

### 9.8.5 Управљање електромоторним погонима

Електромоторни погон је електромеханички систем који се у општем случају састоји из електричног мотора (електромотора, мотора), енергетског претварача (конвертор, претварач), механичког преносног уређаја (преносник) и управљачког система (регулатор у ширем смислу), који напајан из неког извора електричне енергије (извор) служи за покретање извршних органа радних машина (оптерећења, терета) и управљање тим покретањем.



Слика 9.43: Општа структура електромоторног погона

На слици 9.43 приказана је структурна шема општег електромоторног погона. У првом реду се налазе енергетски елементи са назначеним нормалним током енергије. Извор електричне енергије представља најчешће електричну мрежу, трофазну или монофазну, нисконапонску или високонапонску, са мрежним трансформатором или без њега, обично са прекидачима, осигурачима и другим елементима за заштиту, мерење, надзор... То може бити и извор једносмерног напона, нпр. акумулаторска батерија, генератор једносмерне струје или контактни вод у електричној вучи.

Енергетски претварач служи за прилагођење („претварање“) енергије из извора. Претварање има циљ да се одређене карактеристичне величине улазне енергије (учестаност, напон, струју, број фаза...) претворе у друге ради прилагођења мотору, а дозирањем те енергије постиже се управљање мотором (мењањем напона, струје или учестаности) и тиме одређеним карактеристичним величинама погона, односно процеса (брзина, моменат, положај, ниво, притисак, температура...). У савременој техници, претварач је електронски (на бази тиристора, снажних транзистора или других полупроводничких прекидача), али код старијих погона то може бити и електрични генератор (Вард-Леонардова група), трансформатор са променљивим преносним односом, и др. Код нерегулисаних погона енергетски претварач изостаје, али се обично на његовом месту налазе посебни уређаји (отпорници, пригушнице, аутотрансформатори...) који обезбеђују правилан полазак погона. Код сасвим старих погона и управљање се врши без претварача, нпр. редни отпорници са контакторима, отпорници у роторском колу асинхронног мотора, деловање на побуду једносмерног мотора... За овај елемент погона често се употребљава општи термин *актуатор*.

Електрични мотор је претварач електричне енергије у механичку. Код нерегулисаних погона најчешћа је употреба асинхронних и синхронних мотора (за погоне великих снага). Код

регулисаних погона дуго су времена доминирали мотори за једносмерну струју, али су у савременој техници, захваљујући развоју претварача учестаности, асинхрони и синхрони мотори постали равноправни са њима.

У погонима се често користи особина електричне машине да може да претвара енергију и у обрнутом смеру, тј. да може под одређеним условима да ради као генератор и врши кочење радне машине. У тим случајевима, поједини токови енергије приказани на слици 9.43 окрећу се у супротну страну (од радне машине преко преносника ка мотору). Ако то обезбеђује тип енергетског претварача, тај повратни ток енергије може се продужити преко претварача све до извора, у ком случају се говори о генераторском кочењу, односно о кочењу са рекуперацијом енергије. Често је претварач таквог типа да не дозвољава повратни ток енергије (обичан исправљач). У том случају се повратна механичка енергија при кочењу мора претворити у топлоту у самој електричној машини или у отпорницима који се постављају између машине и нерекуперабилног претварача.

Механички преносник служи за пренос и прилагођење брзине, односно момента, као и врсте кретања које мотор предаје извршном органу радне машине. Ту спадају зупчasti и каишни преносници са фиксним преносним односом (најчешће редуктори за смањење брзине и повећање момента), преносници са променљивим преносним односом (степенасто, као код аутомобилског мењача или континуално), преносници ротационог кретања у транслаторно (пужаста преносници), замајци и друго. У најједноставнијем случају, преносник је заједничко вратило мотора и радне машине.

Регулациони систем или регулатор у ширем смислу, у савременој техници електронски, аналогни или дигитални, служи за аутоматско управљање погоном, најчешће делујући својим управљачким сигнаlima на енергетски претварач (стрелица означена са *a* на слици 9.43), али понекад и на сам мотор или на преносник. Овај систем узима информацију о стању погона са одговарајућих мерних органа (сензора) преко повратних веза, као и од сигнала за задавање жељених вредности регулисаних величина (референци) (стрелица означена са *b* на слици 9.43) и обрађује их на основу одређених алгоритама. Постоје погони без регулатора, у ком се случају управљање врши делујући директно на енергетски претварач (стрелица *a*). Супротно томе, регулациони систем погона може бити подређен регулационом систему који управља групом регулисаних погона, у ком случају уместо референце (стрелица *b*) треба замислити дејство надређеног регулационог система.

#### **9.8.5.1 Регулисани електромоторни погони са фреквентним претварачем**

Под регулацијом електромоторног погона најчешће се сматра подешавање и одржавање брзине мотора на некој вредности. На тај начин се остварује жељени радни режим у процесу. У даљем тексту ће бити речи о регулисаним погонима са асинхроним мотором. На основу једначина (7.37) и (7.38) може се написати

$$n = \frac{60(1-s)f}{p}, \quad (9.44)$$

одакле се види да је брзина мотора функција клизања (*s*), фреквенције напона напајања (*f*) и броја пари полова (*p*). Закључак је да се променом неке од наведених величина може мењати

и регулисати брзина мотора и то је сасвим тачно. Једини је проблем што техничка реализација неког од наведених решења може да буде компликована. На пример, број пари полова је конструкциона особина мотора и његова промена захтева интервенцију на конструкцији мотора. На страну што број полова може бити само паран, 2, 4, 6... па је ово прилично груба и компликована регулација брзине. Промена клизања захтева додатне отпорнике у колу ротора, тако да се може применити само на клизноколутне моторе који су скупљи од мотора са кавезним ротором. Промена клизања захтева додавање отпорника у коло ротора што производе додатне губитке и енергетски је неефикасно. Поред наведеног, заједничко за оба наведена примера је да брзина може да се регулише само „на доле“, од номиналне према нули. Не може се постићи брзина мотора већа од номиналне. Ипак, до пре двадесетак година ово су били начини за регулацију брзине мотора јер није било техничких могућности за трећи начин регулације – промену фреквенције напајања.

Фреквенција мрежног напона је константна, 50 Hz, и за њену промену у погону мора постојати посебан уређај. Нагли развој енергетске и микропроцесорске електронике омогућио је да се данас масовно производе такви уређаји по веома приступачној цени. Ти уређаји се зову *фреквентни претварачи* (неко их назива и „инвертори“ и „фреквентни регулатори“, што баш нису сасвим коректни називи). Улога фреквентног претварача јесте оно што му и назив говори, а то је да напон мрежне фреквенције претвори у напон напајања мотора произвољне фреквенције а истог напонског нивоа. Принцип рада фреквентне регулације може се објаснити на основу израза (7.37), (7.42) и израза  $P = \eta \cdot \sqrt{3}UI \cos \phi$ :

$$M = \frac{9550 \cdot P}{n} = \frac{9550 \cdot \eta \cdot \sqrt{3}UI \cos \phi}{60f} = k \frac{U}{f} I \quad (9.45)$$

У изразу (7.45) су све константе сабране у параметру  $k$ , тако да су од променљивих величина остали само напон напајања ( $U$ ), фреквенција ( $f$ ) и струја ( $I$ ). Напон напајања и фреквенција се могу мењати и у том случају је струја последица оптерећења (не може се истовремено регулисати и напон и струја, једно искључује друго). Променом фреквенције, мења се брзина, а ако се однос напона и фреквенција одржава константним, моменат мотора ће бити константан на свим брзинама. Ово је фантастично јер то омогућава да се мотор залеће са номиналним моментом (или чак већим) уз номиналну струју! Сетите се да је нормална полазна струја мотора 4–10 пута већа од номиналне. Овде се види да фреквентни претварач омогућава рад погона без струјних удара и уз остварење максималног момента на свим брзинама. Наравно, у овој ситуацији могућ је и рад мотора на брзинама већим од номиналне јер фреквенција напајања сада може да буде и већа од 50 Hz (али се не препоручује да буде већа од 100 Hz). Принцип рада фреквентне регулације приказан је на слици 9.44.

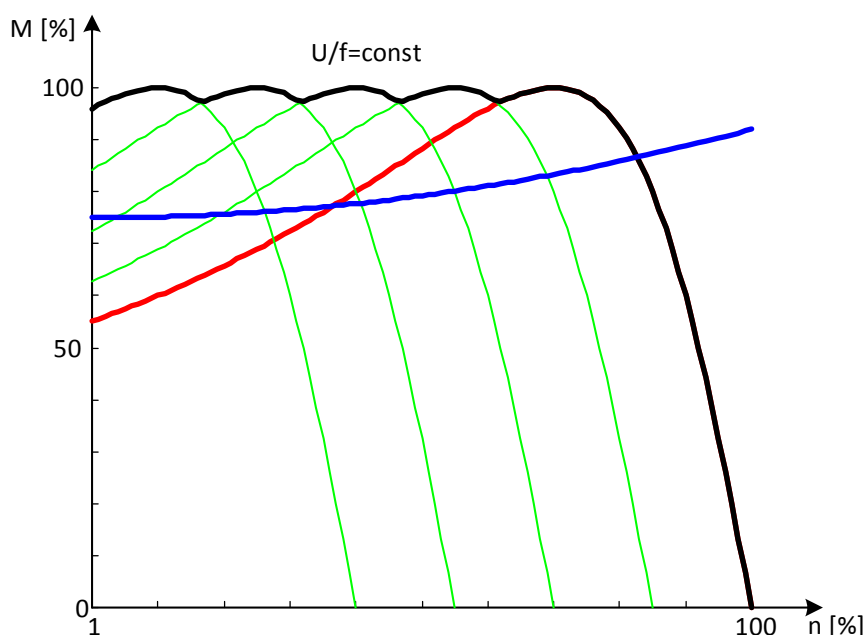
Данас у свим аутоматизованим погонима стандардно се користи трофазни мотор са фреквентним претварачем. Невезано за његове могућности да користи добру особину трофазних мотора, пуна контрола брзине је често основни захтев због врсте самог погона. Користећи фреквентни претварач добијамо још низ предности:

- **Штедња енергије.** Енергија се може уштедети ако брзина обртања мотора одговара захтевима при било ком моменту оптерећења. Ово се пре свега односи на погон пумпи

и вентилатора где је утрошена енергија сразмерна квадрату брзине. Тако погон који ради са половином брзине узима само 12.5% од номиналне снаге.

- **Оптимизација процеса.** Подешавање брзине у процесу производње пружа бројне предности. То укључује повећање производње, док смањује трошкове одржавања и утрошак материјала и хабање.
- **“Мекан” рад машине.** Број стартовања и заустављања машине може се са пуном контролом брзине драматично смањити. Коришћењем софт-старт и софт-стоп рампи, напрезања и удари машине се могу избећи.
- **Мањи трошкови одржавања.** Фреквентни претварачи не захтевају одржавање. Када се користе за управљање моторима, радни век погона се повећава. На пример, у системима за наводњавање где појава хидрауличних удара, који директно зависе од мотора пумпе, нестаје тако да су избегнути кварови на вентилима.
- **Побољшано радно окружење.** Брзина покретних трака може да се подеси на тачно захтевану радну брзину. На пример, флаше на покретној траци у линији за пуњење флаша праве много мање буке ако се брзина траке може смањити у току пуњења.

Ако се брзина вентилатора може подешавати, тада се промаја и бука у близини вентилатора могу смањити.



Слика 9.44: Принцип деловања фреквентне регулације

Ипак, фреквентни претварач није чаробни штапић и лек за све наше проблеме у погону. Не треба лакомислено јурити и инсталирати их где год нам падне на памет. У неким ситуацијама, од фреквентног претварача нема користи, а у неким може да буде и штете. Следећа два примера то илуструју.

**Случај 1.** На уређају за намотавање кабла на котурове желимо да остваримо енергетску

уштеду. Чули смо да се помоћу фреквентног претварача може смањити брзина погона, да се тада смањује и струја што прави уштеду. Купићемо и инсталирати фреквентни претварач и решили смо проблем. Погрешно! На слици 9.13 види се да погон за намотавање кабела на свим брзинама има исту снагу, односно да вуче исту струју. У овој ситуацији, фреквентни претварач не да неће направити уштеду, већ ће направити и додатни трошак јер ће се смањењем брзине погона повећати време за које се обавља исти посао, па ће се иста снага трошити дуже време. Дакле, не може се уштеда енергије применом фреквентног претварача остварити на било ком електромоторном погону, већ само на онима којима са смањењем брзине опада и снага, а то су пре свега центрифугалне пумпе и вентилатори. У овом случају, уштеда се може остварити набавком мотора веће енергетске ефикасности.

**Случај 2.** Имамо мотор брзине 3000 о/мин а радна машина захтева 300 о/мин. Купићемо фреквентни претварач, спустићемо фреквенцију напајања са 50 Hz на 5 Hz и решили смо проблем. Погрешно! Свака машина је пројектована да ради у номиналном режиму, а за наведени мотор номинални режим је 3000 о/мин. Ако му брзину смањимо 10 пута, смањиће се и брзина вентилатора у кућишту, мотор се неће довољно хладити и ако је номинално оптерећен (а врло вероватно да јесте јер је и набављен према потреби за одређеном снагом) врло брзо ће прегорети. У овом случају, решење је постављање редуктора који ће редуковати брзину мотора на жељени ниво. Фреквентни претварач се може користити за „фино“ подешавање брзине (на пример, када је потребно дозирање одређеног материјала) и препорука је да се њиме никада не иде на брзине мање од 50% номиналне брзине мотора у трајном раду.

## 9.9 Основни елементи у систему осветљења, типови светиљки и њихове основне карактеристике, могућности уштеде енергије

Неколико уводних напомена о светлости:

- Светлост је електромагнетно зрачење таласних дужина од  $10^{-7}\text{m}$  до  $10^{-3}\text{m}$
- 80% свих информација долази преко чула вида
- светлост утиче на расположење, здравље, сигурност...
- Европљанин проведе 90% времена у затвореном простору
- људско око се развија до пубертета.

Пре 100 година кад је сијалица била пронађена, градиле су се електране искључиво за енергетске потребе електричног светла. Удео расвете у укупној потрошњи електричне енергије био је 100%. Међутим, та времена су давно прошла и удео расвете у укупној потрошњи електричне енергије у свету је око 8%. То је просечна вредност јер код појединих објеката она може бити и до 20%, па чак и 40%.

Прве сијалице су имале светлосно искоришћење од око 2 лумена по Вату [lm/W]. Временом се је та искористивост повећавала, а нарочито производњом нових извора светла.

У јавној расвети постоје три групе извора светла:



- сијалице са ужареним влакном (инкадесцентне);
- флуоресцентне сијалице;
- сијалице високог притиска са пражњењем.

У нашој земљи чак 13-14% (у свету око 7-8%) електричне енергије утроши се за осветљење. То није последица добре осветљености, већ релативно мале укупне потрошње електричне енергије и веће примене мање ефикасних извора светла. Извори светла могу се сматрати релативно малим потрошачима енергије, али нас та чињеница не ослобађа обавезе рационализације потрошње електричне енергије за осветљење. Овде је свакако важно рећи рационалне потрошње, а не штедне јер светлост нема алтернативу и не може се дозволити погоршање квалитета и нивоа осветљености због штедне.

### **9.9.1 Електрична расвета**

Извори светлости су окарактерисани основним величинама као што су:

- светлосни флукс;
- сјајност;
- температура боје;
- светлосна искористивост;

Важне су и следеће особине:

- компактност – захтев за простором, величина светиљке, утицај на архитектуру, усмереност светла;
- употреба – једноставност, комфор корисника (температура и сјајност), могућност регулације, једноставност замене;
- економичност – светлосна искористивост, век трајања, цена, трошак замене;
- Утицај на околину – потрошња енергије, потрошња природних ресурса, збрињавање.

Утицај инсталације и додатне опреме и прибора (пригушнице, стартери, исправљачи) такође генеришу одређене губитке. На пример, код флуо-цеви око 20-25% енергије узима пригушница а 30% светлости се губи у кућишту. У новије време, тај проценат је смањен док електронски уређаји за напајање додатно умањују губитак снаге. Физички ефекат подизања светлосног искоришћења код рада флуо-цеви је одавно познат, али је тек развојем електронике могао бити искоришћен.

### **9.9.2 Типови светиљки и њихове основне карактеристике,**

Постоје два начина генерисања вештачког светла:

- принципом термичког зрачења (нпр. сијалице са ужареним влакном);
- принципом луминисценције (нпр. флуоресцентне цеви или ЛЕД).

Сијалица са ужареном нити има светлосну искористивост 9-17 lm/W, век трајања око 1000 h и

температуру боје 2600-2800 K. Светлосни флуks (зрачење) јој се временом смањује и мења се са квадратом напона.

Халогена расвета има светлосну искористивост до 25 lm/W, век трајања око 4000 h и температуру боје вишу од 2800 K. Светлосни флуks јој се мења са квадратом напона.

Сијалице високог притиска са пражњењем имају светлосну искористивост до 180 lm/W, век трајања око 20.000 h и светлосни флуks од 320.000 lm. Карактеристични представници су: живине, метал-халогене и натријумове сијалице високог притиска.

Флуо-расвета, флуо-цеви или флуо-компакт (сијалице са пражњењем ниског притиска) имају светлосну искористивост до 70-130 lm/W, век трајања 6-15.000 h.

ЛЕД светиљке претварају 20–30% енергије у светло, у свим бојама. Трајност више од 100.000 h (11 година). Изузетно су отпорне на вибрације. Малих су димензија и дају умерено светло. Изузетно ниска потрошња енергије, без IC/UV зрачења.

Ефикасност типичних извора приказана је у табели 9.14. Извори светлости са пражњењем у гасу – флуо-компактне сијалице се производе у снагама од 3 W до 57 W. Постоје типови са интегрисаном електронском пригушницом и стандардним грлом E27 и E14, које могу заменити скоро сваку стандардну сијалицу остварујући при томе уштеду енергије од скоро 80%. За овај тип флуо-компактних сијалица често се користи назив – штедне сијалице. У табели 9.15 приказане су упоредне карактеристике класичне и „штедне“ сијалице

Табела 9-14: Ефикасност типичних извора вештачког светла

Тип сијалице	Искористивост [lm/W]
Ужарено влакно – волфрам	8-12
Ужарено влакно – халогена	12-24
Флуо-компакт („штедне“)	50-85
Линеарни флуоресцентни извори	65-100
Натријумова ниског притиска	100-190
Натријумова високог притиска	65-140
Метал-халогена високог притиска	70-100
LED (HI power LED)	10-186

Табела 9-15: упоредне карактеристике класичних и штедних сијалица

	класична сијалица	штедна сијалица	класична сијалица	штедна сијалица	класична сијалица	штедна сијалица	класична сијалица	штедна сијалица
Снага [W]	40	9 (40)	60	11 (60)	75	14 (75)	100	20 (100)
Животни век [h]	1000	6000	1000	6000	1000	6000	1000	6000
Темп. боје [K]	2500	2700	2500	2700	2500	2700	2500	2700

### **9.9.3 Рационално коришћење енергије за осветљење и могућности уштеде енергије**

Прве и најважније мере рационалног коришћења електричне енергије за осветљење морају се предузети већ у фази пројектовања нове расвете уградњом довољног броја енергетски ефикасних извора светла. За добро осветљење потребно је придржавати се следећих пет правила:

1. осигурати довољно светла, али не и превише извора светла;
2. да је светло одговарајуће боје;
3. да долази из доброг смера;
4. да пада на одговарајућу радну површину;
5. да се користе најефикаснији извори светла погодни за одређену намену.

Код постојећих објеката мере рационалног коришћења можемо поделити у две групе:

- мере за осигурање рационалног и ефикасног рада извора светла, у првом реду кроз добро одржавање и управљање осветним телима;
- замена постојећих извора мале ефикасности новим изворима веће ефикасности (бољег светлосног искоришћења).

За одређивање трошкова и уштеда приликом замене постојећег извора светла ефикаснијим извором може се применити следећи поступак: време поврата инвестиције можемо израчунати ако поделимо цену нове светиљке са разликом годишњих трошкова експлоатације старе и нове светиљке. Поред саме ефикасности извора светла, знатан утицај на одлуку о замени старог извора новим има и сама цена новог извора и пратећег прибора као и његов предвиђени век експлоатације који утиче на трошкове одржавања. Што је краћи век експлоатације, то је чешће потребно мењати извор светла па расту трошкови одржавања.

Одржавање расвете је веома битан чинилац за њено квалитетно функционисање. Колико ће бити искоришћење целе светиљке зависи од:

- боје зидова, пода и таванице;
- типа светиљке;
- карактеристике простора;
- квалитета одржавања.

Искористивост светиљке се може поправити на пример светлије обојеним зидовима и ефикаснијим светиљкама за одређени простор (бољи абажури, растер). На смањење искористивости знатно утиче колико има прљавштине у атмосфери у којој ради светиљка и склоности скупљања прашине у светиљци и на светиљци.

#### **9.9.3.1 Могућности уштеде у јавним зградама**

Уштеда увођењем новог система расвете са сијалицама повећане ефикасности (штедне или лед) састоји

се од четири основна елемента уштеде:

1. уштеда електричне енергије због смањења потрошње система расвете;
2. уштеда на трошковима набаве због дужег века трајања сијалице;
3. уштеда на трошковима одржавања због дужег века трајања сијалице (људство!);
4. уштеда електричне енергије због смањења додатног загревања простора узрокованог расветом (уштеда на климатизацији).

Код спровођења мера за рационалну потрошњу електричне енергије за расвету, треба се придржавати следећих чињеница:

- користити што више регулацију расвете и то најбоље увођењем централизованог система аутоматског управљања;
- боље управљање – континуална регулација јачине светла, уградња релеја за укључивање/искључивање;
- користити, када год је могуће, мање извора веће снаге уместо више извора мање снаге;
- спроводити редовно одржавање – редовно чишћење светиљки, правовремену замену извора светла, бојење простора светлим бојама;
- замена постојећих извора светла ефикаснијим изворима светла.

Ефикасно коришћење електричне енергије за осветљење може донети значајне уштеде у укупној потрошњи енергије и укупним трошковима. Расвета је највећи потрошач у комерцијалним зградама и могуће је постићи уштеде чак и до 70% кроз спровођење програма и мера повећања енергетске ефикасности.

Хлађење и климатизација често раде испод оптималног нивоа и то током дужег временског периода. Корекцијама њихове неефикасности се могу постићи уштеде од око 20-30%.

Мотори и електромоторни погони су често предимензионирани за функцију коју обављају. Правилним избором снаге, те регулацијом њихове брзине могу се постићи уштеде и до 50%.

Многе мере енергетске ефикасности не захтевају значајна финансијска средства а за оне за која су потреба улагања време поврата инвестиције није дуже од две године.

## **Литература**

- [1] B. Drury, The Control Technique Drives and Controls Handbook, 2nd Edition ур., The Institution of Engineering and Technology, 2009.
- [2] J. Bargmeyer и et.al., Facts worth Knowing about Frequency Converters, Danfoss, 2014.
- [3] N. Rajaković, Analiza elektroenergetskih sistema I, Београд: ЕТФ Београд, Академска мисао, 2002.
- [4] Правила о праћењу техничких и комерцијалних показатеља и регулисању квалитета испоруке и снабдевања електричном енергијом и природним гасом, "Службени гласник Републике Србије, т. 2, 2014.

- [5] „Уредба о условима испоруке и снабдевања електричном енергијом,“ *Службени гласник републике Србије*, т. 63, 2013.
- [6] „Закон о енергетици,“ *Службени гласник Републике Србије*, т. 145, 2014.
- [7] WEC Scenarios Study Group, „World Energy Scenarios, Composing energy futures to 2050,“ World Energy Council, London; UK, 2013.
- [8] The European Parliament and the Council of the European Union, „Directive 2009/72/Ec of the European Parliament And Of The Council,“ *Official journal of the European Union*, 2009.
- [9] The European Parliament and the Council of the European Union, „Directive 2009/73/Ec of the European Parliament And Of The Council,“ *Official Journal of the European Union*, 2009.
- [10] The European Parliament and the Council of the European Union, „Regulation (EC) No 713/2009 of the European Parliament and of The Council,“ *Official Journal of the European Union*, 2009.
- [11] The European Parliament and the Council of the European Union, „Regulation (EC) No 714/2009 of the European Parliament and of The Council,“ *Official Journal of the European Union*, 2009
- [12] The European Parliament and the Council of the European Union, „Regulation (EC) No 715/2009 of the European Parliament and of The Council,“ *Official Journal of the European Union*, 2009.
- [13] „Општи услови снабдевања електричном енергијом крајњих купаца са правом на гарантовано снабдевање,“ Електропривреда Србије, Београд, 2016.
- [14] „Методологија за одређивање цене приступа систему за дистрибуцију електричне енергије („ Службени гласник РС, бр. 105/12, 84/13, 87/13, 143/14, 65/15, 109/15, 98/16, 2016.
- [15] „Методологија за одређивање цене електричне енергије за јавно снабдевање,“ Службени гласник РС, бр. 84/14, 109/15, 2015.
- [16] „Профили потрошње,“ ЕПС дистрибуција, 2016. [На мрежи]. Available: <http://www.epsdistribucija.rs/index.php/zakonska-regulativa/propisi>
- [17] M. Kostic и A. Nikolic, „Procedure for capacitor utilization improvement intended for reactive power compensation in networks with high order harmonics,“ у *Proceedings of the 5th WSEAS International Conference on Power Systems and Electromagnetic Compatibility*, Corfu, Greece, 2005.
- [18] M. Kostic и A. Nikolic, „Solution for higher admissible values of permanently connected capacitors to the secondary side of MV/LV transformers,“ *WSEAS Transaction on Circuits and Systems*, т. 4, бр. 9, pp. 1146-1158, 2005.
- [19] А. Николић, В. Ђук и З. Ђедовић, „Значај испитивања квалитета електричне енергије за израду и извођење пројеката енергетске ефикасности,“ у *Зборник радова XIV Симпозијума из области папира, целулозе, амбалаже и графика*, Златибор, Србија, 2008.
- [20] Reactive energy compensation and power quality monitoring, Alpes Technologie, 2010.
- [21] Capacitor bank protection, Low voltage expert guide, т. 6, Schneider Electric, 2000.
- [22] Harmonic detection and filtering, Low voltage expert guide, т. 4, Schneider Electric, 2000.
- [23] М. Костић, „Избор и правилно коришћење мотора - енергетски менаџмент мотора,“ *Зборник радова, Електротехнички институт "Никола Тесла"*, бр. 21, pp. 61-67, 2011.

## **10 Системи аутоматског управљања**

### **10.1 Значај система аутоматског управљања у зградама**

Системи аутоматског управљања играју есенцијалну улогу у већини софистицираних модерних зграда. Надзор и аутоматско управљање техничких система у зградама су од круцијалне важности у циљу постизања пројектованих услова у експлоатацији.

Развојем различитих технологија које се користе у савременим зградама јавља се потреба за разумевањем концепта интелигентних зграда. Мора се узети у обзир да је и развој технологије променљива категорија, па је и концепт интелигентних зграда подложен променама.

#### **10.1.1 Како направити интелигентну зграду у реалности**

Практично је немогуће формулисати јединствену дефиницију интелигентних зграда која би била прихваћена у целом свету. Таква дефиниција није ни неопходна, али је важно познавање терминологије која се користи.

Неусклађеност дефиниција, ипак, отежава избор јединственог и коначног описа интелигентне зграде. Зграда која се може сматрати „интелигентном“ или „паметном“ не мора обавезно имати технолошке системе, већ је могуће да је била пројектована тако да обезбеђује паметно функционисање. Важи и обрнуто: зграда потпуно опремљена технолошким системима не мора у реалности да буде интелигентна, уколико системи нису координисани или не функционишу ваљано.

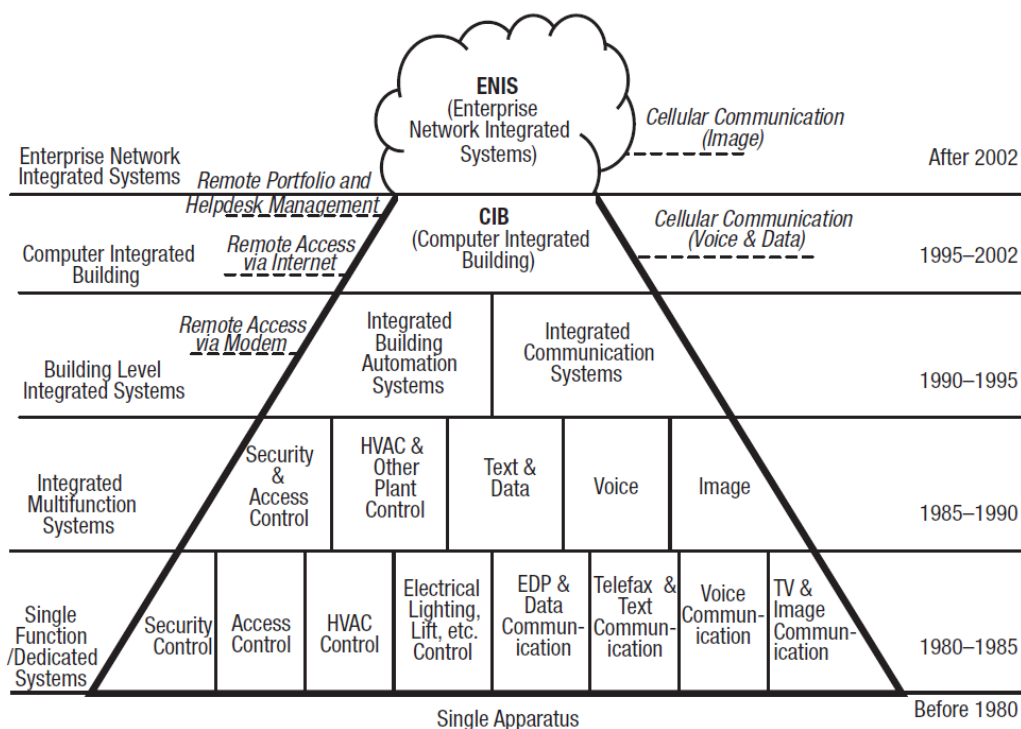
Када се анализирају модерне зграде, јасно је да интелигентна зграда не може да постоји без технолошких система, посебно без информационих технологија. Технолошки системи треба да буду исправно конфигурисани и ваљано интегрисани, не само међусобно, већ и са осталим ресурсима у згради. Функције система треба да се на одговарајући начин усагласе како би се задовољили захтеви корисника и обезбедиле очекиване перформансе интелигентних зграда.

Технолошки системи, њихова интеграција и међусобно спрезање, треба да буду прописно пуштени у рад и одржавани да би се обезбедило очекивано функционисање. Хардвери и софтвери морају да буду добро подешени и ваљано пуштени у рад. То се односи и на апликативни софтвер, који укључује аутоматско управљање система и ресурса, оптимизацију и менаџмент. Зграда може да има уграђене технолошке системе, али уколико они не раде добро зграда неће бити квалификована као интелигентна. Такви технолошки системи могу да узрокују озбиљне проблеме у експлоатацији корисницима и техничком особљу.

Интелигентне зграде представљају интердисциплинарну област која захтева заједнички и координисан рад експерата разних области: архитектуре, грађевине, машинства, електротехнике, информационих технологија, аутоматског управљања и управљања објектима и одржавањем. Осим тога, интелигентне зграде се ослањају на економске и културолошке аспекте.

#### **10.1.2 Технолошки системи и развој интелигентних зграда**

Еволуција система у интелигентним зградама приказана је на слици 10.1:



Слика 10.1: Пирамида интелигентне зграде.

Почев од 1980. године, развој система у интелигентним зградама пролази кроз пет етапа:

1. Интегрисани системи са једном функцијом/додељени системи (1980–1985);
2. Интегрисани мултифункционални системи (1985–1990);
3. Интегрисани системи на нивоу зграде (1990–1995);
4. Рачунарски интегрисана зграда (1995–2002);
5. Умрежени системи на нивоу предузећа (од 2000).

### 10.1.3 Интеграција функција система

Интеграција компоненти и подсистема главни су предуслов развоја интелигентних зграда. Интеграција система је есенцијална за већину функција интелигентних зграда, као што су: аутоматски надзор и управљање, оптимизација перформанси зграда и дијагностика система. Интеграција функција повећава флексибилност и омогућава интелигентно газдовање зградом. Основа за интеграцију функција је интеграција система аутоматског управљања. Примена дигиталне технологије је изузетно важна због недвосмислене предности и могућности интеграције у поређењу са традиционалним технологијама које имају значајна ограничења у смислу могућности интеграције и размене података.

Модерне интелигентне зграде постају све веће и сложеније у смислу употребљеног хардвера и софтвера, док се број њихових функција и могућности прогресивно увећава. Децентрализовањем система повећава се поузданост система као важног питања синтезе интелигентних зграда и остваривања филозофије „интегрисано али независно“.

### 10.1.4 Централни системи надзора и управљања

Building automation system (BAS) или Building management system (BMS) су термини који се



односе на широк спектар рачунарских управљачких система у згради, почев од контролера који обављају специјализоване задатке, преко самосталних издвојених контролних станица, до великих система који укључују централне диспечерске станице. Једном речју, БАС системи једни су од најважнијих у интелигентној згради. У домаћој терминологији, овај појам познат је под називом централни систем надзора и управљања (ЦСНУ).

ЦСНУ се састоји од више подсистема који су на различите начине повезани у јединствен систем. Систем треба да буде пројектован и изведен тако да има јасну намену у одређеној згради. Не постоје два иста система, чак и када се употребе исте компоненте у идентичној згради, са идентичним сервисима и идентичним корисницима.

Уобичајени сервиси у зградама су: системи грејања, хлађења и климатизације (КГХ), електрични системи, системи осветљења, противпожарни системи, противпровални системи и лифтовски системи. У индустријским објектима то су и системи компримованог ваздуха и системи топле воде и водене паре. ЦСНУ може да се користи за надзор, управљање и менаџмент свих или неких од набројаних сервиса. Инвестирање у ЦСНУ је чврсто аргументовано, а величина инвестиције зависи од вредности зграде, начина управљања зградом и трошкова експлоатације.

Предности увођења ЦСНУ су:

- повећање поузданости постројења или сервиса;
- смањивање трошкова експлоатације;
- ефикасан менаџмент зграде;
- повећање продуктивности запослених;
- заштита људи и опреме.

Функције централног система надзора и управљања су:

- менаџмент инсталација и функције управљања;
- менаџмент енергије (супервизорско управљање);
- управљање ризика;
- обрада података;
- дијагностика квара, менаџмент одржавања, аутоматско отклањање застоја;
- управљање објектима и одржавањем (facility management).

### **10.1.5 Стандардизација у области интелигентних зграда**

Чињеница да су зграде све већи потрошачи енергије довела је до тога да је на европском нивоу донета директива EN2002/91/EC – Energy Performance of Buildings Directive – EPBD. Главни захтев који ова директива укључује јесте питање детаљне енергетске сертификације потрошње енергије у зградама, као и анализа потенцијалних уштеда. , Донето је више европских стандарда везаних за примену мера уштеде, од којих је посебно интересантан SRPS EN 15232:2014 – Енергетске перформансе зграда – Утицај система аутоматског управљања и надзора у зградама.

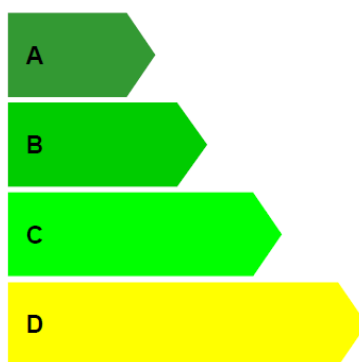
Стандард дефинише системе аутоматског управљања и надзора у зградама на: производе, уређаје, софтвер и инжењерске сервисе за надзор, управљање, оптимизацију и интервенцију човека у циљу постизања ефикасног, економичног и безбедног рада опреме и система у

зградама и њихове међусобне интеракције.

Овим стандардом утврђује се:

- структурирана листа аутоматског и техничког надзора у зградама које имају утицај на енергетске перформансе у зградама;
- метода за дефинисање минималних захтева у погледу функција аутоматског управљања и техничког надзора приликом примене у зградама различитих комплексности;
- детаљне методе за процену утицаја функција аутоматског управљања и техничког надзора у посматраној згради.

Уведене су четири класе енергетске ефикасности, од А до Д, слика 10.2. Након што се зграда опреми системима аутоматског управљања и техничког надзора, додељује јој се једна од ове четири класе. Потенцијалне уштеде у топлоти и електричној енергији могу се израчунати за сваку од ове четири класе, на основу типа зграде и сврхе за коју се зграда користи. Вредности класе Ц енергетске ефикасности користе се као референтне за узајамно поређење. Основе карактеристике сваке од наведене четири класе енергетске ефикасности приказане су на слици 10.1.



Слика 10.2: Класе енергетске ефикасности (А, В, С, Д) према SRPS EN 15232.

Пошто се у зградама налазе машинске, електричне и електромашинске инсталације, према SRPS EN 15232, извршена је подела на:

- Грејање и хлађење;
- Вентилацију и климатизацију;
- Осветљење;
- Заштиту од сунца
- Остале техничке системе

Табела 10-1: Класе енергетске ефикасности (А, В, С, Д) према SRPS EN 15232.

Класа	Енергетска ефикасност
А	Високоефикасни системи аутоматског управљања и надзора
В	Напредни системи аутоматског управљања и надзора

C	Стандардни системи аутоматског управљања и надзора
D	Енергетски неефикасни системи аутоматског управљања и надзора. Зграде са оваквим системима треба да се реконструишу. Нове зграде не могу да се опремају оваквим системима.

Функционална листа према класама енергетске ефикасности по системима према SPRS EN 15323 дата је у табели 10.2.

Табела 10.3 показује различитост у потрошњи енергије различитих типова објеката и класа енергетске ефикасности А, Б и Д, релативно у односу на вредности класе Ц. На пример, у класи А, за канцеларије, уштеда у топлоти иде до 30%.

**Табела 10-2: Функционална листа према класама енергетске ефикасности по системима према SRPS EN 15232**

Класа	Управљање грејања/хлађења	Управљање вентилације / климатизације	Управљање осветљења	Заштита од сунца
<b>A</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Индивидуално управљање по просторима са комуникацијом између контролера</li> <li>- Управљање температуре у дистрибутивном систему према температури у простору</li> <li>- Стална спрега између управљања грејања и хлађења</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Временски променљиво управљање протока ваздуха на нивоу индивидуалне просторије</li> <li>- Променљива жељена вредност са компензацијом убацне температуре у зависности од топлотног оптерећења</li> <li>- Управљање влажности убацног / одсисног ваздуха</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Аутоматско управљање дневног светла</li> <li>- Аутоматска детекција присуства: ручно укључивање / аутоматско искључивање</li> <li>- Аутоматска детекција присуства: ручно укључивање / аутоматско искључивање</li> <li>- Аутоматска детекција присуства: аутоматско укључивање / димовање</li> <li>- Аутоматска детекција присуства: аутоматско укључивање / димовање</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Комбиновано управљање осветљења / жалузина / грејања / хлађења / климатизације</li> </ul>
<b>B</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Индивидуално управљање по просторима са комуникацијом између контролера</li> <li>- Управљање температуре у дистрибутивном систему према температури у простору</li> <li>- Делимична спрега између управљања грејања и хлађења (зависно од КГХ система)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Временски променљиво управљање протока ваздуха на нивоу индивидуалне просторије</li> <li>- Променљива жељена вредност температуре убацног ваздуха са компензацијом по спољашњој температури</li> <li>- Управљање влажности убацног / одсисног ваздуха</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ручно управљање дневног светла</li> <li>- Аутоматска детекција присуства: ручно укључивање / аутоматско искључивање</li> <li>- Аутоматска детекција присуства: ручно укључивање / аутоматско искључивање</li> <li>- Аутоматска детекција присуства: аутоматско укључивање / димовање</li> <li>- Аутоматска детекција присуства: аутоматско укључивање / димовање</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Моторни погон ролетни / жалузина са аутоматским сенчењем</li> </ul>

<b>C</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Индивидуално управљање по просторима са термостатским вентилима или електронским термостатима</li> <li>- Управљања температуре воде у дистрибутивном систему са компензацијом према спољној температури</li> <li>- Делимична спрега између управљања грејања и хлађења (зависно од КГХ система)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Временски променљиво управљање протока ваздуха на нивоу индивидуалне просторије</li> <li>- Константна температура убацног ваздуха</li> <li>- Ограничење влажности убацног ваздуха</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ручно управљање дневног светла</li> <li>- Ручно укључивање / искључивање са допунском функцијом искључивања</li> <li>- Ручно укључивање / искључивање</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Моторни погон ролетни / жалузина са ручним сенчењем</li> </ul>
<b>D</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Нема аутоматског управљања</li> <li>- Нема управљања температуре воде у дистрибутивном систему</li> <li>- Нема спреге између грејања и хлађења</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Нема управљања количине ваздуха на нивоу индивидуалне просторије</li> <li>- Нема управљања температуре убацног ваздуха</li> <li>- Нема управљања влажности ваздуха</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ручно управљање дневног светла</li> <li>- Ручно укључивање / искључивање са допунском функцијом искључивања</li> <li>- Ручно укључивање / искључивање</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ручни погон ролетни / жалузина</li> </ul>

Табела 10-3: Фактори ефикасности за различите просторе

Класе	Топлота				Електрична енергија			
	D	C	B	A	D	C	B	A
Канцеларије	1,51	1	0,80	0,70	1,10	1	0,93	0,87
Сале за предавање	1,24	1	0,75	0,50	1,06	1	0,94	0,89
Учионице	1,20	1	0,88	0,80	1,07	1	0,93	0,86
Болнице	1,31	1	0,91	0,86	1,05	1	0,98	0,96
Хотели	1,31	1	0,85	0,68	1,07	1	0,95	0,90
Ресторани	1,23	1	0,77	0,68	1,04	1	0,96	0,92
Тржни центри	1,56	1	0,73	0,60	1,08	1	0,95	0,91
Становање	1,10	1	0,88	0,81	1,08	1	0,93	0,92

### 10.1.6 Узроци енергетске неефикасности

Добро пројектовани и изведени системи аутоматског управљања и надзора само су потребан услов за енергетску ефикасност. У експлоатацији долази до такозваног „дрифта“ (клизања) енергетских перформанси система. У табели 10.3 наведено је да су могуће уштеде увођењем система аутоматског управљања и надзора и до 30%. Период повраћаја инвестиције у системе аутоматског управљања је од 0 до 5 година. У случају губитка енергетских перформанси овај период се продужава. Због тога је неопходно у реалном времену вршити детекцију неефикасног режима који утиче на потрошњу енергије, повећано хабање и амортизацију опреме.

Истраживања релевантних светских института наводе листу 10 најважнијих разлога губитка енергетских перформанси система КГХ услед неадекватног одржавања и системских грешака које се не детектују:

1. Искључена функција фреквентних регулатора;

2. Програмски рад по временском распореду се не користи или је онемогућен;
3. Једновремено грејање и хлађење;
4. Цурење канала или вентила;
5. Неисправно функционисање вентилатора, извршних органа или демпера;
6. Неизбалансирани ваздушни водови.
7. Програмски рад и искључивање система не одговара тренутним захтевима у експлоатацији;
8. Грешке у софтверу;
9. Неисправна уградња опреме, квар и губитак функције;
10. КГХ системи нису добро димензионисани.

Примена система аутоматског управљања и техничког надзора у зградама може знатно да утиче на енергетску ефикасност у зградама без губитка комфора и осећаја угодности, али никако не може да исправи погрешно пројектоване, изведене и одржаване техничке системе.

### **10.2 Управљање у системима грејања**

Потребна количина топлоте за загревање једне просторије није увек иста и зависи од спољашње температуре, утицаја ветра, сунчевог зрачења, унутрашњих извора топлоте и др. Усклађивање учинка грејних тела и котла у складу са променљивом потребом топлоте решава се регулисањем.

Системи аутоматског управљања постижу смањење потрошње енергије за грејање, остваривањем жељених температура у просторији.

Полазећи од врсте деловања, управљање у системима централног грејања може се поделити на:

- Локално,
- Зонско и
- Централно

Свако од ове три основне врсте деловања може се извести на четири начина:

- Ручно (довод топлоте се управља ручно)
- Аутоматски (довод топлоте се управља аутоматским уређајем)
- У функцији времена (довод топлоте се искључује или редукује током одређених раздобља, нпр. ноћу) и
- оптимизацијом временског управљања (довод топлоте се искључује или редукује током одређених раздобља, нпр. ноћу; поновно укључивање се оптимизује, у зависности од различитих критеријума, укључујући и уштеду енергије).

Код локалног регулисања температуре појединих простора, температура се одржава у жељеним границама преко количине доведене топлоте са грејних тела. То је могуће извести

ручно или аутоматски (термостатским радијаторским вентилом или локалним термостатом).

Код зонског регулисања, врши се управљање појединих зона зграде са сличним карактеристикама топлотног оптерећења (нпр. северна или јужна страна исте зграде). Обично се повезује са локалним аутоматским регулисањем температуре по појединим просторијама.

Централно регулисање обично се спроводи као аутоматско, с временском функцијом или оптимизацијом временског управљања без утицаја човека.

### **10.2.1 Управљање температуре воде у котлу**

Код нискотемпературних котлова регулатори температуре воде одржавају њену температуру и служе као граничници горњих вредности.

Код двоположних регулатора довођење топлоте се искључује (укључује) при прекорачењу горње или доње постављене границе.

Троположајни регулатори допуштају три различита степена укључивања: искључено, укључено с нижом температуром и укључено с вишом температуром.

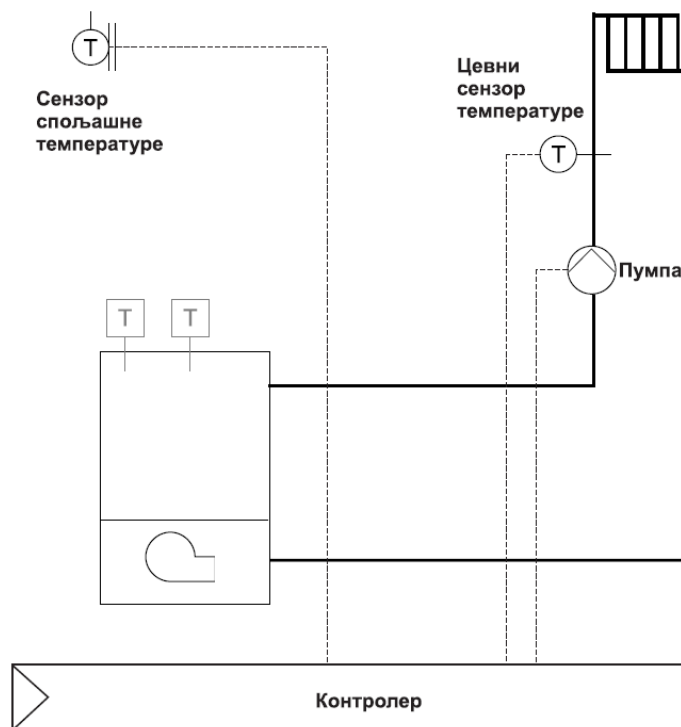
Савремени котлови имају континуално управљање капацитета котла у складу са оптерећењем. Пламеник котла, притом, не ради у режиму укључено/искључено, већ се његов учинак мења у складу са оптерећењем.

Уобичајене карактеристике котловске регулације су:

- регулисање температуре према спољној температури или према собном сензору
- ограничење минималне температуре воде у котлу
- подешљива динамичка разлика разлика температура полазног и повратног вода за укључивање котла
- аутоматски ред лето/зима
- заштита од смрзавања
- управљање циркулационим пумпама
- регулација температуре потрошне топле воде укључивањем пламеника и пумпе спремника топле воде
- могућност одабира паралелног рада пумпи грејања и спремника потрошне топле воде.

### **10.2.2 Управљање температуре воде у котлу са компензацијом спољне температуре**

На слици 10.3 приказана је функционална шема управљања у котлу са компензацијом спољне температуре.



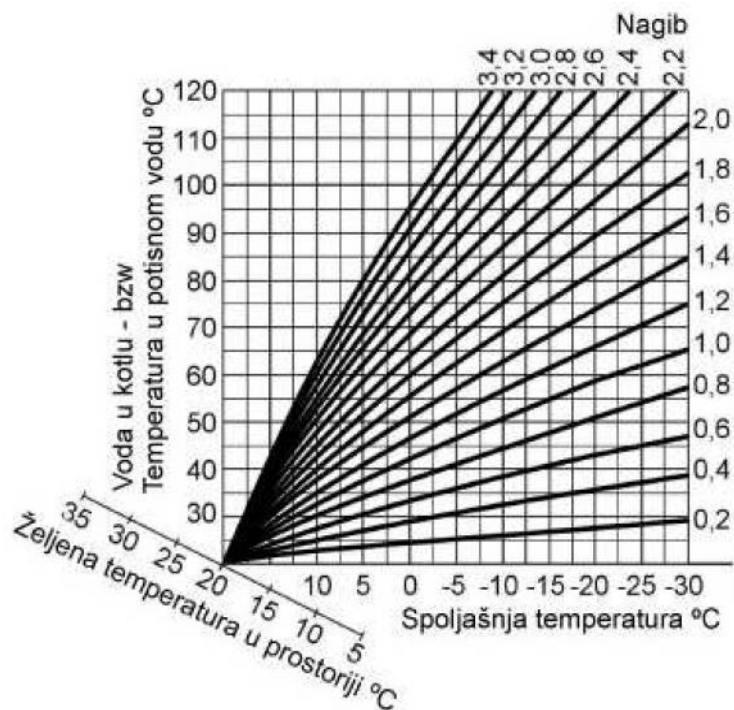
Слика 10.3: Функционална шема управљања у котлу са компензацијом спољне температуре.

Жељена вредност температуре полазне воде формира се према спољној температури. Температура воде у полазном воду регулише се у затвореном колу, док се температура у простору регулише у отвореном колу. Температура околине мери се спољним сензором температуре, док се температура воде у полазном воду мери цевним сензором (урањајућим или налегајућим). Односи између спољне температуре и температуре полазне топле воде приказани су као криве грејања, сл. 10.4. Однос између спољашње температуре и полазне температуре задат је карактеристиком регулатора и мора да одговара систему на који се примењује, што се остварује подешавањем нагиба криве на регулатору. Уколико је спољна температура нижа, полазна температура мора бити виша у циљу постизања жељене собне температуре. Потребна полазна температура при некој спољашњој температури зависи од начина прелаза топлоте (врсте радијатора, подног или панелног грејања), топлотне изолације објекта, локације објекта (утицај сунчевог зрачења и ветра), а дефинисана је исходиштем и нагибом криве.

Код једноставнијих регулатора могуће је подешавати само нагиб криве. Код добро термички изолованих објеката утицај спољашње температуре се смањује, док утицаји осталих величина (сунчево зрачење, ветар и спољашњи извори топлоте) расту. У том случају се спољашњи сензори температуре могу заменити/допунити спољашњим сензором сунчевог зрачења и/или ветра у циљу подешавања криве грејања. Предност оваквог начина управљања је да се промена вредности температуре полазне воде брзо детектује и компензује у складу са спољашњом температуром.

Недостатак оваквог начина управљања је немогућност компензовања топлотних поремећаја унутар објекта. Другим речима, неопходно је уградити термостатске вентиле у просторије или увести локално управљање.



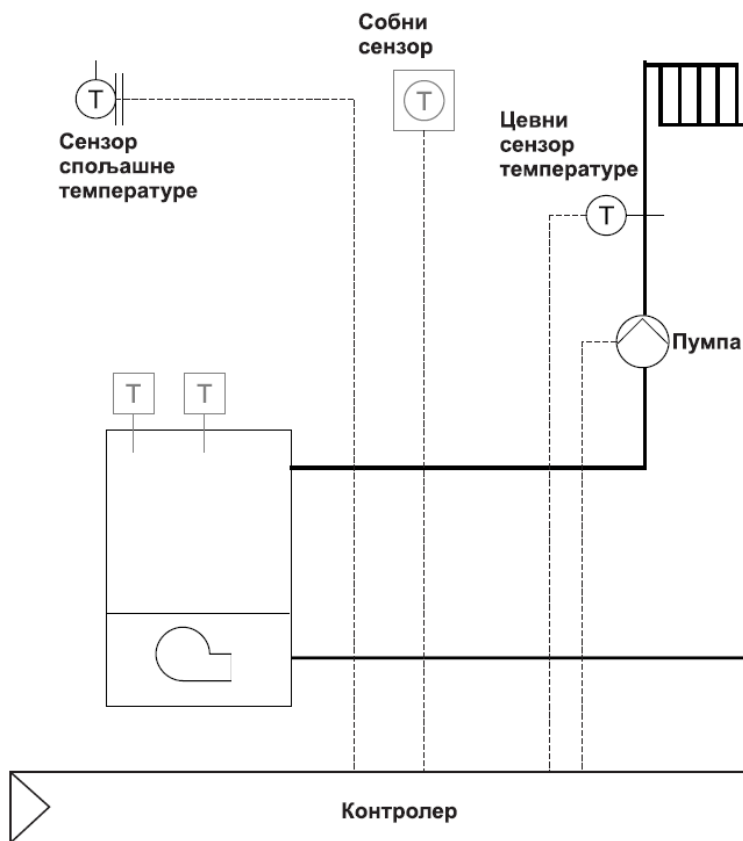


Слика 10.4: Клизни дијаграм са кривама грејања.

Приказан систем управљања припада класи енергетске ефикасности Ц.

### 10.2.3 Управљање температуре воде у котлу са компензацијом спољне температуре и утицајем собне температуре

На слици 10.5 приказана је функционална шема управљања температуре воде у котлу компензацијом спољне температуре и утицајем собне температуре



Слика 10.5: Функционална шема управљања у котлу са компензацијом спољне температуре.

Собна температура може се узети као утицајна величина за криву грејања, тако што се температура топле воде у полазном воду формира на основу спољне температуре, али и додатно у функцији жељене вредности температуре у просторији, одн. одступања исте. Собна јединица поставља се у референту просторију, а у зависности од термичких поремећаја у датој просторији, долази до померања криве грејања у складу са одабраним ауторитетом собне температуре.

Да би се компензовали топлотни поремећаји који настају у осталим просторијама, то јест да би се управљале температуре у тим просторијама, потребно је уградити термостатске радијаторске вентиле или локалну регулацију.

Треба напоменути да се нови типови котлова испоручују са комплетним управљачким системима описаног типа. Собне јединице омогућавају дневне и недељне временске програме кроз неколико различитих вредности температура.

На тај начин се у периодима одсутности из простора, као и ноћу, могу остварити значајне уштеде.

Овако опремљени системи припадају класи енергетске ефикасности А и Б.

#### **10.2.4 Управљање температуре воде у котлу са компензацијом спољне температуре и утицајем собне температуре, заштитом хладног краја котла и више кругова грејања**

Код већих система грејања често су потребне различите температуре за различите кругове

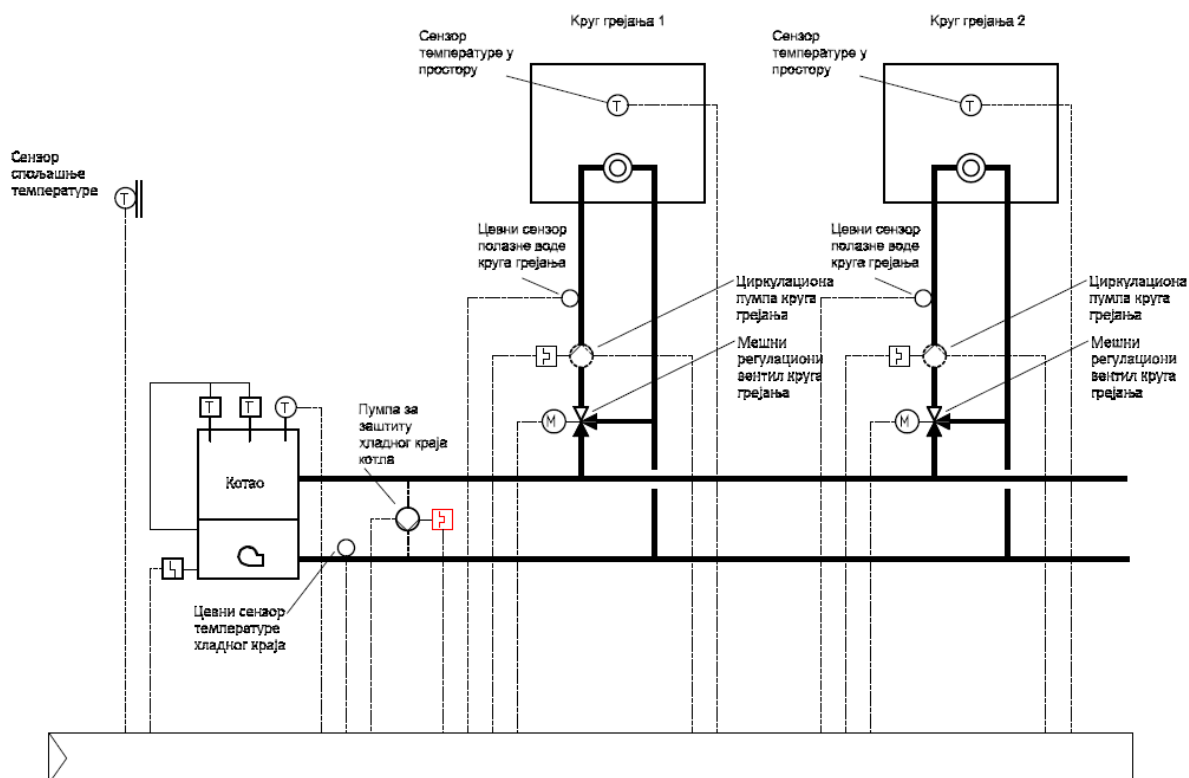
потрошње, нпр. код радијаторског или површинског (подног, панелног) грејања. Овакве различите температуре у истом систему је могуће остварити применом мешних регулационих вентила.

На слици 10.6 приказана је функционална шема управљања котла са компензацијом спољашње температуре, утицајем собне температуре у два круга грејања и заштитом хладног краја котла.

Температура на повратној грани котла одржава се пумпом за заштиту хладног краја. Одговарајућа жељена вредност температура полазног вода у једном кругу грејања формира се на основу спољашње температуре и температуре у простору. Ова температура се одржава мешањем топлије воде из котла с хладнијом повратном водом из система грејања путем трокраког мешног вентила.

Код већих система грејања могуће је уградити већи број регулаторских кругова, нпр. за стране света објекта, одговарајуће спратове, кругове радијаторског, подног, панелног грејања или припрему топле воде за вентилатор-конвектор апарате.

Сваки круг има своју пумпу и независни управљачки круг, при више регулаторских кругова може да буде реализовано једним дигиталним контролером.



Слика 10.6: Управљање температуре воде у котлу са компензацијом спољне температуре и утицајем собне температуре, заштитом хладног краја и више кругова грејања

### 10.2.5 Управљање топлотне подстанице са компензацијом спољне температуре и једним кругом грејања

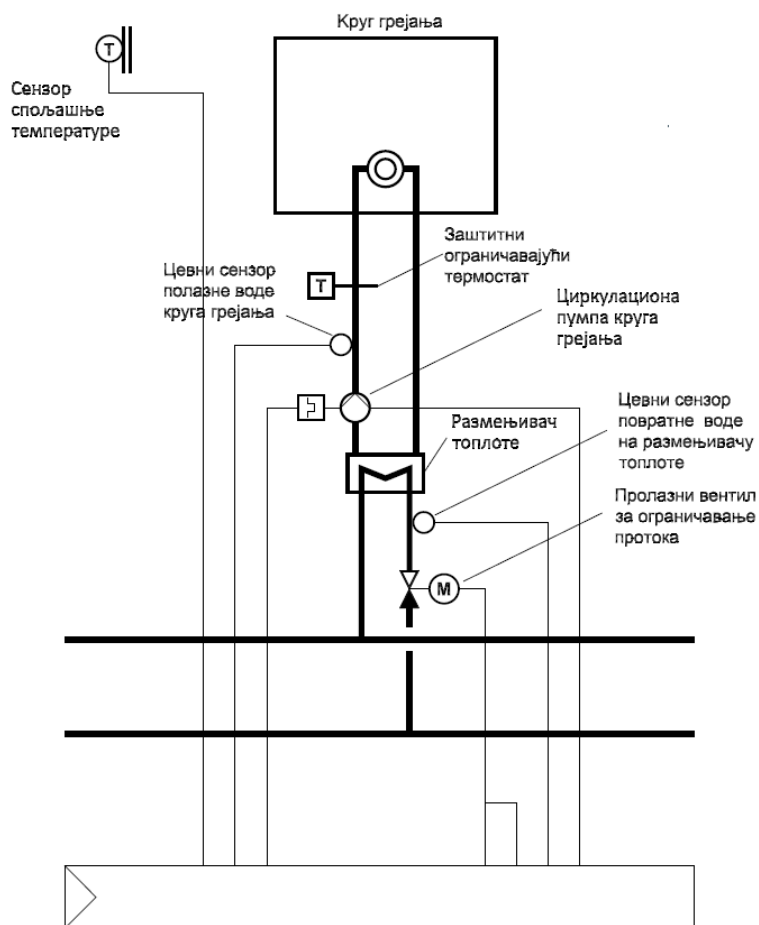
На слици 10.7 приказана је шема типичне топлотне подстанице повезане на даљински систем

грејања са једним кругом грејања.

Температура воде у кругу грејања управља се према клизном дијаграму компензације по спољној температури путем циркулационе пумпе. На секундарној страни налази се заштитни ограничавајући термостат који служи за спречавање прегревања, односно смрзавања дела инсталације.

На примарној страни размењивача топлоте налази се тротачки пролазни регулациони вентил за ограничавање протока.

Овако опремљени системи припадају класи енергетске ефикасности Ц.



Слика 10.7: Управљање температуре воде у котлу са компензацијом спољне температуре и утицајем собне температуре, заштитом хладног краја и више кругова грејања

### 10.2.6 Управљање топлотне подстанице са компензацијом спољне температуре и више кругова грејања

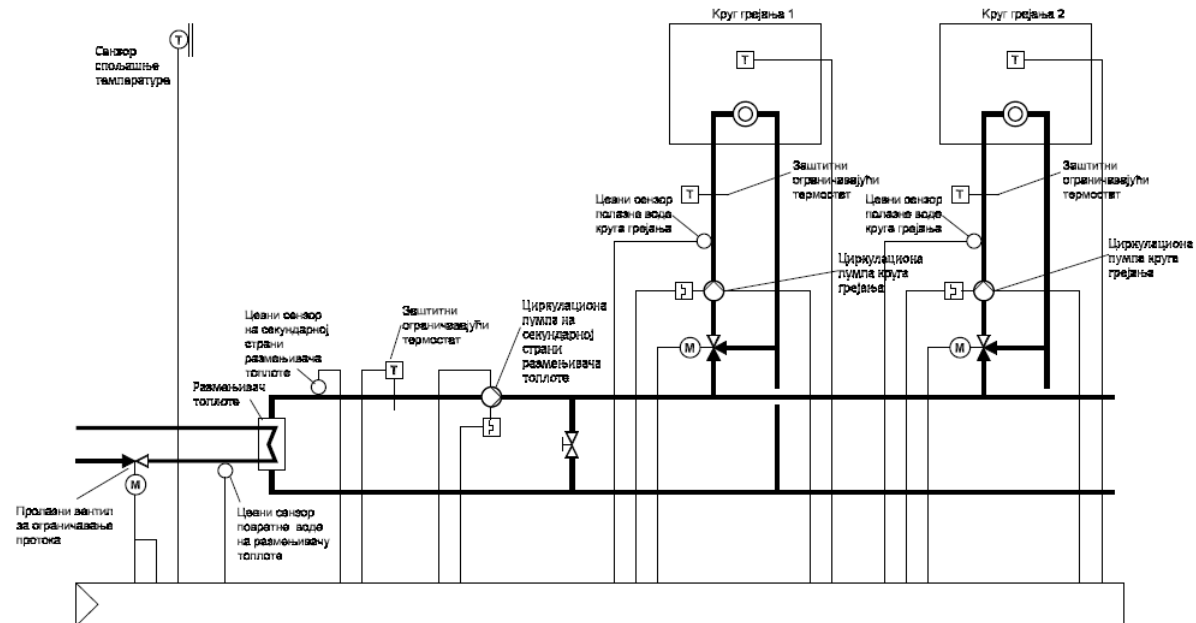
На слици 10.8 приказана је шема типичне топлотне подстанице повезане на даљински систем грејања и више кругова грејања.

Температура воде у круговима грејања управља се према жељеној температури у простору на основу клизног дијаграма компензације по спољној температури путем трокраког мешног регулационог вентила. На секундарној страни налази се заштитни ограничавајући термостат

који служи за спречавање прегревања, односно смрзавања дела инсталације.

На примарној страни размењивача топлоте налази се тротачки пролазни регулациони вентил за ограничавање протока.

Овако опремљени системи припадају класи енергетске ефикасности А и Б.

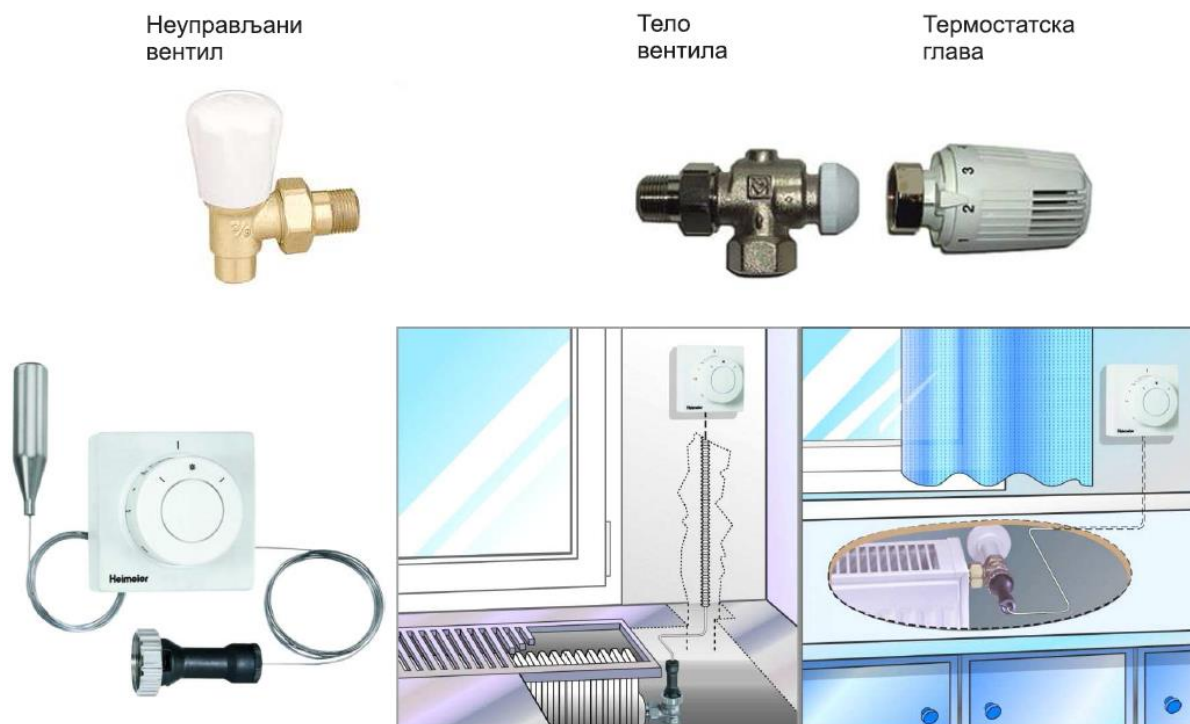


Слика 10.8: Управљање температуре воде у котлу са компензацијом спољне температуре и утицајем собне температуре, заштитом хладног краја и више кругова грејања

### 10.2.7 Једнозонско регулисање система грејања

Код зонског регулисања, врши се управљање појединих зона зграде са сличним карактеристикама топлотног оптерећења (нпр. северна или јужна страна исте зграде). Обично се повезује са локалним аутоматским регулисањем температуре по појединим просторијама.

Једнозонски систем подразумева да се регулисање врши према референтној температури целог објекта, с тим да се користе термостатски регулаторски вентили, сл. 10.9.



Слика 10.9: Различити облици термостатских вентила.

Термостатски радијаторски вентили најчешће се изводе за директну монтажу на термостатске главе на тело игличастиг вентила., Могу да буду изведени и тако да сензитивни елемент капиларном цевчицом буде повезан са покретачем вретна вентила.

### 10.2.8 Вишезонско регулисање система грејања

Код вишезонског система регулисања објекат је подељен у функционалне зоне и свака зона је вођена као посебан процес. Код вишезонских система грејања користе се управљачки вентили, као и елементи за детекцију окупираности (заузетости) простора (детектори покрета и присуства) и зонски контролери.

#### 10.2.8.1 Покретачи управљачких вентила

Као покретачи управљачких вентила користе се:

- ON/OFF термоелектрични извршни елементи,
- Пропорционални термоелектрични извршни елементи и
- Електрични извршни елементи – моторизовани покретачи.

Термоелектрични извршни елементи садрже термоекспандирајући елемент, нпр. уложак са воском, који се загрева и шири када се стави под напон. Приликом нестанка напона напајања, елемент се скупља и враћа у првобитни положај. Време отварања/затварања вентила је од два до три минута.

ON/OFF термоелектрични (сл. 10.10) извршни елементи користе радне напоне 230V AC или 24V AC/DC. Извршни елементи повезују се двожилним проводником. Распоживи су за тела

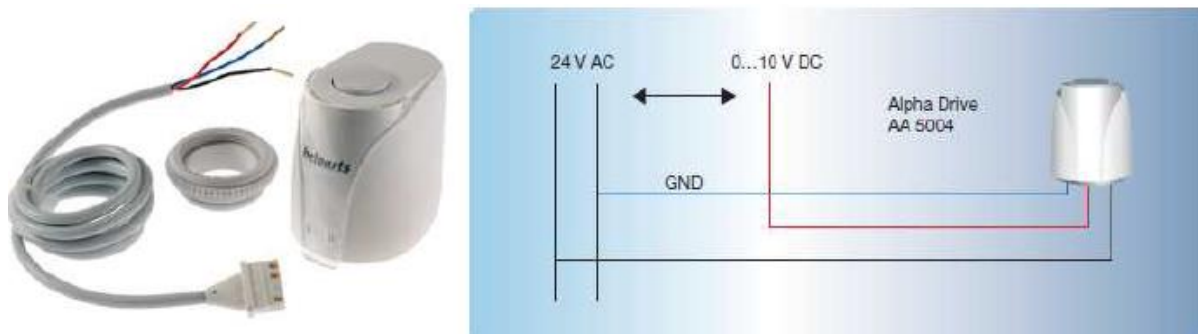
игличастих вентила до називних мера 5/4". Ови извршни органи користе се за реализацију двонивовских или ширинско-импулсно-модулисаних алгоритама управљања (PWM).



Слика 10.10: ON/OFF термоелектрични извршни елемент.

Пропорционални термоелектрични извршни елементи (сл. 10.11) осим напона напајања 24V AC/DC имају и управљачки сигнал, обично 0..10V DC и повезују се трожиљним проводником.

Вентил се отвара пропорционално управљачком сигналу. Расположиви су за тела игличастих вентила до називних мера 5/4". Ови извршни органи користе се за реализацију континуалних алгоритама управљања.



Слика 10.11: ON/OFF термоелектрични извршни елемент.

Главна предност термоелектричних извршних елемената је прихватљива цена. Међутим, изискују трошкове ожичења. Електромоторни покретачи вентила састоје се од електромотора, преносника и електронике. Вентил се отвара пропорционално управљачком сигналу, а вретено вентила покреће се сервомотором. Расположиви су за тела игличастих вентила до називних мера 5/4". Ови извршни органи користе се за реализацију континуалних алгоритама управљања. Једноставни су за ожичење и повезивање, имају континуално управљање и раде са безбедним напонима. Недостаци су: висока цена, стварање буке приликом покретања и подложност механичком хабању.





Слика 10.12: Моторизовани покретач.

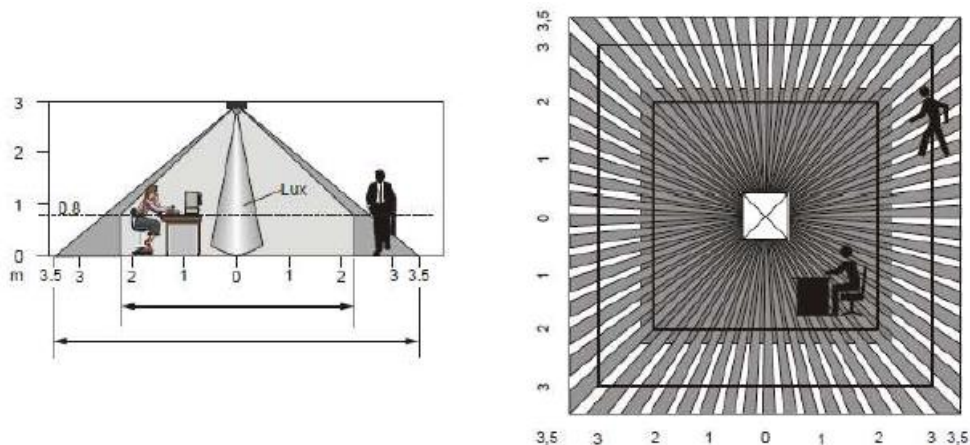
#### 10.2.8.2 Уређаји за детекцију окупираности

За детекцију окупираности простора користе се детектори покрета и детектори присуства, сл. 10.13.



Слика 10.13: Зидни и плафонски детектори покрета / присуства.

Детектори покрета и присуства најчешће раде на принципу детекције инфрацрвене светлости, тј. температуре тела, па се и зову пасивни инфрацрвени детектори (Passive Infrared – PIR). Поље детекције подељено је на већи број сегмената. Кретање топлоте тела из једног сегмента у следећи детектује се као покрет. Разлика између детектора покрета и присуства је у резолуцији сегмената. Сегменти детекције код детектора присуства су мањи због веће резолуције и због тога реагују на мање покрете особа, сл. 10.14.



Слика 10.14: Бочни поглед и поглед одозго на подручје осетљивости плафонског детектора присуства.

Осим ове врсте сензора, постоје и ултразвучни сензори. Последња генерација детектора покрета и присуства користи високо-фреквентне сигнале (5,8 GHz) мале снаге (<1 mW) и има могућност детекције кроз стакло или зидове.

### 10.2.8.3 Зонски контролери

Зонски контролери имају 4 мода рада, који се међусобно разликују по 4 температурска нивоа у режимима грејања/хлађења, а то су:

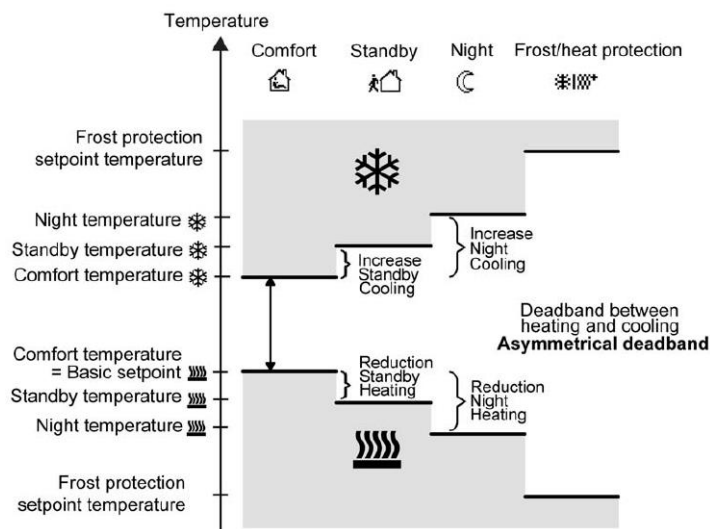
- комфорни режим,
- stand by режим,
- ноћни режим и
- режим заштите од смрзавања/прегревања.

У комфорном режиму, код грејања се узима највиши температурски ниво (нпр. 22°C) и најнижи температурски ниво за хлађење (нпр. 24°C).

У stand by моду, жељена вредност температуре за грејање је нижа (нпр. 20°C). Обрнуто, ако је контролер у режиму хлађења, жељена вредност температуре је нешто виша (нпр. 26°C). Овај начин рада предвиђен је за краће периоде одсуства. Тада је, по потреби, могуће простор загрејати/охладити за краће време. У ноћном режиму, жељена вредност температура за грејање додатно се снижава (нпр. 18°C), односно за хлађење додатно повећава (нпр. 28°C).

У режиму заштите од смрзавања/прегревања, жељена вредност температуре смањује се, на пример, на 7°C, када се отвори прозор. У том случају није препоручљиво да се потпуно искључи грејање, због могућности замрзавања воде у цевима система за грејање. Овај режим код зонских контролера има највиши приоритет, тј. није могуће прећи у други режим, док се овај не деактивира (нпр. затворе прозори). Комфорни режим затим има следећи највиши приоритет, а након тога ноћни режим. Ако ни један од наведених режима није активан, зонски контролер прелази у stand by режим. Прелазак између комфорног и stand by режима рада врши се ручно, одговарајућим тастером на контролеру у просторији или сигналом са детектора присуства. Међутим, детектори присуства нису практично решење код система са подним или

панелним грејањем, јер су временске константе оваквих система грејања веома велике.



Слика 10.15: Жељене вредности температура у различитим режима рада за грејање и хлађење са асиметричном зоном неосетљивости.

### 10.3 Управљање у системима климатизације/вентилације

Фактори који утичу на термички комфор у простору су: температура ваздуха, брзина ваздуха, релативна влажност, зрачење топлоте, одећа и ниво активности. Температура ваздуха је најчешћа и најразумљивија мера климатског комфора. Системи климатизације обезбеђују контролисано окружење у коме се следеће величине одржавају у жељеном опсегу:

- температура,
- влажност,
- дистрибуција ваздуха и
- квалитет унутрашњег ваздуха.

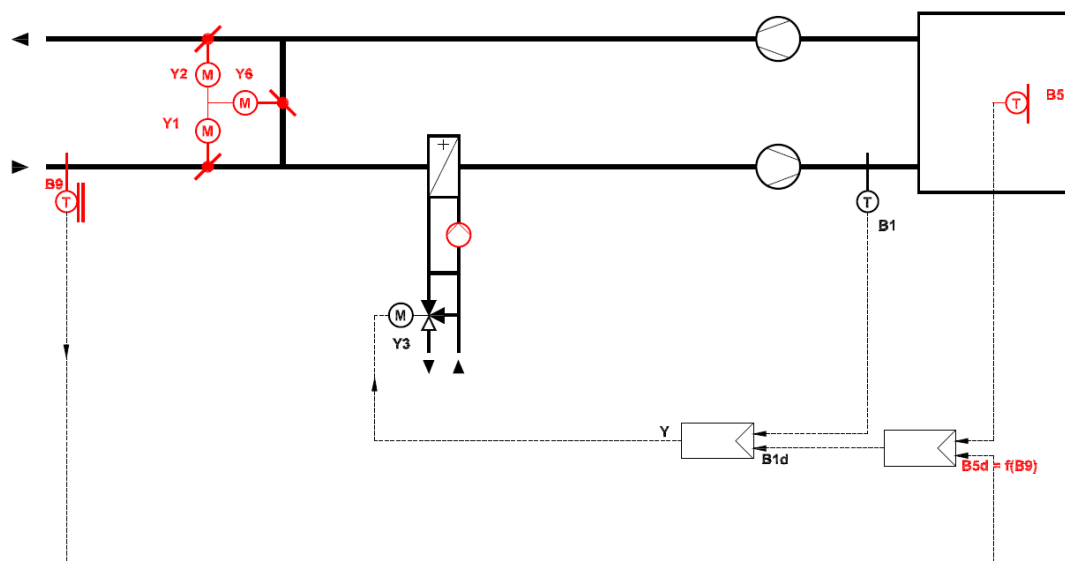
Термички комфор и минимални здравствени услови морају се остварити основним управљачким функцијама система климатизације, док оптимално управљање система има за циљ задовољење климатског комфора и унутрашњег квалитета ваздуха уз минималан утрошак енергије.

Постоји мноштво различитих управљачких шема управљања у системима климатизације, а овде ће бити обрађена два основна: каскадно и секвенцијално управљање.

#### 10.3.1 Каскадно управљање у системима климатизације

Каскадно управљање користи се у случају када постоји неколико мерених сигнала и једна управљачка величина. Каскадно управљање посебно је корисно када је присутно велико временско кашњење између управљачког сигнала и излазне величине или када објекат има велике временске константе. Превасходно се користи код просторно регулисаних објеката, за регулисање температуре и влажности ваздуха у климатизованим просторима. Каскадно

управљање погодно је и када се жели брзо регулисање објекта и у случају спорих објеката.



Слика 10.16: Функционална шема каскадног управљања температуре у простору.

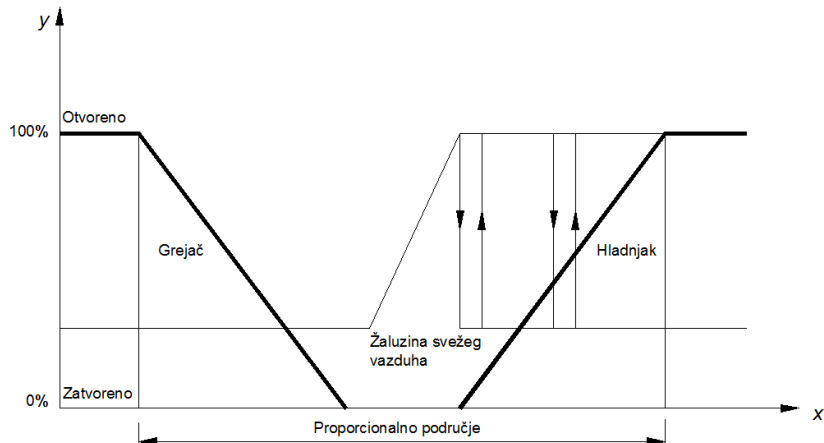
При појави одступања управљане величине, каскадно управљање доводи до промене жељене вредности додатног регулатора, то јест не управља се директно ход извршног органа. Крајњи исход је веома брз рад извршног органа. У спољашњој, главној регулаторској петљи на слици 9.16 користи се регулатор који на основу мерења температуре спољашњег ваздуха и температуре у регулисаном простору рачуна жељену вредност температуре убацног ваздуха. Ова вредност се у унутрашњем регулатору пореди са измереном вредношћу температуре ваздуха у убацном каналу, на основу чега се формира сигнал управљања мешног вентила воденог грејача. Обично се у главној петљи користи П, док се у унутрашњој користи ПИ алгоритам управљања, па се такво управљање назива П+ПИ каскадно управљање. Данас већина програмабилних управљачких система користи ПИ+ПИ каскадно управљање. Каскадно регулисање може да врши и функцију ограничавања вредности температуре, па се не захтева уградња додатног заштитног термостата.

### 10.3.2 Секвенцијално управљање у системима климатизације

За разлику од каскадног управљања које се користи када постоји једна управљачка и неколико мерених сигнала, секвенцијално управљање се користи када постоји једна мерена величина и неколико управљачких. Другим речима, регулишући елементи уводе се у секвенцу када се жели да они делују на исту регулисану величину у унапред тачно одређеном реду. При томе је могуће да се њихово деловање, с обзиром да регулисану величину, поклапа или не поклапа. Овакво управљање користи се веома често, а у секвенцу су везана обично најмање два регулишућа елемента, и то:

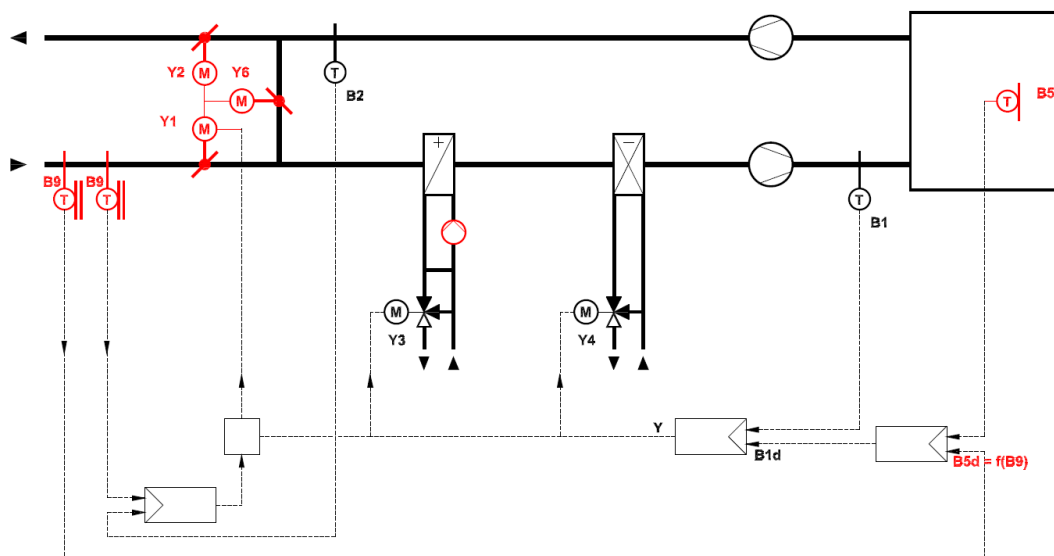
- жалужине за мешање ваздуха и хладњак ваздуха;
- грејач и хладњак ваздуха;
- жалужине за мешање ваздуха и овлаживач ваздуха;
- жалужине за мешање ваздуха и грејач ваздуха;
- хладњак ваздуха и вентилатор са променљивим бројем обртаја.

Овакви системи су обичајни у управљању клима комора када су истовремено присутни грејач и хладњак (и/или жалузина свежег ваздуха). Принцип подељеног секвенцијалног управљања илустрован је на слици 10.17, на којој се види статичка карактеристика између мерене величине и управљања. Секвенцијалним управљањем избегава се једновремено грејање и хлађење. Прелаз између грејања и хлађења је и даље критичан, јер може да изазове осцилације и једновремени рад грејача и хладњака. Да би се то избегло, уводи се одговарајућа зона неосетљивости.



Слика 10.17: Секвенцијално управљање грејача, хладњака и жалузина свежег ваздуха са зоном неосетљивости.

Пример секвенцијалног управљања приказан је на слици 10.18. Жељена вредност температуре убацног ваздуха каскадно се управља. Регулаторско коло убацног ваздуха састоји се од убацног канала, грејача и хладњака са одговарајућим мешним вентилима, вентилатора и мешне секције са управљањем жалузина ради тзв. free cooling-а. Рециркулациона жалузина и хладњак ваздуха раде у секвенци.



Слика 10.18: Функционална шема секвенцијалног управљања температуре у простору.

## **10.4 Системи управљања осветљења**

Вештачко светло есенцијално је за живот, рад и остале генеричке сврхе, када природно светло није довољно. У посебним просторима, нпр. салама за забаву, осветљење је неопходно да би се остварило динамично и драматично окружење. Системи осветљења у згради спадају у главне потрошаче електричне енергије, одмах иза система КГХ. Енергетска ефикасност система осветљења и квалитет оствареног визуелног окружење одређују се избором извора светла, архитектонским распоредом и управљањем.

### **10.4.1 Стратегије управљања осветљења**

Циљ управљања системом осветљења у простору за живот и рад је обезбеђивање оптималног визуелног комфора и продуктивности присутних у простору уз минималну потрошњу енергије. Типични приступи остваривању овог циља су:

- обезбеђивање светла где год је потребно;
- обезбеђивање светла када је потребно;
- обезбеђивање праве количине светла;
- максимално искоришћење дневног светла.

Најефикаснији начин уштеде енергије је искључивање система где и када није потребно светло. Време укључивања већине лампи је занемарљиво (инкадесцентне) или веома кратко (флуоресцентне лампе), што их чини практичним за искључивање када неки простор није заузет.

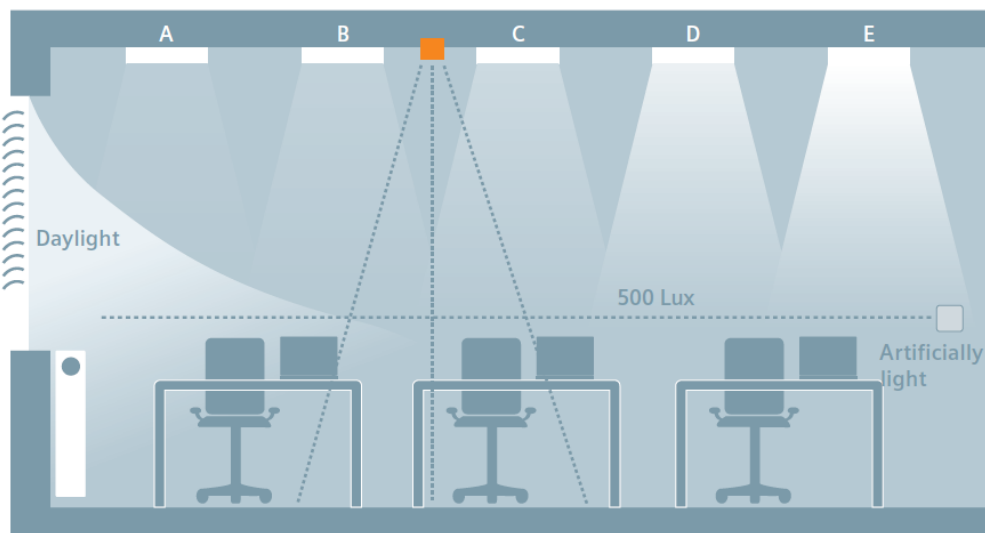
Међутим, содијумске и живине лампе високог притиска постижу пун сјај тек након 30 секунди до неколико минута после укључења. Након искључења, ове лампе имају фазу хлађења која траје неколико минута и за то време се не могу поново укључити. Да би систем управљања осветљења деловао само где је светлост потребна, есенцијално је имати ваљано зонирање и груписање светиљки.

### **10.4.2 Програмско управљање и управљање путем сензора**

Ако је заузетост простора фиксна и предвидива, систем управљања осветљења може бити програмиран да укључује/искључује светло или мења ниво светла у простору, према временском распореду. Овај распоред може бити фиксан или различит за радне дане, викенде, празнике или годишње одморе.

Данас је широко распрострањено управљање путем сензора. Заснива се на детекцији присуства у простору, најчешће сензорима покрета или присуства.

Управљање путем сензора такође се користи било код управљања укључивања/искључивања или димовања светла ради смањења утрошка енергије и максимизовања употребе дневног светла. Управљање у отвореном колу обично користи само мерење амбијенталног дневног светла, док се код управљања у затвореном колу обично мери стварни ниво осветљаја (lux) у простору.



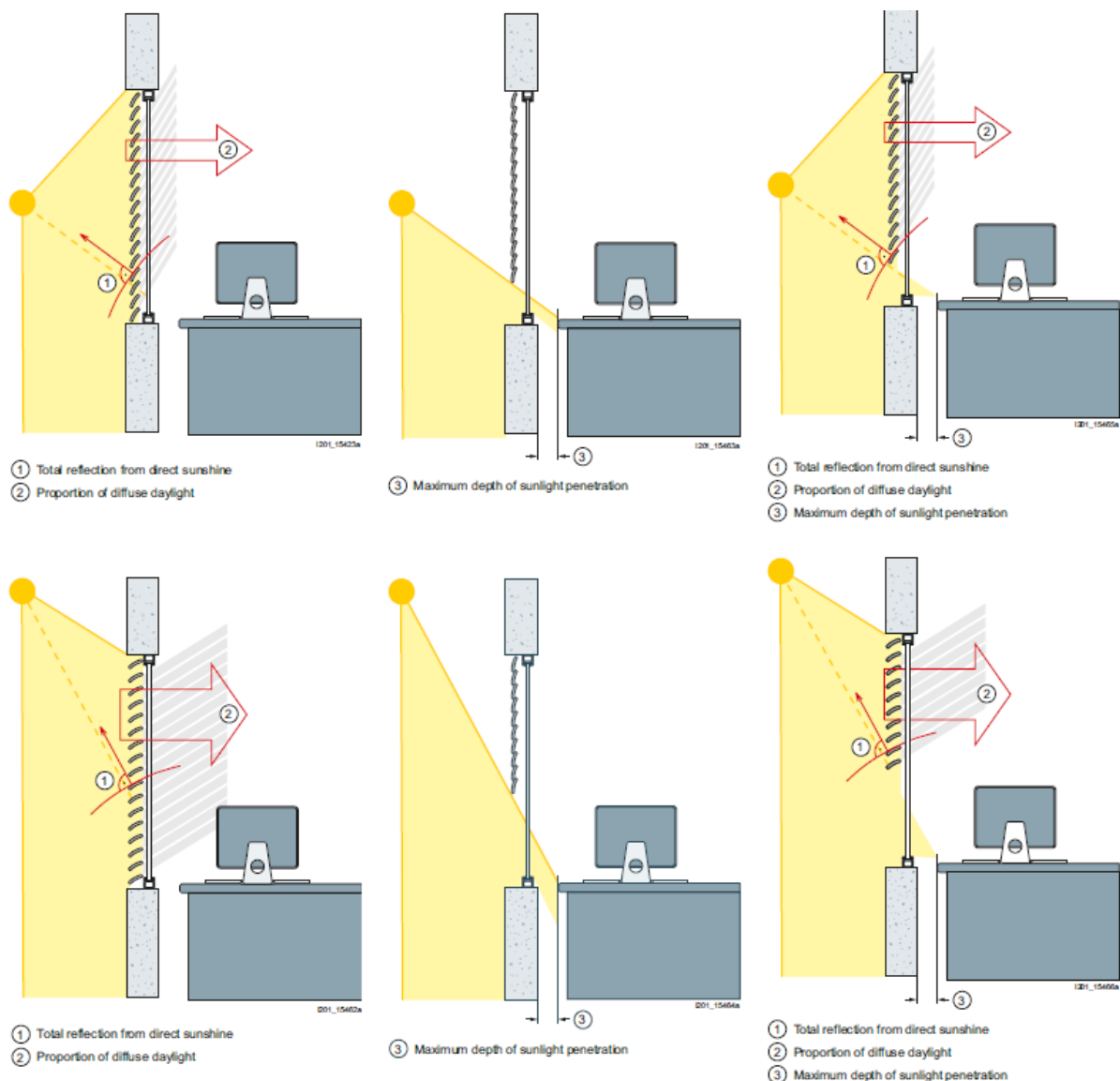
Слика 10.19: Принцип управљања константног нивоа осветљења.

### 10.5 Употреба дневног светла и сенчења

Употреба дневног светла очигледно је од великог значаја за остваривање уштеде у системима осветљења. Стакло, као важни елемент архитектонског израза, обично обезбеђује везу унутрашњег простора са окружењем. Међутим, фасада зграде мора да помогне остваривању одговарајућих радних услова у простору. Флуks од Сунца и ниво дневног светла могу знатно да варирају у току дана и сада представљају велики изазов за управљање. Традиционално ручно управљање (ролетне и венецијанери) може се опремити моторним погонима и самим тим управљати, било да то чине особе у простору или путем сензора или ЦСНУ-а.

Ручно управљање прозора и сенчења може бити задовољавајуће у приватним кућама или малим пословним објектима. У великим зградама са много особа у простору и у циљу интегрисаног управљања фасада, система осветљења и система КГХ, неопходан је поуздан аутоматски систем. На слици 10.20 шематски су приказана три принципа управљања сенчења и употребе дневног светла.





Слика 10.20: Систем управљања сенчења и употребе дневног светла

Када се примењује принцип управљања праћењем путање Сунца (Sun tracking control) ламеле венецијанера се не затварају потпуно, већ прате тренутни положај Сунца, тако да сунчеви зраци не могу директно да продру у простор. Простор између ламела дозвољава довољно дифузног дневног светла, чиме се обезбеђује максимално дневно светло са минималним одсјајем, истовремено смањујући трошкове електричне енергије. Овом функцијом врши се континуално управљање позиције ламела венецијанера управно на угао упада сунчевих зрака, оптимизујући употребу дневног светла.

Принцип управљања линије упадања сенке (Shadow egde tracking) не подразумева потпуну заштиту од упада сунчевих зрака, већ се одреди граница продора зрака у простор (нпр. 50 cm). Предност оваквог управљања је у томе што је и даље могуће гледати кроз доњи део прозора, биљке на прозору добијају довољно светлости, а особе у простору су заштићене од одсјаја.

Комбинација претходна два принципа даје оптимално решење.

## 11 Рационално коришћење воде

Циклус кружења воде у природи је узрочно-последично повезан са климатским променама. Стога су управљање водним ресурсима и заштита водних ресурса, екосистема слатке и слане воде, као и воде коју користимо у свакодневним активностима јединствени темељи заштите животне средине.

Повећање ефикасности коришћења водних ресурса омогућава свим субјектима да смање хронични недостатак воде и максимално користе могућности које обезбеђују постојећа инфраструктура и одговарајући системи за снабдевање водом. Тако се смањују трошкови, омогућује коришћење воде за друге намене, смањује негативан утицај на животну средину и обезбеђује одрживи развој. Напори да се побољша ефикасност начина коришћења воде могу директно допринети развојним циљевима свих субјеката, а посебно оних чија је делатност повезана са значајним уделом потрошње воде.

### 11.1 Вода као ресурс

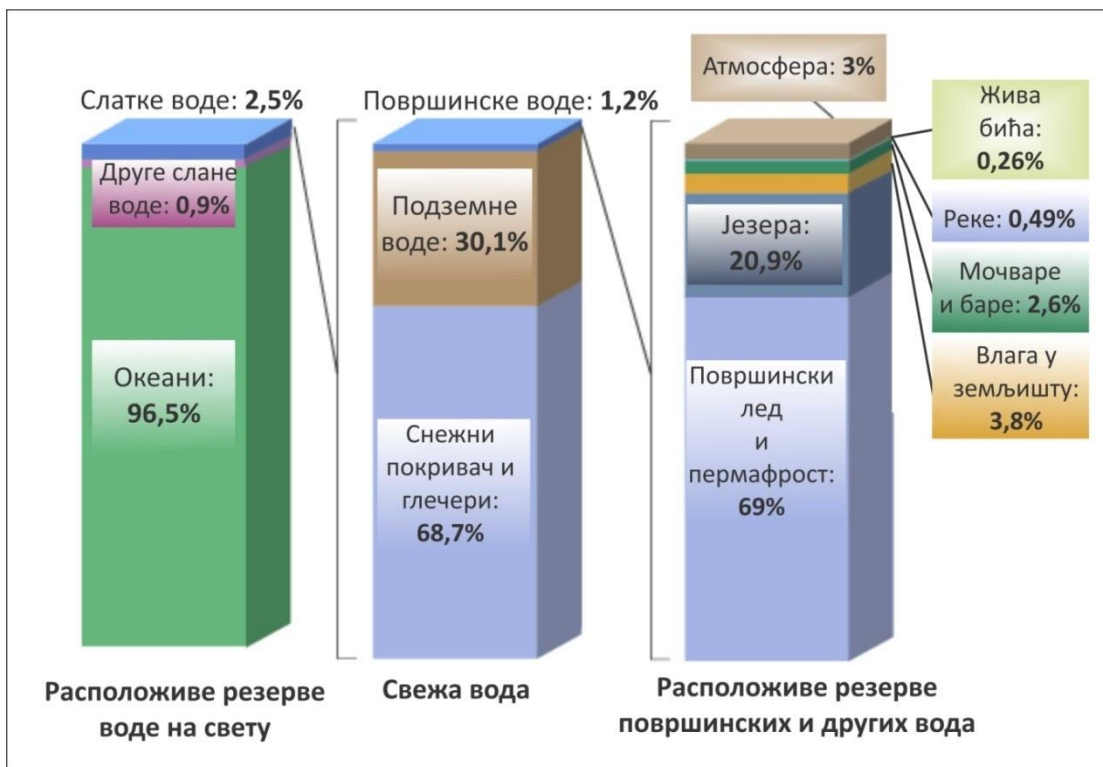
Према пореклу, природне воде могу се поделити у три групе:

- атмосферске (киша, снег, магла, роса, мраз);
- површинске (океани, мора, реке, језера, мочваре, баре);
- подземне (извори, реке понорнице).

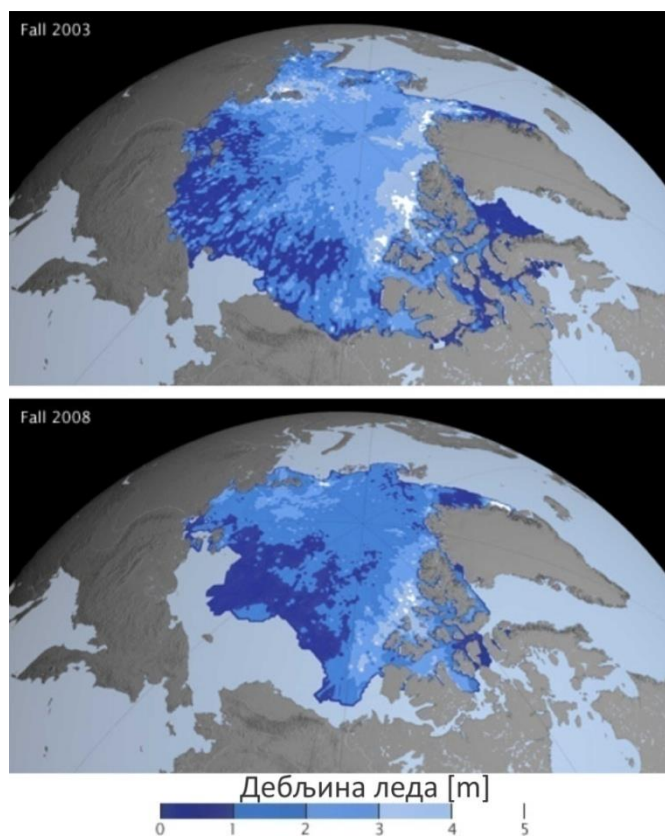
Упркос чињеници да вода покрива 71% укупне површине Земље и да њена укупна запремина износи приближно 1,4 милијарде  $\text{km}^3$ , залиха слатких вода чини око 35.000.000  $\text{km}^3$ , односно 2,5% укупно расположиве запремине воде на Земљи – слика 11.1. Приближно 69% ових залиха (24.000.000  $\text{km}^3$ ) налази се у облику глечера и снежног покривача Северног и Јужног пола, као и планинских врхова.

Подземне воде чине нешто више од 30% укупних резерви светских **слатких вода**, и као такве истовремено чине резерву у износу од 97% укупних слатких вода потенцијално доступних за употребу. Изузетно значајан ресурс површинских вода (површински лед и пермафрост, језера, мочваре, баре, реке, атмосфера, влага у земљишту и жива бића) чини заправо само 1,2% резерви светских **слатких вода**. Притом, реке чине мање од 0,5% укупних резерви светских **слатких вода**. Укупне залихе употребљивих слатких вода расположивих за људску употребу и екосистем (вода за пиће) износи приближно 200.000  $\text{km}^3$ , што заправо износи 0,007% укупних светских залиха воде односно, мање од 1% свих залиха слатке вода на свету.

На слици 11.2 приказан је снимак направљен из сателита названог "Лед, облак и надморска висина" (NASA - ICESat) лансираног 2003. године. Задатак мисије био је континуално прикупљање података о топографији ледених плоча Земље, облацима, вегетацији, као и о дебљини леда у периоду 2003–2009. На слици 11.2 приказане су две слике стања површине арктичког леда и његове дебљине (тегет бојом означене су области са танким ледом, белом бојом области са дебелим ледом, сивом бојом означено је земљиште, а светлоплавом бојом отворена вода). Прва слика направљена је 2003, а друга 2008. године. На сликама је јасно приказано смањење површине глечерског покривача, као и глобално смањење дебљине леда.



Слика 11.1: Расположиве резерве воде на свету [1]



Слика 11.2: Површина и дебљина арктичког леда 2003–2008. године [2]

Сигурност снабдевања водом дефинисана је способношћу становништва да обезбеди одржив приступ адекватним количинама воде прихватљивог квалитета ради одржавања животног стандарда, људског благостања и друштвено-економског развоја, да обезбеди заштиту од загађења вода и катастрофа које могу настати као последица неконтролисаног изливања и плављења, као и очувања екосистема [13].

На слици 11.3 приказан је потенцијални утицај климатских промена, пораста популације и повећања захватања и прераде воде преко два индикатора:

- расположивих обновљивих извора свеже воде [л/ дан/ особа];
- удела обновљивих извора свеже воде који се црпи [%].

Јасно је уочљиво да, са једне стране, узрок акутних несташница воде може бити прекомерна потрошња воде по глави становника и, с друге стране, смањење расположивих обновљивих ресурса воде. Негативна суперпозиција овако дефинисаних индикатора (велика потрошња воде и мали расположиви ресурси воде) води ка апсолутној несташници. Међутим, треба имати у виду да и при знатно већој јединичној потрошњи, одређене државе још увек немају проблем у снабдевању (располажу релативно великим ресурсима воде). Ипак, ни релативно мала потрошња у неким државама није гарант нормалног снабдевања водом.

#### Несташница воде изазвана:

- ☀ Климатским променама
- 👤 Порастом популације
- 🔥 Повећање захватања и прераде воде



Слика 11.3: Утицај јединичне потрошње воде у спрези са расположивим ресурсима на начин снабдевања водом [4]

### 11.1.1 Распољиви ресурси и потрошња воде

#### 11.1.1.1 Европска заједница

Политика коју у области управљања водама води ЕУ у последњих 30 година фокусирана је на заштиту водних ресурса. Најновији стратешки документ под насловом "Плави траг ради обезбеђења европских водних ресурса" [5], има циљ да обезбеди и осигура довољне количине воде доброг квалитета.

Прописи ЕУ у сектору вода су обимни, захтевни и веома комплексни. Њихова комплексност проистиче из прописа који су настали тако што су узети у обзир различити фактори утицаја на природни циклус воде, нарочито [6]:

- индустријске активности регулисане у оквиру ИППЦ (ДИЕ) режима и пратећих прописа;
- пољопривредне активности, укључујући одредбе Заједничке пољопривредне политике која се односи на добре пољопривредне услове у области заштите животне средине (унакрсна усклађеност);
- комунална и транспортна инфраструктура, укључујући измене образаца одводњавања, квалитет вода и морфологију водних токова.

Ипак, централни елемент европске политике у области управљања водама представља директива "Заједничка стратегија за имплементацију" која се често назива и Оквирном директивом о водама [7]. Главни циљ директиве је постизање добрих еколошких и хемијских карактеристика европских вода. Оквирна директива о водама усмерена је ка управљању водама на, најчешће, прекограничном нивоу хидролошких сливова река. Важан корак у току реализације директиве представља укључивање планова за управљање речним сливовима. У току 2006. године, ЕУ је усвојила Директиву о заштити подземних вода од загађења и детериорације [8] која додатно допуњује Оквирну директиву о водама и поставља стандарде квалитета подземних вода уводећи мере за спречавање загађења, односно прописује граничне вредности продора загађивача у подземне воде.

У општем случају, на доступност воде у било којој држави утичу климатски услови, геоморфологија, начини коришћења земљишта, као и прекогранични водни токови (другим речима, спољни дотоци). Према томе, јасно је да постоје значајне разлике међу земљама ЕУ: Велика Британија, Шведска, Француска и Немачка имају највеће ресурсе слатке воде, са дугорочним годишњим просеком у распону између 172,9 и 188,0 милијарди  $m^3$ . Веће евидентирани дугорочни просеци имају Норвешка (393.0 милијарди  $m^3$ ) и Турска (234.3 милијарди  $m^3$ ). Један број земаља добија значајан део својих ресурса слатке воде преко спољног дотока. Мађарска и Холандија су државе које највише зависе од прекограничних водних токова (спољни прилив чини 93,5% и 88,8% њихових укупних слатководних ресурса).

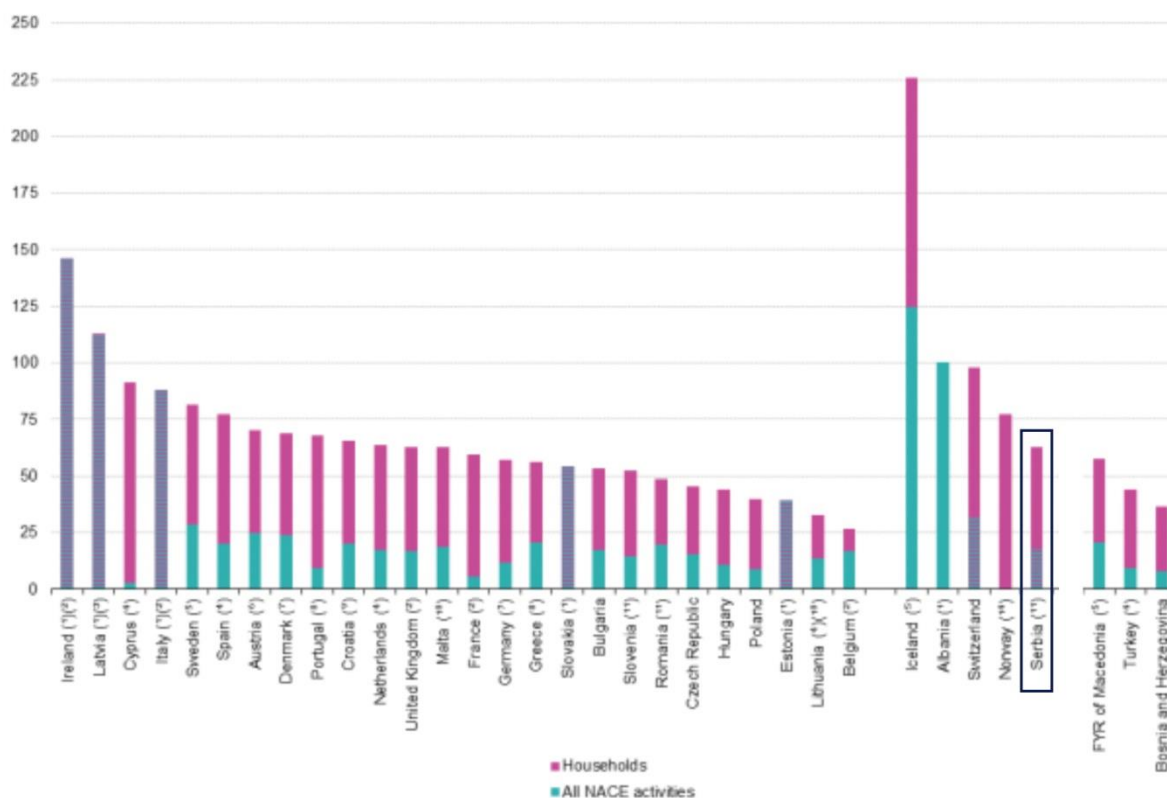
Још један од важних индикатора одрживости јесте расположива количина слатководних ресурса по глави становника, и тако дефинисан индикатор битан је за одређивање мерења одрживости водних ресурса. Међу земљама чланицама ЕУ, Хрватска располаже са највише ресурса слатке воде (дугорочни просек: 26200  $m^3$  по становнику). Следе је Финска и Шведска са приближно 20000  $m^3$  по становнику. Насупрот томе, релативно низак ниво – испод 3000  $m^3$



по становнику – забележен је у шест држава чланица ЕУ са највећим бројем становника (Француској, Великој Британији, Шпанији, Немачкој, Италији и Пољској). Слична ситуација је и у Данској, Румунији, Белгији, Чешкој, Кипру и Малти [9].

У већем делу Европе укупно коришћење водних ресурса може се сматрати одрживим у дужем временском периоду. Међутим, одређени региони могу се суочити са проблемом недостатка воде. Ово се посебно односи на јужне делове Европе, где ће у будућности бити потребно уложити додатне напоре како би се повећао степен корисности постројења за прераду и дистрибуцију воде и применили ефикаснији системи за наводњавање у пољопривреди како би се спречавале сезонске несташнице воде. Региони повезани са ниским вредностима просечних падавина у току године, са великом густином насељености, региони са интензивним пољопривредним или индустријским активностима могу се суочити с питањима одрживости снабдевања водом у будућности.

Потрошња воде држава чланица ЕУ (јавни водоводи) за које су доступни подаци (слика 10.4) кретала се од високе вредности потрошње у износу од 146,2 m<sup>3</sup> по становнику у Ирској, до вредности од 26,4 m<sup>3</sup> по становнику у Белгији (подаци из 2011. године). Међу земљама које нису чланице ЕУ, изузетно велика вредност потрошње воде по глави становника забележена је на Исланду – 225,8 m<sup>3</sup> (подаци из 2005. године).



Слика 11.4: Потрошња воде по становнику чије је снабдевање обезбеђено из месног/градског водовода [9]

### 11.1.1.2 Република Србија

Законом о водама [10.10] и Законом о изменама и допунама закона о водама [11] наставља се

процес реформи у сектору вода, у складу са правном регулативом Европске уније. Након ступања на снагу важећег закона о водама, ступили су на снагу многи закони који делимично уређују и водопривредну област, те се јавила потреба за усаглашавањем закона о водама са тим законима [12].

Закон о јавној својини прописује да су водно земљиште и водни објекти добра од општег интереса и да се начин и услови искоришћавања регулишу посебним законом, дакле Законом о водама, који не садржи одговарајуће одредбе.

Закон из области планирања и изградње одредио је да је за добијање грађевинске дозволе потребно приложити евентуално и доказ о постојању права службености. Постојећим Законом о водама није регулисано издавање службености на водном добру.

Такође, новим законом покушавају се отклонити недостаци који су се јавили у примени постојећег закона у виду нејасних одредби о располагању водним земљиштем, о водним објектима за наводњавање и одводњавање, водним подручјима, годишњем програму управљања водама, садржини оперативних планова за одбрану од поплава, ерозионим подручјима, вађењу речних наноса, правним лицима надлежним за вршење испитивања квалитета отпадних, површинских и подземних вода, издавању и одузимању лиценци, водним актима и органима надлежним за издавање водних аката, финансирању послова од општег интереса у области управљања водама и органима надлежним за инспекцијски надзор и казнама. Закон прописује ко врши испитивање квалитета површинских и подземних вода. Ради заштите животне средине, врши се допуна одредби које уређују садржину Плана заштите вода од загађивања и прописују обавезу одређивања осетљивог подручја и надлежног органа који га спроводи. Услед усклађивања са прописима Европске уније, уводе се дефиниције појмова агломерација, биота, муљ, сеоски водовод, магистрални цевовод, поплаве, ледене поплаве, стандарди квалитета животне средине и хидромелорациони систем, вода за купање и вода за пиће.

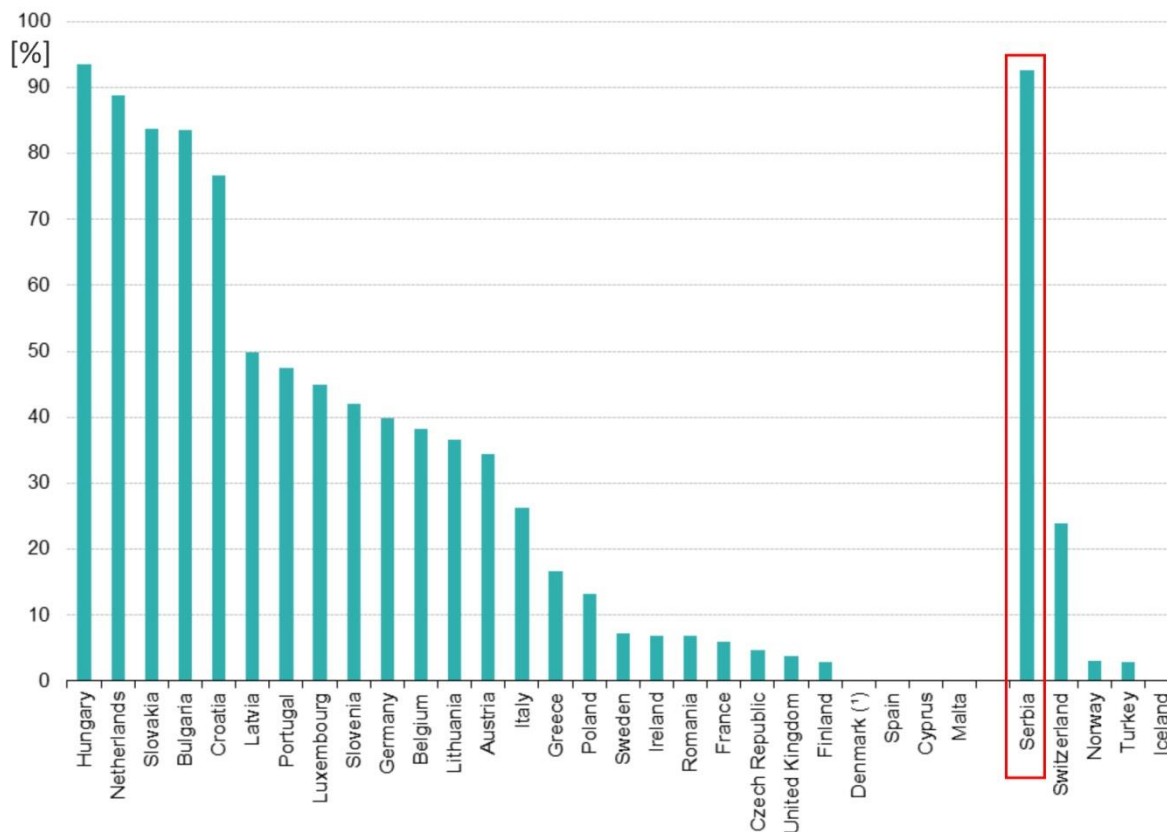
Стратегија Републике Србије у сектору вода предвиђа одређивање приоритета, пре свега оних који доприносе побољшању животних и економских услова, затим испуњавање преузетих обавеза по основу међународних споразума и даље усклађивање са важећом правном регулативом Европске уније. Укратко, основни циљеви су:

- потпуно усклађено и приступачно централизовано јавно водоснабдевање за најмање 93% становника Србије;
- обезбеђење приступачног сакупљања отпадних вода и одговарајући третман за све агломерације веће од 2.000 еквивалент становника.

Прекогранични водни токови обезбеђују главни удео ресурса слатке воде у Републици Србији у износу од 92,7%. У апсолутним износима то заправо чини 162,6 милијарди  $m^3$  воде – слика 10.5.

У табели 11.1 приказани су подаци о укупно коришћеној води и губицима воде приликом њеног транспорта у периоду 2013–2015. године у Републици Србији. У табели 11.2 приказане су вредности укупно испуштене воде и количине пречишћене воде за период 2013–2015. у Републици Србији.





Слика 11.5: Процентуални удео спољњег дотока воде – Р.Србија и државе чланице ЕУ [9]

Табела 11-1: Укупно коришћене воде и губици воде приликом транспорта 2013–2015. [13]

( ) Непотпун, односно недовољно проверен податак.	2013	2014	2015
<b>Укупно коришћене<sup>1)</sup> воде [мил. м<sup>3</sup>]</b>	<b>3 982</b>	<b>3 169*</b>	<b>3 848</b>
Домаћинства	324	309	(317)
Рударство	13	11	(10)
Пољопривреда, шумарство и риболов	114*	78*	(116)
Воде за наводњавање у пољопривреди	86	48*	(87)
Воде коришћене у сточарству <sup>2)</sup>	28	30*	(29)
Прерађивачка индустрија	117*	109*	(122)
Од тога: воде коришћене за хлађење	52	46	(52)
Снабдевање електричном енергијом, гасом и паром	3 308	2 576	(3 194)
Од тога: воде коришћене за хлађење	3 264	2 534	(3 148)
Остале области делатности <sup>3)</sup>	110*	88*	(89)
Воде коришћене као проточне воде у хидроелектранама <sup>4)</sup>	193 179	196 476	(195)
<b>Губици воде приликом транспорта<sup>5)</sup> [мил. м<sup>3</sup>]</b>	<b>211</b>	<b>216</b>	<b>(223)</b>

- 1) Воде коришћене из јавног водовода и сопственог водозахвата.
- 2) Процењен податак.
- 3) Воде из јавног водовода испоручене осталим пословним субјектима.
- 4) Проточне воде коришћене у хидроелектранама нису укључене у укупне коришћене воде.
- 5) Приказани губици представљају збир укупних губитака воде која се јавља на водоводној мрежи, губитке који се

Табела 11-2: Укупно испуштене воде и количине пречишћене воде 2013-2015. [13]

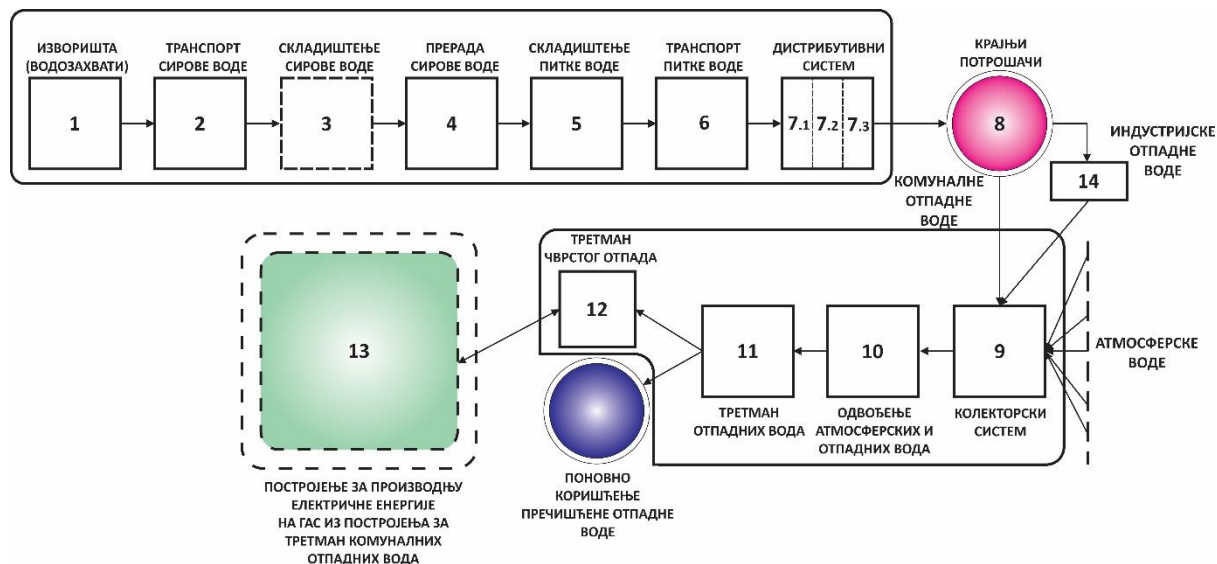
( ) Непотпун, односно недовољно проверен податак.	2013	2014	2015
<b>Укупно испуштене воде, [мил. м<sup>3</sup>]</b>	<b>3 831</b>	<b>3 059</b>	<b>(3 700)</b>
Отпадне воде из индустрије	84	82	(91)
Воде за хлађење	3 316	2 580	(3 200)
Отпадне воде из општина са јавном канализацијом	302	295	(296)
Отпадне воде из општина без јавне канализације	129	102	(113)
<b>Пречишћене отпадне воде, [мил. м<sup>3</sup>]</b>	<b>172</b>	<b>132</b>	<b>(123)</b>
<i>Од тога: примарним третманом</i>	115	82	(72)
<i>Од тога: секундарним третманом</i>	44	41	(42)
<i>Од тога: терцијерним третманом</i>	12	8	(9)
<b>Дужина мреже јавног водовода, [km]</b>	<b>39 623</b>	<b>40 273</b>	<b>(40 934)</b>
<b>Број домаћинстава прикључених на водовод</b>	<b>2 039 277</b>	<b>2 076 558</b>	<b>(2 090 305)</b>
Специфична потрошња воде по домаћинству [м <sup>3</sup> /дом./год.]	158,88	148,80	151,65
<b>Процент становништва прикључен на водовод [%]</b>	<b>81,5</b>	<b>83,0</b>	<b>(83,6)</b>
<b>Дужина мреже јавне канализације [km]</b>	<b>15 424</b>	<b>15 752</b>	<b>(15 918)</b>
<b>Број домаћинстава прикључених на канализациону мрежу</b>	<b>1 435 095</b>	<b>1 464 052</b>	<b>(1 481 513)</b>
<b>Процент становништва повезан на канализациони систем [%]</b>	<b>57,4</b>	<b>58,5</b>	<b>(59,2)</b>
<b>Процент становништва обухваћен третманом за пречишћавање отпадних вода [%]</b>	<b>10,4</b>	<b>11,2</b>	<b>(11,9)</b>
<i>Од тога: повезани најмање на секундарни третман</i>	9,4	9,9	(10,7)

## 11.2 Системи за снабдевање водом за пиће

На слици 11.6 приказана је упрошћена шема система за снабдевање водом за пиће, пречишћавање и одвођење атмосферских и отпадних вода, са основним елементима [14].

Као извор снабдевања водом користе се површинске и подземне воде. Површинске воде потичу из природних и вештачких језера, потока и река. Притом, у многим подручјима у којима су падавине оскудне, значајан удео у укупном снабдевању водом чине подземне воде. Подземне воде настају од воде која понире са површинског терена или из површинских базена

воде и изнад непропусних слојева образује подземну акумулацију воде. Према подацима Републичког завода за статистику [13], у току 2014. године на територији Републике Србије, процентуални удео површинских вода у односу на укупну вредност захваћене питке воде је износио 31,7%, док је удео подземних вода износио 68,3%. Такође, интересантно је напоменути да статистички подаци за предметну годину на територији АП Војводине показују да је захваћена питка вода 100% била из подземних вода.



Слика 11.6: Упрошћена шема система за снабдевање водом за пиће, одвођење и пречишћавање атмосферских и отпадних вода

У општем случају, водоводни системи састоје се од следећих објеката - технолошких целина – слика 11.6:

1. **изворишта (водозахвата)** – подземне воде (каптаже или цевасте и рени-бунари) или водозахвати површинских вода (реке, језера, вештачке акумулације);
2. **транспорта сирове воде до постројења за прераду** – пумпе, пумпне станице, цевоводи, отворени канали, тунели;
3. **складиштења сирове воде** – резервоари сирове воде;
4. **прераде воде** – с обзиром да је квалитет вода готово обавезна технолошка целина, примена техничко-технолошких поступака умногоме зависи од квалитета сирове воде и њеног хемијског састава:
  - подземне воде (поступци прераде: аерација, ретензија, филтрација и хлорисање и др.);
  - површинске воде (бистрења, пешчана филтрација, озонација, филтрација воде кроз филтере од активног угља и завршна дезинфекција хлором).
5. **складиштење питке воде** – резервоари воде за пиће;
6. **транспорта питке воде** – пумпне станица са пумпама које раде у паралелној спрези;
7. **дистрибутивног система** – састоји се од:

- 7.1 дистрибутивне мреже - система цевовода примарне (главни цевоводи великих пречника) и секундарне мреже (развод од главних чворишта до прикључака потрошача) укључујући и припадајућу арматуру (вентиле, регулационе вентиле и водоводне прикључке са водомерима и арматуром водомера);
- 7.2 резервоара воде за пиће (гравитациони резервоари) изграђених по правилу на највишим зонским тачкама у систему, чија је намена изравнавање дотока и потрошње воде (покривање шпигела дневне потрошње воде и пуњења у току ноћи, када је производња воде већа од потрошње), као и одржавање потребног притиска у дистрибутивној мрежи;
- 7.3 пумпних станица високог притиска (бустер пумпне станице) чија је намена снабдевање водом највиших висинских зона у дистрибутивној мрежи;
8. **потрошача** – домаћинства, индустрија, комерцијални, јавни сектор и потрошња воде посебне комуналне намене (хидранти, вода за прање улица, вода која се троши на грађевинским локацијама, вода за заливање паркова и других зелених површина и сл.).

У нашим општинама сусрећу се веома различити системи за снабдевање водом, од малих водовода којима управљају јединице локалне самоуправе (или чак месне заједнице), преко система који се напајају водом из неколико водозахвата и фабрика воде какве се сусрећу у великим градовима, па све до регионалних система који подмирују питком водом неколико јединица локалне самоуправе.

Мали месни водоводи настају најчешће неким видом самоорганизовања становника насеља (самофинансирањем) и читав систем најчешће се састоји од резервоара питке воде (каптажа извора чисте воде без постројења за прераду воде), мале пумпне станице и дистрибутивне мреже (у одређеном броју случајева напајање водом може бити гравитационо, без пумпе, односно пумпне станице у систему).

Градски водоводи су најчешће велике организације које у оквиру територијалне границе могу имати неколико засебних постројења за прераду воде, више пумпних станица и дистрибутивни систем (нпр.: ЈКП „Београдски водовод и канализација“ обухвата подручје 12 градских општина и пет постројења за прераду воде, док свака од преосталих пет градских општина на својој територији има сопствено ЈКП које снабдева водом потрошаче на територији наведених градских општина).

Регионални системи за снабдевање водом најчешће снабдевају водом више градова и општина. Овакви системи су прилично сложени и састоје се од акумулација, фабрика за прераду воде и магистралних цевовода са припадајућом арматуром са разводом до градских и општинских водовода. Значај оваквих система лежи у савременом управљању водним ресурсима, као и:

- централизованим и смањеним специфичним инвестицијама с обзиром на повећани број потрошача у систему,
- повећаној сигурности рада и снабдевања водом.

Регионални водоводи не искључују постојање градских и општинских водовода чија обавеза и даље остаје снабдевање водом и одржавање дистрибутивног система на територији ЈЛС. Дobar пример представља Регионални водоводни систем "Рзав" који водом снабдева Ариље, Пожегу, Лучане, Чачак и Горњи Милановац. Висински положај постројења за прераду воде у овом регионалном систему, обезбеђује гравитационо довођење сирове воде из акумулације "Ариље" као и гравитационо одвођење воде до градских резервоара у Ариљу, Пожеги, Лучанима и Чачку. Вода за Горњи Милановац доводи се гравитацијом до пумпне станице лоциране испод Горњег Милановца, одакле се потискује до једног од градских резервоара [15].

Према подацима Републичког завода за статистику [13], у току 2015. године на територији Републике Србије, процентуални удео домаћинства прикључених на систем за снабдевање водом за пиће износи 83,6%.

### ***Системи за одвођење и пречишћавање атмосферских и отпадних вода***

У Републици Србији, у већини случајева, ЈКП која се баве снабдевањем водом за пиће обављају и послове одвођења и пречишћавања атмосферских и отпадних вода. Отпадне воде представљају све употребљене воде, односно канализационе и атмосферске воде (кишницу и сливне воде). Сваки од система овог типа требало би да има технолошке целине приказане на слици 15.4.1:

9. **колекторски систем** – мрежа канализационих цеви, сливника, колектора, колекторских канала и тунела дуж којих се скупља отпадна вода из стамбених, јавних, комерцијалних, инфраструктурних објеката (путева, улица и сл.) и претходно третирана отпадна вода из индустријских објеката, која се транспортује ка једној или већем броју сабирних станица);
10. **систем за одвођење атмосферских и отпадних вода** – канализациона мрежа се пројектује тако да се транспорт отпадних вода, где год је то могуће, врши гравитационим путем, али у већим и сложенијим системима постоје и пумпне станице које се користе ради пребацивања отпадних вода од сабирника до главних колекторских канала и тунела или до постројења за прераду отпадних вода;
11. **постројење за пречишћавање (третман) отпадних вода** – порекло и састав отпадних вода директно утиче на избор примарних, секундарних или терцијалних метода и третмана за пречишћавање отпадних вода, те они могу бити механички, биолошки, напредни, физичко-хемијски и хемијско-биолошки;
12. **постројење за пречишћавање (третман) чврстог отпада (муља)** – прерада чврстог отпада укључује ситњење, сушење, спаљивање, одвођење створене мешавине воде и пепела;
13. **постројење за производњу електричне енергије на гас из постројења за третман комуналних отпадних вода** – произведена електрична енергија може се користити за сопствену потрошњу у постројењу за пречишћавање отпадне воде;
14. **постројење за претходно пречишћавање индустријских отпадних вода** – пре него што индустријска отпадна вода доспе у колекторски систем, она би морала бити пречишћена у наменски изграђеном постројењу за пречишћавање отпадне индустријске воде.

Врста, број и начин примењених третмана отпадних вода може бити променљив. Временско

трајање одређених третмана и сама природа истих умногоме зависи од састава и порекла отпадне воде. Примена третмана захтева изградњу спољашњих резервоара или лагуна. Величина ових резервоара и лагуна у директној је пропорцији са жељеним капацитетом прераде.

Стање у погледу пречишћавања отпадних вода у Републици Србији није на задовољавајућем нивоу. Према подацима Републичког завода за статистику [13], у току 2015. године на територији Републике Србије, процентуални удео домаћинства прикључених на канализациону мрежу износи 59,2%, док проценат становништва који је обухваћен третманом за пречишћавање отпадних вода износи 11,9% (од тога: повезани најмање на секундарни третман – 10,7%). Постројења за пречишћавање отпадних комуналних вода има веома мало. Постројења која раде имају проблеме у раду: засипање песком, хидрауличка преоптерећења услед инфилтрације и уласка атмосферских вода, загађења индустријским отпадним водама услед одсуства или неправилности у раду уређаја за предtretман индустријских отпадних вода, застарелу и неисправну опрему. Један од највећих проблема у раду постојећих постројења односи се на трошкове рада и амортизације, који су већи од средстава која ЈКП прикупљају од наплате за одвођење и пречишћавање атмосферских и отпадних вода. Економска неодрживост и технички проблеми у раду су већ довели до затварања одређеног броја постројења за пречишћавање отпадних вода у Србији.

### **11.3 Накнаде за коришћење воде и начин наплате**

Према важећем Закону о водама [11], јавна или јавно-комунална предузећа која пружају услугу снабдевања водом за пиће су, између осталих, обвезници плаћања накнаде за коришћење водног добра с обзиром да воду захваћену из површинских и подземних вода након прераде користе за снабдевање водом за пиће системом јавног водовода и/или регионалним и вишенаменским хидросистемима захватају и дистрибуирају воду (члан 154 и члан 155 Закона о водама). Накнада се плаћа према количини [ $m^3$ ] и квалитету захваћене воде.

Референтна цена воде се утврђује на основу оперативних трошкова снабдевања водом за пиће системом јавног водовода и оперативних трошкова сакупљања, одвођења и пречишћавања отпадних вода системом јавне канализације, као и трошкова одржавања и амортизације водних објеката. Влада Републике Србије:

- 1) утврђује методологију за обрачун цене снабдевања водом за пиће системом јавног водовода и цене сакупљања, одвођења и пречишћавања отпадних вода системом јавне канализације;
- 2) ближе утврђује критеријуме за одређивање референтне цене воде;
- 3) одређује референтну цену воде.

Према истом Закону, накнада за испуштену воду плаћа се за непосредно или посредно испуштање воде у реципијент или јавну канализацију. Јавна предузећа или јавна комунална предузећа која врше сакупљање, одвођење и пречишћавање отпадних и атмосферских вода системом јавне канализације су обвезници плаћања наведене накнаде, као и накнаде за загађивање вода (уколико испуштају загађене отпадне воде у сопствену канализацију, водотоке, канале, језеро, акумулацију и сл.). Надокнада за испуштену воду се у овом случају плаћа према количини [ $m^3$ ] и врсти испуштене отпадне воде. На почетку сваке календарске

године, Влада доноси Уредбу [16] којом прописује висину накнаде за коришћење вода, накнаде за испуштenu воду, као и накнаду за загађивање вода.

У ингеренцији ЈП и ЈКП која пружају услуге снабдевања водом за пиће и одвођења и пречишћавања атмосферских и отпадних вода предвиђено је дефинисање тарифног система укључујући и износе накнаде за одређене тарифне ставове. Сагласност на предлог тарифног система даје скупштина општине, односно града. Стога у пракси изглед рачуна за наплату утрошене воде и одведене отпадне воде варира од једне до друге општине односно града. У највећем броју случајева можемо разликовати тарифне ставове за утрошену воду за дефинисане групе потрошача, за одвођење и пречишћавање отпадних вода (по групама потрошача), док се у одређеном броју случајева јавља и фиксна надокнада по прикључку. У општем случају, групе потрошача могу бити домаћинства и остали потрошачи. У табели 11.3 дате су карактеристичне вредности цене снабдевања водом и одвођења отпадних вода.

Табела 11-3: Цена услуга снабдевања водом и одвођења (пречишћавања) воде

Место/Град:	ТИП ПОТРОШАЧА:	ВОДА	ОДВОЂЕЊЕ ОТПАДНИХ ВОДА	УКУПНО СА ПДВ-ом
		[дин.]/ [€]	[дин.]/ [€]	[дин.]/ [€]
БЕОГРАД	СРЦ (базени)	56,63/ 0,455	22,89/ 0,184	79,52/ 0,640
	Остали потрошачи	93,71/ 0,754	50,43/ 0,406	144,14/ 1,159
НИШ	Остали корисници	122,69/ 0,987	21,33/ 0,188	144,02/ 1,158
	Корисници чији се трошкови финансирају на терет буџета града Ниша	73,52/ 0,591	13,96/ 0,112	87,48/ 0,704
НОВИ САД	Пословни потрошачи	128,57/ 1,034	80,88 / 0,651	209,45/ 1,685
СРЕМСКА МИТРОВИЦА	Предузећа, радње, установе	78,41/ 0,630	40,71/ 0,327	119,12/ 0,958
	Школе, ПУ, ЗЦ, ВС, КПЗ	45,10/ 0,363	22,57/ 0,182	67,67/ 0,544
КРАЉЕВО	Привреда	107,08/ 0,861	44,58/ 0,359	151,66/ 1,220
КРАГУЈЕВАЦ	Привреда	79,1/ 0,636	52,42/ 0,422	131,52/ 1,058



СУБОТИЦА	Пословни простор	51,70/ 0,416	72,6/ 0,584	124,30/ 1
	Бенефицирани потрошачи и занатство	51,70/ 0,416	67/ 0,539	118,7/ 0,955
<p>Извор:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– <a href="http://www.jkpnaiissus.co.rs/index.php/usluge">http://www.jkpnaiissus.co.rs/index.php/usluge</a></li> <li>– <a href="http://www.jkpvik-kg.com/wp-content/uploads/2014/12/Cenovnik-15.02.2015..pdf">http://www.jkpvik-kg.com/wp-content/uploads/2014/12/Cenovnik-15.02.2015..pdf</a></li> <li>– <a href="http://www.vodovodkv.co.rs/cenovnik.html">http://www.vodovodkv.co.rs/cenovnik.html</a></li> <li>– <a href="http://vodovodsm.rs/korisnici/cene-usluga">http://vodovodsm.rs/korisnici/cene-usluga</a></li> <li>– <a href="http://www.vikns.rs/lat/index.html">http://www.vikns.rs/lat/index.html</a></li> <li>– <a href="http://www.bvk.rs/%D1%86%D0%B5%D0%BD%D0%B5/">http://www.bvk.rs/%D1%86%D0%B5%D0%BD%D0%B5/</a></li> <li>– <a href="http://www.vodovodsu.rs/25-Cenovnik-usluga">http://www.vodovodsu.rs/25-Cenovnik-usluga</a></li> </ul>				

Није реткост да се група осталих потрошача буде разврстана у неколико засебних група нпр.: корисници чији се трошкови финансирају на терет буџета, СРЦ, предузећа, радње и установе као јединствена група и сл. Крајњим корисницима вода се најчешће обрачунава и фактурише на основу читавања водомера, а количина утрошене воде на фактури представља разлику између два очитана стања водомера.

У зградама у којима се утрошак воде мери преко једног заједничког водомера на водоводном прикључку (где нема уграђених индивидуалних водомера), накнада за утрошену воду дели се на јединствен начин на све кориснике. Најчешћи критеријуми (које одређују сами корисници) могу бити површина стамбеног, односно пословног простора [ $m^3/m^2$ ] или број корисника стамбеног или пословног простора. Потрошачима који немају уграђен водомер, утрошена вода најчешће се фактурише паушално или процентуално (у зависности од групе потрошача и врсте делатности), а у складу са нормативима потрошње.

Прорачун **регистроване потрошње воде** своди се на анализу измерене и неизмерене количине испоручене воде у дистрибутивни систем и дела извезене воде, као и удела фактурисане и нефактурисане потрошње. Уколико је у ЈКП успостављен добар систем мониторинга потрошње, односно ажурно вођен систем евиденције наплате, онда прорачун оваквог типа не би требало да представља проблем. Анализом постојеће архиве рачуна за испоручену воду ЈКП за одређени посматрани временски период, могуће је установити вредности **фактурисане измерене потрошње** (у физичким и новчаним јединицама), као и вредности **фактурисане неизмерене потрошње** (паушална наплата потрошње воде). Фактурисана измерена потрошња воде обухвата испоручену воду стамбеним, јавним, комерцијалним и индустријским објектима на територији ЈЛС. У одређеном броју случајева, фактурисана измерена вода може бити испоручена другим корисницима ван граница дистрибутивног система – извезена количина воде (у ову категорију треба подвести и све друге привремене или неубичајене испоруке фактурисане измерене воде).

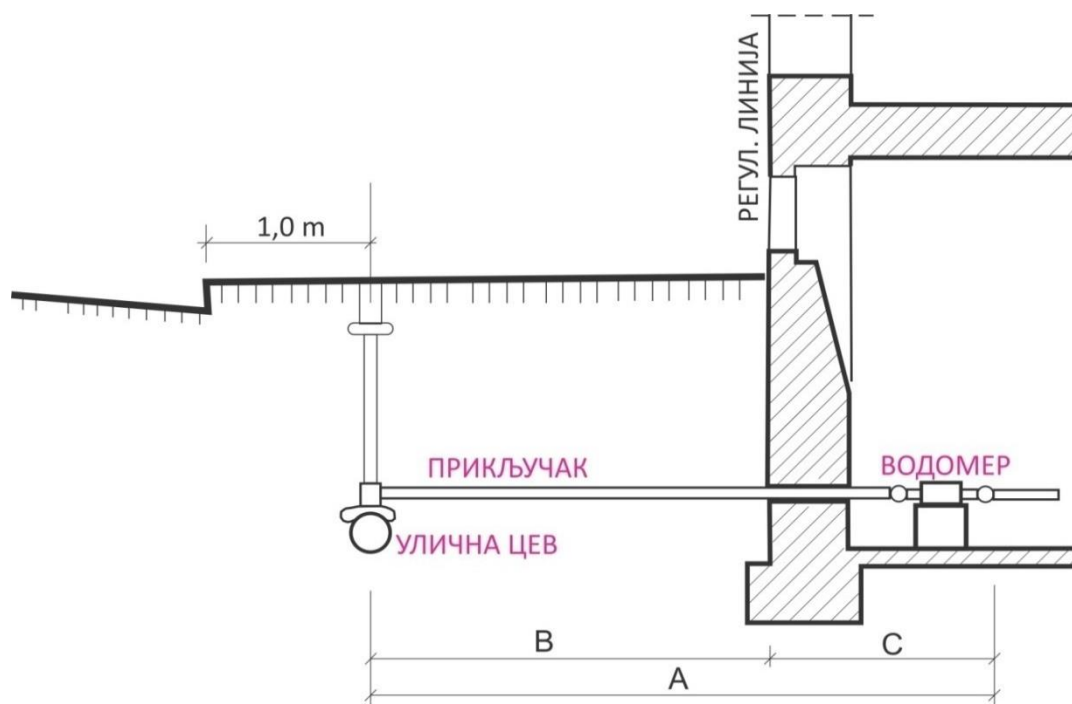
**Фактурисана неизмерна количина воде** представља ону воду коју ЈКП испоручује крајњим

корисницима на основу уговора о снабдевању у зградама које се користе за становање, као и за обављање пословних делатности, а у које нису уграђени посебни водомери на водоводном прикључку и индивидуални водомери. Начин расподеле накнаде за воду између корисника стамбеног, односно пословног дела одређују споразумно сами корисници зграде, водећи при томе рачуна о односу стамбеног и пословног дела зграде и природи пословне делатности која се обавља у таквој средини. Притом, корисници пословног простора дужни су да јавном предузећу за водовод и канализацију доставе податке о површини пословног простора који користе. Одлуку о начину обрачуна, односно расподеле накнаде за воду и употребљену воду на поједине кориснике у згради, орган управљања зградом доставља предузећу за обједињену наплату. Такође, пример овакве потрошње може бити испорука фактурисане неизмерене воде на основу уговора који је ЈКП склопило са инвеститором грађевинског објекта у изградњи (испорука воде из хидранта у току изградње објекта).

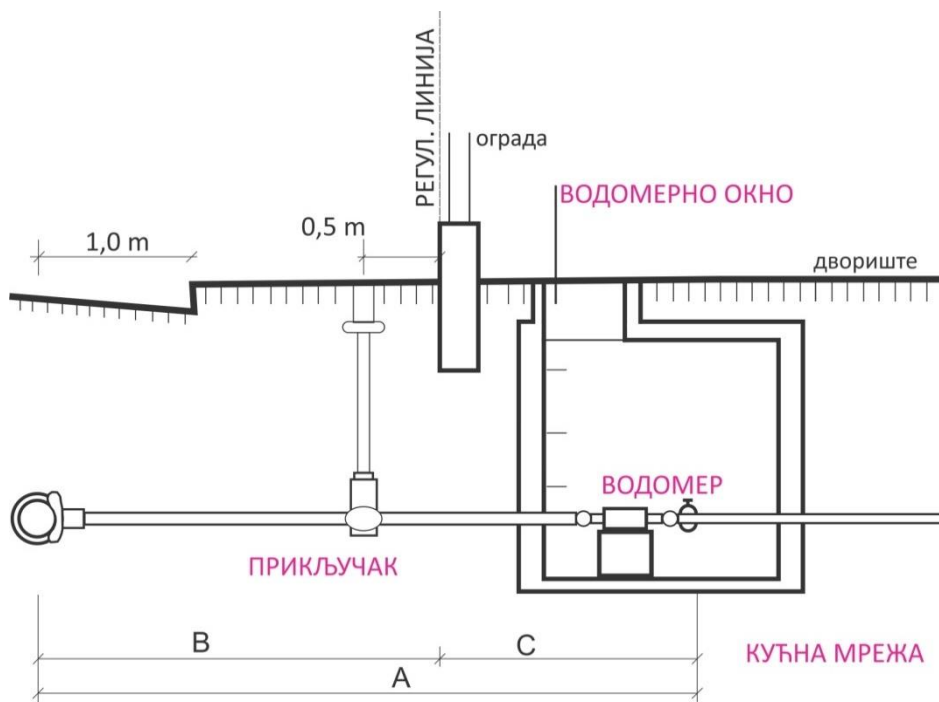
#### 11.4 Постојеће комерцијалне и зграде јавно-услужног сектора као потрошачи воде

##### 11.4.1.1 Водоводне инсталације у зградама

Унутрашње водоводне инсталације – слика 11.8, су интерна инсталација водовода од затварача који се налази у водомерном окну непосредно иза водомера [17].



Слика 11.7: Кућни прикључак са водомером у згради



Слика 11.8: Кућни прикључак са водомером испред зграде

**Водоводни прикључак** је цевни спој од уличне водоводне мреже до затварача иза водомера. Под кућним прикључком подразумева се цев А од уличне мреже до вентила иза водомера, са свим арматурама које се на тој цеви налазе – слика 11.7. Кућне прикључке постављају радници комуналног предузећа. Прикључни вод до регулационе линије Б спада у градску мрежу и одржава га градски водовод о свом трошку, а од регулационе линије до кућног вентила Ц одржава градски водовод о трошку власника [18].

Услове, односно техничке податке за водоводни прикључак, водомер и склониште за водомер одређује одговарајуће ЈКП. Власник стана, зграде или пословних просторија може о свом трошку уграђивати индивидуалне, контролне водомере за мерење потрошене воде. Водоводни прикључак са водомером о свом трошку одржава одговарајуће ЈКП. Индивидуалне водомере о свом трошку одржава корисник стана, односно пословне просторије.

#### Није дозвољено :

- бесправно и самовољно постављање водоводног прикључка од стране неовлашћеног лица, без одговарајуће техничке документације и сагласности ЈКП које врши услугу снабдевања водом;
- повезивање унутрашњих водоводних инсталација спојених на јавни водовод са водоводним инсталацијама и уређајима који добијају воду из индивидуалног изворишта;
- уграђивање цевних инсталација на водоводном прикључку испред водомера;
- прикључивање унутрашњих водоводних инсталација на јавни водовод преко унутрашњих водоводних инсталација суседне или друге зграде, као и омогућавање

таквог прикључења;

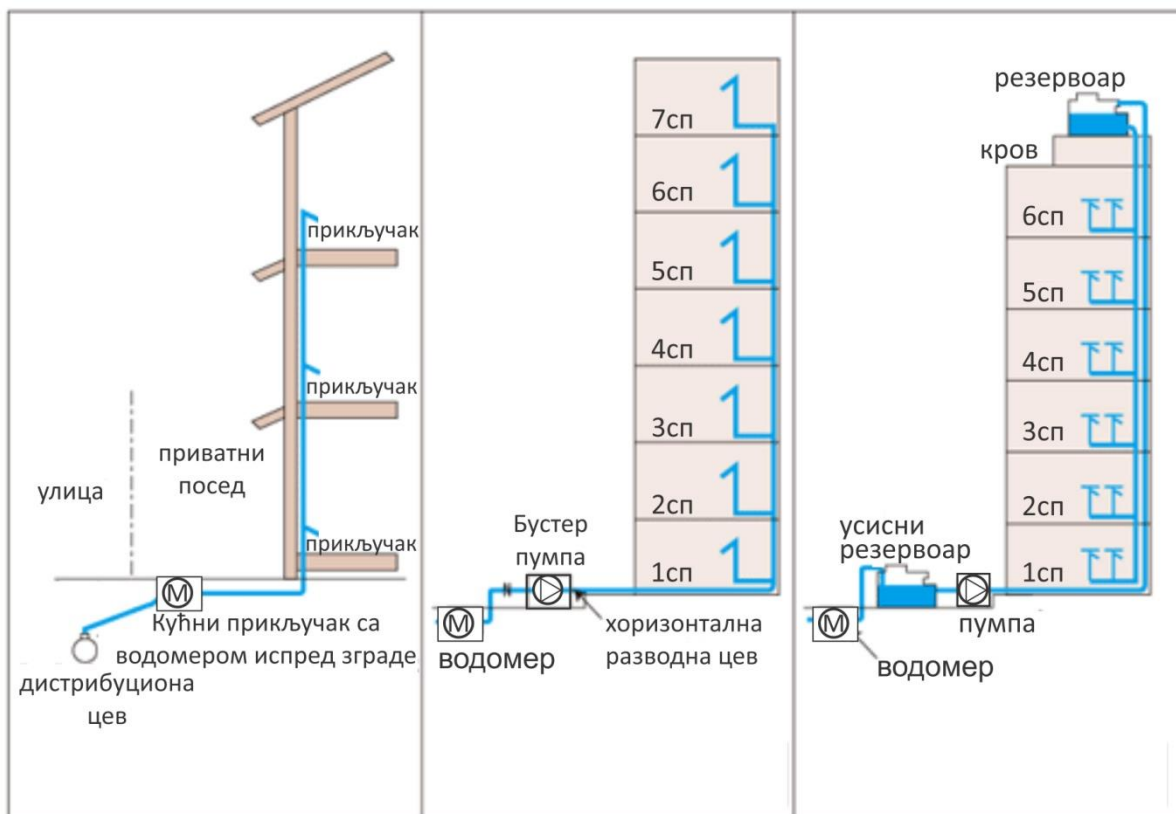
- ненаменско коришћење воде за пиће;
- корисник воде може да затвори затварач иза водомера само ако то захтева поправка унутрашњих водоводних инсталација. Изузетно, у циљу спречавања евентуалне штете, корисник воде може да затвори и затварач испред водомера у случају квара на водомеру или на затварачу иза водомера, с тим што је дужан да одмах о томе обавести одговарајуће ЈКП које врши услугу снабдевања водом.

**Склониште за водомер (шахт)** мора да се одржава тако да је увек чисто, суво и приступачно и да је водомер заштићен од мрза, оштећења и крађе. О одржавању склоништа за водомер старају се власници зграде, односно станова, а у стамбеној згради у друштвеној или државној својини предузеће коме је поверено одржавање тих зграда.

Вода се захвата на месту споја уличне цеви и даље се снабдевање према згради обавља прикључном цеви. У згради, обично у подруму, иде хоризонталном разводном цеви, одакле се одвајају вертикале, а од њих се одвајају хоризонталне гране и огранци до места потрошње.

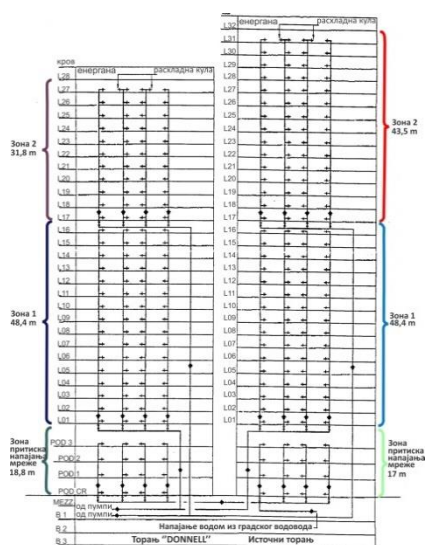
Шеме кућних водовода зависе од притиска у уличној мрежи, висине зграде и распореду места потрошње у згради. На слици 11.9 приказана су три случаја могућег снабдевања водом зграде. У првом случају, ради се о згради са три етажe (приземље и два спрата). Снабдевање водом се врши директно из мреже јер је притисак у мрежи довољан за савладавање хидрауличких губитака у кућном делу мреже – слика 11.9 а.

У вишим зградама прикљученим на комунални водовод може се догодити да вредност притисака у уличној цеви није довољна да задовољи све потребе (потрошња на највишим спратовима итд.) – слика 11.9 б. У том случају се практикује постављање помоћне бустер-пумпе чији је технички задатак да савлада губитке у кућном делу мреже и оствари жељени проток у систему. Такође, могуће решење оваквог проблема може бити постављање помоћног резервоара који се пуни у време када је притисак у дистрибуционој мрежи довољан за савладавање хидрауличких губитака у кућном делу мреже – слика 11.8 ц. Када је вредност притиска у систему мала, онда се снабдевање водом врши гравитационим путем из резервоара који се налази на врху зграде. Да би се спречио продор воде са доње стране резервоара (случај повишене вредности притиска у систему), на резервоару се поставља неповратна клапна (неповратни вентил). С друге стране, да би се спречило пражњење кућне водоводне мреже, испред водомера се поставља неповратна клапна која дозвољава проток воде само у једном смеру – према згради – слика 11.9 ц.



Слика 11.9: Главни елементи и шема повезивања водовода у зависности од спратности зграде

У изразито високим зградама, вредност притиска у уличној мрежи није довољна да би се остварио технички задатак и вода транспортовала до највиших спратова, те је неопходно поставити уређаје за повишење притиска у систему. Најчешће се примењују гравитациони резервоари, хидрофори, бустер-пумпе и мини пумпне станице. Систем се пројектује тако да се максимално искористи притисак у дистрибуционој мрежи, а да притом не дође до превисоког притиска у инсталацијама зграде. Због тога се високе зграде деле у висинске зоне, при чему свака зона обухвата неколико спратова (највише 10).



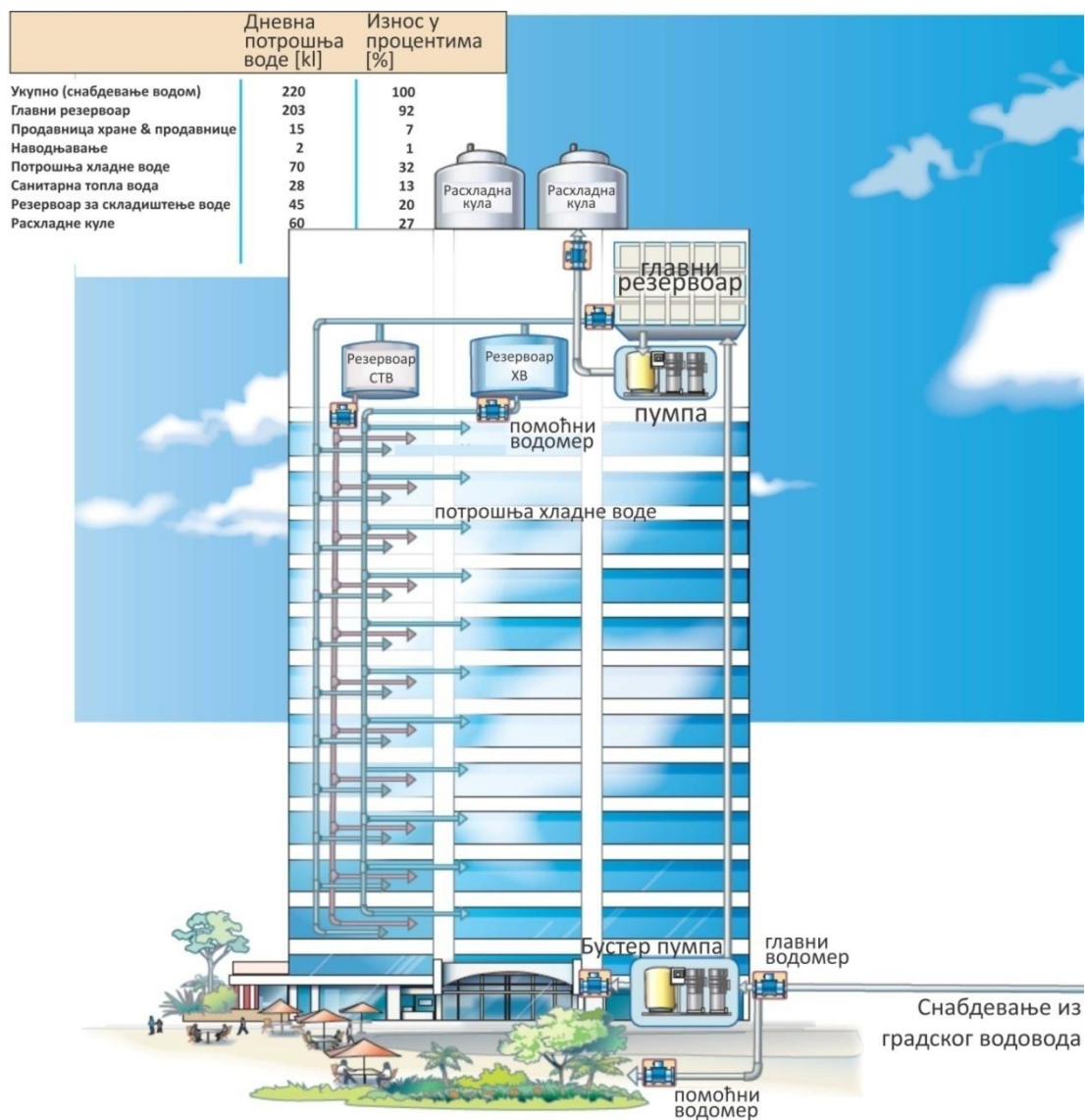
На слици 11.10 приказана је шема водовода у високој згради састављеној од два торња. Леви торањ има 28 спратова и четири доње етажe, док се десни торањ састоји од 32 спрата и такође четири доње етажe. Инсталација је и у једном и у другом торању подељена у 3 зоне.

Торањ лево: Зона – до 1. спрата снабдева четири етажe до првог спрата директно из дистрибуционе мреже.

Торањ лево: Зона 1 – снабдева водом кориснике од 1. до 17. спрата, радом засебне пумпе.

Торањ лево: Зона 2 – снабдева кориснике од 17. до 28. спрата, радом засебне пумпе.

Слика 11.10: Шема развода хидрауличног система по висинским зонама



Слика 11.11: Шема развода хидрауличног система за комерцијалне пословне зграде [19]

**Градска канализација** обухвата канализациону мрежу, цевне канале и колекторе са припадајућим објектима (ревизиона окна, улични сливници, таложници, вентилациони објекти, канализациони прикључци), црпне станице и постројења за пречишћавање отпадних вода.

**Унутрашње инсталације канализације** су инсталације и објекти (уређаји) за одвођење отпадних и атмосферских вода из зграде и другог објекта у градску канализацију до првог ревизионог окна иза регулационе линије.

**Канализациони прикључак** је цевни спој од уличне канализационе мреже до првог ревизионог окна иза регулационе линије који је најближи уличном каналу. Услове за пројектовање и сагласност на прикључак даје се на основу техничких норматива које одређује одговарајуће ЈКП које врши услугу канализације отпадних вода. Трошкове постављања канализационог прикључка и сагласности на прикључак сноси инвеститор. Канализациони



прикључак одржава о свом трошку ЈКП које врши услугу канализације отпадних вода. Власник стана, зграде или пословних просторија стара се о одржавању интерне канализације и првог окна са ревизионим силазом иза регулационе линије и сноси трошкове одржавања. Ревизионо окно мора да се одржава тако да омогућује правилно функционисање унутрашњих инсталација канализације, као и несметан рад у њему.

#### **11.4.1.2 Карактеристичан профил потрошње воде у зградама**

Како расположива вода све више постаје ограничени ресурс, сви субјекти морају тежити одрживом развоју заснованом на ефикасном коришћењу воде. Оваква стратегија би требало да буде заснована на смањењу потрошње свих видова коришћене воде (питка вода, техничка вода и сл.), као и на одговарајућем третману отпадних вода у циљу уштеде расположивих ресурса, смањења трошкова, смањења потенцијалних застоја и побољшања пословања.

У великом броју случајева, потрошњи воде у сектору зградарства готово да није придавана никаква посебна пажња, како у фази планирања и пројектовања, тако и у фази експлоатације и одржавања. Ова чињеница у комбинацији са праксом непотребне потрошње воде често доводи до неефикасног коришћења воде у зградама. Сагледавајући тренд сталног повећања потрошње воде и хроничним недостатком исте, као и повећањем трошкова водоснабдевања и канализације отпадних вода и њеног пречишћавања, корисници и власници почињу да схватају директне користи које проистичу применом праксе ефикасног коришћења воде.

Потрошња воде у постојећим комерцијалним и зградама јавно-услужног сектора креће се у опсегу 10-20% укупних потреба система за водоснабдевање у урбаним срединама, са веома широким могућностима за одрживо управљање ресурсима. У поменутом сектору зградарства, за разлику од индустријског сектора, знатно је лакше идентификовати мере и активности које треба спровести ради смањења потрошње воде. То произилази из чињенице да значајан удео укупне потрошње воде чини потрошња воде унутар контролне границе објекта и да, у том смислу, начин потрошње воде може бити веома сличан моделу потрошње у стамбеним зградама. С друге стране, потрошња воде у постојећим комерцијалним и зградама јавно-услужног сектора се умногоме разликује од потрошње воде у приватном сектору (у стамбеним објектима) због чињенице да воду користе запослени или корисници таквих објеката који директно не сnose трошкове њеног коришћења. Као последицу, имамо чињеницу да је потрошња воде знатно већа него када се вода користи за сличне намене у стамбеним објектима. У складу с тим, препоручене стратегије уштеде воде у санитарним инсталацијама постојећих комерцијалних и зграда јавно-услужног сектора понекад се разликују од оних препоручених за резиденцијалне објекте. Поред тога, неопходно је овакве мере и активности усагласити са захтевима који проистичу из законске и подзаконске регулативе везане за сигурност на раду, здравствене и санитарне прописе, као и прописе јавно комуналних делатности.

Санитарије у комерцијалним, а посебно зградама јавно услужног сектора су подложне разним захтевима који морају бити узети у обзир приликом планирања, опремања и изградње санитарних чворова. Јавни санитарни чворови се разликују на основу њихове доступности, учесталости коришћења и потенцијалног ризика уништења. Конструкциона и пратећа решења



требало би да буду прилагођена начину планиране употребе.

Инсталације водовода у самој згради требало би проверавати на редовној основи. С обзиром на чињеницу да, низструјно од мерача протока, одговорност за било какав квар лежи на власнику објекта, чак и у случајевима када власник изнајмљује објекат и омогућава трећим лицима да га користе, одржавање би требало да обухвата редован преглед, превентивно одржавање и евентуалне поправке.

Срећом, постоји широк спектар мера и активности чијом је применом могуће остварити побољшање степена корисности система за дистрибуцију воде у зградама. Један број мера и активности везан је за фазу планирања и пројектовања одговарајућих инсталација унутар самог објекта, техничко-технолошких реконструкција, ревитализација постојећих инсталација и/или промене начина коришћења постојећих система у згради. Уштеда воде у физичким јединицама директно је повезана са смањењем новчаног износа потребним за измирење рачуна за утрошену воду и канализацију и/или пречишћавање отпадних вода.

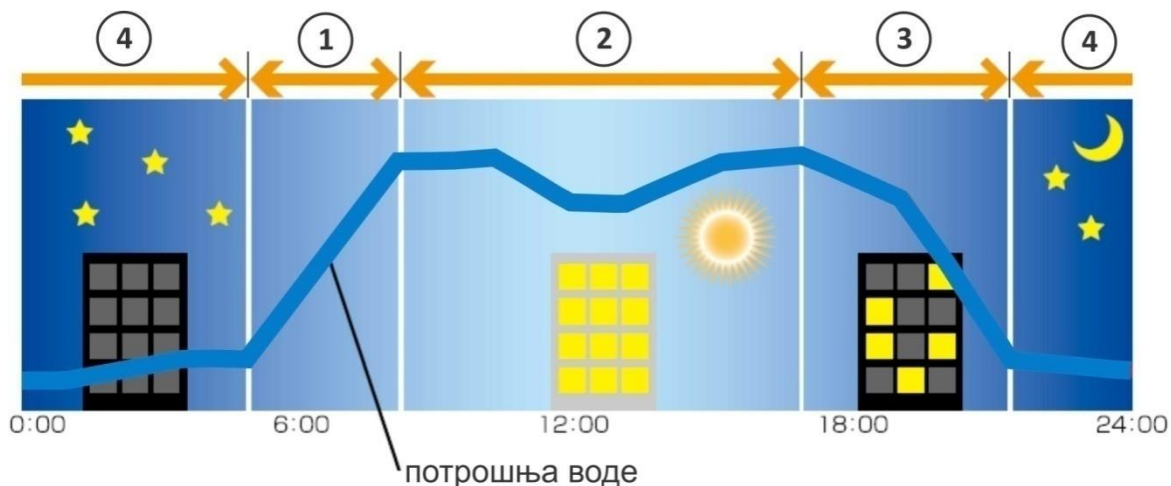
### **11.5 Биланс воде у комерцијалним и зградама јавно-услужног сектора**

Први корак у усвојеној стратегији представља утврђивање поредбене вредности потрошње воде у одређеном временском периоду (најчешће потрошња сведена на календарску годину).

То заправо подразумева снимање стања тренутне потрошње воде у објекту (карактеристична часовна потрошња, карактеристична дневна потрошња – дневни и ноћни режими, карактеристична месечна потрошња), као и идентификацију потенцијалних места цурења у санитарним инсталацијама, као и у санитарним системима за одвођење канализационе воде. Такође, неопходно је проверити потрошњу воде у свим карактеристичним временским периодима – слика 11.12.

Израда биланса воде у објекту од суштинског је значаја за добијање слике о стварној потрошњи воде (колика количина воде се троши, где се вода троши, на који начин се вода троши) и на тај начин, веома поуздано, могу се утврдити могућности за смањење потрошње воде, за повећање ефикасности коришћења воде и за посредно смањење трошкова. У том смислу, неопходно је:

- у потпуности се упознати са начином снабдевања водом, начинима дистрибуције и местима њене потрошње у објекту;
- одредити карактеристичне профиле потрошње односно начина потрошње воде;
- одредити мањкавости и недостатке у систему снабдевања, укључујући цурења и губитке у систему;
- утврдити поредбену вредност потрошње воде, базну потрошњу воде;
- одредити начине за смањење потрошње воде, укључујући ту и могућност за поновно коришћење воде.



- ① потрошња воде непосредно пре почетка радне смене;
- ② потрошња воде у току радног времена;
- ③ потрошња воде непосредно после завршетка радног времена;
- ④ потрошња воде ван радног времена (потрошња воде у току ноћи, потрошња воде током викенда, потрошња воде током празника)

Слика 11.12: Потрошња воде у карактеристичним временским периодима у току једног дана

На слици 11.13 приказана је методологија за спровођење биланса потрошње воде у комерцијалним и зградама јавно-услужног сектора.



Слика 11.13: Методологија за спровођење биланса воде

Спровођење овако дефинисане методологије зависи од техничке стручности лица која су укључена у процес реализације. Умногост, доступност и поузданост података имају директан утицај на квалитет биланса воде. С обзиром на могућу сложеност техничко-технолошких

система, као и на читав варијетет опреме која се може наћи у комерцијалним и зградама јавно-услужног сектора, за спровођење озбиљне и детаљне анализе неопходно је ангажовање стручњака различитих профила (формирање тима грађевинске, машинске, електро, технолошке, економске струке). Такође, у овај процес битно је укључити и оперативно радно особље јер се неке врло важне информације могу добити управо од особља које је на дневној бази ангажовано на пословима управљања и одржавања у оваквим системима. Прикупљање података, пре свега, подразумева одређивање границе система за снабдевање водом за пиће, односно система за канализацију отпадне воде, дефинисање одговарајућих функционалних шема система – подсистема, утврђивање мерних места у систему (мерачи протока и мерачи потрошње електричне енергије), утврђивање јасних токова воде и енергије. Такође, **за систем снабдевања водом за пиће** неопходно је прикупити:

- опште податке (подаци о комерцијалној згради или згради јавно-услужног сектора, назив, структура власништва, одговорно лице, адреса, подаци о особи за контакт, организациона шема, систем менаџмента);
- податке о важећем тарифном систему (накнада за утрошену воду, накнада за канализацију отпадних вода, накнада за пречишћавање воде, фиксна накнада, износ ПДВ-а);
- рачуне о утрошеној, канализаној и пречишћеној води (најчешће месечни рачуни) – податке о физичкој потрошњи [ $m^3$ /месец]; [l/месец] упарене са одговарајућим новчаним издацима за потрошњу, канализацију и пречишћавање воде [дин/месец];
- податке о технолошким целинама унутар система – мапирање система (извор података: пројектна документација, техничка документација, процесни дијаграми, технички цртежи – детаљне шеме опреме и цевовода, шема дистрибутивне мреже (ако постоји комплекс зграда), шема инсталације водовода у самој згради, упутства за руковање);
  - начин снабдевања водом: јавни водовод, сопствено снабдевање (бунар, каптирани извори или комбинација наведених начина снабдевања водом);
  - капацитет бунара (број бунара, распоред, капацитет);
  - пумпе за транспорт воде (број пумпи, начин спреге, снага, напор, проток, степен корисности, брзина обртања, број радних сати);
  - резервоари воде, одговарајуће запремине резервоара, карактеристичне коте и нивои;
  - постројење за прераду сирове воде (изглед, тип, капацитет, ако постоји);
  - унутрашња инсталација (шема система, хоризонтални и вертикални развод, пратећа арматура, зонирање система, карактеристичне дужине цевовода, одговарајући пречници цевовода, материјал цеви):
    - шема санитарне инсталације, број карактеристичних прикључака, врста потрошача,
    - подаци о врсти и карактеристикама цевовода по трасама (димензије, материјал, изолација, коефицијент трења),

- подаци о арматури (врста, тип, карактеристике, димензије),
  - број резервоара воде за пиће, запремина резервоара, карактеристични нивои, начини регулације;
  - број бустер пумпних станица – карактеристике уграђених пумпи (снага, напор, проток, степен корисности, брзина обртања, број радних сати).
- шема мерних места, број водомера, шема повезивања водомера са одговарајућим потрошачима воде у систему (постојећи мерни уређаји у систему: мерачи протока, мерачи притиска, мерачи нивоа у резервоарима, мерење потрошње електричне енергије, диспозиција постојећих мерних места у систему, поузданост постојећих мерних уређаја, недостајући мерни уређаји, устаљена пракса мониторинга потрошње воде, притиска у систему и потрошње енергије);
  - биланс потрошње воде на дневном, месечном и годишњем нивоу (губици у систему – стварни и привидни);
  - податке о карактеристичним радним режимима: дневни, ноћни, викенд, празник, летњи и зимски радни режим;
  - податке о потрошачима – укупан број запослених, укупан број корисника објекта, карактеристични подаци (нпр. број кревета у болницама);
  - уколико се ради о комплексу зграда, број прикључених зграда на систем снабдевања водом (мапирање система снабдевања), потрошња воде у свакој од зграда (водомери);
  - подаци о посебним сервисима у зградама у којима се вода троши: системи за грејање, системи за производњу санитарне топле воде, системи за хлађење, системи за климатизацију, системи за противпожарну заштиту, системи за наводњавање, сервиси за прање веша (вешераји), сервиси за припрему и послуживање хране (кухиње, кантине, ресторани и сл.), гараже са услугама прања аутомобила, базени, сауне, санитарна потрошња воде и др.);
  - податке о карактеристичној опреми, уређајима (тип, модел, радне карактеристике, година производње, број радних сати, снага, степен корисности, номинална потрошња воде), податке о начину управљања системом;

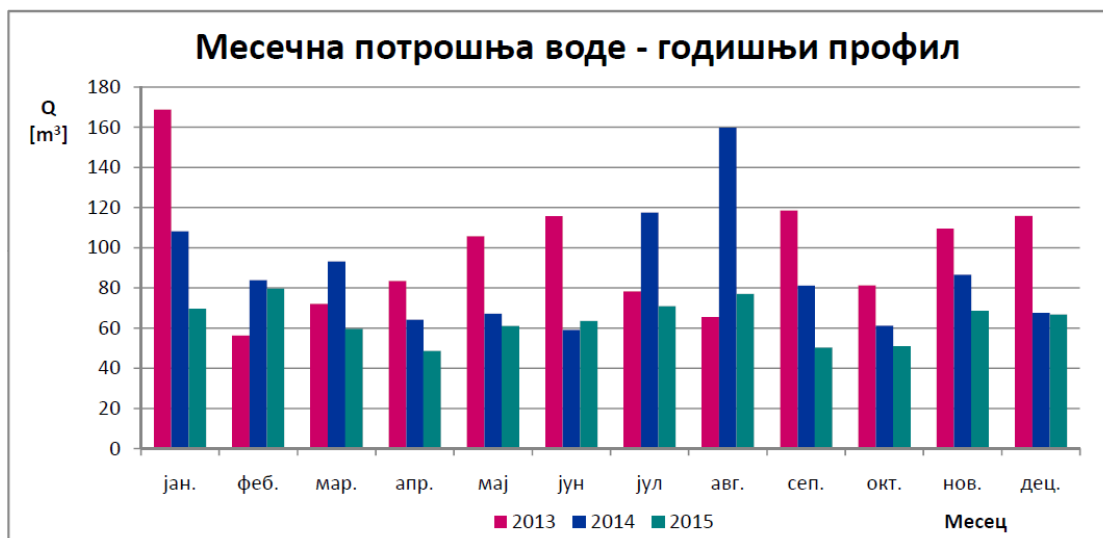
Као резултат спроведеног биланса потрошње воде и прикупљених података о потрошњи воде (месечних рачуна) могуће је генерисати дијаграме приказане на слици 11.14÷11.16. На основу оваквих дијаграма, могуће је извести закључке у погледу прекомерне потрошње у периодима када таква потрошња није очекивана (нпр: потрошња воде у току школског распуста) или на основу дијаграма поређења месечних потрошњи у току две или више година, установити драматична одступања у потрошњи воде у истом месецу током различитих година. Недостатак овакве анализе огледа се у чињеници да се она може спроводити након дужег временског периода праћења и да се, у случајевима када нема карактеристичних прекида активности у току године, не могу донети консеквентни закључци у погледу остварене потрошње воде.

Стога, уколико је могуће, постојеће водомере би требало заменити савременим водомерима са пулсним одзивом који имају могућност читавања тренутне часовне потрошње. Одређени произвођачи опреме нуде надоградњу сопствених модела водомера уређајем са новом

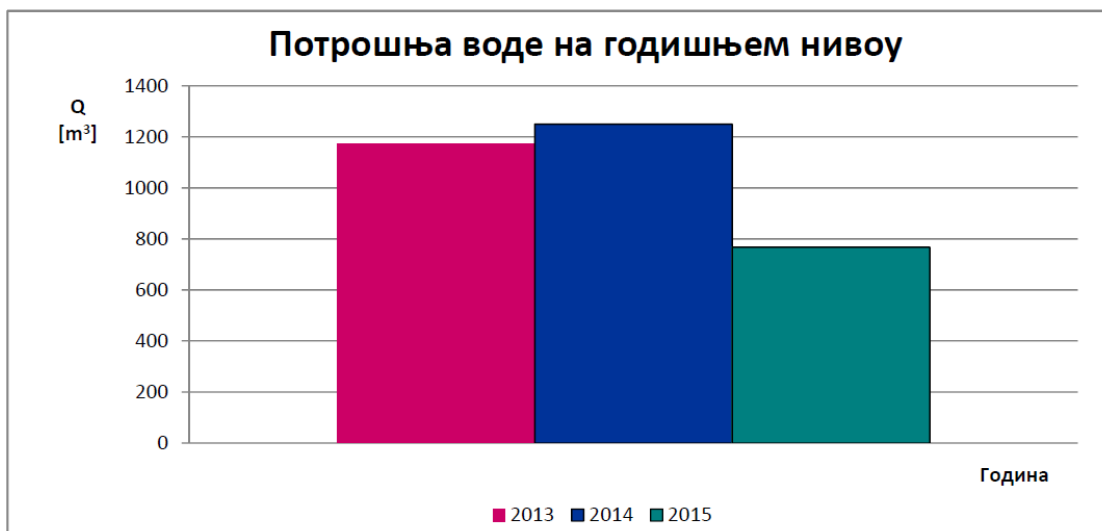
децилитарском казаљком са индикатором импулса и заменом постојећег стакла, стаклом припремљеним за даљинско читавање.



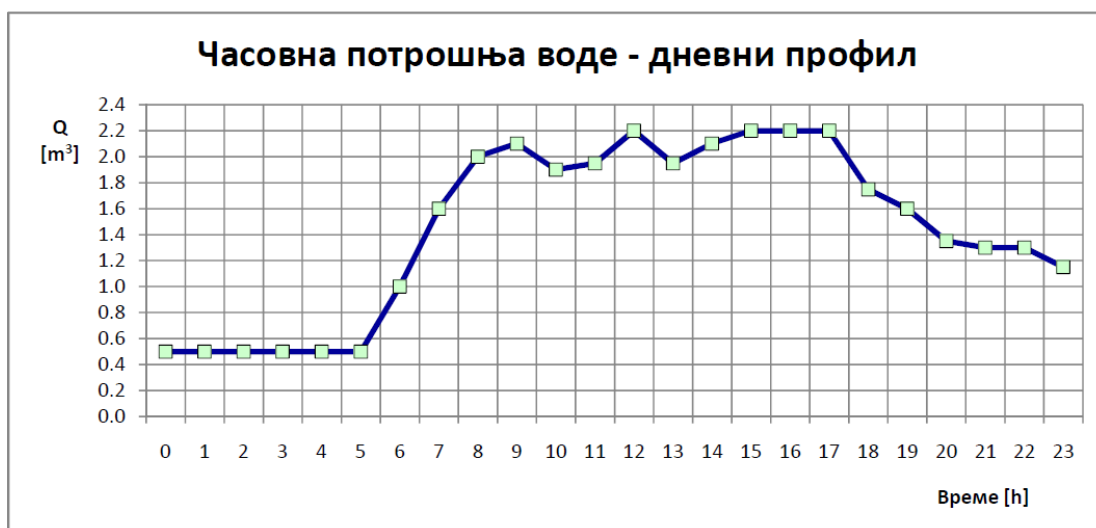
Слика 11.14: Дијаграм месечне потрошње воде са одговарајућим трошковима – годишњи профил



Слика 11.15: Дијаграм месечне потрошње воде – поређење годишњих профила потрошње



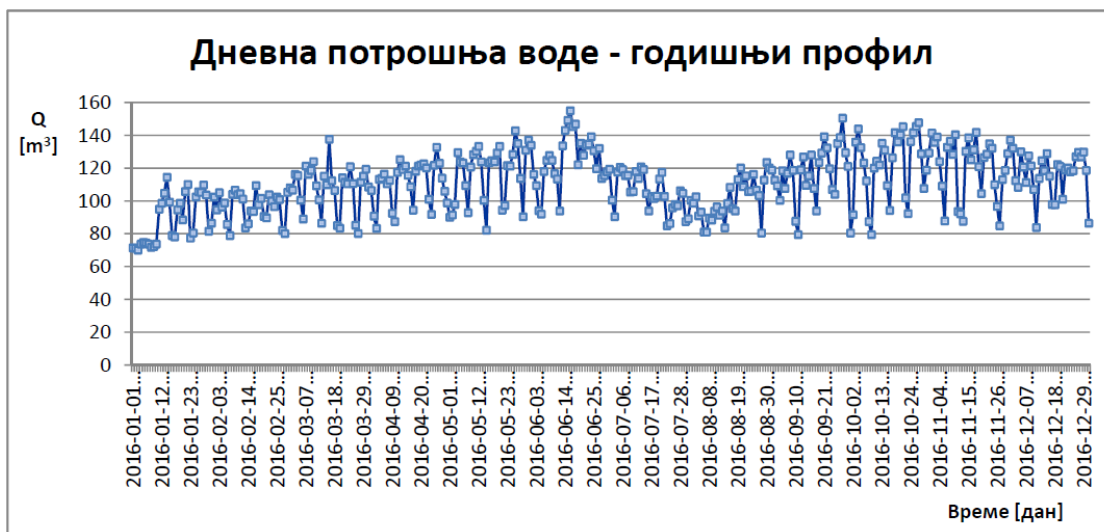
Слика 11.16: Дијаграм збирне годишње потрошње воде – поређење годишњих профила потрошње



Слика 11.17: Дијаграм часовне потрошње воде – дневни профил



Слика 11.18: Дијаграм дневне потрошње воде – месечни профил



Слика 11.19: Дијаграм дневне потрошње воде – годишњи профил

На сликама 11.17÷11.19 ретроспективно су приказани дијаграми са примерима часовне потрошње воде у току једног дана, дневне потрошње у току месеца и дневне потрошње у току године. Уградњом пулсног водомера и његовим повезивањем са ИСЕМ-ом или неким другим програмом, могуће је континуално пратити потрошњу воде у објекту. Као што је то већ наглашено, праћење часовне потрошње у току дана умногоме може олакшати анализу потрошње воде (посебно праћење потрошње воде у току ноћи када нема никаквих активности у већини објеката и када би потрошња воде морала бити једнака или веома блиска нулој потрошњи). Такође, овакво праћење потрошње воде омогућава промптну реакцију у случајевима кварова на водоводним инсталацијама, односно наглог, необјашњивог и неуобичајеног повећања потрошње воде у систему.





Слика 11.20: Дијаграм мапирања потрошње воде у објекту према расположивим сервисима у згради

Такође, као резултат спроведеног биланса воде у објекту треба генерисати мапу потрошње воде у згради, односно одредити вредности потрошње воде за сваки од постојећих карактеристичних сервиса. С обзиром на различиту намену зграда, у свакој од зграда егзистирају сервиси у којима постоји потрошња воде (нпр: *клинички центар* – санитарне инсталације, санитарна топла вода, систем за грејање, припрема и производња хране, централизована вешерница; *основна школа* – санитарне инсталације, припрема и производња хране). У изради оваквог дијаграма треба тежити да што већи удео потрошње воде буде одређен на основу мерења (уграђени помоћни водомери на хоризонталама, вертикалама и/или на цевоводима ка карактеристичним сервисима потрошње) – слика 11.20 (унос података о потрошњи у зелено поље). С друге стране, чињеница је да највећи број објеката поседује само један главни водомер који мери укупну збирну потрошњу или, у најбољем сценарију, уграђене помоћне водомере за случај сервиса са великом потрошњом воде. Такође, проблем може настати и због постојећег развода и повезивања једног или више сервиса на исти напојни цевовод или, у још горем случају, делова потрошње различитих сервиса на једну или више вертикала напојног цевовода тако да постављање помоћног водомера нема великог смисла у погледу одређивања потрошње воде специфичног сервиса у згради. У таквим случајевима, када нема мерења потрошње воде, неопходно је спровести прорачун потрошње према познатим улазним вредностима (дужине, пречници, материјал цевовода, врста, тип и број карактеристичних потрошача, подаци о потрошњи воде за карактеристичне потрошаче

(нпр. декларисана потрошња индустријске веш-машине), подаци о радним режимима карактеристичних система, опреме и уређаја (број радних смена, број радних циклуса у смени, време трајања радног циклуса, операције, карактеристичне физичке величине попут температуре воде, притиска и сл.) – слика 11.20 (унос података у љубичасто поље). У случајевима када нема довољно расположивих података за прорачун потрошње воде, неопходно је на основу усвојених препоручених карактеристичних вредности потрошње воде за различите врсте потрошача проценити потрошњу воде – слика 11.20 (унос података у плаво поље). У табели 11.4 дат је пример карактеристичних вредности потрошње воде за различите врсте потрошача.

Табела 11-4: Пример карактеристичних вредности потрошње воде за различите врсте потрошача

Тип зграде	Јединица	Хостели	Канцеларијски простор	Школе (просек)	Основне школе	Техничке школе	Дневни боравак	Спортске хале	Болнице	Лабораторије
Потрошња хладне воде	[л/ особи/ дан]	100	15	15	10	20	15	15	100	50
Потрошња СТВ (60°)	[л/ особи/ дан]	30	0	0	0	0	10	15	30	25
Административне зграде	[m <sup>3</sup> / m <sup>2</sup> год.]	0,3÷0,7								
Универзитетске (факултетске) зграде	[m <sup>3</sup> / m <sup>2</sup> год.]	2÷4 (електротехника, машинство, физика) 4÷7 (биологија, хемија)								
Музеји, архиви	[m <sup>3</sup> / m <sup>2</sup> год.]	0,3÷7								
Уређаји / опрема										
Водокотлићи	[л/циклусу]	6÷9								
Веш-машине	[л/циклусу]	50÷60			[л/kg веша]			10÷12		
Туш	[л/min]	15								

### 11.6 Мере за смањење потрошње воде у комерцијалним и зградама јавно услужног сектора

У овом поглављу дат је преглед мера и активности које се могу применити ради смањења потрошње воде у комерцијалним зградама и зградама јавно-услужног сектора. У табели 11.5 дат је систематизован преглед мера и активности чијом је применом могуће смањити потрошњу воде у објекту.

Табела 11-5: Систематизован преглед мера и активности чијом је применом могуће смањити потрошњу воде

Системске методе за смањење потрошње воде у комерцијалним и зградама јавно-услужног сектора	Опис методе	Начини примене
Обука запослених	Обуке, кампање, семинари	<ul style="list-style-type: none"> <li>• обука запослених за руковање опремом;</li> <li>• промотивне кампање с циљем подизања свести.</li> </ul>
Израда биланса потрошње воде	Одређивање потрошње за сваки од сервиса у згради	<ul style="list-style-type: none"> <li>• уградња нових водомера;</li> <li>• прорачун потрошње воде или процена исте;</li> <li>• одређивање критичних места у објекту.</li> </ul>
Смањење губитака воде	Отклањање критичних места у систему, проналажење и спречавање цурења и губитака воде у систему	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Увођење редовних прегледа инсталације;</li> <li>• редовни прегледи уређаја и опреме;</li> <li>• редовно прикупљање података о потрошњи воде и њихова анализа;</li> <li>• успостављање индикатора потрошње воде;</li> <li>• унутрашњи бенчмаркинг.</li> </ul>
Смањење притиска у систему	Смањење притиска у систему снабдевања водом како би се смањио проток воде	<ul style="list-style-type: none"> <li>• примена редукционих вентила притиска;</li> <li>• примена пригушница на славинама, тушевима, млазницама и цревима;</li> <li>• оптимизација пумпних система – савремени начини регулације.</li> </ul>


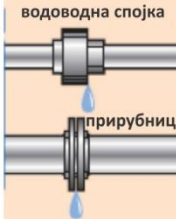







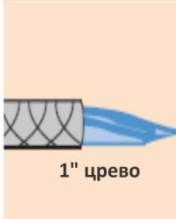
<p>Примена техничко-технолошких решења</p>	<p>Ефикасна опрема, уређаји и други елементи чијом употребом се смањује потрошња воде.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• примена аутоматских арматура (сензорске славине);</li> <li>• уређаји за двоколичинско испирање тоалета;</li> <li>• уређаји за интегрисано (аутоматско) испирање писоара;</li> <li>• туш млазнице и туш термостат славине са смањеном потрошњом воде;</li> <li>• примена ефикасних индустријских машине за прање веша;</li> <li>• примена ефикасних индустријских машина за прање судова;</li> </ul>
<p>Мере приликом пројектовања нових или реконструкције постојећих објеката</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Примена савремених решења у пројектовању зграда</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• пројектовање зграда са смањеном годишњом потребом енергије за хлађење зграде;</li> <li>• пројектовање зграда са смањеном годишњом потребом примарне енергије која се користи у згради (СТВ);</li> <li>• Пројектовање унутрашњих инсталација у циљу смањења могућег цурења система;</li> </ul>
<p>Поновно коришћење воде</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Коришћење кишнице за наводњавање или као техничке воде</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• уградња резервоара за прикупљање кишнице;</li> <li>• посебни системи за прикупљање техничке воде која се може поновно користити.</li> </ul>

#### 11.6.1.1 Мере и активности усмерене ка спречавању губитака воде у систему

Цурење може бити значајан узрок губитка воде у водоводним системима – без обзира да ли се ради о недоступним и невидљивим цурењима испод земље, или оним видљивим, изазваним капањем из славина, арматура, водокотлића, цеви. Губици воде могу варирати значајно у зависности од врсте квара. Системски кварови се најчешће не могу уочити голим оком и могу довести до значајних губитака.

На слици 11.21 приказани су губици воде и одговарајућа процена трошкова за губитке на славинама и арматурама, као и на спојевима, прирубницама, цевима, заптивкама пумпи и

цревима. За прорачун новчаних губитака изазваних цурењем усвојена је референтна цена снабдевања и каналисања отпадне воде у Београду (табела 11.3) у износу од 1,159 €/m<sup>3</sup>.

	<p><b>Губитак 2 капи/s</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- губитак у току 1min.: 18 ml</li> <li>- губитак у току годину дана: 9,5 m<sup>3</sup></li> <li>- укупни новчани трошкови на годшњем нивоу: 11,00 €</li> </ul>		<p><b>Губитак 1 кап/s</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- часовни губитак: 0,5 l</li> <li>- губитак у току годину дана: 4,38 m<sup>3</sup></li> <li>- укупни новчани трошкови на годшњем нивоу: 5,07 €</li> </ul>
	<p><b>Низ капи које прелазе у танак млаз</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- губитак у току 1min.: 59 ml</li> <li>- губитак у току годину дана: 31 m<sup>3</sup></li> <li>- укупни новчани трошкови на годшњем нивоу: 35,94 €</li> </ul>		<p><b>Губитак 0,1 l/min</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- часовни губитак: 6 l</li> <li>- губитак у току годину дана: 52,56 m<sup>3</sup></li> <li>- укупни новчани трошкови на годшњем нивоу: 60,91 €</li> </ul>
	<p><b>Млаз 2 mm</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- губитак у току 1min.: 277 ml</li> <li>- губитак у току годину дана: 145,6 m<sup>3</sup></li> <li>- укупни новчани трошкови на годшњем нивоу: 168,75 €</li> </ul>		<p><b>Губитак 0,5-4 l/min</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- часовни губитак: 30-240 l</li> <li>- губитак у току годину дана: 262,8-2102 m<sup>3</sup></li> <li>- укупни новчани трошкови на годшњем нивоу: 304,6-2436 €</li> </ul>
	<p><b>Млаз 3 mm</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- губитак у току 1min.: 638 ml</li> <li>- губитак у току годину дана: 335,3 m<sup>3</sup></li> <li>- укупни новчани трошкови на годшњем нивоу: 388,27 €</li> </ul>		<p><b>Губитак 7-14 l/min</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- часовни губитак: 420-840 l</li> <li>- губитак у току годину дана: 3679,2-7358,4 m<sup>3</sup></li> <li>- укупни новчани трошкови на годшњем нивоу: 4264,2-8528,4 €</li> </ul>
	<p><b>Млаз 5 mm</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- губитак у току 1min.: 1 l</li> <li>- губитак у току годину дана: 525,6 m<sup>3</sup></li> <li>- укупни новчани трошкови на годшњем нивоу: 609,2 €</li> </ul>		<p><b>Губитак 30-66 l/min</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- часовни губитак: 1800-3960 l</li> <li>- губитак у току годину дана: 15860-34689,4 m<sup>3</sup></li> <li>- укупни новчани трошкови на годшњем нивоу: 18381-40205 €</li> </ul>

Слика 11.21: Губици воде и процена трошкова: а) на арматурама и славинама; б) на спојевима, прирубницама, цевима, заптивкима пумпи и цревима [22], [23]

Табела 11-6: Губитак воде кроз кружни отвор различитих пречника при хидростатичком притиску од 50 m [20] и [21]

Отвор кружног пресека		Губитак воде кроз отвор кружног пресека		
[mm]	[l/min]	[l/h]	[m <sup>3</sup> /дан]	[m <sup>3</sup> /месец]
0,5	0,33	20,0	0,48	14,40
1,0	0,97	58,0	1,39	41,60
1,5	1,82	110,0	2,64	79,00
2,0	3,16	190,0	4,56	136,00
3,0	8,15	490,0	11,75	351,00
4,0	14,80	890,0	21,40	640,00
5,0	22,30	1340,0	32,00	690,00
6,0	30,00	1800,0	43,20	1300,00
7,0	39,30	2360,0	56,80	1700,00

Табела 11-7: Коефицијенти прерачунавања услед промене притиска за табелу 11.6 [20] и [21]

Притисак [m]	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Коефицијент прерачунавања	0,45	0,63	0,77	0,89	1	1,1	1,18	1,27	1,34	1,41

У табели 11.6 приказани су губици воде који могу настати услед цурења кроз кружне отворе различитих пречника, при хидростатичком притиску од 50 m. У табели 11.7 дате су вредности коефицијента за различите вредности хидростатичког притиска (10÷100 m) и које служе за прерачунавање вредности из табеле 11.6.

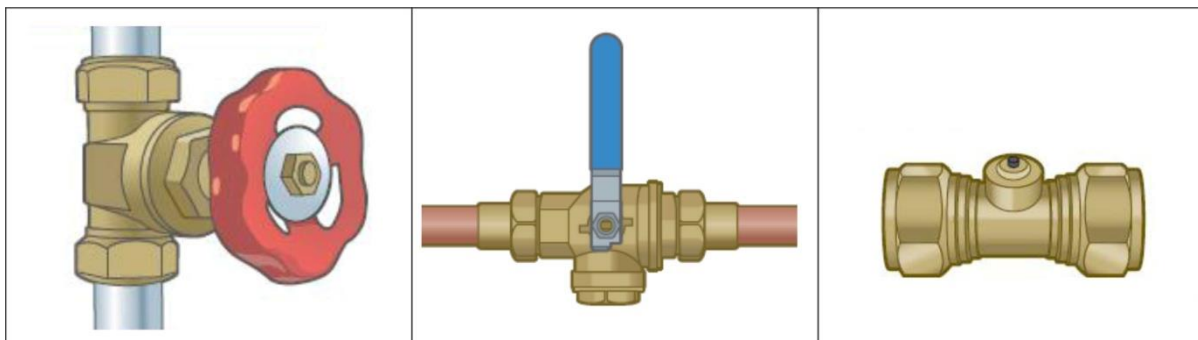
Приликом пројектовања или реконструкције система могуће је предвидети мере којима се могу предупредити губици воде у систему на цурење:

- уградњом додатних мерача протока (водомера) и увођење редовне контроле очитаних вредности (мануелно, полуаутоматско или аутоматско прикупљање података о потрошњи воде, анализа прикупљених података), провера потрошње воде, откривање критичних места у систему;
- увођењем система детекције губитака воде на цурење (праћењем промене притиска/протока у систему, одређивањем губитка воде применом методе масеног биланса, применом акустичке методе, RTTM LDS методе и сл.);
- смањивањем пречника напојне линије топле воде и снижавањем вредности притиска у систему;
- доследном применом стандарда приликом пројектовања (могућност изолације одређених хоризонталних и вертикалних деоница, као и водомера, уградњом одговарајуће арматуре, односно вентила).



### 11.6.1.2 Изолација цевовода и смањење притиска у водоводној инсталацији

**Изолација деоница водовода** – у водоводним инсталацијама увек је прави потез уградити кугласте вентиле – слика 11.22 б), в), уместо запорних вентила – слика 11.22 а). Предности се огледају у јасној индикацији отвореног или затвореног положаја вентила, као и у веома брзој и лакој изолацији појединих водоводних деоница.



Слика 11.22: Запорни вентил, кугласти вентил, Ек вентил

**Притисак воде у инсталацији** – у водоводним инсталацијама уобичајена вредност притиска се креће у распону 2–4 bar (200-400 kPa). Висока вредност притиска у водоводним инсталацијама може довести до прекомерних губитака воде у систему, бити узрок појаве цурења (пуцања дотрајалих цеви), односно повећати губитке на цурење ако они већ постоје, и/или додатно погоршати стање цевовода и опреме у дистрибутивном систему.

### 11.6.1.3 Техничко-технолошке мере

Последњих година, развијен је велики број производа, чијом је применом пракси могуће остварити директан, а каткад и посредан циљ уштеде воде. Производи, уређаји и апарати овог типа имају широку примену у зградарству. Узимајући у обзир животни век оваквих производа, као и уштеде које овакви високоучински уређаји могу остварити у току животног радног циклуса, лако постају упоредиви са ценама конвенционалних производа, с обзиром да се унапред уложена инвестициона улагања, кроз уштеде у води и енергији отплаћују у релативно кратком временском периоду.

С друге стране, постоје уређаји чија примена може да оствари скромне јединичне уштеде воде. У таквим случајевима, ипак не треба занемарити здружени ефекат уштеде, па тако на тржишту можемо наћи тушеве са малим протоком, водокотлиће са двоколичинским испирањем тоалета, аераторске млазнице за арматуре, белу технику и уређаје за наводњавање чија радне перформансе остају исте или се побољшавају уз очигледно смањење потрошње воде (кућне и индустријске машине за веш и машине за прање судова, као и техничка решења за наводњавање).

У одређеним постојећим комерцијалним и зградама јавно-услужног сектора, могуће је применити техничка решења и побољшања која се већ примењују у кућним инсталацијама стамбених објеката, санитарним инсталацијама, мерним уређајима и опреми која осведочено има смањени ниво потрошње у току експлоатације (аутоматске арматуре / сензорске славине), уређаје за двоколичинско испирање тоалета, уређаји за интегрисано (аутоматско) испирање



писоара, туш млазнице и туш термостат славине са смањеном потрошњом воде, вентиле за смањење притиска у инсталацији и сл.). То по правилу води ка смањењу потрошње енергије и енергената (смањење потрошње електричне енергије за погон пумпи, смањење потрошње топлотне енергије за загревање санитарне топле воде и др.). Уштеда воде у циркулационом кругу се посредно смањује, као и трошкови за хемијску припрему воде. Као награду имамо смањење потенцијалних инвестиционих трошкова за набавку пумпи и котлова мање називне снаге. Уређаји за двоколичинско испирање тоалета омогућавају смањење потрошње воде. У неким државама законски је уведена обавеза коришћења оваквих уређаја у новим стамбеним објектима, као и приликом реконструкције постојећих тоалета (Аустралија). У табели 11.8 приказане су вредности потрошње воде према **AS/NZS 6400 (WELS) Ефикасни производи са смањеном потрошњом воде – оцењивање и етикетирање.**

**Табела 11-8: AS/NZS 6400 (WELS) Вредности оцена – водокотлићи**

Јединица за оцењивање	1 звезда	2 звезде	3 звезде	4 звезде	5 звезда	6 звезда
[l/испирању] (осредњена вредност запремине воде)	>4,5 али мање од >5,5	>4 али мање од >4,5	>3,5 али мање од >4	>3 али мање од >3,5	>2,5 али мање од >3	не више од >2,5

Треба имати на уму да су оцене додељене на основу примењене технологије двоколичинског испирања тоалета 6/3 l и да овакви уређаји заслужују три звездице. У табели 11.9 приказане су процењене вредности уштеда приликом поређења уређаја са двоколичинским испирањем и водокотлића без ове функције и чија је осредњена потрошња износила 9 l воде.

**Табела 11-9: Уштеде применом уређаја за двоколичинско испирање тоалета**

Случај 1 – уштеда:	Случај 2 – уштеда:	Случај 3 – уштеда:
18000 l/год.	17900 l/год.	16300 l/год.

Међу постојећим ознакама ефикасне потрошње воде у Европи, две су ознаке већег територијалног обима и са релативно великим бројем производа: The Water Label (Европска ознака ефикасне потрошње воде) и ANKIP ознака (португалска ознака често називана и Медитеранска ознака ефикасне потрошње воде).

С обзиром на чињеницу да је за одржавање, чишћење и дезинфекцију писоара неопходно трошити знатне количине воде и да прорачунска осредњена вредност потрошње воде потребна за једно испирање неефикасних писоара износи 4 l воде, јасно је да поменути уређаји представљају могућност за уштеду воде у систему. Потрошња варира у зависности од модела, подешавања и броја коришћења и може се кретати у опсегу од 50000-100000 l / год. (30–70 испирања на дан x 4 l/дан). У неким уређајима, систем аутоматски врши испирање континуираним дозирањем воде (капалица), или у другим случајевима систем аутоматски врши испирање у одређеним временским интервалима 24 сата дневно, 7 дана у недељи, без обзира да ли се уређај користи. Уштеда воде се може остварити на следеће начине:

- уградњом тајмера и подешавањем циклуса испирања само док је санитарна опрема у функцији;

- уградњом детектора покрета или прекидача на вратима тоалета, тако да потрошња воде буде усклађена са коришћењем простора (у комбинацији са електронским контролером одлагања испирања за случај да је у одређеном периоду испирање обављено);
- уградњом повратног вентила који активира корисник по потреби (погодно само у случајевима релативно малог броја коришћења).

Процене уштеда на бази конзервативне процене рада од 230 дана у току године и уштеде од 2,24 л/испирању, износи приближно  $15456 \div 36064$  л/год.

На тржишту се тренутно може наћи велики број тушева који имају ограничену потрошњу воде. У табели 11.10 приказане су вредности потрошње воде према **AS/NZS 6400 (WELS) Ефикасни производи са смањеном потрошњом воде – оцењивање и етикетирање**.

Табела 11-10: AS/NZS 6400 (WELS) Вредности оцена – тушеви

Јединица за оцењивање	0	1 звезда	2 звезде	3 звезде	4 звезде	5 звезда	6 звезда <sup>2</sup>
[л/испирању] (осредњена вредност запремине воде)	>16	>12 али мање од >16	>9 али мање од >12	>7,5 али мање од >9	>6 али мање од >7,5	>4,5 али мање од >6	>4,5 али мање од >6
2) Туш је у складу са свим захтевима стандарда испитивања (укључујући ергономске и квалитете коришћења), и притом испуњава законске захтеве у погледу штедње воде, садржавајући и додатну функцију (на пример, сензор за аутоматско искључивање).							

**Системи за грејање – котловско постројење – хемијска припрема воде** – квалитетна хемијска припрема котловске воде је основ за поуздан рад котловског постројења. Она подразумева низ технологија попут омекшавања воде, реверзне осмозе, деминерализације воде, филтрације воде, дозирања антискаланта и третмана воде полифосфатима, деманганизације и деферизације као и стерилизације воде хлорисањем, односно низ других технологија које могу бити наменски пројектоване ради уклањања различитих штетних елемената из воде. Деминерализација је процес делимичног или потпуног уклањања свих растворених соли из воде. Деминерализација се може спроводити применом процеса измена у јонским колонама (јоноизмењивачи). Такође могуће је применити и накнадни третман воде добијене поступком реверзне осмозе. Поменуте колоне захтевају обнову испуне (обично применом хлороводоничне киселине/каустичне соде за деминерализацију постројења и раствора соли за омекшавање), праћене кратким временским периодом потребним за стабилизацију. У поменутим процесима користи се вода у комбинацији са поменутим хемикалијама, а као нуспродукт добија се отпадна вода. Регенерација колона може бити спровођена:

- на дневној бази (мануелно или управљана тајмером); овакав начин може бити веома скуп јер се регенерација не спроводи у односу на стање (употребу) саме колоне;
- на основу унапред дефинисане запремине воде; овакав приступ такође може бити окарактерисан као расипнички и веома скуп, поготову ако је квалитет напојне воде променљив;
- на основу мерења проводљивости; овакав начин је најисплативији јер се регенерација

односи директно на квалитет пречишћене воде, односно колона се регенерише само када је раствор чврсте материје досегао горњу границу.

Последњих година најзаступљенија метода за деминерализацију котловске воде је свакако реверзна осмоза. За разлику од јоноизмењивачких колона које за регенерацију користе јаку киселину односно базу, реверзна осмоза је много "зеленија" и јефтинија у експлоатацији.

### **Одмуљивање и одсољавање**

Проналажење оптималних начина за одмуљивање и одсољавање је од изузетног значаја, будући да превисок степен одмуљивања резултира топлотним губицима и повећању количине употребљених хемијских средстава за третман напојне воде. С друге стране, мала вредност одмуљивања резултира повећањем концентрације непожељних материја у котловској води.

У зависности од квалитета напојне воде који од случаја до случаја може значајно варирати, степен одмуљивања се креће у интервалу од 1% па све до 25%. У пракси одмуљивање и одсољавање се спроводи ручно, што за собом повлачи недостатке у погледу тајминга. Зато се као једна од мера смањења губитака воде препоручује увођење аутоматског система за одмуљивање који се заснива на бази мерења проводљивости TDS (Total Dissolved Solids - укупно растворене чврсте материје). Уобичајена вредност при којој аутоматски реагује и спроводи одмуљивање креће се у распону од 3000 до 3500 mg/l. Уобичајена TDS вредност хемијски припремљене воде износи 275 mg/l. Испуштање замуљене котловске воде би по правилу требало да буде праћено одговарајућим пречишћавањем (никако у систем градске канализације без пречишћавања).

**Поврат кондензата** – кондензат настаје хлађењем паре у пароводима, најчешће на местима коришћења паре. Као такав има двоструку вредност, енергетску и материјалну, и кад год је то могуће (када кондензат није запрљан) у поменутих системима треба обезбедити поврат кондензата до напојног резервоара. На тај начин, смањује се потреба за хемијском припремом котловске воде, с једне стране, и истовремено се смањује потреба за енергијом потребном за нову продукцију паре захтеваних параметара.

**Смањивање топлотних губитака у инсталацијама са санитарном топлотном водом (СТВ) и паром** – изолација резервоара за складиштење СТВ, као и одговарајућих деоница цевовода је мера којом се обезбеђује смањивање топлотних губитака, односно потхлађивање СТВ.

**Расхладни системи – расхладне куле** – у општем случају системи за климатизацију могу бити системи хлађени ваздухом или водом. Системи за климатизацију који су опремљени водом хлађеним чилерима су знатно ефикаснији од чилера хлађених ваздухом. Фенкојл системи (**Fan Coil**) са четири цеви омогућавају истовремено хлађење у једној и грејање у другој просторији објекта према жељи корисника. Овакви системи намењени су великим пословним објектима попут тржних центара, хотела. Вода као радни медијум омогућава олакшано развођење унутрашњих цевовода кроз сам објекат. Фенкојл системи (**Fan Coil**) са две цеви предвиђени су за мање објекте. Ваздухом хлађени системи елиминишу потребу за расхладним кулама, што умањује инвестиционе трошкове, као и трошкове одржавања. Са друге стране, оптимизација чилера у смислу побољшања управљања углавном се заснива на регулацији температуре полазне воде и снижавању температуре кондензације, чиме се смањује потрошња енергије. Потрошња енергије потребне за механичко хлађење може се смањити коришћењем воде у

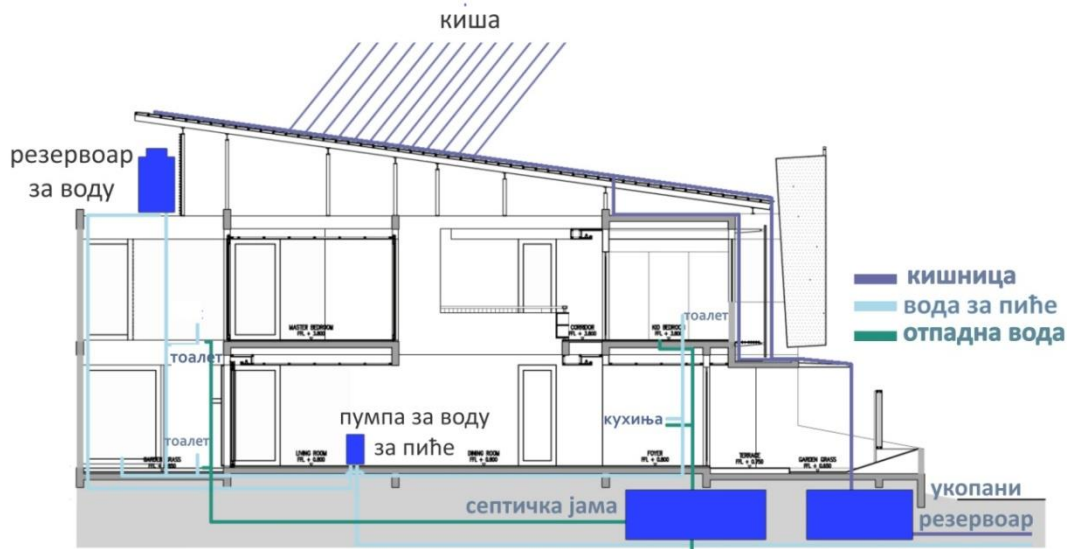
расхладним системима са евапоративним хлађењем. Евапоративним кулерима није потребна додатна енергија за испаравање воде, нити хемијски реагенси попут фреона за хлађење, већ само снажан вентилатор и мала пумпа.

**Коришћење отпадне топлоте са кондензатора расхладних агрегата за грејање** – у објектима у којима постоје истовремени захтеви за грејањем и хлађењем, могуће је користити отпадну топлоту кондензације за загревање радног флуида који се користи као у систему за грејање. У расхладним системима са воденим хлађењем кондензатора, воду која се загрејала на кондензатору могуће је директно користити у затвореном кругу грејања.

#### **11.6.1.4 Поновно коришћење воде**

**Отпадне воде из купатила, тушева и умиваоника** – могу се поновно користити за испирање тоалета, прање возила и заливање биљака чији се плодови или оне саме не користе у људској исхрани – слика 11.23. При том треба посветити посебну пажњу на следеће:

- У већини случајева, отпадна вода пре употребе у наведене сврхе мора проћи процес филтрације и дезинфекције, како би се спречио раст микроорганизама и запрљање цевовода.
- Складиштење отпадне воде у резервоарима у великом броју случајева може довести до поспешеног развоја микроорганизама, нарочито у летњем периоду (високе спољне температуре ваздуха).
- Није препоручљиво користити отпадну воду која садржи масноће, уља и масти (тј. отпадне воде из машина за прање веша, машина за прање судова и судопера), јер масноће у отпадној води могу довести до зачепљења пумпи и/или филтерских мембрана.
- Инсталација отпадних вода мора бити пројектована тако да спречи потенцијално изливање и контаминацију водоводне мреже са питком водом.
- Комплетна инсталација за транспорт отпадних вода мора бити видно обележена.
- Свака три месеца неопходно је вршити проверу дезинфекције и рада филтерског постројења. Примена биолошки третман пречишћавања (велики системи) захтева додатно одржавање.
- Поновно коришћење отпадних вода је применљивије у већим објектима.



Слика 11.23: Пример зграде са системом за прикупљање отпадне воде и кишнице

**Коришћење кишнице** – прикупљање кишнице из постојећег система олука или посебно пројектованог система најчешће се спроводи без претходног посебног третмана саме прикупљене воде. Најчешће је потребно обезбедити грубо филтрирање прикупљене воде како би се из воде уклониле примесе попут лишћа, гранчица и других отпадака. Прикупљена вода најчешће се може користити за заливање или за прање возила и сл. У консталацији постојећег система за прикупљање кишнице неопходно је извршити мале преправке вертикалних олука и омогућити уливање кишнице у унапред припремљену бурад или резервоаре. Међутим, приликом коришћења оваквих система потребно је узети у обзир:

- спречавање преливања, као и повратног струјања у елементима за прикупљање;
- у зимском периоду неопходно је спречити замрзавање воде у резервоарима за складиштење;
- у случајевима када је зграда опремљена великим бројем вертикалних олука, њихова преправка у смислу прикупљања и преусмеравања кишнице у предвиђене резервоаре може изискивати знатна инвестициона средства.
- ако зграда има ограничену кровну површину, количина прикупљене кишнице ће бити мала без обзира на ниво падавина;
- реализација техничких задатка (заливање или прање) заснована на обезбеђењу воде из оваквог ресурса мора бити додатно осигурана резервним начинима снабдевања водом с обзиром на чињеницу да падавине могу значајно варирати у току године или их не мора бити у одређеном периоду године.
- Као и у случају снабдевања водом отпадном водом, уколико се не може гарантовати биолошка и хемијска исправност на овај начин прикупљене воде, за кишницу треба обезбедити посебан систем за њену дистрибуцију, осигурати и спречити њен евентуални продор и загађење питке воде у водоводној инсталацији.

## Литература

- [1] A Guide to the World's Fresh Water Resources. -- Igor Shiklomanov's chapter "World fresh water resources". -- Oxford University Press, New York, 1993.
- [2] <http://earthobservatory.nasa.gov/Features/Water/page5.php>
- [3] UN Water, 2013.
- [4] [http://www.fao.org/nr/water/aquastat/infographics/Stress\\_eng.pdf](http://www.fao.org/nr/water/aquastat/infographics/Stress_eng.pdf)
- [5] Blueprint to safeguard Europe's water resources' (COM/2012/0673).
- [6] Стратегија апроксимације за сектор вода. -- Техничка помоћ за израду Националне стратегије за апроксимацију у области заштите животне средине (ЕАС). -- Eptisa Servicios de Ingeniería S.L. PM Group
- [7] DIRECTIVE 2000/60/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy
- [8] DIRECTIVE 2006/118/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 12 December 2006 on the protection of groundwater against pollution and deterioration
- [9] [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Water\\_statistics](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Water_statistics)
- [10] Закон о водама. -- („Службени гласник РС”, бр. 30/10 и 93/12).
- [11] Закон о изменама и допунама закона о водама. -- ("Сл. гласник РС", бр. 101/2016).
- [12] <http://www.otvoreniparlament.rs/akt/3165>
- [13] Статистички годишњак Републике Србије – Животна средина, 2016. – Републички завод за статистику Републике Србије.
- [14] Приручник за енергетске менаџере за област општинске енергетике. -- UNDP Serbia, 2016.
- [15] <http://www.rzav.co.rs/>
- [16] Уредба о висини накнада за воде за 2016. годину ("Сл. гласник РС", бр. 10/2016).
- [17] <http://www.beograd.rs/lat/vodovod-i-kanalizacija/>
- [18] Водоводне инсталације у зградама. – Предавања/презентација Грађевински факултет у Београду.
- [19] Best practice guidelines for water conservation in commercial office buildings and shopping centres. -- Published by Sydney Water Corporation.
- [20] Heydenreich, M. and Hoch, W., *Praxis der Wasserverlustreduzierung*. -- wvgw Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH, 2008.
- [21] Guidelines for water loss reduction - A focus on pressure management. – GIZ, 2011.
- [22] Cost-effective water saving devices and practices - for commercial sites. – WRAP, October, 2005.
- [23] Cost-effective water saving devices and practices - for industrial sites. – WRAP, October, 2005.

## Прилог: СТАНДАРДИ ВОДА

Ознака стандарда	Назив стандарда
SRPS EN 806-1:2007	Спецификације за инсталације у зградама које спроводе воду за људску употребу - Део 1: Опште
SRPS EN 806-2:2011	Спецификације за инсталације у објектима за спровођење воде намењене људској употреби – Део 2: Пројектовање
SRPS EN 806-3:2011	Спецификације за инсталације у објектима за спровођење воде намењене људској употреби – Део 3: Одређивање величине цеви – Упрошћени поступак
SRPS EN 806-4:2011	Спецификације за инсталације у објектима за спровођење воде намењене људској употреби – Део 4: Уградња
SRPS EN 806-5:2015	Спецификације за инсталације у објектима за спровођење воде намењене за људску употребу — Део 5: Руковање и одржавање
SRPS EN 12056-1:2011	Гравитациони системи за одвођење отпадне воде у објектима - Део 1: Општи захтеви и захтеви за перформансе
SRPS EN 12056-2:2011	Гравитациони системи за одвођење отпадне воде у објектима - Део 2: Санитарна цевна мрежа, план и прорачун
<b>Водомери за хладну воду за пиће и топлу воду</b>	
SRPS EN ISO 4064-1:2014	Водомери за хладну воду за пиће и топлу воду — Део 1: Метролошки и технички услови
SRPS EN ISO 4064-2:2014	Водомери за хладну воду за пиће и топлу воду — Део 2: Методе испитивања
SRPS EN ISO 4064-3:2014	Водомери за хладну воду за пиће и топлу воду — Део 3: Облик извештаја о испитивању
SRPS EN ISO 4064-4:2014	Водомери за хладну воду за пиће и топлу воду — Део 4: Неметролошки захтеви који нису обухваћени стандардом ISO 4064-1
SRPS EN ISO 4064-5:2014	Водомери за хладну воду за пиће и топлу воду — Део 5: Захтеви за уградњу
SRPS EN 14154-4:2015	Водомери — Део 4: Додатне функционалности
<b>Системи цевовода од пластичних маса за инсталације за топлу и хладну воду</b>	
SRPS EN ISO 15874-1:2013	Системи цевовода од пластичних маса за инсталације за топлу и хладну воду — Полипропилен (PP) — Део 1: Опште
SRPS EN ISO 15874-2:2013	Системи цевовода од пластичних маса за инсталације за топлу и хладну воду — Полипропилен (PP) — Део 2: Цеви
SRPS EN ISO 15874-3:2013	Системи цевовода од пластичних маса за инсталације за топлу и хладну воду — Полипропилен (PP) — Део 3: Фитинзи
SRPS EN ISO 15874-5:2013	Системи цевовода од пластичних маса за инсталације за топлу и хладну воду — Полипропилен (PP) — Део 5: Погодност система за употребу
SRPS CEN ISO/TS 15874-7:2010	Системи цевовода од пластичних маса за инсталације за топлу и хладну воду — Полипропилен (PP) — Део 7: Упутство за оцењивање усаглашености
SRPS EN ISO 15875-1:2010	Системи цевовода од пластичних маса за инсталације за топлу и хладну воду — Умрежени полиетилен (PE-X) — Део 1: Опште
SRPS EN ISO 15875-2:2010	Системи цевовода од пластичних маса за инсталације за топлу и хладну воду — Умрежени полиетилен (PE-X) — Део 2: Цеви



<b>SRPS EN ISO 15875-5:2010</b>	Системи цевовода од пластичних маса за инсталације за топлу и хладну воду — Умрежени полиетилен (PE-X) — Део 5: Погодност система за употребу
<b>SRPS CEN ISO/TS 15875-7:2010</b>	Системи цевовода од пластичних маса за инсталације за топлу и хладну воду — Умрежени полиетилен (PE-X) — Део 7: Упутство за оцењивање усаглашености
<b>SRPS EN ISO 15876-1:2010</b>	Системи цевовода од пластичних маса за инсталације за топлу и хладну воду — Полибутилен (PB) — Део 1: Опште
<b>SRPS EN ISO 15876-2:2010</b>	Системи цевовода од пластичних маса за инсталације за топлу и хладну воду — Полибутилен (PB) — Део 2: Цеви
<b>SRPS EN ISO 15876-3:2010</b>	Системи цевовода од пластичних маса за инсталације за топлу и хладну воду — Полибутилен (PB) — Део 3: Фитинзи
<b>SRPS EN ISO 15876-5:2010</b>	Системи цевовода од пластичних маса за инсталације за топлу и хладну воду — Полибутилен (PB) — Део 5: Погодност система за употребу
<b>SRPS CEN ISO/TS 15876-7:2010</b>	Системи цевовода од пластичних маса за инсталације за топлу и хладну воду — Полибутилен (PB) — Део 7: Упутство за оцењивање усаглашености
<b>SRPS EN ISO 15877-1:2010</b>	Системи цевовода од пластичних маса за инсталације за топлу и хладну воду — Хлоровани поливинилхлорид (PVC-C) — Део 1: Опште
<b>SRPS EN ISO 15877-1:2010 /A1: 2012</b>	Системи цевовода од пластичних маса за инсталације за топлу и хладну воду — Хлоровани поливинилхлорид (PVC-C) — Део 1: Опште - Измена 1
<b>SRPS EN ISO 15877-2:2010</b>	Системи цевовода од пластичних маса за инсталације за топлу и хладну воду — Хлоровани поливинилхлорид (PVC-C) — Део 2: Цеви
<b>SRPS EN ISO 15877-2:2010/ A1: 2012</b>	Системи цевовода од пластичних маса за инсталације за топлу и хладну воду — Хлоровани поливинилхлорид (PVC-C) — Део 2: Цеви - Измена 1
<b>SRPS EN ISO 15877-3:2010</b>	Системи цевовода од пластичних маса за инсталације за топлу и хладну воду — Хлоровани поливинилхлорид (PVC-C) — Део 3: Фитинзи
<b>SRPS EN ISO 15877-3:2010/ A1: 2012</b>	Системи цевовода од пластичних маса за инсталације за топлу и хладну воду — Хлоровани поливинилхлорид (PVC-C) — Део 3: Фитинзи - Измена 1
<b>SRPS EN ISO 15877-5:2010</b>	Системи цевовода од пластичних маса за инсталације за топлу и хладну воду — Хлоровани поливинилхлорид (PVC-C) — Део 5: Погодност система за употребу
<b>SRPS EN ISO 15877-5:2010/ A1: 2012</b>	Системи цевовода од пластичних маса за инсталације за топлу и хладну воду — Хлоровани поливинилхлорид (PVC-C) — Део 5: Погодност система за употребу - Измена 1
<b>SRPS CEN ISO/TS 15877-7:2010</b>	Системи цевовода од пластичних маса за инсталације за топлу и хладну воду — Хлоровани поливинилхлорид (PVC-C) — Део 7: Упутство за оцењивање усаглашености
<b>SRPS EN ISO 22391-1:2011</b>	Системи цевовода од пластичних маса за инсталације за топлу и хладну воду — Полиетилен са повећаном отпорношћу на температуру (PE-RT) — Део 1: Опште
<b>SRPS EN ISO 22391-2:2011</b>	Системи цевовода од пластичних маса за инсталације за топлу и хладну воду — Полиетилен са повећаном отпорношћу на температуру (PE-RT) — Део 2: Цеви
<b>SRPS EN ISO 22391-3:2011</b>	Системи цевовода од пластичних маса за инсталације за топлу и хладну воду — Полиетилен са повећаном отпорношћу на температуру (PE-RT) — Део 3: Фитинзи
<b>SRPS EN ISO 22391-5:2011</b>	Системи цевовода од пластичних маса за инсталације за топлу и хладну воду — Полиетилен са повећаном отпорношћу на температуру (PE-RT) — Део 5: Погодност система за употребу

<b>SRPS CEN ISO/TS 22391-7: 2012</b>	Системи цевовода од пластичних маса за инсталације за топлу и хладну воду – Полиетилен са повећаном отпорношћу на температуру (PE-RT) – Део 7: Упутство за оцењивање усаглашености
<b>SRPS EN ISO 21003-1:2010</b>	Систем вишеслојних цевовода за инсталације за топлу и хладну воду унутар зграда — Део 1: Опште
<b>SRPS EN ISO 21003-2:2010</b>	Систем вишеслојних цевовода за инсталације за топлу и хладну воду унутар зграда — Део 2: Цеви
<b>SRPS EN ISO 21003-2:2010/A1: 2012</b>	Систем вишеслојних цевовода за инсталације за топлу и хладну воду унутар зграда — Део 2: Цеви - Измена 1
<b>SRPS EN ISO 21003-3:2010</b>	Систем вишеслојних цевовода за инсталације за топлу и хладну воду унутар зграда — Део 3: Фитинзи
<b>SRPS EN ISO 21003-5:2010</b>	Систем вишеслојних цевовода за инсталације за топлу и хладну воду унутар зграда — Део 5: Погодност система за употребу
<b>SRPS CEN ISO/TS 21003-7:2010</b>	Вишеслојни системи цевовода од пластичних маса за инсталације за топлу и хладну воду унутар зграда — Део 7: Упутство за оцењивање усаглашености
<b>SRPS CEN ISO/TS 21003-7: 2010/A1:2012</b>	Вишеслојни системи цевовода од пластичних маса за инсталације за топлу и хладну воду унутар зграда — Део 7: Упутство за оцењивање усаглашености - Измена 1
<b>Системи цевовода од пластичних маса</b>	
<b>SRPS CEN/TR 12108:2013</b>	Системи цевовода од пластичних маса — Упутство за уградњу система цевовода под притиском за транспорт топле и хладне воде намењене за људску употребу
<b>SRPS EN 12201-4:2012</b>	Системи цевовода од пластичних маса за снабдевање водом, и одводњавање и канализацију под притиском - Полиетилен (PE) - Део 4: Вентили за системе за снабдевање водом
<b>SRPS CEN/TS 12201-7:2014</b>	Системи цевовода од пластичних маса за снабдевање водом и за одводњавање и канализацију под притиском — Полиетилен (PE) — Део 7: Упутство за оцењивање усаглашености
<b>Системи цевовода од пластичних маса за снабдевање водом и за подземно и надземно одводњавање и канализацију под притиском</b>	
<b>SRPS EN ISO 1452-1:2011</b>	Системи цевовода од пластичних маса за снабдевање водом и за подземно и надземно одводњавање и канализацију под притиском - Неомекшани поливинилхлорид (PVC-U) - Део 1: Опште
<b>SRPS EN ISO 1452-2:2011</b>	Системи цевовода од пластичних маса за снабдевање водом и за подземно и надземно одводњавање и канализацију под притиском - Неомекшани поливинилхлорид (PVC-U) - Део 2: Цеви
<b>SRPS EN ISO 1452-3:2011</b>	Системи цевовода од пластичних маса за снабдевање водом и за подземно и надземно одводњавање и канализацију под притиском - Неомекшани поливинилхлорид (PVC-U) - Део 3: Фитинзи
<b>SRPS EN ISO 1452-4:2011</b>	Системи цевовода од пластичних маса за снабдевање водом и за подземно и надземно одводњавање и канализацију под притиском - Неомекшани поливинилхлорид (PVC-U) - Део 4: Арматуре
<b>SRPS EN ISO 1452-5:2011</b>	Системи цевовода од пластичних маса за снабдевање водом и за подземно и надземно одводњавање и канализацију под притиском - Неомекшани поливинилхлорид (PVC-U) - Део 5: Погодност система за употребу

<b>SRPS CEN/TS 1452-7:2014</b>	Системи цевовода од пластичних маса за снабдевање водом и за подземно и надземно одводњавање и канализацију под притиском — Неомекшани поливинилхлорид (PVC-U) — Део 7: Упутство за оцењивање усаглашености
<b>SRPS CEN/TS 14807:2014</b>	Системи цевовода од пластичних маса — Термореактивне пластичне масе ојачане стаклом (GRP) на бази незасићених полиестарских смола (UP) — Упутство за структурну анализу подземних GRP-UP цевовода
<b>SRPS EN ISO 13844:2009</b>	Системи цевовода од пластичних маса - Спојни наглавци од неомекшаног поливинил-хлорида (PVC-U) са еластомерним заптивним прстеном за цеви од PVC-U - Метода испитивања непропусности под негативним притиском
<b>SRPS EN ISO 13845:2009</b>	Системи цевовода од пластичних маса - Спојни наглавци од неомекшаног поливинил-хлорида (PVC-U) са еластомерним заптивним прстеном за цеви од PVC-U - Метода испитивања непропусности под унутрашњим притиском и угаоном деформацијом
<b>SRPS CEN/TS 14632:2014</b>	Системи цевовода од пластичних маса за одводњавање, канализацију и снабдевање водом, са притиском и без њега — Термореактивне пластичне масе ојачане стаклом (GRP) на бази полиестарских смола (UP) — Упутство за оцењивање усаглашености
<b>SRPS EN ISO 8795:2009</b>	Систем цевовода од пластичних маса за транспорт воде за људску употребу - Оцењивање миграције - Одређивање вредности миграције пластичних цеви и фитинга и њихових спојева
<b>SRPS ISO 10639:2012</b>	Системи цевовода од пластичних маса за снабдевање водом под притиском и без притиска - Цеви од стаклом ојачаних термореактивних пластичних маса (GRP) на бази незасићене полиестарске смоле (UP)
<b>Арматуре за снабдевање водом и Вентили у зградама</b>	
<b>SRPS EN 1074-1:2009</b>	Арматуре за снабдевање водом - Погодност за употребу и одговарајућа испитивања за верификацију - Део 1: Општи захтеви
<b>SRPS EN 1074-4:2009</b>	Арматуре за снабдевање водом - Погодност за употребу и одговарајућа испитивања за верификацију - Део 4: Ваздушни вентили
<b>SRPS EN 1213:2010</b>	Вентили у зградама - Запорни вентили од легуре бакра за снабдевање водом за пиће у зградама - Испитивања и захтеви
<b>SRPS EN 1487:2016</b>	Вентили у зградама — Хидрауличке безбедносне групе — Испитивања и захтеви
<b>SRPS EN 1488:2010</b>	Вентили у зградама - Експанзионе групе - Испитивања и захтеви
<b>SRPS EN 1489:2010</b>	Вентили у зградама - Сигурносни вентили за притисак - Испитивања и захтеви
<b>SRPS EN 1490:2010</b>	Вентили у зградама - Комбиновани сигурносни вентили за растеређење притиска и температуре - Испитивања и захтеви
<b>SRPS EN 1491:2010</b>	Вентили у зградама - Експанзиони вентили - Испитивања и захтеви
<b>SRPS EN 15092:2010</b>	Вентили у зградама - Унутрашњи вентили за смањење температуре доводне топле воде - Испитивања и захтеви
<b>SRPS EN 1567:2010</b>	Вентили у зградама - Вентили за смањење притиска воде и комбиновани вентили за смањење притиска воде - Захтеви и испитивања
<b>Опрема за припрему воде у објектима</b>	
<b>SRPS EN 13443-1:2011</b>	Опрема за припрему воде у објектима – Механички филтри – Део 1: Одвајање честица од 80 µm до 150 µm – Захтеви за учинке, безбедност и испитивање

<b>SRPS EN 13443-2:2008</b>	Опрема за припрему воде у објектима - Механички филтри - Део 2: Одвајање честица од 1 µm до мање од 80 µm - Захтеви за учинке, безбедност и испитивање
<b>SRPS EN 14095:2008</b>	Опрема за припрему воде у објектима - Електролитски системи прераде са алуминијумским анодама - Захтеви за учинке, безбедност и испитивање
<b>SRPS EN 14652:2011</b>	Опрема за пречишћавање воде у објектима – Уређаји са мембранском сепарацијом – Захтеви за учинак, безбедност и испитивање
<b>SRPS EN 14743:2012</b>	Опрема која се користи за пречишћавање воде унутар објекта — Омекшивачи — Захтеви за перформансе, безбедност и испитивања
<b>SRPS EN 14812:2011</b>	Опрема за прераду воде у објектима – Системи за дозирање хемикалија – Унапред регулисан систем за дозирање – Захтеви за перформансама, безбедност и испитивање
<b>SRPS EN 14897:2011</b>	Опрема за прераду воде у објектима – Уређаји са живином лампом под ниским притиском за ултравиолетно зрачење - Захтеви за перформансама, безбедност и испитивање
<b>SRPS EN 14898:2011</b>	Опрема за прераду воде у објектима – Филтри са активном испуном – Захтеви за перформансама, безбедност и испитивање
<b>SRPS EN 15161:2011</b>	Опрема за припрему воде у објектима – Уградња, коришћење, одржавање и поправка
<b>SRPS EN 15219:2011</b>	Опрема за прераду воде у зградама – Уређаји за уклањање нитрата – Захтеви за перформансама, безбедност и испитивање
<b>SRPS EN 15848:2011</b>	Опрема за прераду воде у објектима – Системи за дозирање хемијских средстава са подешавањима – Захтеви за перформансама, безбедност и испитивање
<b>SRPS EN 13618:2015</b>	Прикључци флексибилних црева за инсталације за пијаћу воду — Функционални захтеви и методе испитивања
<b>Уређаји за спречавање загађења повратним током воде за пиће</b>	
<b>SRPS EN 12729:2011</b>	Уређаји за спречавање загађења повратним током воде за пиће – Уређај за спречавање повратног тока који се може контролисати зоном смањеног притиска – Фамилија В – Тип А
<b>SRPS EN 13077:2015</b>	Уређаји који спречавају загађење воде за пиће повратним током — Ваздушни прекид са преливом који није кружни (неограничен) — Фамилија А — Тип В
<b>SRPS EN 13078:2007</b>	Уређаји који спречавају загађење воде за пиће повратним током - Ваздушни прекид са потопљеним напајањем који обухвата довод ваздуха и прелив - Фамилија А, тип С
<b>SRPS EN 13079:2007</b>	Уређаји који спречавају загађење воде за пиће повратним током - Ваздушни прекид са ињектором - Фамилија А, тип D
<b>SRPS EN 14367:2010</b>	Уређај за спречавање повратног тока, без могућности контроле, са различитим зонама притиска - Фамилија С, тип А
<b>SRPS EN 14622:2010</b>	Уређаји за спречавање загађења повратним током воде за пиће - Ваздушни прекид са кружним преливом (ограничен) - Фамилија А, тип F
<b>SRPS EN 14623:2008</b>	Уређаји за спречавање загађења повратним током воде за пиће - Ваздушни прекид са најмањим кружним преливом (проверено испитивањем или мерењем) - Фамилија А, тип G
<b>SRPS EN 15096:2010</b>	Уређаји који спречавају загађење воде за пиће повратним током - Противвакуумски вентили са спојницом за црева - Od DN 15 до и укључујући DN 25, група H, типови В и D - Општа техничка спецификација

<b>SRPS EN 1717:2011</b>	Заштита против загађивања воде за пиће у цевоводима и општи захтеви за уређаје за спречавање загађивања повратним током
<b>Заштита од корозије металних материјала</b>	
<b>SRPS EN 12502-1:2012</b>	Заштита од корозије металних материјала - Упутство за оцењивање вероватноће корозије у системима за дистрибуцију и складиштење воде - Део 1: Опште
<b>SRPS EN 12502-2:2012</b>	Заштита од корозије металних материјала - Упутство за оцењивање вероватноће корозије у системима за дистрибуцију и складиштење воде - Део 2: Фактори који утичу на бакар и легуре бакра
<b>SRPS EN 12502-3:2012</b>	Заштита од корозије металних материјала - Упутство за оцењивање вероватноће корозије у системима за дистрибуцију и складиштење воде - Део 3: Фактори који утичу на топло поцинковане железне материјале
<b>SRPS EN 12502-4:2012</b>	Заштита од корозије металних материјала - Упутство за оцењивање вероватноће корозије у системима за дистрибуцију и складиштење воде - Део 4: Фактори који утичу на нерђајуће челике
<b>SRPS EN 12502-5:2012</b>	Заштита од корозије металних материјала - Упутство за оцењивање вероватноће корозије у системима за дистрибуцију и складиштење воде - Део 5: Фактори који утичу на ливено гвожђе, нелегиране и нисколегиране челике
<b>Гумене заптивке</b>	
<b>naSRPS ISO 4633:2016</b>	Гумене заптивке — Спојени прстенови за цевоводе за снабдевање водом, одводњавање и канализацију — Спецификација за материјале
<b>SRPS ISO 4633:2015</b>	Гумене заптивке — Спојени прстенови за цевоводе за снабдевање водом, одводњавање и канализацију — Спецификација за материјале
<b>SRPS CEN ISO/TR 27165:2013</b>	Термопластични системи цевовода — Упутство за дефиниције конструкција зидова за цеви
<b>SRPS CEN/TR 16355:2015</b>	Препоруке за спречавање развоја легионеле у води намењеној за људску употребу у кућним инсталацијама унутар зграда
<b>Акустика</b>	
<b>SRPS EN ISO 3822-1:2013</b>	Акустика - Лабораторијска испитивања емисије буке елемената и уређаја водоводних инсталација - Део 1: Метода мерења
<b>SRPS EN ISO 3822-2:2008</b>	Акустика - Лабораторијска испитивања емисије буке елемената и уређаја водоводних инсталација - Део 2: Услови за инсталирање и режим рада за славине на повлачење и арматуре за мешање воде
<b>SRPS EN ISO 3822-3:2015</b>	Акустика - Лабораторијска испитивања емисије буке елемената и уређаја водоводних инсталација - Део 3: Услови за инсталирање и рад редно повезаних вентила и уређаја
<b>SRPS EN ISO 3822-4:2008</b>	Акустика - Лабораторијска испитивања емисије буке елемената и уређаја водоводних инсталација - Део 4: Постављање и услови за рад за посебне елементе
<b>Електрични апарати прикључени на водоводну мрежу</b>	
<b>SRPS EN 61770:2011</b>	Електрични апарати прикључени на водоводну мрежу — Избегавање повратка прљаве воде кроз сифон и отказ комплета црева
<b>SRPS EN 61770:2011/AC:2011</b>	Електрични апарати прикључени на водоводну мрежу — Избегавање повратка прљаве воде кроз сифон и отказ комплета црева — Исправка
<b>SRPS EN ISO 11177:2016</b>	Емајли — Вентили и цевне спојнице под притиском, емајлирани изнутра и споља, за снабдевање необрађеном и питком водом — Захтеви за квалитет и испитивање

## 12 Системи за коришћење ОИЕ у зградама

### 12.1 Увод

Енергија из обновљивих извора је енергија произведена из нефосилних обновљивих извора као што су: водотокови, биомаса, ветар, сунце, био-гас, депонијски гас, гас из погона за прераду канализационих вода и извори геотермалне енергије. [1]

Према Директиви 2009/28/ЕЗ енергија из обновљивих извора је енергија из нефосилних обновљивих извора и то: енергија ветра, соларна, аеротермална, геотермална, хидротермална, енергија океана, хидроенергија, биомаса, депонијски гас, гас из постројења за обраду отпада и биогаз. [1]

Билансирање енергије из обновљивих извора обухвата производњу и потрошњу електричне енергије из великих и малих водених токова, енергије ветра и сунца, биогаза као и производњу и потрошњу топлотне енергије из геотермалне енергије, биомасе (огревно дрво, пелет и брикет) и енергије сунца. У структури планиране укупне домаће производње примарне енергије за 2015. годину, обновљиви извори енергије учествују процентом од 17,5%. У овој структури највеће је учешће чврсте биомасе 59%, затим хидропотенцијала 40%, док био-гас, енергија ветра, сунца и геотермална енергија учествују са мање од 1%. [2]

У циљу промоције и повећања учешћа обновљивих извора енергије (у даљем тексту: ОИЕ), Влада Републике Србије усвојила је Одлуку Савета министара Енергетске заједнице 2009/548/ЕЗ у вези са промоцијом коришћења обновљивих извора енергије прихватањем ЕУ Директиве 2009/28/ЕЗ. Ова одлука Србији поставља обавезу да повећа удео обновљивих извора енергије у укупној бруто потрошњи енергије, од почетних 21,2% у базној 2009. години на 27% до 2020. године. Сходно томе, Влада Републике Србије је 2013. године усвојила Национални акциони план за коришћење обновљивих извора енергије Републике Србије - НАПОИЕ ("Сл. гласник РС", бр. 53/2013). Од укупно расположивог техничког потенцијала обновљивих извора енергије у Републици Србији, 35% већ је у функцији – већином хидропотенцијал, биомаса и геотермална енергија. Структура потенцијала обновљивих извора енергије у Републици Србији приказана је у табели 12.1. Предводе биомаса и хидропотенцијал. Процент потенцијала обновљивих извора енергије који се већ користи односи се на производњу електричне енергије из великих хидроелектрана, као и коришћење биомасе за грејање домаћинства и, у одређеној мери, у индустрији. [3]

Табела 12-1: Структура (%) обновљивих извора енергије у Републици Србији [3]

Биомаса	Искоришћено	19%
	Неискоришћено	41%
Соларна енергија		4%
Енергија ветра		2%
Геотермална енергија		3%
Хидропотенцијал	Искоришћено	16%
	Неискоришћено	14%
Биоразградиви отпад		1%



Из наведеног, закључује се да Република Србија поседује значајан, али ограничен, потенцијал за развој сектора ОИЕ.

Пројекције о бруто финалној потрошњи енергије (у даљем тексту: БФПЕ) и потрошњи енергије по секторима одређене су у односу на 2009. годину, која се због тога сматра базном. Усвојени подаци о БФПЕ Енергетске заједнице и о учешћу ОИЕ у БФПЕ за базну 2009. годину и за пројектовану 2020. годину су [3]:

- 2009. година: БФПЕ – 9.149,7 ктоне, учешће ОИЕ 21,2%;
- 2020. година: БФПЕ – 10.330,6 ктоне, учешће ОИЕ 27,0%, при чему учешће ОИЕ у сектору саобраћаја треба да буде 10%, што представља пораст од 12,9%;

Од сва три сектора потрошње енергије (сектор грејања и хлађења, сектор саобраћаја и сектор електричне енергије) највећи део потрошње енергије је у сектору грејања и хлађења (45,3% у 2009, односно 45,5% у 2020. години). Учешће сектора саобраћаја у БФПЕ је најмање (21,1% у 2009, односно 22,6% у 2020. години). Сектор саобраћаја оствариће највећи пораст у потрошњи енергије и то са 1.926 ктоне на 2.675 ктоне, што представља пораст од 38,9%. Потрошња енергије у сектору грејања и хлађења повећаће се са 4.144 ктоне на 4.231 ктоне, што представља пораст од 2,1%. Потрошња енергије у сектору електричне енергије порашће са 3.079 ктоне на 3.425 ктоне, тако да ће пораст потрошње енергије у овом сектору износити 11,2%. [3]

Како би се достигле пројектоване вредности учешћа ОИЕ до 2020. године, НАПОИЕ поставља циљеве за сваки сектор посебно: 30% би требало да буде постигнуто у сектору грејања/хлађења (од основе која је износила 25,6%); 36,6% би требало да буде постигнуто у сектору електричне енергије (од основе 28,7%); и 10% у сектору саобраћаја (од основе 0%). Сви појединачни циљеви омогућиће задовољење укупног циља од 27% у БФПЕ 2020. године (топлотна енергија из ОИЕ допринеће остварењу циља са 12,3%, електрична енергија из ОИЕ допринеће са 12,1% и биогорива са 2,6%). Ови циљеви по секторима нису обавезујући и не представљају фиксне циљеве за сваки од сектора појединачно, те се могу променити, односно повећати, уколико буду постојале могућности за убрзанији развој појединих сектора у односу на друге. [3]

Најтеже ће бити остварити циљеве који се постављају у сектору саобраћаја и ту је предвиђен увоз биогорива од 2018. године. [3]

За остваривање постављених циљева до 2020. године, у сектору електричне енергије потребно је 1.092 MW нових производних капацитета из обновљивих извора енергије. Мегавати се користе ради боље илустрације будућих обавеза. [3]

## **12.2 Законски оквир и преглед основних врста ОИЕ за коришћење у зградама у Републици Србији**

Под сектором зградарства подразумевају се индивидуална домаћинства, стамбене зграде са вишепородичним становањем, комерцијалне, јавне и индустријске зграде. На националном нивоу, нивоу аутономне покрајине и локалном нивоу не постоји регулатива која прописује обавезну употребу ОИЕ у сектору зградарства. Према [5] дефинисан је садржај Енергетских пасоша за стамбене зграде, нестамбене зграде и за зграде друге намене које користе енергију, где је дефинисано да се у делу Подаци о термотехничким инсталацијама у згради наводе и



следећи подаци:

- врста и начин коришћења система са ОИЕ;
- удео ОИЕ у потребној топлоти за грејање и санитарну топлу воду – СТВ (%).;

Према [3], планирано је да се у односу на базну 2009. годину учешће ОИЕ у сектору грејања и хлађења до 2020. године, повећа према следећем:

- учешће биомасе у индивидуалним домаћинствима би требало да се повећа за 34% (око 50 ктое);
- учешће биомасе у системима даљинског грејања би требало да се повећа за 16% (око 25 ктое);
- учешће биомасе у електранама са комбинованом производњом би требало да се повећа за 33% (око 49 ктое);
- учешће био-гаса (стајњак) у електранама са комбинованом производњом електричне и топлотне енергије би требало да се повећа за 7% (око 10 ктое);
- учешће геотермалне енергије повећа се за 7% (око 10 ктое);
- учешће енергије сунца повећа се за 3% (око 5 ктое). [3]

Када се мисли на повећање коришћења ОИЕ у зградама, не би требало узети у обзир снабдевање електричном енергијом из обновљивих извора из националне електроенергетске мреже. Овде је фокус на повећању локалног снабдевања топлотом и/или електричном енергијом појединих зграда. Може се узети у обзир непосредна испорука топлоте грејања или топлоте хлађења путем система даљинског грејања и хлађења у зградама. [3]

Циљеви енергетске политике Републике Србије који се односи на веће коришћење ОИЕ постизаће се реализацијом следећих активности [3]:

- изградња нових зграда које задовољавају захтеве у погледу енергетске ефикасности и коришћења ОИЕ;
- енергетска санација зграда и увођење ОИЕ у сектор зградарства (углавном у јавном сектору);
- замена уља за ложење, угља и природног гаса који се користе за грејање биомасом и другим ОИЕ;
- увођење система даљинских грејања базираних на коришћењу ОИЕ и комбинованој производњи електричне и топлотне енергије;
- замена коришћења електричне енергије за производњу санитарне топле воде соларном енергијом и другим ОИЕ;
- производња електричне енергије из ОИЕ;
- увођење биогорива и других ОИЕ у сектор саобраћаја;
- развој дистрибутивне мреже за прикључење мањих произвођача електричне енергије;
- коришћење и производња опреме и технологија које ће омогућити ефикасније коришћење енергије из ОИЕ.

Да би остварила циљеве у сектору грејања и хлађења Република Србија ће до 2020. године, поред коришћења биомасе за грејање у индивидуалним домаћинствима, користити и ОИЕ који

до сада нису коришћени.

Имајући у виду све наведено, може се закључити да су основе врсте ОИЕ које се теже искористити у зградама у ствари: сунчева енергија, биомаса, геотермална енергија и енергија околног ваздуха. Коришћење сваког од наведених врста ОИЕ са собом носи своје предности и недостатке, специфичности и ограничења.

### **Сунчева енергија**

Сунце, као фузиони реактор, сваке секунде претвори око 600 милиона тона водоника у хелијум, при чему ослободи огромну количину енергије коју емитује у свемир у виду електромагнетног зрачења. Део укупне енергије ослобођене кроз реакције нуклеарне фузије у средишту Сунца, дозрачује се ка Земљи са његове површине температуре око 6.000 К. Од укупно дозрачене енергије од око 170.000 ТW, Земља апсорбује сваке секунде око 117.000 ТW или око 109 ТWh годишње.

Сунчево зрачење долази до површине Земље у облику директног и дифузног зрачења, са сунчевом констатном од око  $1.353 \pm 21 \text{ W/m}^2$ . Од укупне дозрачене количине енергије, део се рефлектује назад у свемир, а део апсорбује Земљина атмосфера и површина Земље.

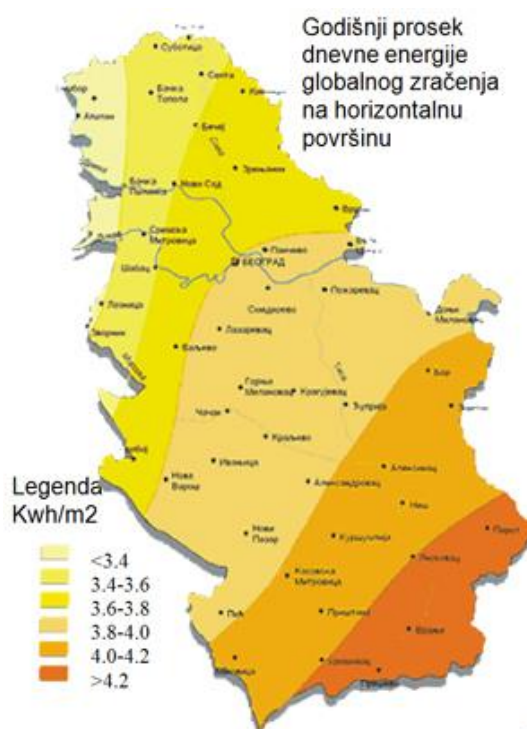
Енергија сунчевог зрачења користи се директно помоћу соларних колектора за загревање воде, фотонапонских колектора за директну производњу електричне енергије и концентричних колектора за производњу електричне енергије. Осим за потребе грејања, сунчева енергија се (преко соларних колектора) користи и у склопу система за хлађење помоћу аспорционих расхладних машина. Пасивно искоришћење енергије сунчевог зрачења укључује разне архитектонске мере у циљу што веће апсорпције и акумулације дозрачене енергије у зградама, за потребе грејања простора. У овом поглављу даље се неће разматрати пасивно искоришћење енергије сунчевог зрачења, као ни примена у великим системима соларних електрана за производњу електричне енергије или соларних топлана за централизовану производњу топлотне енергије у системима даљинског грејања. [6]

Енергија сунчевог зрачења у сектору зградарства на територији Републике Србије, углавном се користи за загревање санитарне топле воде и допуну система грејања у породичним кућама и стамбеним зградама, спортским центрима, хотелима, базенским и спа-комплексима, бањским комплексима, студентским домовима, вртићима, школама и другим објектима који имају значајнију потрошњу санитарне топле воде. Енергија сунчевог зрачења се у мањој мери користи за директну производњу електричне енергије помоћу фотонапонских колектора, како због већих инвестиционих трошкова, тако и због недостатка стимулативних мера за коришћење ових система. Коришћење енергије сунчевог зрачења у циљу хлађења помоћу аспорционих расхладних машина на територији Републике Србије је минимално, готово и да не постоји.

Удео директног искоришћења енергије сунчевог зрачења у укупној потрошњи углавном је око 0,1% у свету и у већини земаља ЕУ. У блиској будућности се не очекује значајније повећање тог удела. Упркос томе, ови системи у комбинацији са конвенционалним системима могу значајно допринети повећању годишње ефикасности система.

Република Србија има велики потенцијал за коришћење енергије сунчевог зрачења, с обзиром на високе вредности просечне дневне енергије глобалног зрачења на хоризонталну површину

(слика 12.1). Потенцијал и релативно једноставна процедура прибављања потребних дозвола за извођење радова на изградњи система који користе сунчеву енергију, представљају добру основу за њену експлоатацију.



Слика 12.1: Годишњи просек дневне енергије глобалног зрачења на хоризонталну површину

### Биомаса

Биомаса је органски материјал настао током процеса фотосинтезе, односно спајања  $\text{CO}_2$  и воде под деловањем фотона и сунчевог зрачења, при чему настају угљени хидрати, кисеоник и вода, а заправо представља акумулирану енергију сунчевог зрачења. У реверзибилној реакцији спајања са кисеоником током процеса сагоревања и природних метаболичких процеса, ослобађа се топлотна енергија у износи од око 16 MJ/kg (суве материје), те  $\text{CO}_2$  и вода. У таквом теоретски затвореном циклусу, нето прираст  $\text{CO}_2$  једнак је нули. Најчешће врсте биомасе које се данас користе су цепано дрво, дрвени остаци, пелет, брзорастуће биљке, пољопривредне културе, животињски остаци, комунални и индустријски отпад. [6]

Производња и потрошња чврсте биомасе на територији Републике Србије у највећој мери обухвата производњу и потрошњу огревног дрвета, пелета и брикета у енергетске сврхе (за потребе грејања). Осим тога, кроз поступке прераде биомасе, могуће је добити разна биогорива: дрвени угљен добијен процесом пиролизе, гасовита горива, етанол, синтетизовни гас, био-гас који се добија процесом анаеробне дигестије из стајског или комуналног отпада, био-дизел итд.

У оквиру активности Енергетске заједнице у области обновљивих извора енергије, а за потребе дефинисања циљева, спроведено је истраживање о потрошњи биомасе за све потписнице Уговора о Енергетској заједници. Овим истраживањем утврђена је производња и потрошња биомасе за 2009. и 2010. годину. На основу ових података дефинисан је циљ у области обновљивих извора енергије који Република Србија треба да оствари у 2020. години, а то је

27% учешћа обновљивих извора енергије у бруто финалној потрошњи енергије. У оквиру активности на изради нове стратегије развоја енергетике направљене су пројекције Енергетског биланса до 2030. године. Из ових пројекција преузети су подаци о производњи и потрошњи чврсте биомасе. Од укупне производње чврсте биомасе веома мали износ троши се у топланама. У структури ове потрошње, индустрија учествује са 18%, домаћинства са 79%, а остали сектори са 3%. Потрошња чврсте биомасе одвија се доминантно у оквиру сектора домаћинства за потребе загревања просторија. Употреба огревног дрвета за потребе загревања карактеристика је руралних крајева и ободних делова приградских насеља. По правилу, рурални крајеви гравитирају подручјима са високом продукцијом дрвне масе или су удаљени од осталих извора снабдевања, а домаћинства имају ниску куповну моћ, тако да је огревно дрво финансијски најприхватљивије и нема алтернативу. Употреба огревног дрвета у ободним деловима приградских насеља задржаће се и у наредним годинама. Разлози за то су ниска куповна моћ становништва и висока цена конвенционалних горива (лож-уље, течни гас, угаљ), као и спора изградња дистрибутивне гасне мреже и скупа уградња гасне инсталације, која је по правилу без олакшица и повољних кредитних услова. [2]

На светском нивоу биомаса представља један од најзначајнији ОИЕ, са уделом од 10%, при чему је тај удео у земљама у развоју већи него у индустријски развијеним земљама.

Биомаса се данас највише користи за добијање топлотне енергије директним сагоревањем у пећима и котловима. Највећи проблем таквом коришћењу представља влага која се налази у гориву (више од 20%), што смањује доњу топлотну моћ горива и отежава процес сагоревања.

Сагоревање биомасе врши се у пећима и котловима различитих номиналних снага и степена корисности, у зависности од врсте биомасе која се користи. Номинална снага уређаја за сагоревање биомасе креће се од 10 kW код пећи и камина, до 2 MW код топловодних котлова и до 10 MW за системе даљинског грејања. Степени корисности крећу се од 50% (70%) у стандардним пећима на дрвене цепанице и брикете, до високих 90% у котловима на пелет или у пиролитичким котловима. [6]

### ***Геотермална енергија и енергија околног ваздуха***

Геотермална енергија представља ОИЕ који свој извор има у самој земљи, односно у језгру температуре од око 7.000°C, као и у распаду радиоактивних изотопа урана, торијума и калијума у слојевима ближим површини земље, те у разним хемијским реакцијама. Геотермална енергија данас се у свету користи најчешће за производњу електричне енергије (10 GW, 2007), као и за потребе грејања у зградама или производним процесима (8 GW, 2007).

Геотермална енергија представља један од значајних светских извора обновљиве енергије. Република Србија не располаже значајним потенцијалима за коришћење геотермалне енергије у циљу производње електричне енергије. Могућности искоришћења геотермалне енергије огледају се у одређеним потенцијалима за потребе грејања у зградама. Веома ретко може се користити директно у системима грејања у зградама, због нижих температура геотермалне воде (температура воде значајно је нижа од 70°C, осим на појединим местима у подручју Врањске Бање, где постоје извори са температурама вишим и од 90 °C). Геотермални извори обично се користе у комбинацијама са топлотном пумпама вода – вода, односно земља – вода, када се као извор енергије користи нижа температура земље (око 15 °C на дубинама до 100 м испод површине земље).

Развојем технологије топлотних пумпи, све више се користи енергија околног ваздуха за потребе грејања у зградама, применом топлотних пумпи ваздух – вода.

### **12.3 Системи за коришћење сунчеве енергије у зградама**

Због географског положаја Републике Србије и умерено континенталне климе на овим просторима (оштре зиме са просечном температуром током најхладнијих зимских месеци често нижом од 0°C) и релативно великих потреба за топлотном енергијом у периоду када је зрачење сунца најслабије, није могућа употреба система за коришћење сунчеве енергије као основног извора за грејање простора и санитарне топле воде, већ се ови системи користе као допунски.

Најчешћи облици коришћења сунчеве енергије у зградама су загревање санитарне топле воде, загревање и/или догревање базенске воде, а ређе као допуна система грејања. Од осталих облика коришћења сунчеве енергије у зградама на територији Републике Србије, могу се издвојити производња електричне енергије помоћу фотонапонских ћелија и хлађење помоћу апсорпционих расхладних машина (веома ретко). Системи за загревање санитарне топле воде су најзаступљенији на тржишту Републике Србије и углавном се примењују системи са плочастим соларним колекторима.

#### **1.1.1 Основни елементи система за коришћење сунчеве енергије у зградама**

Системе за коришћење сунчеве енергије у зградама у основи чине соларни колектори, акумулатор(и) топлоте, централна управљачка јединица, цевоводи и арматура, циркулациона пумпа, а као допуна користе се неки од помоћних извора топлоте (топловодни котлао, топлотна пумпа и сл.).

Најважнији део једног оваквог система за коришћење сунчеве енергије у зградама чине сами соларни колектори. Сви остали елементи уобичајени су за термотехничке инсталације и они неће бити разматрани у оквиру ове теме.

Према врсти радног флуида, соларни колектори могу се поделити на соларне колекторе за директно грејање ваздуха и за грејање течности.

Према температури радног флуида, соларни колектори могу се поделити на нискотемпературне и на високотемпературне.

Нискотемпературни соларни колектори се, у зависности од конструкције, могу поделити на плочасте (равне) и вакуумске (соларне колекторе са вакуумским цевима).

Вискотемпературни соларни колектори се, у зависности од конструкције, могу поделити на соларне колекторе са параболичним коритом, линеарни Френселов концентратор, соларни торањ и тањирасти концентратор.

За примену у зградарству користе се нискотемпературни соларни колектори за грејање течности, односно плочасти (равни) соларни колектори и вакуумски соларни колектори (колектори са вакуумским цевима).

Основни делови плочастог (равног) соларног колектора су апсорбер са причвршћеним цевним регистром, покривка, кућиште и термоизолација (слика 12.2).



Слика 12.2: Плочасти соларни колектор

Апсорбер представља најважнији елемент плочастих соларних колектора. Састоји се од цеви интегрисаних у плочу, која целом својом површином прима енергију сунчевог зрачења. Распоред цеви може бити у облику снопа цеви или меандерски (у облику цевне змије). Код плочастих соларних колектора, један део дозрачене енергије рефлектује се од површине колектора, што представља одређене губитке енергије.

Покривка се израђује од пластике или стакла. Треба да обезбеди максималан пролазак енергије сунчевог зрачења до апсорбера, задржи дозрачену енергију у простору соларног колектора и да смањи губитке зрачењем. Истовремено мора бити отпорна на механичка оптерећења и треба да штити апсорбер од атмосферских утицаја. Због свега тога, стаклена покривка је најбоље решење, јер не мења прозирност током времена. Са друге стране, пластичне покривке су јефтиније и имају мању тежину, али временом губе своје карактеристике, што изазива смањење степена корисности соларних колектора. У скупљим варијантама, код тзв. високоефикасних плочастих соларних колектора, постављају се две покривке у циљу смањења топлотних губитака.

Кућиште соларних колектора обично се израђује од алуминијума или пластике. Функција кућишта је заштита унутрашњих елемената соларних колектора од механичких оптерећења, топлотних губитака и влаге, као и обезбеђење херметичности.

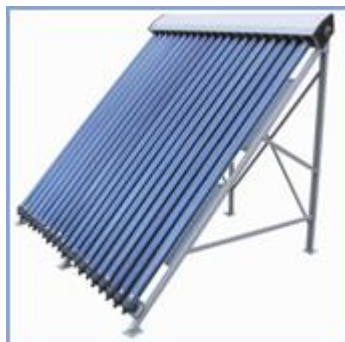
Термоизолација обухвата изолацију предњег покривача, бочних страна и задње стране апсорбера. Унутрашња изолација мора бити стабилна на температури стагнације (највиша температура која се може јавити кад нема одвођења топлоте од соларног колектора). Обично се израђује од стаклене вуне и изолационе пене.

Вакуумски колектори (слика 12.3) углавном обезбеђују боље перформансе од плочастих. С обзиром да унутар цеви постоји вакуум који представља добру изолацију, губици енергије су минимални.

Висок степен корисности задржавају и при раду са дифузним зрачењем и при ниским температурама околног ваздуха. Ови пријемници састоје се од низа стаклених цеви из којих је евакуисан ваздух и у којима се налазе металне апсорбујуће цеви. Цеве су превучене селективним премазом и могу бити израђене од бакра или изведене у форми тзв. топлотних цеви. Без обзира на начин изведбе, иза цеви се, по правилу, постављају конкавна огледала. Тиме се готово сва дозрачена енергија (која би иначе би била пропуштена) преусмерава на апсорбујућим цевима.



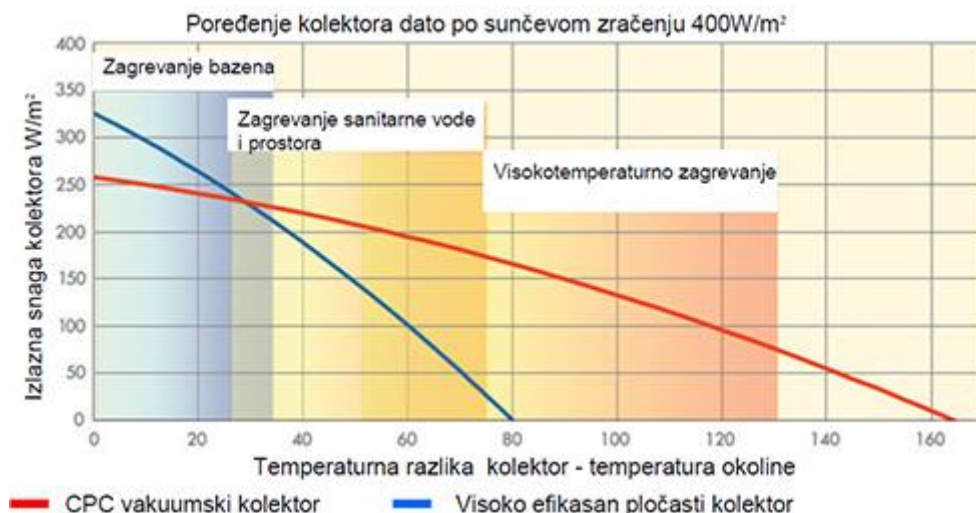
У случају бакарних цеви, дозрачена топлота директно се предаје радном флуиду који струји кроз цеви. У случају топлотне цеви топлота се предаје посредно, прво примарном флуиду који се налази у топлотној цеви, а затим (без непосредног контакта на горњем крају цеви) секундарном радном флуиду који даље преноси топлотну енергију за потребе грејања.



Слика 12.3: Соларни колектори са вакуумским цевима

У топлотној цеви, механизам размене топлоте је и до 1000 пута интензивнији у односу на бакарну цев истих димензија. То је последица начина рада топлотне цеви, који се заснива на промени агрегатног стања флуида који се налази у цеви. Топлотна цев је херметички затворен цилиндар, испуњен течношћу на притиску који обезбеђује фазну промену при температури испаравања/кондензације, са које флуид предаје топлоту секундарном радном флуиду. Дуж цеви се одвија низ сложених процеса у којима парна и течна фаза нису физички одвојене, већ се мешају. Поједностављено се може рећи да у зони испаравања примарни радни флуид прихвата топлоту зрачења сунца и почиње процес испаравања. Настала пара примарног радног флуида креће се кроз топлотну цев до зоне кондензације, где се кондензује предајући топлоту секундарном радном флуиду. Настали кондензат примарног радног флуида улази у капиларну структуру која се налази на зидовима топлотних цеви, помоћу које се враћа у зону испаравања. Капиларна структура омогућује повратак кондензата у зону испаравања и у безгравитационим условима. Топлотна цев која не садржи капиларну структуру назива се термосифон. Кондензат се у овом случају враћа искључиво уз помоћ гравитације.





Слика 12.4: Поређење плочастих и вакуумских колектора приказано при сунчевом зрачењу од 400 W/m<sup>2</sup>

Плочасти колектори имају боље перформансе и у предности су у односу на вакуумске колекторе код нискотемпературних загревања (као што су загревање базенске воде и системи нискотемпературног грејања), док код високотемпературних загревања вакуумски колектори имају предност. Обе врсте колектора дају добре резултате када је у питању загревање санитарне топле воде, уколико су системи добро пројектовани. Пример поређења плочастих и вакуумских соларних колектора при сунчевом зрачењу од 400 W/m<sup>2</sup>, приказан је на слици 12.4. Ефикасност плочастих соларних колектора расте са порастом интензитета сунчевог зрачења.

Соларни колектори углавном се монтирају на равне или косе кровове зграда. Уобичајено је да се постављају ка јужној оријентацији (југ, југоисток или југозапад). Оптималан угао постављања соларног колектора зависи од више фактора: географске ширине локације на којој се постављају соларни колектори, временском периоду када треба да дају свој максимални допринос, намене система, ограничења локације на која се постављају итд. За простор Републике Србије оптималан угао постављања соларних колектора креће се око 35°. Могуће је постављање соларних колектора и на слободне површине, уколико не постоји други начин и уколико локација дозвољава.

### **Системи за загревање санитарне топле воде помоћу сунчеве енергије**

У већини случајева (око 80% примене) системи за коришћење сунчеве енергије користе се за загревање санитарне топле воде. Основни разлог је што се санитарна топла вода загрева до релативно ниске температуре од око 40-60 °C, као и што су потребе за санитарном топлим водом релативно константне током године, а чак су и повећане током летњег периода, када постоје и већи приноси сунчеве енергије. Ниске потребне температуре потрошне топле воде и мале разлике у односу на температуру спољашњег ваздуха обезбеђују висок степен искоришћења сунчеве енергије, нарочито лети када ове енергије има највише.

Циркулација радног флуида у систему за коришћење сунчеве енергије за загревање санитарне топле воде у зградама у већини случајева остварује се принудним путем. У случају такозваних термосифонских система могућа је и природна циркулација, када је акумулатор топлоте смештен директно изнад соларног колектора и када су у питању мали запремински протоци

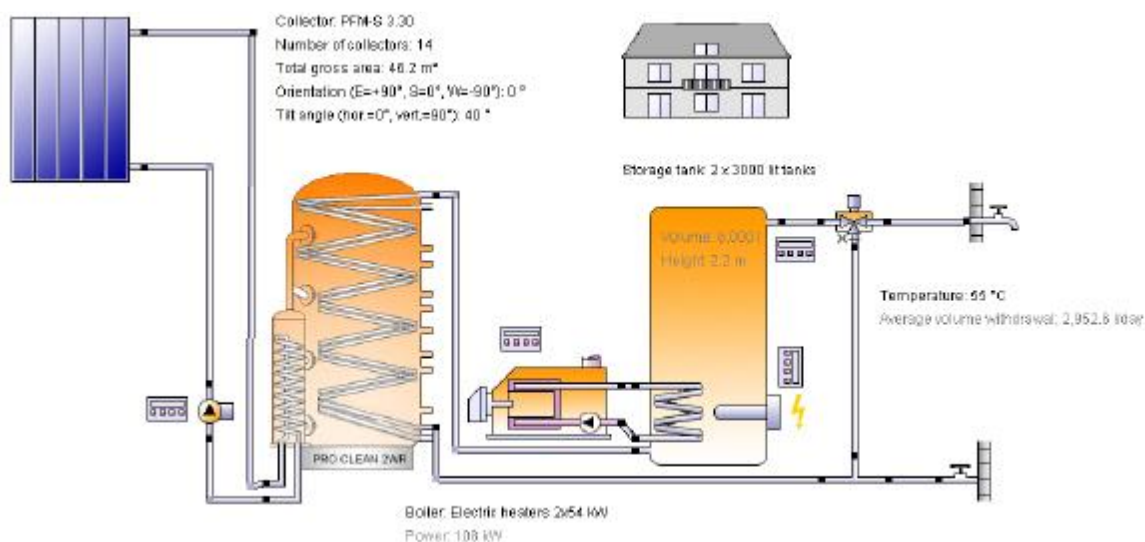
радног флуида. Природна циркулација могућа је у топлијим крајевима.

У случају правилно димензионисаног система, количина топлоте коју обезбеђује систем за коришћење сунчеве енергије за загревање санитарне топле воде у зградама, довољна је да у летњим месецима задовољи укупне потребе за загревањем санитарне топле воде.

Димензионисање система за коришћење сунчеве енергије за загревање санитарне топле воде у зградама мора да буде усаглашено са стварним потребама корисника. Уколико би систем био предимензионисан, осим непотребног повећања инвестиционих трошкова, постоји и оправдана опасност од прегревања система у летњем периоду, односно од појаве такозване стагнације система. До стагнације система долази услед прегревања радног флуида, при чему долази до испаравања радног флуида у систему и његовог ширења, што изазива велике техничке потешкоће у циркулацији радног флуида. Ове појаве доводе до застоја рада система, а могу да доведу и до трајног оштећења појединих елемената система, како сигурносних уређаја и остале арматуре, тако и самих колектора. До стагнације најчешће долази у периодима високих приноса сунчеве енергије и смањених потреба за санитарном топлим водом.

За потребе димензионисања система за коришћење сунчеве енергије за загревање санитарне топле воде у зградама користе се емпиријске формуле, али најчешће се користе софистицирани софтвери (Т-сол, Поли-сан), који веома прецизно показују приносе сунчеве енергије током године.

Пример једног система за коришћење сунчеве енергије за загревање санитарне топле воде у зградама, са принудном циркулацијом и два акумулатора топлоте, шематски је приказан на слици 12.5.

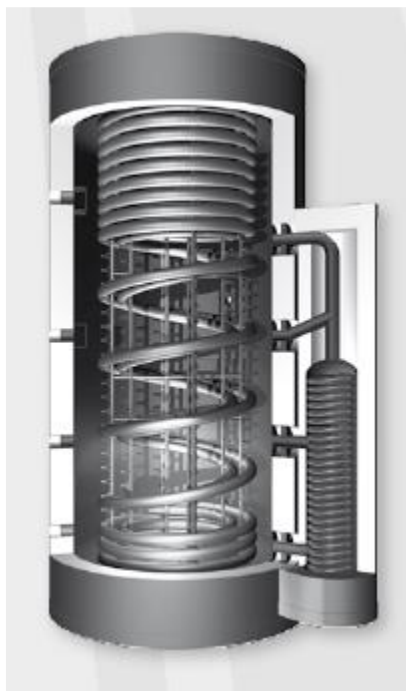


Слика 12.5: Систем за загревање санитарне топле воде са плочастим соларним колекторима

Радни флуид у системима за коришћење сунчеве енергије за загревање санитарне топле воде у зградама најчешће је мешавина воде и пропилен-гликола, а ређе само вода, због проблема смрзавања воде у зимском периоду, посебно у ноћним периодима. Радни флуид који се на рачун примљене сунчеве енергије загрева у соларним колекторима, циркулише кроз систем и

акумулира топлоту у акумулаторима топлоте, чиме се постижу бољи ефекти система. Комплетан рад система контролише аутоматика система, која искључује циркулационе пумпе када је температурна разлика између флуида на излазу из колектора и воде у акумулатору мања од задате вредности (3-5°C), чиме спречава циркулацију и хлађење воде у акумулаторима топлоте у периодима када нема приноса сунчевог зрачења, као што су облачни дани и ноћни режими рада. Приликом осунчавања соларних колектора температура мешавине пропилен-гликола и воде расте. Када разлика температура радног флуида у акумулатору топлоте и соларним колекторима достигне вредност од око 8 °C, аутоматика startује циркулациону пумпу соларног круга. Пумпа ће радити док се не испуне следећи услови: док температура радног флуида у акумулатору топле воде не достигне максималну ограничену вредност температуре од 90 °C и док температурска разлика између радног флуида на излазу из соларног колектора и акумулатора топлоте не падне на вредност 4 °C. Уколико температура радног флуида у соларним колекторима достигне вредност 95 °C аутоматика треба да укључи вентилатор хладњака и трокраки вентил пребаци у положај тако да радни флуид усмерава ка хладњаку соларног система, у циљу спречавања појаве стагнације система. Вентилатор ће радити, а трокраки вентил остати у том положају све док температура у колекторима не опадне на вредност 75 °C.

У системима за припрему санитарне топле воде у зградама коришћењем сунчеве енергије, потребно је посебно водити рачуна о акумулацији топле воде. Наиме, услед дуготрајне акумулације топле воде на температурама од око 50 °C, могућа је појава бактерије легионеле, која може бити веома опасна по здравље корисника. За заштиту система од појаве ове бактерије потребно је предузети одређене мере. Најбоља је уградња проточних акумулатора. У акумулатору се акумулира топлота помоћу радног флуида који не циркулише у систему санитарне топле воде. Кроз посебне цевне змије у облику спирала са набораним цевима од нерђајућег челика, у проточном систему циркулише вода из система санитарне топле воде. Тиме се постиже да вода која циркулише ка потрошачима није устајала, већ је увек проточна и нема опасности од појаве легионеле. С друге стране, могуће је свакодневно обезбедити краткотрајно загревање целе акумулационе масе воде на температуре више од 60 °C (у трајању од око 15 минута), чиме се спречава настајање бактерије легионеле које нису отпорне на температуре више од 60 °C.



Слика 12.6: "ПРО – КЛИН" акумулатор топлоте

На слици 12.6 приказан је изглед такозваног "ПРО-КЛИН" акумулатора топлоте, који има циљ да обезбеди заштиту система од појаве бактерије легионеле, а да уједно обезбеди што већу акумулацију топлоте добијену од сунца. У већим системима, корисно је користити конфигурације са два акумулатора топлоте. Таква шема приказана је на слици 12.5. Могуће је користити и акумулацију топлоте у већим системима, где се размена топлоте између примарног и секундарног круга врши преко плочастих размењивача топлоте.

С обзиром да приноси сунчеве енергије нису стални током дана и током године, потребно је обезбедити додатни извор топлоте ради покривања целокупних потреба за санитарном топлим водом. То су најчешће котлови који користе фосилна горива или биомасу, али и топлотне пумпе.

Избор циркулационе шеме и димензионисање система за коришћење сунчеве енергије за загревање санитарне топле воде у зградама врше специјалисти за предметне системе. Могуће су различите модификације решења система за коришћење сунчеве енергије за загревање санитарне топле воде у зградама. Различити произвођачи нуде различита типска решења система, али, рад сваког система своди се на исте или сличне принципе.

### ***Системи за загревање простора помоћу сунчеве енергије***

Системи за загревање простора помоћу сунчеве енергије се шематски не разликују од система за загревање санитарне топле воде помоћу сунчеве енергије. С обзиром да сунчева енергија није довољна да самостално обезбеди потребну енергију за грејање простора током целог зимског периода, она се користи као допунски систем неком основном систему грејања, на пример електричном енергијом, котловима на фосилна горива или биомасу или топлотним пумпама.

У циљу што већег искоришћења сунчеве енергије у зимском периоду, потребно је изградити нове зграде или предузети мере енергетске ефикасности на постојећим зградама тако да се

обезбеде минимални топлотни губици кроз термички омотач зграде. На тај начин омогућава се примена нискотемпературних система грејања, као што су подна и зидна грејања (око 35-40°C), грејања помоћу индукционих апарата или вентилатор конвектора (око 45-50°C). Тако се продужава период у коме је могуће користити сунчеву енергију, а тиме је и удео сунчеве енергије у укупном билансу потрошње енергије за грејање зграде већи.

Применом Правилника о енергетској ефикасности зграда ("Сл. гласник РС", бр. 61/2011), топлотни губици у зградама значајно су смањени, па се и за системе топоводног радијаторског грејања користе знатно нижи температурски режими (на пример 70/50°C или 60/40°C), што ствара могућност коришћења сунчеве енергије и за системе радијаторског грејања (примена у овим системима ипак је знатно ограничена у хладним данима).

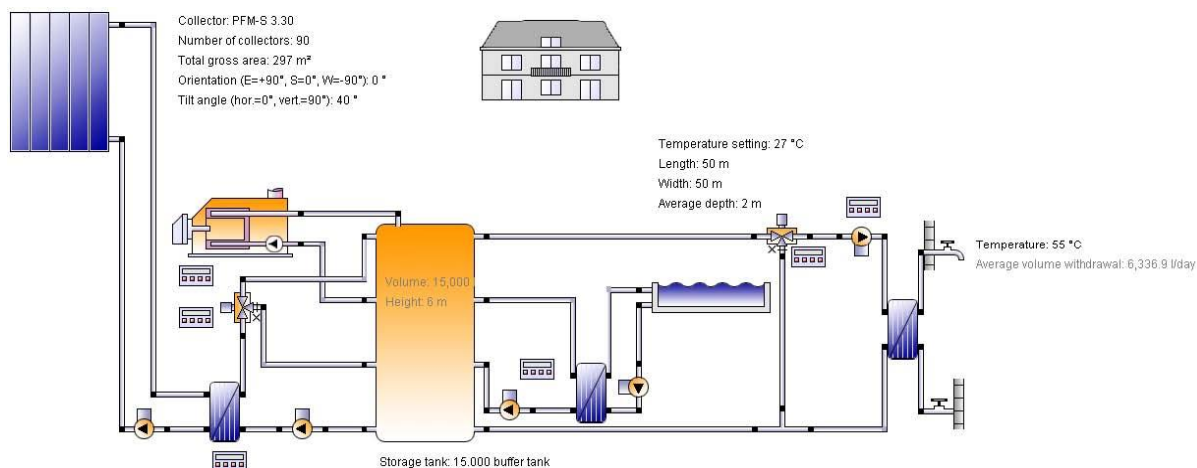
Најчешће, системи за загревање простора помоћу сунчеве енергије, користе се у комбинацији са системима за загревање санитарне топле воде, а радом система руководе софистицирани системи аутоматског управљања. Вода која циркулише кроз системе грејања увек је физички одвојена од санитарне топле воде (размењивачима топлоте у акумулатору топлоте или одвојеним размењивачима топлоте).

Димензионисање ових система такође се врши према летњим режимима рада, односно према стварно потребној енергији за загревање санитарне топле воде у летњем периоду. Предимензионисањем система не добијају се велики бенефити у зимском периоду, а проузрокују се велики проблеми у раду система у летњем периоду. Због чињенице да је зими интензитет сунчевог зрачења 4-5 пута мањи него у летњем периоду, а да су топлотне потребе значајно веће, биле би потребне веће површине соларних колектора (неколико десетина пута) за покривање укупних топлотних потреба зграде у зимском периоду. Уколико бисмо димензионисали систем на овај начин, довели бисмо до неоправдано великих инвестиционих трошкова, а у летњем периоду би систем одлазио у "стагнацију". Стога је потребно пажљиво оптимизовати број соларних колектора и остале делове система (посебно акумулатор топлоте). Утицај акумулатора топлоте у оваквим случајевима је значајан, па се оптималном димензионисању акумулатора мора посветити посебна пажња.

Оптимално димензионисани системи за загревање простора и санитарне топле воде у зградама, могу да задовоље од 45% до 75% годишњих потреба за загревање санитарне топле воде и око 30% топлотне енергије за загревање простора. Код пасивних нискоенергетских кућа, могуће је обезбедити значајно веће уделе покривања топлотних потреба (грејање и санитарна топла вода) помоћу сунчеве енергије.

### ***Системи за загревање базенске воде помоћу сунчеве енергије***

Загревање базенске воде соларним колекторима је због релативно ниских потребних температура воде (24-32)°C један од најефикаснијих и најекономичнијих начина коришћења сунчеве енергије за грејање топле воде. На слици 12.7 шематски је приказан један од система за загревање базенске воде коришћењем сунчеве енергије помоћу соларних колектора и допунским извором топлоте.



**Слика 12.7: Систем за загревање базенске и санитарне топле воде са плочастим соларним колекторима**

Затворена пливалишта, због изузетно великих потреба за енергијом за грејање базенске воде и грејање ваздуха у простору изнад базена, спадају у енергетски изузетно захтевне системе. Код затворених пливалишта грејањем је потребно надокнадити топлотне губитке (и ваздуха и воде) у базену. Током целе сезоне температура воде у базену треба да буде између 24 и 28 °C, а температура ваздуха изнад базена за 2 до 3 °C виша, односно од 26 до 30 °C. Топлотни губици ваздуха изнад базена могу се поделити на тзв. вентилационе и трансмисионе губитке топлоте, док се топлотни губици воде могу поделити према узроку на топлотне губитке услед испаравања воде, услед губитка воде прскањем, губитака топлоте трансмисијом кроз зидове базена, губитака насталих прелажењем топлоте са воде на ваздух, те зрачењем топлоте са површине базена на околне површине. [7]

Због великих потреба за енергијом и климатских услова Републике Србије, за грејање базенске воде и ваздуха у објектима са затвореним пливалиштима, неопходно је користити класичне изворе топлотне енергије (природни гас, уље за ложење и сл.). Системи за грејање воде у затвореним базенима помоћу соларних колектора, као потпуна замена конвенционалног система могу се користити само у летњем периоду, док у зимском периоду могу послужити само као допуна основном систему за грејање. [7]

Искоришћеност енергије сунца (због релативно ниских температура воде) посебно долази до изражаја код отворених пливалишта, код којих се базени користе искључиво у летњем периоду. Загревање базенске воде код отворених базена коришћењем сунчеве енергије помоћу соларних колектора, показало се потпуно довољним за загревање базенске воде, због тога што је у периодима лошег времена (када систем не може да произведе довољну количину топлоте) смањена и потреба за коришћењем базена. [7]

Топлотни губици отвореног базена (које је потребно надокнадити грејањем) настају услед испаравања воде, губитка воде услед прскања, трансмисионих губитака топлоте кроз зидове базена, прелажења топлоте на ваздух (ветар) и зрачења топлоте према небу и околним објектима. Да би се ти губици смањили, базени се често прекривају прозирним пластичним плочама. [7]



### ***Системи за хлађење простора помоћу сунчеве енергије***

Предност хлађења сунчевом енергијом у односу на грејање лежи у чињеници да је потреба за топлотом хлађења највећа у летњем периоду, када је удео сунчевог зрачења највећи. Иако је данас хлађење сунчевом енергијом још увек ограничено, многи топловодни системи (који имају на располагању вишак енергије у летњем периоду) могу се комбиновати с расхладним соларним системима, чиме се побољшава економичност система на годишњем нивоу. [6]

Најчешће се користе следеће врсте соларних расхладних система:

- апсорпциони расхладни системи
- адсорпциони системи с десикантом и
- системи с механичким топлотним пумпама.

На тржишту су највише присутни апсорпциони системи, који раде с температурама генератора од (75-95)°C, а радне материје најчешће су мешавина литијум-бромид/вода или амонијак/вода. Капацитети уређаја крећу се у широком распону до највише 350 kW. Енергију за погон генератора осигуравају најчешће вакуумски колектори, ради боље ефикасности у односу на плочасте, при раду са (овде пожељним) релативно високим температурама радног медијума (>75°C). Кондензатор и апсорбер најчешће се хладе водом или ваздухом. [6]

### ***Смернице за повећање ефикасности система за загревање воде помоћу сунчеве енергије***

На основу претходних сазнања, могу се извести смернице за повећање ефикасности система за загревање воде помоћу сунчеве енергије:

- Предвидети уградњу акумулатора топлоте за загревање санитарне топле воде који може да се повеже на систем за загревање воде коришћењем сунчеве енергије
- Изоловати акумулатор топлоте и све цевоводе, елементе и опрему у систему
- Димензионисање система за коришћење сунчеве енергије помоћу соларних колектора пројектовати у складу са препорукама произвођача опреме, водећи рачуна о протоцима у систему
- За веће системе, предвидети уградњу два мања акумулатора топлоте
- Комбиновати системе са нискотемпературним системима грејања
- Користити вакуумске колекторе када је потребно прикупити већу количину топлоте у зимском периоду
- Димензионисање система радити према максималним летњим потребама, при чему се евентуално догревање предвиђа електричним грејачима
- Редовно годишње одржавање и чишћење.

### ***Системи за производњу електричне енергије помоћу сунчеве енергије***

Фотонапонске ћелије се користе за директно претварање енергије сунчевог зрачења у електричну енергију. Принцип рада базира се на фотоелектричном ефекту. Већина данас комерцијално коришћених фотонапонских ћелија направљена је од полупроводника силицијума. Требало би споменути и фотонапонске ћелије направљене од полупроводника галијум арсенида (GaAs), бакар-инидум-диселенида (CuInCe2) и кадмиј-телурија (CdTe) које,



било због цене, токсичности или осетљивости на временске утицаје, нису још значајније заступљене на тржишту. [6]

Фотонапонске ћелије се спајају у серију како би се добиле вредности напона нешто веће од 12V или 24V, уобичајене за акумулаторе и уређаје који се прикључују на фотонапонске ћелије. Потом се серијски низови спајају паралелно, како би се постигла жељена снага. Тако настају модули у облику панела. [6]

Фотонапонски систем се састоји од фотонапонских панела, акумулатора, регулатора и претварача једносмерне у наизменичну струју и потрошача. Пуњење/пражњење акумулатора регулише се посебним регулатором који има задатак спречавања препуњености или превелике испражњености акумулатора (који могу битно смањити век трајања акумулатора или га чак уништити). Понекад се у системе уграђује и тзв. ДЦ/АЦ претварач једносмерне струје у наизменичну, прикладну за погон кућних апарата. [6]

Због мале ефикасности и још увек високе цене (код кућних система око 4-5 ЕУР/В инсталиране снаге), фотонапонске ћелије се уграђују тамо где су потребне релативно мале снаге и/или не постоји прикључак на електричну мрежу. Примери примене су викендице, планинарски домови, радио-репетитори на врховима планина, телефонске говорнице уз ауто-пут, улична расвета, аутомати за паркирање, батерије/акумулатори за мање бродове и једрилице итд.

Цена инсталације фотонапонских модула може се смањити ако се они користе као делови крова, што је већ тестирано кроз многе пројекте ЕУ. С обзиром на континуирани тренд пада цена фотонапонских модула (код већих система снаге >1 MW цена је 2-3 ЕУР/В) и припадајуће опреме последњих десетак година, може се очекивати да би фотонапонски системи могли ускоро постати економски конкурентни конвенционалним начинима снабдевања електричном енергијом. [6]

#### **12.4 Системи за коришћење биомасе у зградама**

Велики број зграда јавне намене, стамбених зграда и индивидуалних породичних кућа, чак и читавих блокова у градовима и општинама на територији републике Србије, користи фосилна горива као извор енергије, а најчешће су то угаљ, екстратешко уље за ложење - мазут, екстралако уље за ложење и природни гас. Значајан број топлана у Републици Србији још увек као извор топлоте користи екстратешко уље за ложење – мазут. У складу са циљевима који су постављени кроз НАПОИЕ, као једна од приоритетних мера за унапређење енергетске ефикасности зграда и система у зградама, дефинисана је замена уља за ложење, угља и природног гаса који се користе за грејање биомасом и другим ОИЕ, али и увођење система даљинских грејања базираних на коришћењу ОИЕ и комбинованој производњи електричне и топлотне енергије. Препоручује се и изградња постројења која користе биомасу као извор енергије за грејање у новим зградама или блоковима зграда.

Чврста биомаса може се користити на следеће начине:

- за индивидуално грејање простора у породичним кућама – пећи на дрва или "шпорети"
- котлови мале снаге за сагоревање дрвета у цепаницама или пелета за грејање индивидуалних породичних кућа
- котлови средње снаге за сагоревање дрва у облику цепаница, пелета или дрвне сечке,

за потребе грејања већих зграда

- котлови веће снаге за сагоревање дрвне сечке или пелета, за системе даљинског грејања
- когенеративна постројења.

Најчешће примењивани облик биомасе за потребе грејања у зградама на територији Републике Србије је дрвна биомаса у облику дрвних цепаница, пелета, брикета и дрвне сечке (слике 12.8 до 12.11).



Слика 12.8: Дрвни пелет



Слика 12.9: Дрвна сечка



Слика 12.10: Брикети



Слика 12.11: Дрво - цепанице

Други најраспрострањенији облик биомасе јесте пољопривредна биомаса.

Нема велике разлике између коришћења дрвне и пољопривредне биомасе у циљу загревања простора у зградама. Основна разлика огледа се у конструкцији котловског постројења, док су све остале компоненте система углавном исте. Овде ће се разматрати коришћење дрвне или пољопривредне биомасе која се користи директно у процесима сагоревања за добијање топлотне енергије за загревање простора у зградама.

Коришћење биомасе као енергента за загревање простора у зградама има низ предности у односу на фосилна горива, али има и своје недостатке. Основна предност огледа се у елиминацији емисије штетних материја у околину, смањењу потрошње примарне енергије и смањењу трошкова. Високи степени корисности котлова који користе биомасу обезбеђују мању потрошњу енергије. Недостаци коришћења биомасе огледају се у потреби за обезбеђивањем великог простора за складиштење залиха биомасе и опслуживању система.

Као проблем намеће се и власништво и наплата енергије у зградама више породичног становања.

Технолошка решења за сагоревање дрвне биомасе већ су добро позната и развијена, тако да постоји велики број произвођача ових котлова.

Системи за коришћење биомасе за потребе грејања простора у зградама, у суштини се не разликују значајно од система који користе фосилна горива као извор топлоте за загревање простора у зградама. Систем се састоји од складишта за биомасу, система за непрекидно снабдевање биомасом, котлова на биомасу, димњака и дистрибутивног система топлоте (који често укључује и акумулатор топлоте).

Основна разлика огледа се у котловској конструкцији и складиштима за биомасу, дневним и сезонским. Сви остали елементи система (цевоводи, арматура, сигурносни системи - експанзионе посуде и сигурносни вентили, циркулационе пумпе итд.) имају исте функције и намену, па у наставку текста о њима неће бити речи.

### **1.1.1 Системи за сагоревање пелета**

У индивидуалним кућама најзаступљенији су системи који користе дрво у облику цепаница или пелет, при чему се користе уређаји малих снага (до 50 kW).

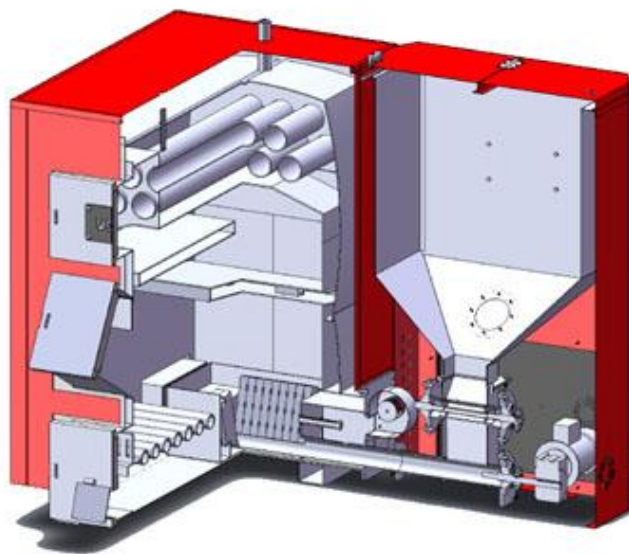
Код зграда јавне намене најчешће се користи пелет, а ређе дрвна сечка. Од зграда јавне намене које користе биомасу као енергент за грејање простора, на територији Републике Србије појављују се школе, вртићи, спортски објекти, административне зграде јединица локалне самоуправе итд. У зградама вишепородичног становања веома ретко се користе котлови који сагоревају биомасу због недостатка простора за смештај котловске опреме, проблема око набавке горива, одржавања, опслуживања и наплате.

Котлови који се користе за сагоревање биомасе за грејање простора у зградама већих су димензија и заузимају више простора од котлова који сагоревају фосилна горива, због потребе да се уз котао испоручује и резервоар за дневне потребе биомасе. Због тога је при реконструкцији потребно размотрити могућности уградње котлова који сагоревају биомасу у постојеће просторе. Потребно је обезбедити и адекватан простор за смештај биомасе, што може бити простор значајне површине. На сликама 12.12 и 12.13, приказани су котлови који се користе за сагоревање пелета, с тим што је на слици 12.12 приказан котао са гориоником, а на слици 12.13 котао са сагоревањем на решетки.

За сагоревање пољопривредних остатака (на пример сламе) потребна је посебна опрема због карактеристика ових горива. У поступку сагоревања пољопривредних остатака постоје значајни проблеми, па је и употреба ових котлова значајно мања од котлова са сагоревањем дрвне биомасе.



Слика 12.12: Котао на биомасу – пелет, са гориоником и бункером за пелет (производ Еко Стар – Књажевац, Србија)



Слика 12.13: Котао на биомасу – пелет, сагоревање на решетки, са бункером (производ Шуком, Књажевац, Србија)

Помоћу котлова који сагоревају биомасу, могуће је постићи температуре воде од 90°C, што одговара и високотемпературним системима топловодног радијаторског грејања, али и свим системима грејања који раде при нискотемпературним режимима. С обзиром на примену нових законских одредби у погледу термичке заштите нових зграда и постојећих зграда које се реконструишу, могуће је за системе топловодног радијаторског грејања у новопроектованим зградама или у постојећим зградама које се реконструишу, снизити температурске режиме у односу на претходно уобичајене 90/70 °C, на нових 70/50 °C или ниже. Ова чињеница омогућава да се приликом избора нових котлова на биомасу, систем димензинише са мањим капацитетом, али уз обавезну уградњу одговарајућег акумулатора топлоте. Акумулатор топлоте се у сваком случају препоручује за рад са котловима који сагоревају биомасу, чиме се постиже мањи број стартава котла у току рада и њихов континуиран рад, што продужава радни век котлова.

Степени корисности котлова који користе биомасу крећу се и преко 90%, с тим што за котлове и пећи мањих снага ова вредност опада.

Приликом преласка са фосилног горива на биомасу као извор енергије, поред расположивог простора, потребно је проверити да ли постојећи димњак испуњава све законом прописане захтеве, као и да ли котларница испуњава противпожарне услове. Није дозвољено у једној котларници сместити два котла која као извор топлоте користе два различита горива.

Котлови који сагоревају биомасу поседују у свом саставу одговарајућу аутоматику која управља радом котла и регулише процес сагоревања.

Котлови за сагоревање пелета производе се у капацитетима од 25 kW до 500 kW, ретко преко тога.

С обзиром на доста неуређено тржиште биомасе, постоји реална опасност приликом набавке пелета, у смислу квалитета и доње топлотне моћи. Стога се препоручује набавка пелета према



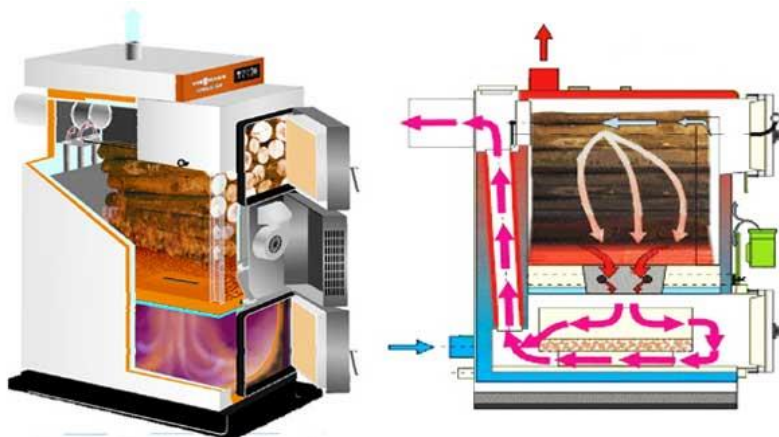
јединичној цени по kJ/kg, измереној вредности доње топлотне моћи за сваку испоруку пелета и испорученој количини. Тако се наручилац опредељује да набавља енергију, а не само количину пелета без гарантованог квалитета.

Без обзира на све наведене недостатке, разматрано са еколошког и економског аспекта, супституција фосилних горива (природни гас, тешко уље за ложење – мазут, а посебно екстралако уље за ложење) биомасом веома је исплатива. Експлоатациони трошкови снижавају се у односу на екстра лако лож-уље и до 4 пута, у односу на мазут до 2 пута, а у односу на природни гас смањују се за око 1,25 пута. Техно-економске студије показују да су периоди повраћаја средстава у опсегу од 2 до 5 година, у зависности од врсте примарног енергента и пројектованог система, али и обима радова на термичком омотачу зграде.

### **Системи за сагоревање дрвета у облику цепаница**

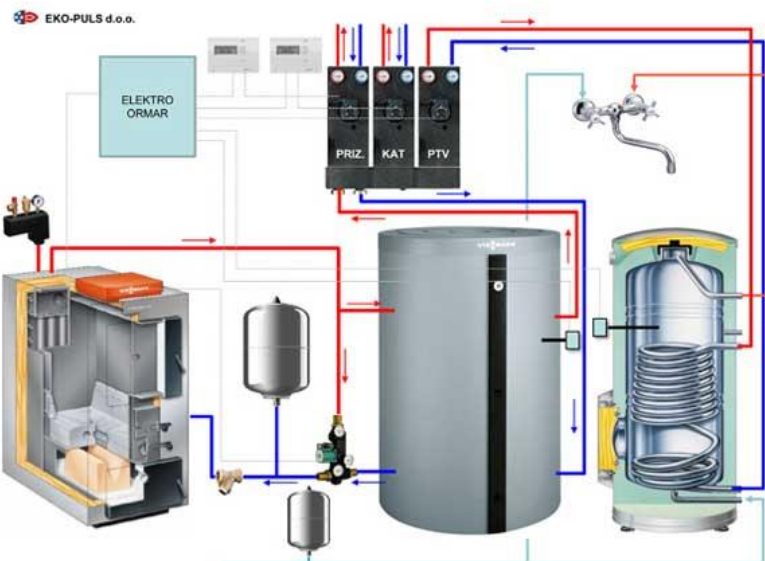
Осим пелета као енергента, за потребе грејања зграда могуће је користити и дрво у облику цепаница одређене дужине, користећи такозване пиролитичке котлове (слика 12.14). Пиролитички котлови производе се до топлотних капацитета од 100 kW. Као гориво користе се веома добро осушене цепанице. Принцип рада ових котлова састоји се у томе да се у ложишту дрво прво суши, затим се без присуства кисеоника ужари, угљенише и потпуно претвори у гас. Тако настали "дрвни" гас сагорева на веома штедљив начин, чистим пламеном, трошећи при томе 30% мање дрвета него остали котлови. Што је температура горива у котлу виша, то је већи удео "дрвног" гаса у продуктима пиролитичке реакције, а мањи удео катрана и смоле. Чисти "дрвни" гас је мешавина гасова од којих доминирају метан и водоник. То се види и по боји пламена којим смеша гасова гори. Што више у пламену доминира плава боја, то је смеша гасова мање загађена катраном, односно гасификација се одвија при вишој температури.

Пиролитички котлови могу да раде у опсегу снаге од 40 до 100%. Унутрашњи простор котла је значајних димензија и може да обезбеди аутономију рада и до 2 дана.



Слика 12.14: Пиролитички котло за сагоревање дрвета у облику цепаница (производ Viessmann)

У комбинацији са акумулатором топлоте, остварује се додатна уштеда до 10%. На слици 12.15 приказана је једна могућа хидрауличка шема повезивања пиролитичког котла са акумулатором топлоте за загревање простора у згради и резервоаром за загревање санитарне топле воде.

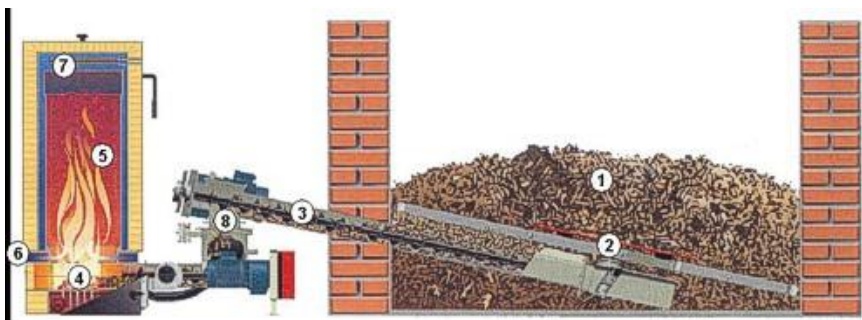


Слика 12.15: Пиролитички котлоу у комбинацији са акумулатором топлоте (производ Viessmann)

Пиролитички котлови нарочито се добро показују у ситуацијама супституције угља као енергента за грејање простора у зградама у руралним срединама, при чему се постиже 100% смањење емисије CO<sub>2</sub>, а у комбинацији са мерама на термичком омотачу зграде, инвестиција у котлове значајно је снижена, тако да је период повраћаја инвестиције кроз уштеде прихватљив и поред високе цене ових котлова. Дрво у облику чепаница једини је енергент који по цени може да парира угљу, при чему је и потпуно еколошки прихватљиво гориво. Могућа је и комбинација предложене хидрауличке шеме са соларним колекторима.

### **Системи за сагоревање дрвне сечке**

За потребе грејања већих зграда или комплекса зграда, чија је потребна топлотна снага већа од 1 MW, потребно је размотрити исплативост примене котлова који сагоревају дрвну сечку. Котлови који сагоревају дрвну сечку могу да сагоревају биомасу са великим садржајем воде (40%, па и до 50%). Користе се углавном у системима даљинског грејања и за објекте великих топлотних потреба. Карактеришу их високе инвестиционе вредности. По правилу се израђују котларнице са акумулаторима топлоте. Осим котларнице, потребно је предвидети и складиште дрвне сечке, најчешће у облику укопаних резервоара кружног или правоугаоног облика, са покретним решеткама или пужним транспортером. За потребе манипулације дрвном сечком, потребно је обезбедити адекватну механизацију и локацију за смештај дрвне сечке.

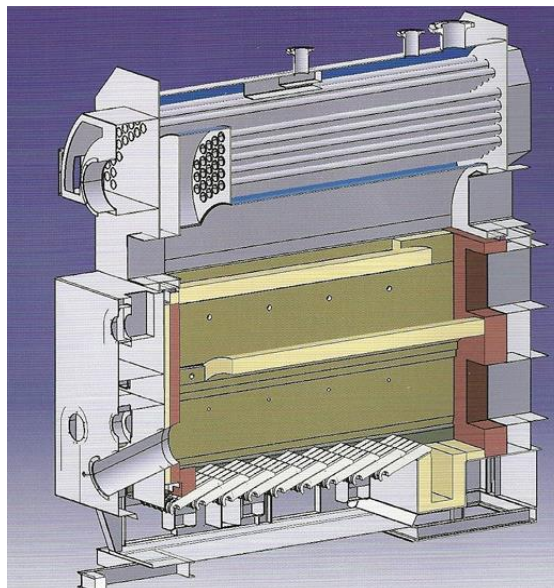


Слика 12.16: Систем непрекидног снабдевања дрвном сечком

На слици 12.16 приказан је један систем непрекидног снабдевања дрвном сечком. Дрвна сечка се складишти у посебној просторији (1), у коју се допрема спољном механизацијом након допреме из шумског газдинства. Дрвна сечка се складишти у просторији за смештај горива(1). У просторији за смештај горива (1) налази се елеватор (2) који је повезан са пужним транспортером (3). Преко пужног транспортера (3), дрвна сечка се допрема до решетке горионика (4) и убацује се у ложиште котла (5) где се одвија сагоревање. Довод секундарног ваздуха помоћу кога се регулише процес сагоревања врши се преко отвора (6). Сагоревање се одвија у ложишту котла изнад кога се налази цевни развод или апсорбер (7).



Слика 12.17: Котао за сагоревање дрвне сечке (производ Радијатор, Краљево, Србија)



Слика 12.18: Пресек котла за сагоревање дрвне сечке

На слици 12.17 приказан је котао који сагорева дрвну сечку. Слика 12.18 приказује пресек котла са ложиштем и промајама димних гасова.

Сагоревање се одвија на решеткама у доњој зони котла које се стално померају ради чишћења и обезбеђења што потпунијег сагоревања. Ради остваривања што боље циркулације ваздуха и димних гасова, у каналу димних гасова поставља се вентилатор димних гасова, који уједно служи и да савлада отпоре у димњаку. Котлови за сагоревање дрвне сечке имају више промаја димних гасова. Ради постизања оптималног рада котлова, веома често се потребне топлотне снаге постижу комбинацијом два или више колтова различитих топлотних снага.

Помоћу котлова који сагоревају дрвну сечку, могуће је постићи температуре воде од око 95°C и више, што одговара и високотемпературним системима топоводног радијаторског грејања, а примењује се и у системима даљинског грејања као базно оптерећење.

### **12.5 Системи за коришћење геотермалне енергије**

Геотермална енергија може се користити на више начина, од великих и сложених електрана па до малих и једноставних система. Коришћење геотермалне енергије зависи од температуре земље на одређеној дубини. У Републици Србији не постоји значајан потенцијал за производњу електричне енергије из геотермалних извора. У том смислу, размотрићемо



могућности коришћења геотермалне енергије за потребе загревања санитарне топле воде и простора у зградама.

С обзиром на ограничене могућности директног коришћења геотермалне енергије, што је посебно ограничено локацијом на којој се налазе геотермални потенцијали, као и високе инвестиционе трошкове, неће се разматрати ни могућност директног коришћења геотермалне енергије у сектору зградарства.

Разматраће се два основна вида коришћења геотермалне енергије у сектору зградарства, и то:

- коришћење енергије геотермалне воде помоћу топлотних пумпи вода-вода
- коришћење енергије земље помоћу топлотних пумпи земља-вода.

### **1.1.1 Основни принципи рада топлотних пумпи**

Топлотне пумпе су уређаји који предају топлоту телу више температуре са тела ниже температуре, при чему се улаже један део рада. Раде на принципу левокретног термодинамичког кружног циклуса.

Свака топлотна пумпа има неколико основних делова: испаривач, кондензатор, компресор и пригушни вентил. Унутар топлотне пумпе циркулише радни флуид, нека течност која лако испарава на ниским температурама. На страни кондензатора налази се понор топлоте, а на страни испаривача налази се извор топлоте.

Кондензатор и компресор налазе се на страни високог притиска, док се испаривач и пригушни вентил налазе на страни ниског притиска.

Један од основних показатеља квалитета топлотних пумпи јесте "коефицијент грејања" или COP. COP представља однос добијене топлотне енергије у односу на уложени рад за погон компресора. У зависности од промена температура извора и понора, мења се и COP. Вредности у којима се креће COP за топлотне пумпе износи од 2,5 до 5. Што је виша разлика температура извора и понора, то је COP мањи. У супротном, што је мања разлика између температура извора и понора, циклус је бољи. Максималне температуре на секундарној страни топлотне пумпе такође су ограничене. Углавном се ове температуре крећу у границама до 50°C.

Радни флуид струјањем кроз испаривач прима топлоту од топлотног извора, испарава и прелази у сувозасићену пару. Сувозасићену пару радног флуида усисава компресор и радном флуиду подиже притисак и температуру. Радни флуид са високом температуром и притиском улази у кондензатор и ту предаје топлоту топлотном понору (на пример вода из система подног грејања). Након предаје топлоте топлотном понору радни флуид се кондензује, а кључала течност радног флуида води се у пригушни вентил где изенталпски експандира, при чему радном флуиду опада температура и притисак. Радни флуид је опет спреман за повратак у испаривачки део, где поново прима топлоту од извора топлоте, чиме се циклус понавља.

Топлотне пумпе су због својих ограничења погодне за загревање простора код нискотемпературних система грејања и загревање санитарне топле воде или базенске воде. Како корисност топлотне пумпе веома зависи од температура извора и понора, пожељно је да ове две температуре буду што приближније и по могућности константне.

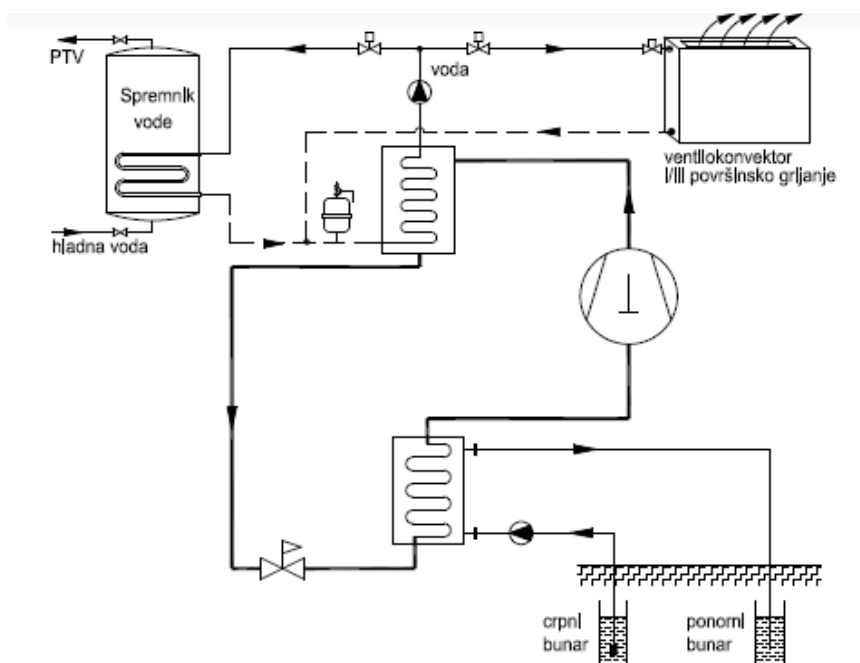
У системима грејања у зградама, топлотна пумпа може самостално да покрива целокупне губитке топлоте (моновалентни начин рада). Могуће је и да се при нижој температури спољног

ваздуха укључи још један извор топлоте који преузима рад на нижим температурама и даље оба система раде заједно (бивалентно-паралелни рад). Постоји и могућност рада до неких спољних услова, а на нижим температурама, цео систем почиње да ради преко додатног извора, а топлотна пумпа престаје са радом (бивалентно- алтернативни).

Три основна извора топлоте за рад топлотне пумпе су: енергија околног ваздуха, геотермална енергија и енергија тла.

Највећи и најприступачнији извор топлоте топлотних пумпи представља околни ваздух. Оребрени размењивач топлоте с принудном циркулацијом ваздуха користи се за размену топлоте између ваздуха и радне материје. Разлика температуре околног ваздуха као извора топлоте и радне материје која испарава, креће се од 6 до 10°C. Код избора овакве топлотне пумпе, потребно је водити рачуна о две ствари: температури околног ваздуха за дату локацију и стварању ине и леда на оребреним секцијама испаривача, на температурама од око -3 до 2 °C. Лоша страна спољног ваздуха су његове промене температуре током дана и године. По правилу се ове топлотне пумпе не димензинишу на пун капацитет. COP се креће у границама 2,5 до 3,5.

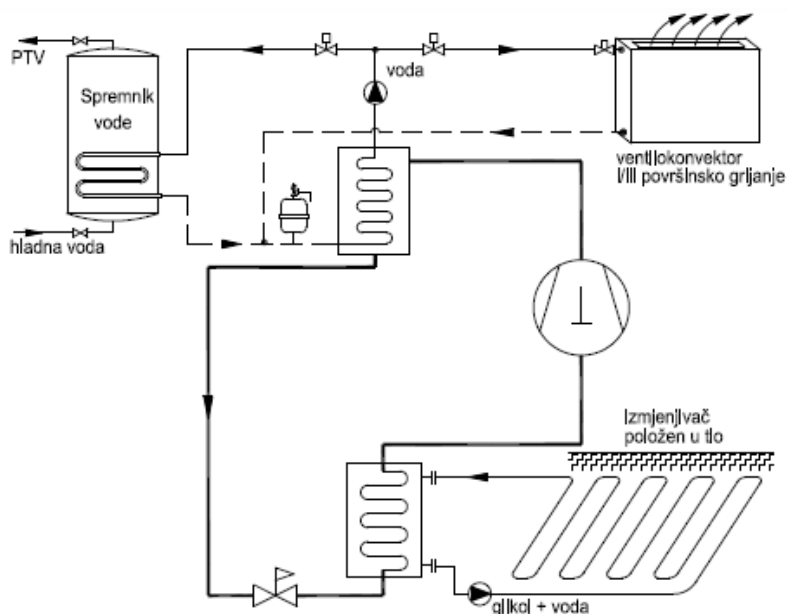
Топлотне пумпе које користе подземну воду као извор топлоте, користе воду чија температура подземне воде износи углавном од 8 до 12°C и зависи од дубине из које се вода црпи. Ова температура се током целе године незнатно мења, па је подземна вода најповољнија као извор топлоте за погон топлотне пумпе.



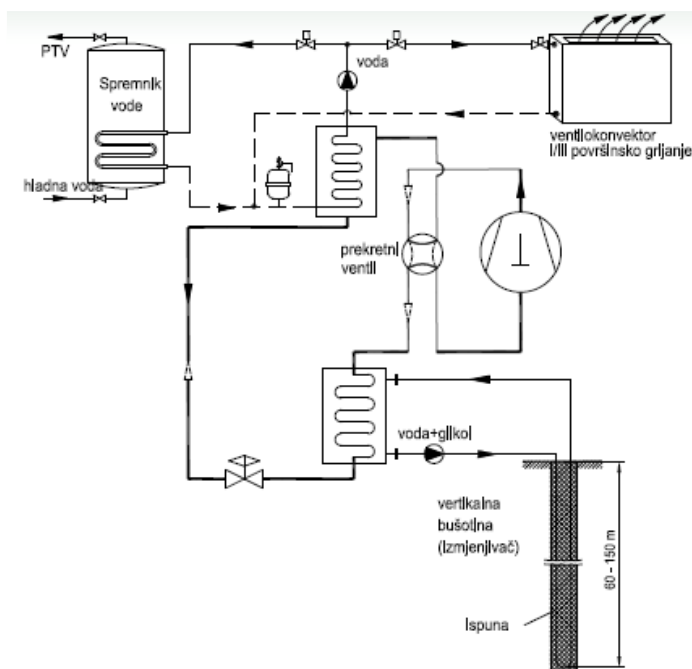
Слика 12.19: Шематски приказ топлотне пумпе вода-вода [6]

За црпљење подземне воде потребна су два бунара, црпни и понорни (слика 12.19). Размак између ових бунара треба бити што је могуће већи, а по могућности не мањи од 10 м. Црпни бунар треба давати у свим временима погона довољну количину воде, односно издашност црпног бунара је најважнија за пројектовање ове топлотне пумпе. Потопљена пумпа уграђује се обично до дубине 15 м како би се смањили погонски трошкови пумпе. Испод пумпе, оставља се слободна висина бунара која омогућује накупљање песка и нечистоћа. Пречник

бунара обично је 220 mm или већи. Проток пумпе за воду прорачунава се за температурну разлику воде на испаривачу од 4 до 5°C.



Слика 12.20: Шематски приказ топлотне пумпе земља-вода – хоризонтално полагање [6]



Слика 12.21: Шематски приказ топлотне пумпе земља-вода – вертикално полагање [6]

Земља представља огроман топлотни акумулатор који се може користити за грејање, али и за хлађење простора. Иако се хлађење може остварити непосредним коришћењем размењивача топлоте у тлу, у сврху грејања потребно је употребити топлотну пумпу. Уградњом прекретног вентила, топлотна пумпа се начелно зими може користити за грејање, а лети за хлађење. Главна предност земље као извора или понора топлоте је у њеној релативно константној

температури, већ на дубини од 2 м (од 7 до 13°C), која омогућује рад топлотне пумпе у оптималној пројектној тачки, без дневних и сезонских варијација. Полагање цевовода топлоте пумпе (која као извор топлоте користи тло) може да буде хоризонтално и вертикално. На сликама 12.20 и 12.21, приказане су наведене опције топлотних пумпи земља - вода. Основни проблем код ових система јесте знатно већа инвестициона вредност у делу полагања подземних цевовода.

### **Основи примене топлотних пумпи у зградама**

Без обзира о ком извору топлоте за рад топлотне пумпе се ради, примена топлотних пумпи у зградама је иста за сва три случаја, уз извесна ограничења.

Могуће је користити топлотне пумпе за сва нискотемпературна грејања у зимском периоду и за све врсте хлађења у летњем периоду. У случају високотемпературних хлађења (температура воде полазног вода је изнад 17°C, зидно и плафонско хлађење, индукциони апарати), топлотна пумпа земља-вода и вода-вода дају одличне резултате јер могу да раде у пасивном режиму рада.

Такође, могуће је да се користе топлотне пумпе и за загревање санитарне топле воде и базенске воде, што даје најбоље резултате у комбинацији са соларним колекторима.

Посебне могућности отварају се приликом искоришћења отпадне топлоте из отпадне санитарне воде. Период повраћаја инвестиције кроз остварене уштеде креће се од 2-4 године.

Топлотна пумпа ваздух – вода има највише ограничења, с обзиром да је температура околног ваздуха променљива током године, а у зимском периоду системи раде отежано због потребе за отапањем испаривача. У комбинацији са допунским извором топлоте (соларни колектори, електрични грејач или котао на биомасу), ове топлотне пумпе у комбинацији са нискотемпературним грејањем, због веома прихватљиве инвестиционе вредности, представљају оптималан систем грејања за нове објекте.

### **Литература**

- [1] Закон о енергетици, Сл. гласник РС, бр. 145/14
- [2] Енергетски биланс Републике Србије за 2015. Годину
- [3] Национални акциони план за коришћење обновљивих извора енергије Републике Србије ("Сл. гласник РС", бр. 53/2013)
- [4] Правилник о енергетској ефикасности зграда, Сл.гласник РС, бр. 61/2011
- [5] Правилник о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда, Сл.гласник РС, бр. 69/2012
- [6] Приручник за енергетско цертифицирање зграда, Загреб 2010
- [7] Изградња соларних грејних система у Републици Србији, Београд 2013
- [8] Закон о ефикасном коришћењу енергије, Сл. гласник РС, бр. 25/13;
- [9] Правилник о начину спровођења и садржини програма обуке за енергетског менаџера, трошковима похађања обуке, као и ближим условима, програму и начину полагања испита за енергетског менаџера, Сл. гласник РС, бр. 12/15;
- [10] Правилник о условима у погледу кадрова, опреме и простора организације која спроводи обуку за енергетске менаџере и овлашћене енергетске саветнике, Сл. гласник РС, бр. 12/15
- [11] <http://www.mre.gov.rs/latinica/energetska-efikasnost-unapredjenje-efikasnosti-projekat-alterenergy.php>
- [12] Закон о комуналним делатностима, Сл. гласник РС, бр. 88/11

## **13 Енергетски преглед зграде - прикупљане и обрада података**

### **13.1 Увод**

Изградња нових зграда, као и унапређење енергетске ефикасности постојећих зграда, реализује се низом активности које се спроводе у складу са важећим Законом о планирању и изградњи ("Сл. гласник РС", бр. 72/2009, 81/2009 - испр., 64/2010 - одлука УС, 24/2011, 121/2012, 42/2013 - одлука УС, 50/2013 - одлука УС, 98/2013 - одлука УС, 132/2014 и 145/2014) и пратећим подзаконским актима.

Под појмом унапређења енергетске ефикасности подразумева се смањење потрошње свих врста енергије, уштеда енергије и обезбеђење одрживе градње применом техничких мера, стандарда и услова планирања, пројектовања, изградње и употребе зграда и простора. Зграда која за своје функционисање подразумева утрошак енергије, мора бити пројектована, изграђена, коришћена и одржавана на начин којим се обезбеђују прописана енергетска својства зграда. Енергетска својства зграда јесу стварно потрошена или прорачуната количина енергије која задовољава различите потребе које су у вези да стандардизованим коришћењем, а односе се нарочито на енергију за грејање, припрему топле воде, хлађење, вентилацију и осветљење. Енергетска својства утврђују се издавањем сертификата о енергетским својствима зграда који издаје овлашћена организација која испуњава прописане услове за издавање сертификата о енергетским својствима зграда. Сертификат о енергетским својствима зграда чини саставни део техничке документације која се прилаже уз захтев за издавање употребне дозволе. [1]

У складу са претходним, све нове зграде, морају да се пројектују и граде у складу са захтевима у погледу енергетске ефикасности за нове зграде, који су дефинисани Правилником о енергетској ефикасности зграда ("Сл. гласник РС", бр. 61/2011).

Такође, за све постојеће зграде за које се предвиђа санација, адаптација или реконструкција, као и енергетска санација, а на које се односи Правилник о енергетској ефикасности зграда ("Сл. гласник РС", бр. 61/2011), потребно је да се израде пројекти и изведу радови на санацији, адаптацији или реконструкцији, као и енергетској санацији, у складу са захтевима у погледу енергетске ефикасности за постојеће зграде, који су дефинисани Правилником о енергетској ефикасности зграда ("Сл. гласник РС", бр. 61/2011). Правилником о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда ("Сл. гласник РС", бр. 69/2012), дефинисано је које зграде не подлежу примени Правилника о енергетској ефикасности зграда ("Сл. гласник РС", бр. 61/2011), односно за које зграде није потребно прибављање енергетског пасоша.

Без обзира да ли се ради о изградњи нове зграде, или се ради о санацији, адаптацији или реконструкцији постојеће зграде, или чак само о енергетској санацији постојеће зграде, потребно је израдити енергетски пасош, који чини саставни део техничке документације која се прилаже уз захтев за издавање употребне дозволе.

Услови за издавање енергетског пасоша зграде су:

- за постојећу зграду – да се користи у складу са прописима којима се уређује изградња

објеката;

- за нову зграду – да је пројектована и изградњена у складу са прописима којима се уређује изградња објеката и прописима којима се уређују енергетска својства зграда.

Енергетски пасош зграде се издаје по извршеном **енергетском прегледу зграде**, вредновању и завршном оцењивању испуњености прописаних захтева о енергетским својствима зграде, а на основу извештаја о извршеном енергетском прегледу. Енергетски преглед зграде јесте поступак који се спроводи ради утврђивања енергетских својстава зграде и нивоа усклађености тих својстава са прописаним захтевима. Енергетски преглед подразумева анализу енергетских карактеристика термичког омотача зграде и техничких система у згради у циљу утврђивања постојеће потрошње енергије, а затим и идентификовања потенцијалних мера унапређења енергетске ефикасности и доношења закључака и препорука за повећање енергетске ефикасности. Основни циљ енергетског прегледа јесте да се прикупљањем и обрадом низа података о грађевинским карактеристикама зграде у смислу топлотне заштите, као и енергетским карактеристикама разних система потрошње енергије и воде, добије што бољи увид у постојеће енергетско стање зграде, након чега се предлажу мере унапређења енергетске ефикасности зграде.

Када је у питању изградња нове зграде, у складу са Законом о планирању и изградњи ("Сл. гласник РС", бр. 72/2009, 81/2009 - испр., 64/2010 - одлука УС, 24/2011, 121/2012, 42/2013 - одлука УС, 50/2013 - одлука УС, 98/2013 - одлука УС, 132/2014 и 145/2014), за ову врсту радова израђују се Пројекат за грађевинску дозволу - ПГД у чијем саставу се налази и Елаборат енергетске ефикасности којим је потребно доказати да новопроекттована зграда испуњава све захтеве дефинисане Правилником о енергетској ефикасности зграда ("Сл. гласник РС", бр.61/2011) и да има минимум енергетски разред "Ц", као и Пројекти за извођење - ПЗИ на основу којих се врши извођење радова. Енергетски преглед за нове зграде врши се по завршеном извођењу радова на изградњи нове зграде.

Када је у питању извођење радова на санацији, адаптацији или реконструкцији, или само енергетској санацији зграде, у складу са Законом о планирању и изградњи ("Сл. гласник РС", бр. 72/2009, 81/2009 - испр., 64/2010 - одлука УС, 24/2011, 121/2012, 42/2013 - одлука УС, 50/2013 - одлука УС, 98/2013 - одлука УС, 132/2014 и 145/2014), за ову врсту радова израђују се Идејни пројекти - ИДП у чијем саставу се налази и Елаборат енергетске ефикасности којим је потребно доказати да се предвиђеним обимом радова побољшава енергетски разред зграде за минимум један ниво, као и Пројекти за извођење - ПЗИ на основу којих се врши извођење радова. Енергетски преглед за постојеће зграде се врши два пута:

- први пут у фази израде пројектне документације за потребе санације, адаптације, реконструкције или само енергетске санације, а у циљу утврђивања постојећег стања и одређивања енергетског разреда постојеће зграде пре планираних радова. У овој фази је могуће на основу извршеног енергетског прегледа, вредновања и завршног оцењивања испуњености прописаних захтева о енергетским својствима зграде издати енергетски пасош за постојеће стање зграде која се санира, адаптира или реконструише, или се само енергетски санира, али то није и обавезујуће.
- други пут по завршеном извођењу радова на санацији, адаптацији или реконструкцији, или само енергетској санацији зграде.

Осим наведених случајева, енергетски преглед постојеће зграде могуће је вршити у било ком тренутку, а посебно за потребе идентификације пројеката унапређења енергетске ефикасности у зградама, кроз пројекте санације, реконструкције, адаптације или само енергетске санације.

На основу наведеног, може се закључити да енергетски преглед зграде има две основе сврхе:

- одређивање енергетског разреда у поступку енергетске сертификације зграда;
- анализа постојећег стања прикупљањем и обрадом низа података, идентификација потенцијалних мера унапређења енергетске ефикасности зграде и економско, енергетско и еколошко вредновање могућности примене мера побољшања енергетских карактеристика зграде и повећања енергетске ефикасности.

Током спровођења енергетског прегледа, потребно је анализирати топлотне карактеристике спољне околине зграде, карактеристике термичког омотача саме зграде и карактеристике техничких система са циљем утврђивања ефикасности потрошње енергије, као и доношења закључака и препорука за повећање енергетске ефикасности. Енергетским прегледом се утврђује начин коришћења енергије, као и системи и места на којима су присутни велики губици енергије како би се одредиле мере за рационално коришћење енергије и повећање енергетске ефикасности зграде.

У складу са Правилником о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда ("Сл. гласник РС", бр. 69/2012), енергетски преглед обухвата:

- анализу архитектонско-грађевинских карактеристика зграде, односно анализу топлотних карактеристика термичког омотача зграде;
- анализу енергетских својстава система грејања, а по успостављању националног софтвера за енергетску ефикасност и система за климатизацију, хлађење, вентилацију и освету;
- анализу система аутоматске регулације система грејања у згради;
- мерење за утврђивање енергетског стања и / или својстава, када се до података не може доћи на други начин.

Осим наведеног, енергетски преглед додатно треба да обухвати и заступљеност и енергетска својства појединих потрошача, структуру управљања зградом и приступ корисника енергетској проблематици.

Након енергетског прегледа израђује се извештај о обављеном енергетском прегледу зграде, који садржи:

- опште податке о згради: податке о локацији; климатске податке; податке о усклађености пројекта изведеног објекта са пројектом за извођење на основу којег је зграда изграђена;
- технички опис примењених техничких мера и решења према прописаним критеријумима и то: функционалних и геометријских карактеристика зграде; примењених грађевинских материјала, елемената и система; уграђених техничких система; врста извора енергије за грејање, хлађење и вентилацију; термотехничких инсталација и система освете; употреба и учешће обновљивих извора енергије;
- потребну годишњу потрошњу енергије за рад техничких система у згради у складу са



прописом којим се уређују енергетска својства зграде;

- годишњу вредност коришћења укупне примарне енергије у складу са Правилником о енергетској ефикасности зграда ("Сл. гласник РС", бр. 61/2011);
- вредност емисије CO<sub>2</sub>, прорачунате у складу са Правилником о енергетској ефикасности зграда ("Сл. гласник РС", бр. 61/2011);
- предлог мера побољшања енергетске ефикасности енергетских својстава зграде;
- потпис и печат одговорног пројектанта енергетске ефикасности који је израдио извештај.

У саставу извештаја о енергетском прегледу зграде треба, на основу анализа прикупљених података, предложити конкретне енергетски, економски и еколошки оптималне мере енергетске ефикасности за разматрану зграду.

Извештај о енергетском прегледу зграде, садржи и податке зависно од категорије зграде, и то: резултате спроведених мерења и/или снимања – термографски снимци термичког омотача зграде или делова техничких система у згради, податке о измереним коефицијентима пролажења топлоте грађевинских елемената зграде (U – вредностима), податке о измереној ваздушној пропустљивости зграде или дела зграде и друго.

### **13.2 Подела и елементи енергетских прегледа**

Подела енергетских прегледа може се извршити на више начина. У зависности од начина поделе, разликујемо следеће поделе енергетских прегледа:

1. Подела енергетских прегледа зграда према старости зграде
  - енергетски преглед постојећих зграда
  - енергетски преглед нових зграда
2. Подела енергетских прегледа зграда према обиму и детаљности спроведеног истраживања
  - прелиминарни енергетски преглед зграда
  - детаљан енергетски преглед зграда
3. Подела енергетских прегледа зграда према сложености техничких система
  - енергетски преглед зграда са једноставним техничким системима
  - енергетски преглед зграда са сложеним техничким системима
4. Подела енергетских прегледа зграда према намени зграде и карактеристикама потрошње енергије
  - енергетски преглед стамбених зграда
  - енергетски преглед нестамбених зграда

Све активности везане за спровођење енергетског прегледа, без обзира на претходну поделу, можемо поделити у три фазе, и то:

- активности пре посете згради,
- активности током посете згради,
- активности након посете згради.

Без обзира на претходну поделу, основни елементи енергетског прегледа су исти за све наведене врсте енергетских прегледа. Основни елементи сваког енергетског прегледа, могу се груписати у неколико целина:

1. Припрема енергетског прегледа
2. Обилазак зграде и прикупљање потребних података
3. Анализа и обрада прикупљених података (енергетских карактеристика термичког омотача зграде и техничких система у згради)
4. Анализа, идентификација и избор могућих мера унапређења енергетске ефикасности зграде и техничких система у згради
5. Енергетско, економско и еколошко вредновање предложених мера унапређења енергетске ефикасности термичког омотача зграде и техничких система у згради
6. Завршни извештај о енергетском прегледу зграде с вредновањем енергетског разреда зграде, препорукама и редоследу приоритетних мера унапређења енергетске ефикасности зграде и техничких система у згради

### **13.3 Припрема енергетског прегледа [5]**

Припрема енергетског прегледа подразумева активности које се односе на период пре почетка вршења енергетског прегледа и обиласка зграде. У ове активности се убраја иницијални састанак са наручиоцем енергетског прегледа, анализа расположиве пројектно-техничке документације, анализа потрошње енергије и воде у објекту према постојећим рачунима уколико није реч о новом објекту, планирање и организација енергетског прегледа.

Енергетски преглед започиње иницијалним састанком са наручиоцем енергетског прегледа на ком ће се наручиоцу представити активности које ће се спроводити у оквиру планираног енергетског прегледа. У циљу припреме извршиоца енергетског прегледа за посету локацији и стварања неке прве слике о згради и његовим енергетским карактеристикама, од наручиоца прегледа захтева се достављање следећих података:

- постојеће пројектно-техничке документације;
- података о потрошњи енергије и воде у згради, тј. копија рачуна за све утрошене енергенте и воду (пожељно би било за последње 3 године, а најмање за 12 месеци), при чему се ово не односи на нове зграде које немају своју историју;
- испуњеног упитника или анкете са кључним особљем у згради за прикупљање основних информација о енергетској ситуацији у згради (упитник формира вршилац енергетског прегледа, а у зависности од случаја до случаја упитник се може модификовати и дограђивати). Овај упитник би било веома корисно имати испуњен пре планираног обиласка објекта.

Од великог значаја за читав ток енергетског прегледа је расположива пројектно-техничка документација (архитектонско-грађевински пројекат, пројекти машинских инсталација грејања, хлађења, вентилације и климатизације, пројекти електроенергетских инсталација, пројекти телекомуникационих и сигналних инсталација са системом за централни надзор и управљање, пројекти водовода и канализације итд.). Често, за постојеће зграде није могуће

обезбедити валидну и комплетну пројектно-техничку документацију, што у великој мери представља отежавајућу околност за спровођење енергетског прегледа.

У случају да поменута пројектно-техничка документација не постоји, било какви нацрти или скице локације, шеме развода инсталација, спецификације опреме и сл. могу бити од велике користи.

Такође, веома корисне могу бити и грађевинске књиге и грађевински дневници извођача радова, као и пројекти одржавања зграде.

У случају да постојећа зграда нема ажурирану техничку документацију или је нема уопште, потребно је да извршилац енергетског прегледа на основу постојеће документације и касније визуелног прегледа, евентуалних мерења и фото-документације, донесе низ претпоставки битних за даље анализе. Од користи може бити и уколико је објекат грађен типски, па се потребне информације могу добити захваљујући познавању неког другог објекта истог типа.

Ако се из постојеће документације и прегледа објекта на терену не може са сигурношћу одредити грађевинска физика спољног омотача зграде, као претпоставка се узима грађевинска физика спољног омотача карактеристична за период градње објекта и одговарајући коефицијенти пролажења топлоте одређени у складу са Правилником о енергетској ефикасности зграда ("Сл. гласник РС", бр. 61/2011).

Уколико уопште не постоји пројектно-техничка документација, та околност представља додатни посао који је веома важно дефинисати приликом уговарања енергетског прегледа. У том случају, потребно је извршити сва потребна мерења и снимање постојећег стања зграде, како у архитектонско-грађевинском смислу, тако и у смислу техничких система у згради. Непостојање пројектно-техничке документације може бити решено спровођењем мерења и снимања постојећег стања зграде од стране вршиоца енергетског прегледа или може бити наручено независно од енергетског прегледа.

Подаци о потрошњи енергије и воде у објекту анализирају се током оптимално 3 године како би се моделирала потрошња енергије и процениле енергетске потребе у објекту.

На основу добијених рачуна за све врсте енергената и воду прави се енергетски биланс, као и биланс трошкова. Енергетски биланс представља потрошњу појединих енергената у укупној годишњој потрошњи енергије, док биланс трошкова садржи трошкове за енергију/енергенте и воду за дату зграду. Ове билансе потребно је повезати са активностима у згради и на тај начин створити неку прву слику о потрошњи енергије и воде у објекту.

Приказивањем података на овакав начин истиче се значај појединих врста енергената/енергије у укупној потрошњи енергије у згради.

Потрошњу сваког типа енергента/енергије и воде потребно је приказати засебно. Подаци о потрошњи могу се представити графички и табеларно.

Из графичког приказа потрошње енергије и воде по месецима можемо извући неке закључке који су очигледни.

Поређењем годишњих потрошњи енергената/енергије или воде можемо доћи до сазнања да ли је месечна и годишња потрошња уједначена или постоје неке неправилности које указују на евентуалну неисправност неког од система, грешку у рачуну за дати енергент и сл.

Након обраде података прикупљених упитником или анкетом кључних особа у згради и

делимичног упознавања са зградом кроз постојећу пројектно-техничку документацију и анализу потрошње енергије и воде на основу достављених рачуна, приступа се планирању посете локацији и спровођењу енергетског прегледа.

Неколико корисних предлога и сугестија у циљу што квалитетније припреме за обилазак објекта дати су у наставку:

- припремити питања за власника зграде / техничко особље везано за недоумице које су настале током анализе потрошње енергије / воде из постојећих рачуна (неочекивани пикови са графичког приказа потрошње енергије / воде, неочекивана потрошња у неким периодима, тачност рачуна и сл.);
- било би корисно припремити цртеже – подлоге (основе и фасаде уколико постоје), и то у неколико копија за хватање бележака током посете згради, као и за означавање типова зидова и прозора, уочених оштећења, позиције опреме термотехничких инсталација, кондиционираних површина, нивоа осветљења и елемената неких других техничких система у згради;
- припремити контролне листе формиране од стране лица које врши енергетски преглед, попуњене у делу који се односи на пројектовано стање;
- направити план обиласка и план потребних мерења која ће се изводити;
- обезбедити потребне инструменте и опрему за извођење планираних мерења: термометар, дата-логере за мерење температуре, луксметар, термовизијску камеру, анализатор димних гасова, анемометар, ултразвучни мерач протока, мрежни анализатор, уређај за мерење ваздушне пропустљивости и др;
- потребно је понети метар, пантљику, компас и сл. (посебно у случају када не постоји пројектно-техничка документација);
- потребно је понети фотоапарат (водити рачуна да је резолуција апарата подешена на највеће вредности ради добијања што квалитетнијих фотографија, да на картици има довољно простора, да је батерија апарата напуњена и сл.)

### **13.4 Обилазак зграде и прикупљање потребних података [5]**

Након обављених припремних активности, приступа се посети локације и спровођењу енергетског прегледа. Циљ посете локацији је детаљније упознавање са активностима у згради, грађевинским и енергетским карактеристикама зграде, начинима вођења и одржавања зграде, као и навикама корисника. Све активности које следе спадају у активности које се спроводе током посете и обиласка зграде.

Посету локацији би требало започети кратким уводним састанком са директором / наручиоцем енергетског прегледа који је власник или корисник зграде. На овом састанку би требало идентификовати особу задужену за одржавање зграде која располаже техничким и радним подацима о опреми и системима у згради која ће се ставити на располагање извршиоцу током енергетског прегледа. Такође, требало би именовати и особу која ће бити задужена за давање информација о згради, у случају потребе и након завршене посете.

Приликом обиласка зграде потребно је проверити податке прикупљене упитником, као и прикупити остале битне информације и податке који нису прикупљени упитником или се могу

прикупити само на терену. Неки од типичних података о згради који се проверавају или прикупљају на терену односе се на површине и распоред просторија, детаље грађевинских елемената спољашњег омотача, техничке карактеристике система потрошње енергије и воде, услове и параметре коришћене при пројектовању и услове и параметре у раду, режим коришћења итд.

Израда фото-документације током посете локацији је веома важна за што квалитетнији извештај о извршеном енергетском прегледу. Поред тога, фото-документација представља велику помоћ у накнадним анализама и прегледима детаља техничких карактеристика зграде.

Ток спровођења енергетског прегледа по правилу се планира према току енергије и то од извора енергије до потрошача, док се идентификација мера за унапређење енергетске ефикасности у каснијој фази планира од потрошача ка извору енергије.

Преглед постојећег стања зграде обухвата прикупљање података о:

- грађевинским карактеристикама зграде у смислу термичке заштите елемената термичког омотача зграде;
- енергетским карактеристикама система за грејање, хлађење, вентилацију, климатизацију;
- енергетским карактеристикама система за припрему санитарне топле воде;
- енергетским карактеристикама система снабдевања електричном енергијом и мерење потрошње;
- енергетским карактеристикама система за осветљење;
- енергетским карактеристикама осталих потрошача електричне енергије;
- енергетским карактеристикама система потрошње питке и санитарне воде;
- енергетским карактеристикама специфичних система (кухиње, перионице, компресорске станице, стерилизатори, итд.);
- карактеристикама система регулације и управљања;
- енергетским карактеристикама система за производњу електричне и топлотне енергије из обновљивих извора енергије (уколико такви системи постоје на локацији);
- могућностима замене енергента еколошки прихватљивијим енергентом или могућностима преласка на обновљиве изворе енергије;
- могућностима замене појединих техничких система модернијим и савременијим енергетски ефикаснијим системима.

Током прегледа грађевинских карактеристика зграде у смислу термичке заштите елемената термичког омотача зграде, потребно је обратити пажњу на следеће елементе за које је потребно прикупити податке:

- **Зграда:** упоредити да ли се изведено и пројектовано стање поклапају; евидентирати позиције и детаље који се не поклапају; убележити евентуалне доградње или измене на згради; проверити мере ако документација није довољно добра; препознати обликовни и конструктивни концепт објекта; утврдити оријентацију објекта у односу на стране света; евидентирати да ли је објекат укопан или не; утврдити стварне

површине зграде унутар термичког омотача зграде; утврдити број корисника или запослених у згради; утврдити намене простора и режиме коришћења; утврдити карактеристике локације и расположиве метеоролошке податке за локацију (степен дани грејања, број дана сезоне грејања, средња температура спољног ваздуха у грејној сезони итд.); утврдити пројектну температуру унутрашњег ваздуха; утврдити употребу током дана; дати кратак грађевински опис зграде (оријентација, облик, број етажа, површина, запремина, итд.), навести податке о техничким системима који се користе у згради, дати неке специфичности.

- **Спољни и укупани зидови:** препознати слојеве зида и њихове дебљине; утврдити постојање и врсту / тип и дебљину термичке изолације; евидентирати све врсте зидова и њихове оријентације; утврдити постојање евентуалних оштећења на зиду и евидентирати их; евидентирати и забележити све анкере, носаче, надстрешнице, тенде...; утврдити да ли има места насталих оштећењем од продирања воде: евидентирати специфичне стилске и друге детаље на фасади; евидентирати посебне обликовне елементе (еркери, испусти, конзоле, закривљене површине, пролази и сл.); проверити парапетне зидове, да ли су смањене дебљине, промењени материјали и сл.; евидентирати све хладне мостове (линијске и тачкасте).
- **Кров:** евидентирати све врсте крова (раван или кос); препознати конструкцију која је примењена; евидентирати слојеве за сваку врсту крова са припадајућим дебљинама; утврдити постојање и врсту/тип термичке изолације; утврдити проходност крова (у случају равног крова); утврдити постојање евентуалних оштећења на крову и описати их; забележити како је решен одвод атмосферске воде и евидентирати евентуална оштећења; утврдити постојање одговарајуће хидроизолације; утврдити постојање евентуалних оштећења унутар зграде изазваних продором воде са крова; навести врсту (лежећи, висећи) и стање у којем се налазе олуци и вертикалне цеви; утврдити постојање атике у случају равног крова; анализирати спој кровне и зидне равни; евидентирати све продоре кроз кровне површине (вертикала, димњак, разни носачи и сл.); евидентирати постојање кровних прозора, светларника и сл.
- **Прозори и врата:** препознати све врсте прозора са припадајућом оријентацијом; поделити прозоре у различите типове уколико се разликују по димензијама, врсти, броју и дебљини стакала, материјалу оквира, врсти оквира, врсти прозора, врсти заштите од сунца; забележити стање прозора по врстама уз кратке описе; евидентирати на цртежу прозоре са оштећењима и описати оштећења; означити прозоре на начин на који ће бити јасно које мере ће ићи за коју врсту прозора; означити прозоре који испуњавају термичке захтеве; евидентирати прозоре који су у скорије време замењени; забележити све врсте заштита од сунца и њихове карактеристике.
- **Под:** препознати врсте подова (у зависности од завршне обраде и слојева); проверити стварне и изведене површине по врсти подова; утврдити постојање термичке изолације.
- **Таванице ка негрејаном тавану:** препознати врсте таваница (у зависности од завршне обраде и слојева); проверити стварне и изведене површине по врсти таваница;



утврдити постојање термичке изолације.

Током прегледа система за грејање, хлађење, вентилацију, климатизацију и припрему санитарне топле воде, потребно је обратити пажњу на следеће елементе за које је потребно прикупити податке:

- **Извори енергије:** евидентирати све изворе енергије у згради; дефинисати групе потрошача према коришћеним изворима енергије; утврдити техничке карактеристике свих уређаја у којима се врши примарна трансформација енергије на улазу у зграду; утврдити радне карактеристике – период рада, оптерећење, сезонске карактеристике потрошње, начин регулације; утврдити услове дистрибуције и обрачуна утрошених енергената; утврдити јединичне цене енергената, тарифне групе, моделе плаћања енергената; утврдити све енергетске параметре који се могу добити из рачуна; прикупити податке који се могу добити из мерења или других начина успостављања потрошње; утврдити потрошњу енергената – гасног, течног и чврстог горива и природним јединицама како би се видела стварна потрошња без обзира на промену цене (на укупну цену енергента могу утицати и разни корекциони фактори које треба евидентирати и навести); утврдити укупан трошак и потрошњу енергента;
- **Систем грејања:** забележити податке са плочице котла; описати стање котла, оплате, изолације, инсталације; описати стање топлотне подстанице ако постоји, оплате, изолације, инсталације; описати стање сигурносне опреме; забележити податке са плочице горионика; описати стање димњака и прикључка на димњак; утврдити постојање хемијске припреме воде; навести податке о мерењу потрошње енергије уколико постоји; навести температурни режим система грејања; навести податке о котларници и означити њену позицију на цртежима/скицама; навести врсту енергента и начин снабдевања енергентом; забележити податке са плочица појединих компоненти система складиштења и набавке горива; описати стање инсталације за складиштење и набавку горива; описати стање сигурносне опреме за складиштење и набавку горива; утврдити потрошњу горива преко податка о пуњењу резервоара; описати опште стање цевног развода и арматуре; описати стање изолације цевовода; навести податке о циркулационим пумпама и начину њихове регулације; утврдити хидрауличку избалансираност система; навести врсте грејних тела, њихов укупни број и инсталирани грејни капацитет по врстама, као и означити њихове позиције на цртежима/скицама; описати стање грејних тела; утврдити постојање регулационих вентила на грејним телима; назначити систем регулације и његову компатибилност са системом грејања односно карактеристикама зграде; утврдити постојање зона са различитим температурама грејања; евидентирати места постављања температурних сензора; Евидентирати могућност праћења величина које се регулишу; навести режим рада система грејања (прекиди у грејању, сет-бек температура); описати начин одржавања система; утврдити постојање праћења потрошње горива и испоручене енергије; утврдити постојање документације за котло и његову опрему, као и шеме повезивања; утврдити постојање књиге прегледа и одржавања котла; евидентирати евентуалне податке о периодичним прегледима; утврдити постојање појединачних уређаја за грејање зграде; навести врсте, број, инсталирани капацитет, режим рада и



опште стање појединачних уређаја за грејање зграде.

- **Систем вентилације:** назначити податке о простору који се вентилира (опис и величина); навести податак о захтеву за изменама ваздуха и квалитетом (температура, влажност); забележити податке са плочице вентилационе/клима- коморе (број комора, тип, година производње, укупна инсталирана електрична снага и капацитет система); означити положај вентилационе/клима-коморе на цртежима/скицама; описати стање вентилационе/клима-коморе; назначити тип и капацитет грејача ваздуха; описати стање грејача ваздуха; навести извор топлотне енергије грејача ваздуха (подаци са плочице котла); описати стање котла, оплате, изолације, инсталације; навести податке о циркулационим пумпама (тип, снага, стање) и начину њихове регулације; утврдити постојање филтера, овлаживача, хладњака и навести њихов тип и капацитет; навести податке о вентилаторима (тип, снага, стање) и начину њихове регулације; описати каналски развод (материјал, попречни пресек, изолација); описати стање каналског развода; навести постојање регулационих клапни; евидентирати елементе за дистрибуцију ваздуха (решетке, дифузори и сл.); евидентирати отворе за узимање свежег ваздуха и избацавање отпадног ваздуха; навести удео свежег ваздуха; навести количину и температуру отпадног ваздуха; навести количину и температуру убациваног ваздуха; утврдити постојање рецикулације ваздуха; утврдити постојање система за рекулпацију топлоте и навести његов тип и ефикасност; описати начин регулације система и стање система регулације; евидентирати могућност праћења величина које се регулишу; назначити режим рада система вентилације; описати начин одржавања система; навести старост система и његово опште стање.
- **Локални систем хлађења/климатизације:** назначити тип система (моносплит, мултисплит, компактни уређаји); навести број јединица (унутрашњих и спољашњих) и означити њихове позиције на цртежима/скицама; назначити укупни инсталирани расхладни капацитет; навести појединачне расхладне капацитете; утврдити постојање могућности грејања; навести просечан фактор хлађења/грејања (EER/ЦОП); навести врсту радног флуида; описати регулацију система хлађења; навести режим рада система хлађења и евидентирати прекиде у хлађењу; описати начин одржавања система; навести старост система и његово опште стање.
- **Централни систем хлађења/климатизације:** навести врсту расхладног агрегата (компресорски или апсорпциони); евидентирати број агрегата и означити на цртежима/скицама њихову позицију у згради; забележити податке са плочице расхладног агрегата (тип, снага, ефикасност, температурни режим); навести врсту расхладног флуида; навести старост и описати стање расхладног агрегата; назначити извор енергије расхладног агрегата; евидентирати постојање расхладних кула (навести њихов број и означити позицију у згради); евидентирати постојање слободног хлађења; евидентирати постојање евапоративног хлађења (навести проток ваздуха, ефикасност засићења); утврдити постојање могућности грејања; евидентирати постојање топлотне пумпе (навести извор и понор, број пумпи и њихову позицију у згради); забележити податке са плочице топлотне пумпе (тип, капацитет хлађења/грејања, EER/ЦОП); навести старост и описати стање топлотне пумпе; евидентирати постојање клима-комора (навести број комора, тип, годину производње, укупну инсталирану електричну

снагу и капацитет система); утврдити постојање филтера, овлаживача, грејача, хладњака и навести њихов тип, капацитет и извор енергије; навести податке о циркулационим пумпама (тип, снага, стање) и начину њихове регулације; навести податке о вентилаторима (тип, снага, стање) и начину њихове регулације; утврдити постојање система за рекуперацију топлоте и навести тип и ефикасност система; означити на цртежима/скицама положај клима-коморе у згради; писати стање клима-коморе; Назначити врсту носиоца енергије (вода, ваздух); описати каналски развод (пресек, материјал, изолација, регулационе клапне); описати цевни развод (двоцевни или четвороцевни, материјал, изолација); назначити старост и описати стање каналског/цевног развода; евидентирати терминалне јединице (навести врсту, број, инсталирану снагу, као и означити њихове позиције на цртежима/скицама); описати систем регулације рада расхладних агрегата и терминалних јединица; утврдити постојање зона са различитим температурама хлађења; евидентирати могућност праћења величина које се регулишу; навести режим рада система хлађења и евидентирати прекиде у хлађењу; описати начин одржавања система.

- **Децентрализовани систем за припрему санитарне топле воде (СТВ) или потрошне топле воде (ПТВ):** навести тип уређаја (проточни или акумулациони), њихов број, врсту енергента, укупан капацитет и капацитет по врстама; навести потрошњу воде у згради; назначити потрошна места у згради (врста и количина, начин и број коришћења); навести режим рада уређаја; описати начин одржавања уређаја; навести старост и описати стање уређаја;
- **Централизовани систем за припрему санитарне топле воде (СТВ) или потрошне топле воде (ПТВ):** назначити извор топлоте (постојећи котлови за грејање објекта, посебни котлови за СТВ); забележити податке са плочице котла; описати стање котла, оплате, изолације, инсталације; забележити податке са плочице резервоара (запремина и др.); описати карактеристике и стање резервоара и изолације; описати цевни развод (материјал, изолација); евидентирати постојање цурења у систему; навести температуре испоручене топле воде и хладне воде на улазу; утврдити постојање мерења потрошње топле воде; описати начин регулације система за припрему СТВ; навести потрошњу воде у згради; назначити потрошна места у згради (врсту и количину, начин и број коришћења); навести режим рада система; описати начин одржавања система; навести старост и описати стање система; утврдити удео извора енергије коришћених за припрему санитарне топле воде.

Током прегледа карактеристика техничких система осветљења и осталих потрошача електричне енергије, потребно је обратити пажњу на следеће елементе за које је потребно прикупити податке:

- **Систем снабдевања електричном енергијом и мерење потрошње:** снимити стање главног разводног ормара објекта (ГРО), као и локалних разводних ормара; евидентирати резултате снимања разводних ормара ИЦ камером који указују на недозвољено загревање каблова, склопки, осигурача и осталих елемената; навести тип, пресек и стање главног напонског кабла; навести старост инсталација, последњи датум поправке или реконструкције система електроенергетских инсталација или појединих

његових делова; навести напонски ниво, место и начин напајања зграде; евидентирати постојање редовног одржавања и уговора за одржавање електроенергетских инсталација зграде; евидентирати постојање атеста о исправности електричних инсталација издатог у последње три године; утврдити место вршење мерења, као и напонски ниво; евидентирати начин мерења (директно или индиректно); евидентирати постојање мерења утрошене реактивне енергије и обрачунске снаге; навести тип, произвођача и серијски број бројила; навести константу мерења; навести тренутне фазне и међуфазне напоне на ГРО, као и фазне струје на главном напојном каблу (мерено унимером са ампер-клевшима); евидентирати постојање уређаја за компензацију реактивне електричне енергије у згради; евидентирати постојање система управљања вршном енергијом у згради; евидентирати све енергетске и економске параметре (потрошња и трошкови електричне енергије у вишем и нижем дневном тарифном раздобљу, ангажована вршна радна снага, тарифни модел и услови куповине снаге (уговор с добављачем), врста прикључка, и друго).

- **Систем расвете (унутрашње и спољне):** назначити тип и број расветних тела, њихове појединачне и укупне инсталисане снаге по свим групама посебно (флуоросцентна расвета, расвета изведена са сијалицама са ужареним влакном, халогена расвета, ЛЕД расвета, и сл.); описати стање и навести старост расветних тела; навести тип пригушница код флуо-лампи (магнетне или електронске); Назначити начин управљања расветом (централно, локално, аутоматско) и време рада по групама сијалица у сатима; евидентирати постојање тајмера, импулсних релеја, аутомата, сензора осветљења, сензора присуства и сл.; евидентирати постојање интелигентних система управљања и утврдити интегрисаност расвете у систем „паметне куће“ уколико такав систем постоји у згради; утврдити постојање редовног одржавања система расвете у згради; утврдити да ли измерени интензитет осветљења задовољава стандарде за ту врсту зграда; описати начин управљања спољном расветом; навести режим употребе унутрашње и спољне расвете (дневни, седмични, годишњи).
- **Систем осталих електричних потрошача (климатизација, хлађење, вентилација, електромоторни погони, електрични уређаји, бојлери, грејалице итд.):** навести назив потрошача, тип и произвођача; навести декларисану енергетску класу свих потрошача; назначити број потрошача, њихову појединачну и укупну инсталисану снагу; утврдити утицај потрошача на топлотни биланс зграде и поделити их у две групе: потрошачи који утичу на топлотни биланс зграде и потрошачи који не утичу на топлотни биланс зграде; навести старост, односно годину производње потрошача; описати стање потрошача; описати начин управљања потрошачима; навести просечно дневно коришћење у сатима и број дана коришћења у току године; евидентирати постојање интелигентних система управљања потрошачима и утврдити интегрисаност потрошача у систем „паметне куће“ или систем управљања вршном енергијом уколико такви системи постоје у згради.

Током прегледа карактеристика техничких система потрошње питке и санитарне воде, потребно је обратити пажњу на следеће елементе за које је потребно прикупити податке:

- **Систем снабдевања питком и санитарном водом:** Назначити потрошна места у згради

(врста и количина, начин и број коришћења); утврдити постојање потрошње воде у техничким системима у згради (расхладне куле, овлаживачи и сл.); описати начин снабдевања питком водом; описати стање система и водоводне мреже; евидентирати евентуалне губитке и нежељена цурења; евидентирати постојање система за регулацију притиска; евидентирати постојање хидрантске мреже, описати стање и евентуалне губитке; описати начин одржавања система; евидентирати јединичну цену питке и санитарне воде укључујући све доприносе, разлику у цени током године; евидентирати потрошњу питке и санитарне воде на свим бројилима у згради; евидентирати укупне трошкове за питку и санитарну воду.

Током прегледа карактеристика специфичних техничких система и осталих техничких система, потребно је обратити пажњу на следеће елементе за које је потребно прикупити податке:

- **Систем компримованог ваздуха:** назначити намену система; навести податке о компресорима (тип, произвођач, број, старост); навести укупан капацитет и појединачне капацитете; назначити радни притисак у мрежи; навести радне параметре компресора; навести инсталирану електричну снагу електромотора по компресорима; назначити податке о резервоару за компримовани ваздух (запремина, број); описати начин регулације система; описати начин хлађења компресора; навести радни режим система; описати опште стање и ефикасност система.
- **Систем припреме паре:** назначити намену система; навести податке са плочице парног котла (произвођач, тип, старост, инсталирани капацитет); описати стање котла, опште, изолације, инсталације; описати стање сигурносне опреме; забележити податке са плочице горионика (произвођач, тип, старост, макс. снага горионика); назначити врсту енергента и начин снабдевања енергентом; навести температуре на излазу и улазу у парни котла; навести притисак паре на излазу из котла; назначити количину воде која се додаје у систем; назначити температуру напојне воде на улазу у котла; описати на који начин се врши поврат кондензата и начин обраде; описати опште стање цевног развода и арматуре; навести систем регулације (посебно регулацију крајњих потрошача); навести режим рада система; описати начин одржавања система.
- **Кухињска опрема:** навести групе и типове кухињских уређаја, као и енергенте које користе; навести инсталисане називне снаге уређаја; назначити периоде коришћења (дневни/месечни); описати опште стање уређаја.
- **Вешерница:** навести групе и типове уређаја у вешерницама, као и енергенте које користе; навести инсталисане називне снаге уређаја; назначити периоде коришћења (дневни/месечни); описати опште стање уређаја.
- **Систем регулације и управљања:** назначити намену система; описати централни систем регулације и управљања енергетиком; навести податке о системима регулације и управљања (тип, произвођач, погони, број, старост); навести радни режим система; описати опште стање и ефикасност система.
- **Систем за производњу електричне енергије и/или топлотне енергије из обновљивих извора енергије (енергија сунчевог зрачења, биомаса, геотермална енергија, топлотне пумпе које користе околину као извор топлоте):** назначити намену система; навести податке са плочице уређаја за производњу електричне или топлотне енергије

(произвођач, тип, старост, инсталирани капацитет); описати стање уређаја, оплате, изолације, инсталације; описати стање сигурносне опреме; назначити врсту обновљивог извора енергије; навести температуре на излазу и улазу у уређај; навести системе који се снабдевају електричном и/или топлотном енергијом произведеном помоћу ових уређаја; описати на који начин се користи произведена електрична енергија и/или топлота; описати опште стање цевног развода и арматуре; навести систем регулације (посебно регулацију крајњих потрошача); навести режим рада система; описати начин одржавања система.

Током обиласка локације, потребно је сагледати могуће потенцијале замене енергента еколошки прихватљивијим енергентом или могућностима преласка на обновљиве изворе енергије и/или замене појединих техничких система модернијим и савременијим енергетски ефикаснијим системима, при чему је потребно обратити пажњу на следеће елементе за које је потребно прикупити податке:

- **Замена енергента еколошки прихватљивијим енергентом или преласком а обновљиве изворе енергије:** навести податке о постојећим системима за производњу топлотне енергије; назначити намену система; навести податке са плочице уређаја за производњу топлотне енергије (произвођач, тип, старост, инсталирани капацитет); описати стање уређаја, оплате, изолације, инсталације; описати стање сигурносне опреме; назначити врсту новог енергента или обновљивог извора енергије који је могуће користити на предметној локацији; навести могућности коришћења новог еколошки прихватљивијег енергента и/или обновљивих извора енергије.
- **Замена појединих техничких система модернијим и савременијим енергетски ефикаснијим системима:** навести податке о постојећим системима; назначити намену система; описати стање система, терминала, цевне мреже, оплате, изолације, инсталације; описати стање сигурносне опреме; назначити врсту новог система који је могуће користити на предметној локацији; навести могућности коришћења новог система.

Иако не представља обавезу у складу са важећом законском регулативом, по потреби или на посебан захтев наручиоца, могуће је спровести одговарајућа мерења, на основу којих би се створило још реалнији приказ постојећег стања зграде и техничких система у згради. Мерења која се изводе у циљу препознавања понашања корисника у згради и режима рада потрошача и на основу којих можемо донети закључке о испуњености неких услова комфора у згради, сматрају се једноставним контролним мерењима и односе се на: мерења температуре и влажности ваздуха у просторијама кондиционираног дела зграде, мерења осветљености типичних просторија зграде, основна мерења електричних величина.

У другу групу мерења можемо сврстати мерења којима се прецизније утврђују енергетске карактеристике зграде и која у претходним фазама нису могла бити утврђена или постоје оправдане сумње у тачност неких параметара битних за прорачун енергетских потреба зграде. Ова мерења се односе на утврђивање енергетског стања термичког омотача зграде, затим на разна мерења у системима грејања, хлађења, вентилације и климатизације, као и на мерења електроенергетских параметара потрошње електричне енергије.

Најчешћа мерења која се односе на утврђивање енергетског стања спољашњег термичког

омотача су: идентификација места топлотних губитака коришћењем инфрацрвене термографије, мерење ваздушне пропустљивости зграде (Бловел–Дор тест), мерење коефицијента пролажења топлоте (У-вредности) грађевинских елемената на локацији.

У системима грејања изводе се мерења у циљу утврђивања:

- ефикасности извора топлоте: температура и проток полазног и повратног радног флуида, потрошња горива у контролисаном времену, температура димних гасова, састав димних гасова;
- ефикасности разводног система: температура и проток у карактеристичним тачкама развода, термографско снимање;
- ефикасности грејних тела: температура и проток у грејним телима;
- ефикасности циркулационог система: погонске карактеристике пумпи;
- избалансираности система: проток на главном излазу из котла, на појединим гранима развода и њиховим крајевима, притисци флуида на највишим и најнижим тачкама развода.

У централизованим климатизационим / вентилационим системима изводе се мерења температуре и влажности ваздуха, протока ваздуха, непропусности вентилационих канала.

У централизованим расхладним системима изводе се мерења температуре кондензације и испаравања, температуре расхладног медија.

### **13.5 Анализа и обрада прикупљених података**

Након обављене посете и обиласка зграде, потребно је извршити анализу и вредновање свих прикупљених података до којих се дошло током активности у фази припреме и обиласка зграде, а затим је потребно да се идентификују места неефикасне потрошње енергије.

Пожељно је одмах по завршеном обиласку локације протумачити све белешке направљене током обиласка и попунити податке у формама потребним за вредновање прикупљених података. Такође, потребно је све цртеже, скице и шеме направљене током обиласка локације, организовати и сортирати, те заједно са фото-документацијом организовати и сортирати по категоријама, а ради лакшег сагледавања техничких и енергетских карактеристика и даље анализе података.

Анализа и обрада прикупљених података се врши за термички омотач зграде, али и за све техничке системе зграде, а на основу методологије која је дефинисана Правилником о енергетској ефикасности зграда ("Сл. гласник РС", бр. 61/2011).

За потребе енергетске сертификације зграде, спроводи се одређивање трансмисионих губитака топлоте, вентилационих губитака топлоте, добитака топлоте, потребне финалне енергије за грејање -  $Q_{H,nd}$  [kWh] на основу које се одређује енергетски разред зграде, потрошње енергије за грејање, потрошње примарне енергије, емисије CO<sub>2</sub>, итд., врши се вредновање енергетских карактеристика зграде и одређује енергетски разред зграде, на основу чега се издаје енергетски пасош зграде.

Највећи део енергије коју зграда троши одлази на различите топлотне губитке зграде и њених система од којих су најзначајнији губици кроз тзв. термички омотач зграде. Термички омотач зграде чине сви елементи зграде који раздвајају грејани од негрејаног дела зграде, односно,



целине зграде са различитим условима комфора или делова зграде код којих долази до прекида грејања услед привременог некоришћења неког простора. Зато се приликом вредновања прикупљених података током обиласка зграде посебан акценат ставља управо на термички омотач зграде који чине:

- Кровна конструкција: равни и коси кровови;
- Спољни зидови зграде;
- Прозори и врата зграде;
- Основа зграде која може бити на тлу или у тлу: под на тлу, укопани зидови;
- Хоризонталне конструкције које раздвајају грејани простор од спољног простора (еркери);
- Унутрашње конструкције које раздвајају просторе са различитим условима комфора;
- Унутрашње конструкције које раздвајају просторе различитих корисника;
- Унутрашње конструкције према негрејаном простору.

За прорачун топлотних губитака сегмента термичког омотача неопходно је дефинисати његову површину и дебљину, конструктивне карактеристике, термичке карактеристике (укупни коефицијент пролажења топлоте  $W/m^2K$ ) и амбијент са друге стране сегмента (ваздух, тло, негрејани таван, негрејани подрум). Математички модели који су уграђени у програме који се најчешће користе за ову намену омогућавају оптималан компромис између броја неопходних улазних података и тачности резултата. Иначе, расположиви софтверски пакети обично пружају могућност за једноставно дефинисање карактеристика сегмента термичког омотача, било да омогућавају избор типских сегмената термичког омотача и за њих уобичајених вредности коефицијента пролажења топлоте, било да омогућавају слагање сегмента термичког омотача од различитог материјала са познатим вредностима коефицијента пролажења топлоте.

Интензитет пролажења топлоте кроз део омотача зграде зависи од површине сегмената омотача  $A [m^2]$ , разлике температура унутрашњег и спољашњег ваздуха  $\theta_o[K]-\theta_i[K]$  и коефицијента пролажења топлоте кроз посматрану површину  $U [W/m^2K]$ . Стога је неопходно дефинисати све различите површине термичког омотача зграде.

При анализи термичког омотача зграде потребно је прикупити следеће податке: површина дела зграде који се греје,  $A [m^2]$ , оријентација и припадајућа површина елемената спољне површине зграде (непрозирних и прозирних делова), запремина грејаног дела зграде,  $V_e [m^3]$ , корисна површине зграде,  $A_k [m^2]$ , грејна површине зграде, удео површине прозора у укупној спољној површини,  $\phi [m^2/m^2]$ , површина хлађеног дела зграде,  $A [m^2]$ , запремина хлађеног дела зграде,  $V_e [m^3]$ , запремина зграде обухваћена вентилацијом,  $[m^3]$  итд.

Пролажење топлоте одвија се и кроз прозоре и врата. Прозори и врата су најдинамичнији елементи термичког омотача зграде. Они истовремено делују као пријемник сунчеве енергије који пропуштају сунчево зрачење у зграду, као заштита од спољних утицаја и као предајник топлотне енергије из зграде у околину.

Коефицијент пролажења топлоте је карактеристика сваког сегмента термичког омотача.

Вредности коефицијената пролажења топлоте прорачунавају се у складу са стандардом СРПС ЕН ИСО 13789 и посебним стандардима: за нетранспарентне грађевинске елементе, изузев



подова и зидова у тлу и зид-завеса, у складу са СРПС ЕН ИСО 6964; за подове и зидове у тлу у складу са стандардом СРПС ЕН ИСО 13370; за грађевинске елементе типа прозора, балконских врата и ролетни у складу са стандардом СРПС ЕН ИСО 10077-1 и СРПС ЕН ИСО 10077-2; за зид завесе у складу са стандардом СРПС 13947; за стакла у складу са стандардима СРПС ЕН 673 и СРПС ЕН 410; за елементе за зидање зиданих зидова и зидане зидове, у складу са стандардом СРПС ЕН 1745.

Правилником о енергетској ефикасности зграда ("Сл. гласник РС", бр. 61/2011), прописане су највеће дозвољене вредности коефицијената пролажења топлоте за елементе термичког омотача зграде, у зависности од тога да ли се ради о изградњи нове зграде или реконструкцији и енергетској санацији постојеће зграде.

**Табела 13-1: Највеће дозвољене вредности коефицијената пролаза топлоте,  $U_{max}$  [ $W/m^2K$ ], за елементе термичког омотача зграде у складу са Правилником о енергетској ефикасности зграда ("Сл. гласник РС", бр. 61/2011)**

	Опис елемента / система	Постојеће зграде	Нове зграде
Елементи и системи у контакту са спољним ваздухом			
1	Спољни зид	0.40	0.30
2	Зид на дилатацији (између зграда)	0.50	0.35
3	Зидови и међуспратне конструкције између грејаних просторија различитих јединица, различитих корисника или власника	0.90	0.90
4	Раван кров изнад грејаног простора	0.20	0.15
5	Раван кров изнад негрејаног простора	0.40	0.30
6	Коси кров изнад грејаног простора	0.20	0.15
7	Коси кров изнад негрејаног простора	0.40	0.30
8	Међуспратна конструкција изнад отвореног пролаза	0.30	0.20
9	Прозори, балконска врата грејаних просторија и грејане зимске баште	1.50	1.50
10	Стаклени кровови, изузимајући зимске баште, светлосне куполе	1.50	1.50
11	Спољна врата	1.60	1.60
12	Излози	1.80	1.80
13	Стаклене призме	1.60	1.60
Унутрашње преградне конструкције			
14	Зид према грејаном степеништу	0.90	0.90

15	Зид према негрејаним просторима	0.55	0.40
16	Међуспратна конструкција изнад негрејаног простора	0.40	0.30
17	Међуспратна конструкција изнад негрејаног простора	0.40	0.30
Конструкције у тлу (укопане или делимично укопане)			
18	Зид у тлу	0.50	0.35
19	Под на тлу	0.40	0.30
20	Укопана међуспратна конструкција	0.50	0.40

Правилником о енергетској ефикасности зграда ("Сл. гласник РС", бр 61/2011), дефинисани су максимално дозвољени коефицијенти пролажења топлоте за транспарентне елементе термичког омотача зграде (прозори, стаклене призме, излози и сл.), како за новопроектване објекте, тако и за зграде који се санирају, адаптирају или реконструишу, или се само врши енергетска санација зграде. Уколико не постоји могућност да се на други начин прибаве подаци о коефицијентима пролажења топлоте за спољне прозоре или спољна врата која су предмет санације, адаптације, реконструкције или енергетске санације, потребно је извршити прорачун коефицијената пролаза топлоте за исте у складу са стандардом СРПС ЕН ИСО 10077-1 и СРПС ЕН ИСО 10077-2 за грађевинске елементе типа прозора, балконских врата и ролетни; у складу са стандардом СРПС 13947 за зид завесе; у складу са стандардима СРПС ЕН 673 и СРПС ЕН 410 за стакла. Ово важи и за постојеће и новопроектвано стање.

**Табела 13-2: Вредности коефицијента пролаза топлоте за типичне конструкције прозора карактеристичне за претходне периоде изградње [6]**

Тип прозора	Коефицијент пролаза топлоте (W/m <sup>2</sup> K)
Дрвени, са једним рамом и једним стаклом	5,2
Дрвени, са једним рамом и два стакла раст. 6 mm	3,3
Дрвени, са једним рамом и два стакла раст. 12 mm	2,9
Дрвени, са два рама и једним стаклом	2,3
Метални, са једним рамом и једним стаклом	5,8
Метални, са једним рамом и два стакла раст. 6 mm	4,0
Метални, са једним рамом и два стакла раст. 12 mm	3,6
Метални, са два рама и једним стаклом	3,3
Метални, са једним рамом, панелни и са једним стаклом	5,8
Метални, са два рама панелни и са једним стаклом	3,3
PVC, један рам, два стакла (термопан)	1,7-2,0
PVC, два рама, три стакла (термопан)	1,3-1,6

Табела 13-3: Вредности коефицијента пролаза топлоте за типичне конструкције врата карактеристичне за претходне периоде изградње [6]

Тип врата	Коефицијент пролаза топлоте (W/m <sup>2</sup> K)
Спољна, дрвена врата	3,5
Спољна, челична врата	5,8
Балконска врата, једнострука, дрвена са стаклом	4,7
Балконска врата, двострука, дрвена са стаклом	2,3
Унутрашња врата	2,3

Поред трансмисионих губитака, прорачун за прозоре и врата додатно укључује и прорачун губитака топлоте услед инфилтрације ваздуха, тзв. вентилациони губитак топлоте зграде. Инфилтрација ваздуха кроз процепе је редовна појава која се јавља због разлике притисака изван и унутар просторије. Њен интензитет директно зависи од величине процепа и поменуте разлике притисака. Последица инфилтрације спољног ваздуха је да се одређена количина топлоте, тзв. топлота вентилационих губитака, мора трошити на загревање инфилтрираног ваздуха. У складу са стандардом СРПС ЕН 13790, као и усвојеном методологијом на основу Правилника о енергетској ефикасности зграда ("Сл. гласник РС", бр 61/2011), вентилациони губици се одређују на основу укупне запремине грејаног простора и броја измена ваздуха на час у зависности од заклоњености и класе заптивености зграде а према СРПС ЕН ИСО 13789.

Табела 13-4: Број измена ваздуха на час у зависности од заклоњености и класе заптивености зграде (према СРПС ЕН ИСО 13789) – Стамбене зграде са више станова и природном вентилацијом

	Број измена ваздуха $n$ [h <sup>-1</sup> ]			Број измена ваздуха $n$ [h <sup>-1</sup> ]		
	Више од једне фасаде			Само једна фасада		
Заптивеност	Лоша	Средња	Добра	Лоша	Средња	Добра
Отворен положај зграде	1,2	0,7	0,5	1,0	0,6	0,5
Умерено заклоњен положај	0,9	0,6	0,5	0,7	0,5	0,5
Веома заклоњен положај	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

Табела 13-5: Број измена ваздуха на час у зависности од заклоњености и класе заптивености зграде (према СРПС ЕН ИСО 13789) – Појединачне породичне куће са природном вентилацијом

	Број измена ваздуха $n$ [h <sup>-1</sup> ]		
	Лоша	Средња	Добра
Заптивеност	1,5	0,8	0,5
Отворен положај зграде	1,5	0,8	0,5
Умерено заклоњен положај	1,1	0,6	0,5
Веома заклоњен положај	0,76	0,5	0,5

Иако су вентилациони губици топлоте непожељни, вентилација просторија је неопходна ради обезбеђивања довољне количине свежег ваздуха у просторији. Стандарди у земљама ЕУ за

квалитет унутрашњег ваздуха у стамбеним зградама захтевају да се најмање половина запремине унутрашњег ваздуха замени свежим ваздухом у току једног сата, што значи да се свака два сата унутрашњи ваздух мора заменити свежим, спољним ваздухом. Ради обезбеђења довољне количине свежег ваздуха, неопходно је проверити да ли је стварна инфилтрација ваздуха у складу са препорученом:

$$V/O \geq 0,5 [h^{-1}]$$

Где су:

$V [m^3 / h]$  - запремина свежег ваздуха који се замени за један сат,

$O [m^3]$  - укупна запремина просторије.

За објекте друге намене (пословне објекте, спортске објекте, образовне објекте, здравствене објекте и слично) дефинисане су другачије вредности минималног броја измена ваздуха за потребе проветравања простора, што неретко доводи до потребе принудне вентилације. Ако количина свежег ваздуха није довољна, треба предвидети принудну вентилацију, а у прорачуну треба узети у обзир додатне топлотне губитке на њу.

За јавне зграде у Србији карактеристично је да имају велике губитке услед инфилтрације, односно велике вентилационе губитке топлоте. То је најчешће последица лошег одржавања објеката, услед чега је столарија, укључујући и спојеве на прозорима и вратима, у веома лошем стању. Поред тога, у јавним објектима често се сусреће столарија са високим вредностима коефицијената пролажења топлоте. Зато међу узроцима нерационалне и неефикасне потрошње енергије наших јавних објеката доминирају губици кроз прозоре и врата, па интервенције на столарији објекта (репарација или замена) спадају у најчешће примењиване мере енергетске ефикасности. За прорачун топлотних губитака кроз прозоре и врата неопходно је дефинисати њихову површину, конструктивне карактеристике и термичке карактеристике (укупни коефицијент пролажења топлоте у  $W/m^2K$ ). Софтверски пакети који се користе за ову врсту прорачуна омогућавају једноставно дефинисање карактеристика столарије, било да омогућавају избор типских прозора и врата и за њих уобичајених вредности коефицијента пролаза топлоте, било да омогућавају посебан унос типова столарије и њихових карактеристика.

Дифузија водене паре представља начин преноса водене паре кроз зидове зграда из средине вишег парцијалног притиска ка средини са нижим парцијалним притиском паре, односно од влажније ка сувљој средини све док се не успостави равнотежа. Последица овог процеса је продор влаге у зидове зграда и њено кондензовање у слојевима конструкције у којима је парцијални притисак паре већи од притиска засићења на температури успостављеној у конкретном слоју. Услед тога се јављају топлотни мостови и већи трансмисиони губитак топлоте, пропадање материјала зида и термоизолације, буђ и др.

Дифузија водене паре зависи од отпора материјала пролазу паре од кога зависи величина парцијалног притиска водене паре у материјалу. Ради спречавања нежељених појава које могу да се јаве услед кондензовања водене паре у слојевима елемената термичког омотача зграде, предузима се карактеристична мера постављања парне бране на сегмент омотача зграде у виду заптивног материјала са високим отпором дифузији. У такве материјале спадају различите фолије (PVC, Al), тер-папир, лепенке и др. Увођењем парне бране парцијални

притисак паре се повећава испред, а смањује иза парне бране, у правцу снижења температуре и притиска засићења, услед чега у сваком слоју конструкције парцијални притисак водене паре остаје мањи од притиска засићења. Врсту и тип парне бране, као и место постављања парне бране, треба да одреде специјалисти за ову врсту послова, с обзиром на веома сложене механизме дифузије водене паре и последице које могу да настану услед нестручног пројектовања и постављања парне бране.

Дифузија водене паре има сложен механизам, тако да се у оквиру енергетског биланса не врши посебан прорачун топлотних губитака које она изазива. Ипак, мере за њено спречавање не смеју да изостану ако се планира термоизолација сегмената термичког омотача зграде. Ово је посебно важно напоменути с обзиром да је трошак уградње парне бране релативно мали у односу на трошак постављања термоизолације, а последице неуграђивања парне бране могу на дужи рок да анулирају ефекте постављања термоизолације.

Анализа техничких система подразумева одређивање потрошње енергије за рад ових система. Познавањем карактеристика техничких система, а на основу прикупљених података током обиласка локације, прорачунава се потрошња енергије, потрошња примане енергије и емисија CO<sub>2</sub>, на основу методологије дефинисане Правилником о енергетској ефикасности зграда ("Сл. гласник РС", бр 61/2011), за сваки индивидуални технички систем. На основу ових прорачуна, могуће је дефинисати уделе свих врста енергије у укупном енергетском билансу зграде, што умногоме помаже при одабиру и идентификацији мера унапређења енергетске ефикасности.

При употреби алтернативних система енергије у којима се производи електрична енергија (фотонапонске ћелије, когенерација, тригенерација, дизел-агрегат), уколико се произведена електрична енергија дистрибуира у електричну мрежу, није потребно разматрати енергетске добитке у билансу. Ако се произведена електрична енергија директно троши у згради, потребно је то навести у билансу (финансијском и енергетском) па је додатно потребно навести техничке податке о систему.

Прикупљени подаци о грађевинским карактеристикама спољне површине зграде, као и извршене анализе и мерења користе се при прорачунима потребне топлотне енергије за грејање и потрошну топлу воду за одређену зграду, која се уноси у енергетски пасош, али и за прорачуне потребне енергије за хлађење, вентилацију, климатизацију, освету и електричне уређаје и коначно за потрошњу санитарне воде. Прорачуни се израђују на основу методологије која је дефинисана Правилником о енергетској ефикасности зграда ("Сл. гласник РС", бр 61/2011).

Анализа потрошње енергије и воде из достављених рачуна је веома битна како би се упоредила са енергетским потребама зграде који се добијају прорачуном. У том циљу потребно је одредити референтну годишњу потрошњу енергије или воде. Најчешће се као референтна потрошња узима потрошња из последње године у којој није било неких поремећаја у активностима на локацији, снабдевању енергијом и водом и, наравно, за коју су доступни рачуни за утрошене енергенте/енергију и воду. Такође, морају се узети у обзир и промене у енергетским својствима зграде и техничким системима у згради (узима се последња година после имплементације промена).

Подаци се добијају од стране стручног особља власника / представника власника зграде, домара, из енергетских рачуна, упитника и стручних процена енергетских менаџера. Како

често постоје одређена одступања у рачунима (обрачунски период, нередовитост читавања, недостајући рачуни), поједине вредности се пондирају, прорачунавају или процењују. Прорачунавање се користи и унутар одређеног сегмента потрошње (електрична енергија, гас, вода, и друго) како би се раздвојили удели појединих група у потрошњи и дефинисали доминантни потрошачи; нпр. расвета, електрични уређаји, климатизација, и слично, код потрошње електричне енергије или рашчлањивања удела топлотне енергије или гаса за грејање, припрему оброка и потрошње топле воде. На тај начин се добија јаснија слика потрошње и режима рада сваке подгрупе потрошње, као и њен удео у дневном дијаграму оптерећења и укупном енергетском билансу. Са овим познатим параметрима могу се предложити мере енергетске ефикасности према реалнијим критеријумима.

Ако су за период за који су доступни подаци (пожељно 3 године) месечна и годишња потрошња уједначене, за референтну потрошњу може се узети просечна потрошња у последње 3 године (или период за који су на располагању рачуни). У случају да месечна и годишња потрошња није уједначена, за одређивање референтне потрошње потребно је изоловати месеце или целу годину у којима је потрошња нереална (одступа од уобичајене), а за просек узети само податке који одговарају реалном начину коришћења зграде.

Приказ трошкова годишње потрошње у референтној години врши се према последњим доступним ценама енергије или воде на тржишту. Исте цене се касније користе у прорачунима профитабилности мера енергетске ефикасности.

У случају да се појаве веће разлике у прорачуном добијеној вредности потрошње и стварној потрошњи (потрошњи према достављеним рачунима) у згради, ове разлике је потребно објаснити. На пример, разлог појаве разлика може бити начин коришћења зграде током сезоне грејања. У случају да је стварна (референтна) потрошња много већа од прорачунате, узрок томе може бити непотребно прегревавање простора, прекомерно проветравање просторија, непостојање ноћног и дневног режима рада итд. У случају да је стварна потрошња мања од прорачуном добијене вредности потребно је проверити да ли је разлог томе неодржавање термичких услова комфора у згради.

Подаци о трошковима енергије и енергената прикупљају се како би се успоставило финансијско праћење стварног трошка за изворе енергије, као и паушалне промене потрошње енергије и воде (за неке рачуне се читање бројила не врши месечно већ једном у неколико месеци, а за наплату се узима просечна вредност). Потребно је успоставити везу између потрошње енергије у односу на промену температуре спољашњег ваздуха, као и у односу на намену и врсту зграде и начина коришћења. За анализу потрошње и трошкова везаних за електричну енергију потребно је претходно прикупити све доступне податке о споменутом систему.

За сваки од евидентираних техничких система у згради, потребно је урадити претходно наведене анализе, утврдити стварну потрошњу енергије и одредити прорачунске вредности, утврдити стварно стање система регулације и управљања техничким системима, те на основу тога доћи до потребних података из којих се могу донети закључци о евентуалним могућностима унапређења енергетске ефикасности наведених система.

### **13.6 Анализа, идентификација и избор могућих мера унапређења енергетске ефикасности зграде и техничких система у згради**

На основу претходно урађених прорачуна и анализа, утврђивања реалних трошкова и режима коришћења зграде, упоређивања стварне потрошње и прорачунских вредности, израде енергетског биланса за целу зграду, могуће је приступити анализи и идентификацији могућих мера за побољшање енергетске ефикасности зграде и техничких система у згради.

Анализе могућих мера побољшања енергетских карактеристика и повећања енергетске ефикасности зграде и техничких система у згради, обавезно укључују анализе могућности за:

- побољшање грађевинских карактеристика зграде у смислу термичке заштите елемената термичког омотача зграде;
- побољшање енергетских карактеристика система за грејање, хлађење, вентилацију, климатизацију;
- побољшање енергетских карактеристика система за припрему санитарне топле воде;
- побољшање енергетских карактеристика система снабдевања електричном енергијом и мерење потрошње;
- побољшање енергетских карактеристика система за осветљење;
- побољшање енергетских карактеристика осталих потрошача електричне енергије;
- побољшање енергетских карактеристика система потрошње питке и санитарне воде;
- побољшање енергетских карактеристика специфичних система (кухиње, перионице, компресорске станице, стерилизатори, итд.);
- побољшање карактеристика система регулације и управљања и увођење нових система регулације и управљања;
- побољшање енергетских карактеристика система за производњу електричне и топлотне енергије из обновљивих извора енергије (уколико такви системи постоје на локацији);
- побољшање система дистрибуције питке и санитарне воде и смањење потрошње;

У циљу постизања веће енергетске ефикасности, потребно је евалуирати могућности коришћења различитих енергената с становишта инвестиције, уштеда и заштите животне средине. У том смисли, потребно је урадити анализе за:

- могућности замене енергента еколошки прихватљивијим енергентом или могућности преласка на обновљиве изворе енергије;
- могућности замене појединих техничких система модернијим и савременијим енергетски ефикаснијим системима.

Мере енергетске ефикасности по правилу треба почети од термичког омотача зграде. На тај начин се смањују топлотни губици зграде, што касније отвара много могућности за унапређење техничких система у згради.



У погледу потенцијалних мера енергетике ефикасности на термичком омотачу зграде, потребно је припремити преглед мера које су примењиве за конкретну зграду. Мере могу да се односе на елементе термичког омотача, решавање проблема топлотних мостова, уградња спољних застора, ролетни и жалузина на прозорима и вратима ради смањења топлотних губитака у зимском периоду и заштите од сунчевог зрачења у летњем периоду, санација димњака, изградња ветробрана итд. Предложене мере је потребно прилагодити локацији и згради, као и старости зграда и степену заштите постојећих зграда. Енергетском санацијом старих зграда, нарочито оних грађених пре 1980. године, могуће је постићи уштеде у потрошњи енергије од преко 50%.

Мера енергетске ефикасности на конкретном сегменту термичког омотача којом се смањује трансмисиони губитак топлоте практично значи смањење коефицијента пролажења топлоте. Када су у питању кровна конструкција, фасадни зидови и основа зграде, то се постиже додавањем слојева термичке изолације од материјала са ниском топлотном проводности. Поред ниске топлотне проводности, термоизолациони материјал мора задовољити још неколико важних услова, као што су отпорност на пожар и експлозију, оптимална густина и чврстоћа, отпорност на воду и влагу, као и постојаност у различитим временским условима. Најчешће се за додатну термичку изолацију користе материјали приказани у табели 13.6.

**Табела 13-6: Најчешће примењивани материјали за потребе термичке изолације зграда и њихове карактеристике**

	<b>Густина (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Коефицијент провођења топлоте (W/mK)</b>
<b>Камена вуна</b>	30-180	0,033-0,039
<b>Стаклена вуна</b>	14-80	0,032-0,038
<b>Експандирани полистирен (стиропор и сл.)</b>	15-30	0,041
<b>Полиуретански материјали</b>	30-40	0,035

Остварена уштеда енергије израчунава се као разлика губитка топлоте кроз конкретан сегмент термичког омотача пре и после примене мере енергетске ефикасности.

Трошак за додатну изолацију представља збир трошка за постављање (скела, рад, додатни материјал) и трошка самог термоизолационог материјала који зависи од његове дебљине. Због тога је укупна цена термоизолације по јединици дебљине већа за тање слојеве него за дебље слојеве изолације. С обзиром да ни зависност трансмисионих губитака, односно уштеда остварених након постављања термоизолације, од дебљине термоизолације није линеарна, долази се до закључка да дебљина слоја термоизолације треба да буде изабрана на такав начин да обезбеђује највеће уштеде у трошковима за енергију у односу на трошак инвестиције. Ова дебљина се назива економска дебљина термоизолације. Правилником о енергетској ефикасности зграда ("Сл. гласник РС", бр. 61/2011), прописане су највеће дозвољене вредности коефицијената пролажења топлоте за елементе термичког омотача зграде, у зависности од тога да ли се ради о изградњи нове зграде или реконструкцији и енергетској санацији постојеће зграде.

Губици топлоте кроз прозоре и врата се деле на трансмисионе и вентилационе. Неретко, збир

трансмисионих и вентилационих губитака топлоте зграде, представљају и преко 50% топлотних губитака зграде. Губици топлоте кроз прозоре су и до 10 пута већи од губитака топлоте кроз спољне зидове. Стога, мере на унапређењу енергетске ефикасности спољних прозора и врата у објектима имају посебан значај.

Коефицијент пролажења топлоте ових сегмената омотача зграде зависи првенствено од њихове конструкције и материјала од којих су израђени и одређује се на стандардизован начин за прозор или врата у целини. У одређивању укупног коефицијента пролажења топлоте прозора учествују и стакло и прозорски профил, као и начин споја стакла и профила. Прозорски профил, независно од врсте материјала од ког је израђен, мора да обезбеди добро заптивање, прекиде топлотних мостова у профилу, једноставно отварање и ниску вредност коефицијента пролажења топлоте. Стакла се данас израђују као термоизолациона стакла, двослојна или трослојна, с различитим испунама и премазима који побољшавају термичке карактеристике.

На ниже вредности коефицијента пролажења топлоте прозора утиче дебљина и број комора прозорског профила (вишекоморни профили дају ниже вредности коефицијента пролажења топлоте), дебљина и број међупростора стакла (већим бројем међупростора и већа ширина међупростора између стакла постижу се ниже вредности коефицијента пролажења топлоте прозора), испуна међупростора стакла (испуна од аргона, криптона или слично, битно снижава вредност коефицијента пролажења топлоте прозора), одабир стакла (дебљина стакла веома мало утиче на коефицијент пролаза топлоте, али зато употреба стакла са нискоемисионим премазима знатно снижава коефицијент пролажења топлоте стакла).

Као материјали за израду прозорских профила, користе се дрво, ПВЦ, алуминијум и комбинације разних материјала. Од врсте материјала зависи и дебљина оквира и могућност уградње квалитетног стакла.

Остварена уштеда енергије израчунава се као разлика губитка топлоте кроз прозоре и врата пре и после примене мере енергетске ефикасности.

У погледу техничких система, отвара се широка лепеза могућности унапређења енергетске ефикасности зграде. Мерама енергетске ефикасности на термичком омотачу зграде, смањују се значајно топлотни губици зграде, те се отварају различите могућности унапређења енергетске ефикасности техничких система. У зависности од конкретног случаја, потребно је размотрити могућности и предвидети неке од мера унапређења енергетске ефикасности техничких система у зградама.

Наводимо неке од примера могућих мера унапређења енергетске ефикасности техничких система у зградама:

- замена дотрајалих котлова новим са бољим степеном корисности и економијерима на страни димних гасова;
- замена стандардних котлова са нискотемпературним или кондензационим котловима који као енергент користе природни гас;
- хемијска припрема воде;
- чишћење димњака и котлова;
- обезбедити предгревање спољњег ваздуха за сагоревање топлотом димних

- гасова уградњом димњака са коаксијалном цеви;
- уградња топлотних пумпи ваздух-вода као основног извора грејања, са додатним постојећим котлом за екстремно хладне периоде;
  - обезбедити предгревање ваздуха у зимском периоду за рад топлотне пумпе ваздух-вода, укопавањем доводног канала за ваздух;
  - примена нискотемпературних система грејања (подно и зидно грејање, индукциони апарати);
  - примена високотемпературних система хлађења (зидно и плафонско хлађење, индукциони апарати);
  - повраћај топлоте из отпадног ваздуха у системима вентилације и климатизације;
  - природно проветравање;
  - припрема потрошне топле воде помоћу енергије сунца;
  - припрема потрошне топле воде помоћу топлотних пумпи које као извор топлоте користе отпадне воде;
  - искоришћење отпадне топлоте са конензатора расхладних агрегата за загревање потрошне топле воде;
  - предгревање санитарне топле воде отпадном топлим водом;
  - примена инвертерских уређаја за хлађење ваздуха у простору;
  - примена топлотних пумпи у пасивном режиму рада за пасивно (високотемпературно) хлађење;
  - топлотна изолација неизолованих делова система (цевовода и канала, арматуре, резервоара, размењивача топлоте, котлова);
  - балансирање система грејања, хлађења, вентилације и климатизације – цевовода и вентилационих канала;
  - фреквентна контрола вентилатора;
  - чишћење размењивача топлоте;
  - замена/чишћење филтера;
  - замена постојећих расхладних агрегата (чилера) ефикаснијим;
  - оптимизација расхладног агрегата (чилера) и/или рада више расхладних агрегата (чилера);
  - евапоративно хлађење;
  - уградња термостатских вентила са термоглавама;
  - уградња собног термостата са програматором са подешавањем "дежурне" температуре;
  - уградња моторних вентила за регулацију рада котла;
  - уградња мерача утрошка топлоте;
  - уградња пумпи са променљивим бројем обртаја;

- домаћинско руковање, употреба и одржавање система за грејање, хлађење, вентилацију и припрему санитарне топле воде;
- компензација реактивне енергије;
- управљање вршном електричном енергијом;
- замена постојећих унутрашњих и спољних светиљки ЛЕД светиљкама;
- контрола система расвете путем уградње разних типова сензора, тајмера и контролера;
- интелигентна расвета, увезивање у систем "паметне куће";
- набавка електричних уређаја са енергетском класом енергетске ефикасности А;
- уградња фотонапонских панела за локалну производњу електричне енергије;
- замена постојећих батерија за снабдевање водом новим батеријама са временским ограничењем;
- увођење временског ограничења рада рециркулационих пумпи у системима централног снабдевања потрошном топлим водом – штедљиве арматуре;

Поред наведених мера унапређења енергетске ефикасности техничких система у згради, могуће је размотрити и замену постојећег енергента или коришћења алтернативних извора енергије, као на пример:

- прелазак са котлова који користе електричну енергију или фосилна горива на котлове на биомасу, топлотне пумпе или кондензационе гасне котлове;
- повезивање на системе даљинског грејања;
- примена система мини когенерације или когенерације уопште;
- коришћење обновљивих извора енергије (биомаса, соларна енергија за потребе грејања, топлотне пумпе).

Значајни потенцијали уштеда у зградама леже и у систему регулације и централном надзорном управљању. Под тим подсистемима подразумевамо системе управљања расветом, како унутрашњом тако и спољашњом, аутоматске системе климатизације, системе грејања, хлађења, климатизације, вентилације (нпр. регулирање према стварној температури ваздуха у простору), алармне системе, системе за видео надзор и многе друге. Различити подсистеми могу се тако управљати интеграцијом разних техничких система у једну функционалну јединицу једноставним за употребу.

Гледано по подсистемима исплативо је регулисање: температуре и притиска, протока, влажности ваздуха, броја измена ваздуха, расвете, оптерећења.

Према типу регулације може се извршити подела: ручна регулација, стална контрола, повремена контрола, централна он/оф регулација, аутоматска регулација, регулација према унутрашњој температури, регулација према спољашњој температури, регулација по зонама зграде (раздвојени циркулациони кругови, нпр. крила зграде, етажне делове зграде према оријентацији - стране света), регулација према сезонским карактеристикама, димабилна / фотосензибилна регулација (расвета), регулација с временским размаком, локална регулација (по просторијама - мањи распон температуре, терморегулационим вентилима).

Потребно је водити рачуна да поједини системи регулације и управљања у зградама (топлотна

подстаница, калориметри, телекомуникациони уређаји, сензори кретања и друго) могу трошити значајне количине електричне енергије.

За сваку од наведених могућности унапређења енергетске ефикасности термичког омотача зграде и техничких система у згради, потребно је пажљиво анализирати анализирану могућности имплементације предложене мере на конкретном случају. Тек након утврђивања могућности да се одређена мера имплементира на конкретном објекту, приступа се даљим вредновањима, проценама и анализама. У зависности од конкретног случаја, могуће је предложити и друге мере унапређења енергетске ефикасности термичког омотача зграде и техничких система у згради.

### **13.7 Енергетско, економско и еколошко вредновање предложених мера унапређења енергетске ефикасности термичког омотача зграде и техничких система у згради**

Овај део енергетског прегледа обухвата предлог енергетски, економски и еколошки повољних мера побољшања енергетских карактеристика термичког омотача зграде и техничких система зграде, приказ остваривих економских и енергетских уштеда, процену инвестиције, као и прорачун период повраћаја инвестиције и смањења емисије CO<sub>2</sub>.

Предложене мере потребно је анализирати у зависности од њихове изводљивост на одређеној згради, те проценити енергетске, економске и еколошке уштеде. При томе је важно нагласити да се најбољи резултати постижу комбинацијом мера, па је потребно анализирати и изабрати комбинацију оних мера које доводе до највећих уштеда уз економски прихватљиво време повраћаја инвестиције. Посебно код мера побољшања топлотне изолације спољне површине треба дати нагласак на оне мере које су повезане с улагањима у нужну реконструкцију при одржавању зграде. Уштеде у енергији треба приказати одвојено од инвестиционих трошкова. Економска анализа приказује се кроз једноставни период поврата инвестиције, док се код захевнијих зграда могу израдити и детаљније економске анализе исплативости појединих мера.

У прегледу је потребно дати елементе за вредновање одабраних грађевинских захвата и термотехничких система. Такође, за сваку описану меру потребно је, на начин прикладан појединој мери, дати нумеричке податке о утицају на систем као, на пример, податке о побољшању ефикасности система након примене мере, смањењу губитака топлоте, годишњој количини искоришћене обновљиве енергије, смањењу потрошње извора енергије, итд.

Код мера на пољу потрошње електричне енергије, осим уштеде енергије а тиме и емисије у околину, уштеде се могу препознати и у прелазу потрошње из вишег у нижи тарифни разред, као и смањењем вршне снаге и елиминисањем прекомерно преузете реактивне енергије. Приказане мере не утичу директно на смањење потрошње енергије, али могу имати битне финансијске уштеде. Код описа мере и њеног вредновања, битно је узети у обзир све релевантне техничке и финансијске параметре, евентуалне утицаје на друге подсистеме, трошкове експлоатације и одржавања и слично.

Код мера на подручју потрошње санитарне воде треба, осим уштеда саме воде, узети у обзир и смањење енергије (за погон напојних пумпи, грејање) чиме се смањује период поврата инвестиције, а у биланс улазе и додатни еколошки доприноси.

Свака од извршених анализа за идентификоване и предложене мере унапређења енергетске ефикасности термичког омотача зграде и техничких система у згради, мора дати следеће одговоре:

- колики су инвестициони трошкови (пројектовање, дозволе, набавка опреме и извођење радова на демонтажи и монтажи, стручни надзор, пуштање у рад);
- колики су експлоатациони трошкови (трошкови енергије, радника, одржавања, радни век);
- колике су годишње уштеде новца, енергије и смањење емисије CO<sub>2</sub> [PCD, kWh, tCO<sub>2</sub>];
- колики је прост период отплате инвестиције, колика је нето садашња вредност, колики је динамички период отплате инвестиције;

Наведене анализе потребно је урадити за сваку предложену меру посебно, али и за комбинације појединих мера, како би се дошло до оптималног избора мера и препорука за оптимално улагање. При комбиновању мера треба увек водити рачуна да се комбинују високобуџетске мере са великим периодом повраћаја инвестиције (мере на термичком омотачу зграде, замена енергента) и нискобуџетске мере са веома кратким периодом повраћаја инвестиције (изолација неизолованих делова система, регулација, уградња термостатских вентила, балансирање, прелазак на кондензациону технологију и сл.). На овај начин се добијају пакети предложених мера са краћим периодом повраћаја инвестиције.

Трошкове улагања потребно је проценити што тачније у складу с тржишним ценама енергента на дан израде прорачуна енергетских уштеда. Након избора оптималне комбинације мера, приступа се прорачуну еколошких уштеда.

За потребе прорачуна емисија CO<sub>2</sub> и осталих гасова стаклене баште развијена је (Intergovernmental Panel on Climate Change) IPCC методологија у оквиру конвенције Уједињених народа о промени климе - United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). IPCC методологијом одређују се емисије гасова стаклене баште из извора и уклањање у понорима. Доминантан извор емисије гасова стаклене баште је сагоревање фосилних горива у енергетским постројењима.

У зависности од места настанка, разликују се директне и индиректне емисије. Директне емисије настају на локацији непосредне потрошње енергије (нпр. стамбене и нестамбене зграде), као последица сагоревања фосилних горива у стационарним енергетским постројењима (нпр. котлови). Са друге стране, у случају коришћења електричне енергије и/или топлоте енергије из јавних топлана или котларница до емисије не долази на локацији непосредне потрошње енергије, па је потребно прорачунати индиректну емисију која настаје при производњи електричне или топлотне енергије.

Емисија CO<sub>2</sub> зависи од количине и врсте сагорелог енергента. Специфична емисија у зависности од врсте горива која се користи је највећа услед сагоревања угља, затим течних горива и природног гаса. Груби однос специфичних емисија при сагоревању фосилних горива је 1 : 0,75 : 0,55 (угаљ : течна горива : природни гас). До емисије CO<sub>2</sub> долази и сагоревањем биомасе, међутим, емисија CO<sub>2</sub> из биомасе, по препорукама IPCC методологије, не улази у укупни биланс емисије гасова стаклене баште на нивоу државе јер је емитовани CO<sub>2</sub> претходно

апсорбован за раст и развој биомасе.

За поједностављени прорачун емисије CO<sub>2</sub>, Правилником о енергетској ефикасности зграда ("Сл. гласник РС", бр.61/2011), дати су и фактори емисије по енергетској јединици горива као и по јединици произведене топлоте. При прорачуну фактора емисије, по јединици корисне топлотне енергије, користе се просечне вредности стационарних енергетских постројења/уређаја у којима сагоревају одговарајући енергенти. На тај начин се повећава несигурност прорачуна, па је препорука да се користи фактор емисије по енергетској јединици горива (kgCO<sub>2</sub>/GJ или kgCO<sub>2</sub>/MWh).

Смањење емисије CO<sub>2</sub> се прорачунава као разлика емисије пре и након примене мера за смањење емисије (нпр. мере повећања енергетске ефикасности).

Уобичајено је рачунати смањење емисије CO<sub>2</sub> на годишњем нивоу, а као последица примене мера за смањење емисије.

### ***13.8 Завршни извештај о енергетском прегледу зграде с вредновањем енергетског разреда зграде, препорукама и редоследу приоритетних мера унапређења енергетске ефикасности зграде и техничких система у згради***

При спровођењу енергетског прегледа посебно је важан завршни извештај о резултатима енергетског прегледа. Завршни извештај садржи све претходно наведене елементе енергетског прегледа и спецификацију потребних података за израду енергетског сертификата зграде. Такође, извештај служи и као подлога за одлучивање кључним особама.

Завршни извештај о енергетском прегледу представља предуслов за издавање енергетског пасоша за зграду, а односи се на затечено стање код постојећих зграда, односно на стање зграде након изведених радова за нове зграде и постојеће зграде које се санирају, адаптирају или реконструишу, односно које се само енергетски санирају.

Уколико се енергетски преглед постојеће зграде врши за потребе идентификације пројеката унапређења енергетске ефикасности у зградама, кроз пројекте енергетске санације, реконструкције, адаптације или само енергетске санације, завршним извештајем треба обухватити анализу и вредновање постојећег стања зграде и техничких система у згради, као и идентификацију и вредновање потенцијалних мера за унапређење енергетске ефикасности зграде и техничких система у згради и вредновање енергетског разреда зграде након примене изабраног пакета мера за унапређење енергетске ефикасности.

За потребе енергетске сертификације и припреме пројеката унапређења енергетске ефикасности у зградама, енергетским прегледом се осим саме зграде и термичког омотача зграде, анализирају и вреднују сви технички системи зграде, док се за потребе одређивања енергетског разреда зграде у процесу енергетске сертификације израчунавају само енергетске потребе за грејање зграде, до тренутка израде националног софтвера за енергетску ефикасност у зградама.



## Литература

- [2] Закон о планирању и изградњи, Сл. гласник РС, бр. 72/2009, 81/2009 - испр., 64/2010 - одлука УС, 24/2011, 121/2012, 42/2013 - одлука УС, 50/2013 - одлука УС, 98/2013 - одлука УС, 132/2014 и 145/2014
- [3] Правилник о енергетској ефикасности зграда, Сл. гласник РС, бр. 61/2011
- [4] Правилник о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда, Сл. гласник РС, бр. 69/2012
- [5] Приручник за спровођење енергетских прегледа зграда, GIZ – немачко друштво за међународну сарадњу, Подгорица 2013
- [6] Методологија провођења енергетског прегледа зграда, Министарство заштите околиша, просторног уређења и грађевинарства, Загреб 2009
- [7] Пројектовање постројења за централно грејање, проф. др Бранислав Тодоровић, Београд 2009
- [8] Закон о ефикасном коришћењу енергије, Сл. гласник РС, бр. 25/13;
- [9] Правилник о начину спровођења и садржини програма обуке за енергетског менаџера, трошковима похађања обуке, као и ближим условима, програму и начину полагања испита за енергетског менаџера, Сл. гласник РС, бр. 12/15;
- [10] Правилник о условима у погледу кадрова, опреме и простора организације која спроводи обуку за енергетске менаџере и овлашћене енергетске саветнике, Сл. гласник РС, бр. 12/15
- [11] Закон о енергетици, Сл. гласник РС, бр. 145/14
- [12] <http://www.mre.gov.rs/latinica/energetska-efikasnost-unapredjenje-efikasnosti-projekat-alterenergy.php>
- [13] Закон о комуналним делатностима, Сл. гласник РС, бр. 88/11

## 14 Финансијски инжењеринг

Један од основних мотива за спровођење мера енергетске ефикасности (даље: ЕЕ) и коришћења обновљивих извора енергије (даље: ОИЕ) је финансијска исплативост пројеката. Смањењем потрошње енергије или употребом јефтинијих енергената постижу се финансијске уштеде, које би требало, уколико је пројекат исплатив, да у прихватљивом периоду надмаше трошкове инвестиције и трошкове рада и одржавања зграде.

У пракси, стручњаци се често суочавају са проблемом избора између више могућих пројеката и избором једне од више могућих мера ЕЕ.

Основни циљеви оцене исплативости и оправданости пројекта, односно мера ЕЕ и коришћења ОИЕ у зградама су:

- да се установи да ли је пројекат финансијски исплатив и економски оправдан;
- да се омогући упоређивање исплативости различитих мера и пројеката;
- да се омогући инвеститорима, финансијским институцијама и донаторима да оцене прихватљивост пројекта за финансирање.

### 14.1 Параметри рентабилности пројекта

У овом поглављу биће објашњени основни показатељи рентабилности пројеката унапређења ЕЕ и коришћења ОИЕ у зградама, који су предмет анализе изводљивости пројекта, као и параметри за њихов обрачун.

#### 14.1.1 Инвестициона улагања

Инвестициона улагања обухватају капиталне расходе за набавку основних и других средстава неопходних за реализацију пројекта. Она се састоје од следећих расхода за: пројектовање и планирање; управљање пројектом; набавку компоненти, опреме и уређаја; монтажу, контролу и тестирање; обуку корисника; остале трошкове и порезе.

#### 14.1.2 Годишње уштеде

Годишње уштеде представљају нето уштеде у оперативним трошковима за сваку годину, које су настале као резултат инвестиционих улагања у мере ЕЕ и коришћење ОИЕ. Оне су резултат мањих трошкова за енергенте (нпр. електричну енергију и гориво) и мањих оперативних трошкова коришћења и одржавања зграде. Обрачун годишњих уштеда, врши се на следећи начин:

$$B = \sum_{t=1}^n B_t P_t + \Delta C_t$$

$B$  укупне годишње уштеде

$B_t$  уштеда енергије за једну годину

$P_t$  цена енергије

$\Delta C_t$  уштеда или промена оперативних и трошкова одржавања зграде

За обрачун уштеда изузетно је важно добро дефинисање базних трошкова. Понекад је потребно извршити корекцију текућих трошкова из изабране базе године, када је коришћење

постојеће зграде испод прописаних стандарда.

### 14.1.3 Технички и економски век трајања пројекта

Технички век пројекта утврђује се на основу физичког трајања опреме неопходне за одређену меру или пројекат. Код пројеката који су састављени од више мера са различитим физичким трајањем, мора се израчунати потребно понављање мера са краћим техничким веком да би се покрило време трајања мера са најдужим техничким веком.

Економски век пројекта је период у коме пројекат доноси приход кроз уштеде. Економски век се користи у анализама за оцену финансијске исплативости и економске оправданости пројекта, односно мера ЕЕ и/или коришћења ОИЕ. У табели 14.1 су препоручене вредности економског века трајања уобичајених мера ЕЕ у зградама.

Табела 14-1: Економски век трајања мера ЕЕ у зградама

Врста мере ЕЕ	Економски век (година)
Прозори с добрим топлотним карактеристикама	30
Топлотна изолација зграде: изолација зидова, изолација тавана/крова	25
Поврат отпадне топлоте	20
Енергетски ефикасна архитектура (оптимизација топлотних својстава грађевинских материјала, оријентација објекта према природном светлу и изворима топлоте, употреба природне вентилације)	25
Топлотне пумпе: ваздух-ваздух	10
Топлотне пумпе: ваздух-вода	15
Топлотне пумпе: земља	25
Енергетски ефикасни расхладни уређаји у систему климатизације	17
Енергетски ефикасни систем вентилације (механички контролисани систем који извлачи искоришћени ваздух и обезбеђује претходно загрејани ваздух)	15
Комерцијално хлађење	8
Енергетски ефикасна канцеларијска опрема (стони и преносни рачунари, штампачи, фотокопир уређаји, факс-уређаји)	3
Когенерација испод 5 MW	15
Когенерација изнад 5 MW	20
Сензори покрета којим се искључује осветљење када нема никога у просторији	10
Енергетски ефикасно осветљење	12
Индивидуални или заједнички бојлери називне снаге веће од 30 kW	25

### 14.1.4 Вредност новца у времену

Пројекти захтевају инвестициона улагања у почетној години, док се ефекти остварују током низа година у будућности. Да би се омогућило поређење улагања и резултата пројекта, потребно је вршити обрачун вредности новца у времену. Обрачун се врши у два правца у зависности од тога да ли хоћемо да знамо вредност новца који сада имамо након одређеног

броја година или желимо да знамо садашњу вредност новца који ћемо остварити у будућим годинама. Утврђивање садашње вредности будућих новчаних прилива из остварених уштеда као и будућих расхода омогућује упоређивање различитих мера/пројеката енергетске ефикасности.

**Обрачун будуће вредности новца** (енг. Future value **FV**) врши се укамаћивањем, односно увећањем вредности расположивог новца за принос (нпр. камату), која се може остварити у свакој будућој обрачунској години.

$$FV_n = PV_0(1 + ir)^n$$

$PV_0$  садашња вредност новца

$FV_n$  будућа вредност новца након

$ir$  каматна стопа

$n$  година у којој ће бити остварена будућа вредност

**Обрачун садашње вредности новца** (енг. Present value **PV**) који ће се остварити у будућим годинама врши се дисконтовањем, односно свођењем на садашњи тренутак. Дисконтовање је умањење вредности очекиваног будућег новца за приход (нпр. камату) који је пропуштен у свакој години чекања да се прилив новца оствари. Обрачун садашње вредности новца врши се по следећој формули:

$$PV_0 = \frac{FV_n}{(1 + d)^n}$$

$PV_0$  - садашња вредност новца

$FV_n$  - будућа вредност новца након  $n$ -година (која ће бити остварена у  $n$ . години)

$n$  - број година

$d$  - дисконтна стопа

Приликом обрачуна садашње вредности новца, кључни моменат представља **утврђивање дисконтне стопе** која треба да одражава пропуштени могући приход. Висина дисконтне стопе зависи од: структуре извора финансирања пројекта и висине ризика пројекта. Она се утврђује на основу **просечне цене извора финансирања** пројекта, која се обрачунава по следећој формули:

$$d = C_e W_e + C_d W_d (1 - t)$$

$d$  – номинална дисконтна стопа

$C_e$  – цена сопственог капитала (буџетска средства за општине)

$W_e$  – проценат учешћа капитала у укупним изворима финансијских средстава

$C_d$  – цена дуга исказана кроз каматну стопу

$W_d$  – проценат учешћа дуга у укупним изворима финансијских средстава

$t$  – стопа пореза на добит (уколико га плаћа власник зграде који се задужује)

Цена капитала када је власник зграде јединица локалне самоуправе креће се од 4% до 6%.

Цена капитала када је власник зграде привредно друштво зависи од начина на који је сакупљен капитал: издавањем обичних акција, преференцијалних акција или реинвестирањем нераспоређене добити:

а) цена капитала из акумулиране добити је стопа приноса на обичне акције предузећа коју захтевају и очекују акционари. Она се може обрачунати по формули:

$$C_e = r_f + \beta(r_m - r_f)$$

- $r_f$  – безризична стопа приноса код ниско ризичних улагања као што су: државне обвезнице и првокласне корпоративне обвезнице
- $r_m$  – просечна стопа приноса тржишног портфолија, који се састоји од свих врста хартија од вредности – као његова апроксимација користи се берзански индекс *BELEX15*<sup>19</sup>
- $\beta$  – бета коефицијент мери изложеност предузећа (индустрије) укупном тржишном ризику (тржиште ширег броја индустрија)

б) цена капитала обезбеђеног издавањем обичних акција већа је од претходне цене капитала за износ трошкова издавања акција (флотациони трошкови) и обрачунава се по формули:

$$C_e = \frac{\text{дивиденда}}{\text{цена акција (1 - флотациони трошкови)}} + \text{стопа раста дивиденде}$$

Цена дуга је каматна стопа која је једнака референтној тржишној каматној стопи (нпр. **BELIBOR** или **EURIBOR**<sup>20</sup>) увећаној за премију за кредитни ризик власника зграде, који процењује банка или инвеститор. Уколико не постоји историја задуживања власника зграде на основу које се може утврдити цена његовог дуга може се користити податак о каматним стопама банака на одобрене кредите, који објављује Народна банка Србије<sup>21</sup>.

Искључивањем стопа инфлације из обрачунате номиналне дисконтне стопе, може се израчунати реална вредност дисконтне стопе по следећој формули:

$$d_r = \frac{(d_n - i)}{(1 + i)}$$

- $d_r$  – реална дисконтна стопа
- $d_n$  – номинална дисконтна стопа
- $i$  – стопа инфлације (просечан годишњи раст цена)

#### 14.1.5 Прост период повраћаја инвестиционог улагања

Прост период повраћаја (енг. pay back period **PBP**) представља време које је потребно да се из будућих прихода пројекта наплате укупна инвестициона улагања. Код једнаких годишњих прихода по основу уштеда за време трајања пројекта, рок повраћаја се обрачунава по формули:

<sup>19</sup> **BELEX15** представља индекс најликвиднијих акција на Београдској берзи. Намена индекса јесте да мери промене цена најликвиднијих акција на домаћем тржишту капитала. Индекс је пондерисан тржишном капитализацијом и израчунава се свакодневно, у реалном времену. Доступан на <http://www.belex.rs/trgovanje/indeksi/belex15>

<sup>20</sup> **BELIBOR** (Belgrade Inter Bank Offered Rate) је каматна стопа по којој банке у Србији позамљују средства једна другој. Доступан на:

[http://www.nbs.rs/internet/latinica/33/33\\_5/kamatne\\_stope/](http://www.nbs.rs/internet/latinica/33/33_5/kamatne_stope/)

<sup>21</sup> Доступно на: <https://www.nbs.rs/internet/cirilica/80/index.html>

$$PBP = \frac{I}{B}$$

$PBP$  – рок повраћаја

$I$  – укупно инвестиционо улагање

$B$  – годишњи нето приход (годишње уштеде под тачком 12.1.2)

Недостатак овог показатеља је занемаривање временске вредности новца и прихода, који се остварују у току целокупног рока трајања пројекта. Због тога се се обрачунава динамички период повраћаја инвестиционог улагања, као што следи.

#### 14.1.6 Динамички период повраћаја инвестиционог улагања

Динамички период повраћаја инвестиционог улагања представља време које је потребно да се из будућих прихода пројекта сведених на садашњу вредност наплате укупна инвестициона улагања. За његов обрачун потребно је извршити дисконтовање пројектованих будућих прихода пројекта, применом једначине:

$$B \frac{1 - (1 + d)^{-n}}{d} = I_0$$

$B$  – годишњи нето приход од уштеда (под тачком 12.1.2)

$I_0$  – укупно инвестиционо улагање

$d$  – дисконтна стопа

$n$  – број година

#### 14.1.7 Нето садашња вредност

Инвестициони пројекти отпочињу улагањем у “нултој години пројекта”. Након те године, у периоду коришћења пројекта настају приходи и трошкови коришћења зграде. Уколико од садашње вредности прихода пројекта одузмемо садашњу вредност свих инвестиционих и оперативних трошкова, добијамо **нето садашњу вредност пројекта** (енг. Net present value **NPV**). Она се обрачунава по следећој формули:

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+d)^t} \quad (16.10)$$

или

$$NPV = \frac{B_0}{(1+d)^0} + \frac{B_1}{(1+d)^1} + \frac{B_2}{(1+d)^2} + \dots + \frac{B_n}{(1+d)^n}$$

$NPV$  – нето садашња вредност

$B$  – нето прилив (разлика укупних прихода и расхода) у години

$n$  – рок трајања пројекта у годинама

$d$  – дисконтна стопа

Пројекат је исплатив када је нето садашња вредност већа од нуле ( $NPV > 0$ ), односно када су сведени приходи већи од сведених укупних трошкова током економског века пројекта.

Овај показатељ не пружа могућност поређења пројеката са различитом висином

инвестиционог улагања, што се превазилази коришћењем коефицијента нето садашње вредности.

#### 14.1.8 Коефицијент нето садашње вредности

Коефицијент нето садашње вредности (енг. Net present value ratio **NPVQ**) представља однос нето садашње вредности и садашње вредности укупних инвестиционих расхода. Коефицијент показује колико се новчаних јединица зарађује годишње улагањем једне новчане јединице у пројекат.

$$NPVQ = \frac{NPV}{PVI}$$

*NPV* – нето садашња вредност

*PVI* – садашња вредност укупних инвестиционих расхода

Пројекат је рентабилан када је коефицијент нето садашње вредности већи од нуле ( $NPVQ > 0$ ). С обзиром да коефицијент показује висину нето прихода по јединици уложених средстава, он се може користити за рангирање различитих мера ЕЕ и пројеката, који имају различиту висину укупних улагања. Приликом оцене међусобно искључивих пројеката, прихвата се пројекат чији је *NPVQ* највећи.

#### 14.1.9 Интерна стопа рентабилности

Интерна стопа рентабилности пројекта (енг. Internal rate of return **IRR**) је она дисконтна стопа која изједначава садашњу вредност прихода пројекта са садашњом вредношћу укупних трошкова пројекта. То је она дисконтна стопа при којој је нето садашња вредност пројекта једнака нули. Она се обрачунава на основу следеће једначине у којој је *NPV* једнака нули:

$$IRR = d$$

ако је :

$$\frac{B_0}{(1+d)^0} + \frac{B_1}{(1+d)^1} + \frac{B_2}{(1+d)^2} + \dots + \frac{B_n}{(1+d)^n} = 0$$

*IRR* – интерна стопа рентабилности

*d* – дисконтна стопа

*B* – нето прилив у *n*-тој години

*n* – рок трајања пројекта у годинама

Овај параметар није могуће извести аналитички, већ се за то користи интерактиван поступак. Оцена пројекта на основу *IRR* врши се на следећи начин:

- a) у случају независних пројеката, прихвата се пројекат чија је *IRR* већа од дисконтне стопе која одражава цену средстава за финансирање пројекта
- b) у случају међусобно искључивих пројеката, прихвата се пројекат чија је *IRR* већа, уз услов да је иста већа од дисконтне стопе.

Критеријум за одлучивање, за један од алтернативних пројеката, јесте да се одаберу они пројекти који имају највишу интерну стопу рентабилности. Недостатак овог показатеља је то што може да фаворизује пројекте који захтевају мање инвестиције и резултују мањим



приносима у апсолутном износу.

#### 14.1.10 Коефицијент користи и трошкова

Коефицијент користи и трошкова (енг. Benefit cost ratio **BCR**) представља садашњу вредност укупних користи пројекта, подељену садашњом вредношћу укупних трошкова пројекта.

$$BCR = \frac{PV(I_b)}{PV(O_c)}$$

$BCR$  – коефицијент користи и трошкова

$PV(I_b)$  – садашња вредност укупних користи

$I_b$  – приливи по основу користи

$PV(O_c)$  – садашња вредност укупних трошкова

$O_c$  – одливи по основу трошкова

За вредност  $BCR$  већу од 1 ( $BCR > 1$ ) пројекат је одржив јер су користи, мерене садашњом вредности прилива, веће од трошкова мерених садашњом вредности одлива. Правило које овде важи јесте да треба одбацити све пројекте са ратио показатељем користи и трошкова мањим од 1. На основу овог ратио показатеља могуће је извршити рангирање пројеката.

#### 14.2 Финансијска и економска анализа пројекта

Финансирање мера ЕЕ и коришћење ОИЕ у зградама се може обезбедити из различитих извора, као што су: сопствена средства власника зграде, капитални трансфери или донације, примање од задуживања и капитал приватног партнера. Критеријуми оцене оправданости реализације мера ЕЕ и коришћење ОИЕ у зградама зависе од извора финансирања пројекта. Донатори су обично заинтересовани да пројекат који финансирају доприноси повећању укупних користи за друштво у целини. Финансијске институције су заинтересоване за кредитирање пројеката који су финансијски исплативи, али и оних пројеката који су уз коришћење донација и капиталних трансфера других нивоа власти економски изводљиви. Инвеститори су искључиво заинтересовани за пројекте који су финансијски исплативи.

Финансијска анализа је почетна фаза у оцени исплативости пројекта. Уколико је пројекат финансијски рентабилан, он је привлачан за финансирање од стране приватног капитала, без потребе додатног ангажовања јавних подстицајних средстава. Одлука о финансирању таквих пројеката може се донети на основу спроведене финансијске анализе.

Уколико пројекат има ниску или негативну стопу финансијске рентабилности, коначна одлука о његовом финансирању доноси се након спровођења анализе економске рентабилности пројекта. Економска анализа омогућује укључивања средстава јавног сектора (донација, трансфера и субвенција) у изворе финансирања пројекта, мерење свих друштвено-економских ефеката пројекта и примену друштвено оправданих цена.

Међународни донатори и национални фондови заинтересовани су да обезбеде подстицаје за спровођење пројекта ЕЕ и ОИЕ који су економски оправдани, односно оних који имају веће друштвено-економске користи од трошкова. Из наведених разлога, овде ће бити објашњен поступак спровођења финансијске и економске анализе пројеката.

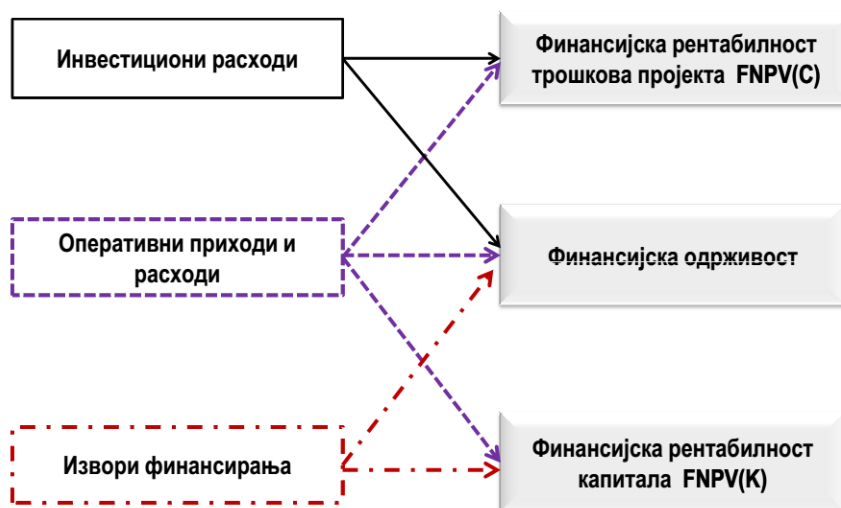
### 14.2.1 Анализа финансијске исплативости пројекта ЕЕ и коришћења ОИЕ у зградама

У оквиру финансијске анализе врши се обрачун показатеља финансијске исплативости пројекта (објашњених у тачки 14.1) на основу пројекције новчаних токова инвестиционих расхода, оперативних прихода и расхода и извора финансирања у следећим табелама:

Табела **финансијске одрживости (ликвидности)** показује да ли постоји усклађеност новчаног тока прихода са новчаним током расхода пројекта.

Табела **финансијске рентабилности трошкова пројекта** показује у којој мери приходи надмашују расходе пројекта, без обзира на изворе финансирања пројекта.

Табела **финансијске рентабилности уложеног капитала** показује висину оствареног прихода на изворе финансирања пројекта, у које спадају домаћа јавна и приватна средства, без узимања у обзир иностраних донација.



Слика 14.1: Структура финансијске анализе

У циљу креирања правилних табела за спровођења финансијске анализе мора се обратити пажња на дефинисање и обрачун следећих параметара:

**Временски оквир анализе** означава максимални број година за који се ради прогноза новчаног тока пројекта и који одговара економском веку пројекта.

**Укупне расходе пројекта** чине инвестициони и оперативни расходи пројекта. Инвестициони расходи обухватају издатке у току истраживања, оцене и спровођења пројекта и улагања у основна средства. Оперативни расходи су издаци за коришћење и одржавање зграде, као и набавка средстава која се користе у краћем периоду и редовно обновљају у току трајања пројекта. Трошкови камате се не укључују у обрачун рентабилности трошкова пројекта FNPV(C), али се укључују у обрачун рентабилности уложеног капитала FNPV(K);

**Амортизација** не улази у новчани ток за финансијску анализу пројекта с обзиром да не захтева одлив новчаних средстава. Она је трошак исказан у билансу успеха власника зграде. Да ли ће зграда бити предмет амортизације зависи од власништва и начина

финансирања и коришћења. Зграда која је у власништву носиоца пројекта, амортизује се у току преосталог века коришћења.

**Приходи пројекта** остварују се путем: смањења трошкова енергије, смањења оперативних расхода као и продајом енергије уколико постоји.

**Резидуална вредност** је очекивани износ готовине који ће бити ослобођен када се пројекат ликвидира по истеку века његовог трајања. Остатак вредности приказује се као прилив у финансијском току на крају животног века пројекта.

**Усклађивање цена са инфлацијом.** Анализа рентабилности пројекта може се вршити уз коришћење константних (реалних) цена<sup>22</sup> које су фиксирани у базној години или применом номиналних цена<sup>23</sup>. Од избора цена зависи избор дисконтне стопе. Дисконтовање новчаног тока исказаног у константним ценама врши се реалном дисконтном стопом. Дисконтовање новчаног тока исказаног у номиналним ценама врши се номиналном дисконтном стопом. Када се очекује промена релативних цена у будућности, препоручује се коришћење номиналних (текућих) цена у финансијској анализи.

**Дефинисање извора финансирања пројекта** обухвата пројектовање структуре извора средстава и динамике њиховог коришћења.

Након дефинисања укупних прихода и расхода и извора финансирања, могуће је оценити финансијску одрживост пројекта. Пројекат је ликвидан када не постоји ризик обезбеђивања новчаних средстава за његово спровођење. Прилив новчаних средстава обухвата: приходе од остварених уштеда и продаје енергије и нето новчани прилив који је резултат управљања финансијским средствима. Динамика новчаних прилива упоређује се са динамиком новчаних одлива у које спадају: инвестициони и оперативни расходи, отплата дуга са каматом, трошкови пореза и друге новчане исплате (табела 14.2).

Табела 14-2: Финансијска одрживост пројекта

Бр.	Опис прилива и одлива	година			
		1	2	...	n
1	Извори финансирања				
2	Приход од уштеда (и продаје енергије)				
3	Новчани прилив од резидуалне вредности имовине				
4	<b>Укупан прилив новчаних средстава (од 1 до 3)</b>				
5	Инвестициони расходи				
6	Оперативни расходи				
7	Расходи за камату				
8	Отплата главнице дуга				
9	Расходи за порезе				
10	<b>Укупан одлив новчаних средстава (од 5 до 9)</b>				
11	<b>Нето новчани ток (4–10)</b>				
	<b>Кумулативни нето новчани ток (<math>\Sigma 11</math>)</b>				

<sup>22</sup> Константне цене су цене из којих је искључена инфлација, применом одговарајуће стопе раста цена остварених у односу на базну годину.

<sup>23</sup> Номиналне или текуће цене су актуелне тржишне цене у тренутку анализе. Ове цене се разликују од константних јер садрже ефекат инфлације

Пројекат је финансијски одржив када је кумулативни нето новчани ток позитиван током свих година финансијске анализе.

Следећи корак финансијске анализе је оцена рентабилности пројекта на основу следећих показатеља: финансијске нето садашње вредности (FNPV), финансијске стопе рентабилности (FRR), коефицијента нето садашње вредности (NPVQ) и динамичког периода повраћаја инвестиције (PBP). Ови показатељи се посебно рачунају за трошкове пројекта без узимања у обзир извора финансирања пројекта (табела 14.3), а посебно за уложена средства/капитал у току реализације пројекта (табела 14.4).

Табела 14-3: Рентабилност расхода пројекта

Бр.	Опис прилива и одлива	година			
		1	2	...	n
1	Приход од уштеда (и продаје енергије)				
2	Резидуална вредност				
3	<b>Укупни приходи (1+2)</b>				
4	Инвестициони расходи				
5	Оперативни расходи				
6	<b>Укупни расходи (4+5)</b>				
7	<b>Нето приходи (3 – 6)</b>				
8	Садашња вредност нето прихода ( $7/(1+d)^n$ )				
	<b>Финансијска нето садашња вредност FNPV(C) (<math>\Sigma 8</math>)</b>				
	<b>Финансијска стопа рентабилности FRR(C)</b>				
	<b>Коефицијент нето садашње вредности NPVQ(C) (FNPV(C)/4)</b>				
	<b>Динамички период повраћаја инвестиције PBP(C)</b>				

FNPV(C) и FRR(C) мере исплативост пројекта у односу на укупне инвестиционе расходе, без обзира на начин њиховог финансирања. У оцени рентабилности пројекта најпоузданији показатељи су FNPV и NPVQ. Коефицијент NPVQ омогућује рангирање инвестиционих улагања према исплативости. FRR није увек поуздан показатељ јер не узима у обзир висину инвестиционих расхода.

Ако у следећу табелу унесемо пројектоване приходе и расхода, трошкове извора финансирања и отплату позајмљених и уложених средстава, бићемо у могућности да обрачунамо показатеље финансијске рентабилности уложеног капитала: **FNPV(K)**, **FRR(K)** и **NPVQ(K)**<sup>24</sup>.

Табела 14-4: Рентабилност капитала

Бр.	Опис прилива и одлива	година			
		1	2	...	n
1	Приход од уштеда (и продаје енергије)				
2	Резидуална вредност				
3	<b>Укупни приходи (1+2)</b>				
4	Оперативни расходи				
5	Расходи за камату				
6	Отплата главнице дуга				
7	Приватни капитал				
8	Национална јавна средства				
9	<b>Укупни расходи (од 4 до 8)</b>				
10	<b>Нето приходи (3 – 9)</b>				

<sup>24</sup> **FNPV(K)** - финансијска нето садашња вредност капитала, **FRR(K)** - интерна стопа рентабилности капитала и **NPVQ(K)** - коефицијент нето садашње вредности капитала

11	Садашња вредност нето прихода $(10/(1+d)^n)$				
	<b>Финансијска нето садашња вредност FNPV(K) (<math>\Sigma 11</math>)</b>				
	<b>Финансијска стопа рентабилности FRR(K)</b>				
	<b>Динамички период повраћаја инвестиције PBP(K)</b>				

Уколико пројекат има позитивну и високу вредност финансијских показатеља рентабилности, он може бити привлачан за инвестирање приватног капитала. Уколико су вредности финансијских показатеља рентабилности негативне, неопходно је наставити са анализом пројекта, кроз **утврђивање економске оправданости**. Уколико се у наредној економској анализи дође до позитивне вредности показатеља рентабилности, пројекат је вредан улагања јавних средстава за његово финансирање или суфинансирање.

#### 14.2.2 Анализа економске оправданости пројекта унапређења ЕЕ и коришћења ОИЕ у зградама

У оквиру економске анализе (*Cost-benefit CBA*) испитује се оправданост спровођења пројекта из угла користи целог друштва<sup>25</sup>, а не само носиоца пројекта, власника зграде као у финансијској анализи. Ова анализа је обавезни део студије изводљивости пројекта када се планира финансирање пројекта из донација ЕЗ и фондова међународних финансијских институција.

У економској анализи примењују се економске (обрачунске) цене које се базирају на опортунитетним друштвеним трошковима<sup>26</sup>, уместо тржишних цена улагања и резултата пројекта. Опортунитетни трошак, односно корист за пројекте унапређења ЕЕ и коришћења ОИЕ представља смањена емисија гасова стаклене баште и смањење трошкова енергије. Прелазак из финансијске анализе у економску анализу састоји се од:

вршења фискалних корекција: 1) цене улагања и резултата исказати у нето износу без ПДВ-а и других индиректних пореза; 2) цене улагања, укључујући зараде, исказати у бруто износу са директним порезима; 3) капиталне субвенције и трансфере носиоцима пројекта искључити из прихода пројекта.

претварања тржишних цена коришћених у финансијској анализи у обрачунске цене, путем дефинисања одговарајућих фактора конверзије за сваку врсту прихода и расхода.

анализе и вредновања спољних ефеката који стварају друштвене корист и трошкове, а које финансијска анализа не узима у обзир.

Уколико друштвене користи и трошкове није могуће исказати у новчаној вредности, потребно их је квантификовати и исказати у неновчаним физичким показатељима. Тиме се доносиоцима одлука, уз показатеље рентабилности пројекта, пружају додатни критеријуми за доношење коначне одлуке о прихватању пројекта.

<sup>25</sup> Прописи Европске комисије који уређују доделу донаторских фондова, изричито захтевају анализу друштвено-економских трошкова и користи за веће пројекте. Ову анализу траже и међународне финансијске институције као што су: EIB, EBRD, World bank – IFC, и др.

<sup>26</sup> Опортунитетни трошак је вредност средства у алтернативној употреби. Ресурси (улагање) који се укључују у јавне пројекте могу бити употребљени другачије. На пример, земљиште на коме ће се градити постројење за прераду отпадних вода може се користити за пољопривреду или стамбену зграду. Радна снага потребна за грађевинске радове може бити употребљена на алтернативни начин. Опортунитетни трошак сваког ресурса мора бити укључен у CBA, чак и онда када не постоји никаква финансијска трансакција.

Табела 14-5: Друштвене користи и трошкови пројеката ЕЕ и коришћења ОИЕ

Користи:	Трошкови:
+ Новчане користи од уштеде или продаје енергије	– Отклањање негативних ефеката које пројекат може имати на ваздух, воду и земљиште
+ Смањење глобалног загревања и негативног утицаја на животну средину и здравље људи, коришћењем обновљивих извора енергије и смањење потрошње енергије и емисије гасова стаклене баште	– Губитак ресурса и сировина који би се могли употребити на други начин уз постизање већих користи за друштвену заједницу
+ Коришћење фосилних горива и необновљивих извора енергије за друге намене и за будуће потребе	– Индиректни ефекти губитка земљишта или нарушавања природног амбијента
+ Смањење потрошње енергије	
+ Смањење увоза енергије	

Показатељи економске рентабилности пројекта су: економска нето садашња вредност (**ENPV**), економска интерна стопа рентабилности (**ERR**) и коефицијент користи и трошкова (**BCR**). Обрачун ових показатеља врши се на основу пројектованог новчаног тока укупних користи и трошкова пројекта као у табели 14.6.

Табела 14-6: Економска рентабилност пројекта

Бр.	Опис користи и трошкова	година			
		1	2	...	n
1	Фискалне корекције				
2	Укупне екстерне користи				
	2.1. Користи од ефекта 1				
	2.2. Користи од ефекта 2				
3	Приход од уштеда (и продаје)				
4	<b>Укупне користи (1+2+3)</b>				
5	Екстерни трошкови				
	5.1. Трошкови због ефекта 1				
	5.2. Трошкови због ефекта 2				
6	Инвестициони трошкови				
7	Оперативни трошкови				
8	<b>Укупни трошкови (5+6+7)</b>				
9	<b>Нето користи (4–8)</b>				
10	Садашња вредност нето прихода $(9/(1+d)^n)$				
	<b>Економска нето садашња вредност ENPV (<math>\sum 10</math>)</b>				
	<b>Економска стопа рентабилности ERR</b>				
	<b>Коефицијент користи и трошкова BCR</b>				

Сваки пројекат чија је ERR мања од дисконтне стопе, ENPV негативна, а коефицијент користи и трошкова мањи од 1 ( $BCR < 1$ ) потребно је додатно преиспитати или одбити. У изузетним случајевима, пројекат се може прихватити ако постоје важне користи које нису изражене новчано, али се онда то мора приказати детаљно.

### 14.3 Извори финансирања пројекта

Пројекти унапређења ЕЕ и коришћења ОИЕ у зградама могу бити финансирани из свих извора средстава која су расположива на финансијском тржишту као што су: сопствени капитал носиоца пројекта, зајмови међународних финансијских институција, кредити комерцијалних банака, лизинг, јавно-приватно партнерство, иностране донације и др. У наставку ће бити објашњени наведени извори финансирања.



### 14.3.1 Самофинансирање пројекта

Самофинансирање је финансирање пројекта сопственим средствима власника пројекта, односно зграде. Оно је прикладно за финансирање релативно јефтених мера ЕЕ са кратким роковима повраћаја инвестиције.

Табела 14-7: Предности и недостаци самофинансирања

Предности самофинансирања	Недостаци самофинансирања
Може да предузме сваки власник зграде који располаже финансијским средствима	Пројекти треба да буду рентабилнији за инвестирање у односу на друге пројекте
Целокупан процес је под контролом власника	Ризик неуспеха пројекта носи власник
Остваривање финансијских ефеката одмах након имплементације пројекта	Власници зграде одлучују о приоритетним пројектима за инвестирање
Не поставља се питање кредитне способности власника зграде	Пројекти ЕЕ нису атрактивни као инвестиције у проширење основне делатности власника
Избегавање преговора и уговорних обавеза према финансијским институцијама	Обезбеђивање средства за инвестицију на почетку имплементације пројекта
Флексибилност у реализацији пројекта	
Избегавање припреме елабората о пројекту и пословним плановима у току аплицирања за позајмљена средства	
Кредити се могу употребити за финансирање других пројеката	

### 14.3.2 Зајмови иностраних банака

Иностране банке су међународне финансијске институције и развојне банке других држава које своју кредитну активност обављају у Републици Србији:

- **Светска банка** (World Bank – даље: **WB**) даје зајмове за развој јавног сектора владама чланицама, који могу да буду везани за: 1) заједничко финансирање пројеката са комерцијалним банкама; 2) давање савета владама у погледу инвестиција у енергетику и 3) давање гаранција у циљу смањења ризика пласмана комерцијалних банака. Приликом конкурисања за средства WB, неопходан услов је да постоји урађена “cost benefit” анализа предложеног пројекта енергетске ефикасности.
- **Европска инвестициона банка** (European Investment Bank – **EIB**) је финансијска институција Европске уније која одобрава зајмове владама држава у којима се пројекти спроводе у висини од преко 25 милиона евра. Корисници кредита могу да буду директно и власници пројеката у јавном и приватном сектору и банке. EIB нуди кредитне линије домаћим финансијским институцијама, које из њих одобравају кредит или лизинг малим и средњим предузећима и јединицама локалне самоуправе. Ова средства су доступна код: Banca Intesa и Intesa Leasing, Erste bank, Credit Agricole, Société Générale Банка и Raiffeisen Leasing.
- **Европска банка за обнову и развој** (European Bank for Reconstruction and Development – **EBRD**) врши кредитирање и улагање капитала у: финансијске институције, јавни и приватни сектор. У пројекте ЕЕ и ОИЕ, које финансира EBRD спадају: пројекти у јавним зградама, реконструкција централног даљинског грејања, модернизација зграда са акцентом на уштеду енергије, јавна расвета, когенерација, оснивање предузећа за пружање енергетских услуга и обновљиви извори енергије. Основне претпоставке за финансирање ових пројеката од стране EBRD су: 1) подршка владе за инвестирање у пројекте ЕЕ и ОИЕ; 2) тржишно формирање цене енергије; 3) јединствена цена енергије за све кориснике; 4) рентабилност пројеката; 5) обједињавање пројеката мање вредности у циљу заједничког финансирања да би се достигла вредност од 5 милиона евра; 6) одобравање кредитних линија домаћим банкама у циљу финансирања пројеката мање вредности; 7) стручна оспособљеност домаћих банака за кредитирање ових пројеката; 8) развој предузећа за пружање



енергетских услуга. Финансирање од стране EBRD може да тражи само носилац пројекта, на основу свеобухватне студије изводљивости пројекта. Финансирање пројекта мање вредности EBRD врши посредно, одобравањем кредитних линија домаћим банкама, за њихово кредитирање.

- **Немачка развојна банка** (Kreditanstalt für Wiederaufbau – **KfW**) обезбедила је значајна средства за кредитирање привреде и јавног сектора у области унапређења ЕЕ и коришћења ОИЕ. KfW врши директно финансирање великих пројекта, као и индиректно финансирање мањих пројекта посредством домаћих банака. У припреми су две нове кредитна линија посредством домаћих банака: еко-кредити и Green Finance Facility.

Табела 14-8: Услови зајмова иностраних банака

Услови/банка	EIB	EBRD	KfW
Носилац пројекта:	Јавни и приватни сектор	Јавни и приватни сектор	Јавна предузећа
Подобност пројекта:	сви исплативи пројекти	- смањење потрошње енергије /емисије CO <sub>2</sub> минимално 20% - период повраћаја инвестиције у коришћење обновљивих извора енергије максимално 15 година	
Висина кредита:	до 50% инвестиционих трошкова	- минимално 5 мил. евра - до 2,5 мил. евра (посредством домаћих банка)	до 1,2 мил. евра по пројекту (посредством домаћих банка)
Рок кредита:	до 20 година	од 5 до 15 година	до 9 година
Период чека:	период имплементације	до 5 година директно / до 2 год. посредством домаћих банака	до 3 године
Финансијски подстицај:		10%-15% инвестиције финансиране из кредита из донација ЕЗ, када су обезбеђене	

### 14.3.3 Кредити домаћих банака

Домаће банке су основане и послују у складу са прописима који регулишу функционисање финансијског сектора у Републици Србији.

Кредити банака су традиционални начин финансирања пројекта, који се сматра мање флексибилним од самофинансирања. Предуслов за њихово коришћење је презентација кредитне способности власника зграде, као и предлога пројекта, тако да банка препозна свој интерес и прихвати ризик финансирања.

Што је тржиште капитала развијеније, то ће бити већа понуда банкарских кредита по повољнијим условима: нижим каматним стопама и дужим роковима отплате. Кредити могу да буду краткорочни (до 1 године), средњорочни или дугорочни, као и осигурани или неосигурани. Могу бити одобрени у динарима или са девизном клаузулом у зависности од начина обезбеђивања средстава за њихово одобравање: депозити банке или кредитне линије међународних финансијских институција.

Табела 14-9: Предности и недостаци кредита домаћих банака

Предности банкарских кредита	Недостаци банкарских кредита
Релативно јефтино финансирања у време ниских каматних стопа и за првокласне клијенте	Макроекономски поремећаји могу да утичу на обим и квалитет понуде кредита
Камате и накнаде су оперативни трошак који се одбија од дохотка пре пореза код предузећа	Камата је фиксни трошак који мора да се плати и када падају приходи
Брже кредитне анализе и достижнији услови у односу на међународне финансијске институције	Отплата камате и главнице повећава исказан губитак у пословању предузећа
Не утичу на структуру власничког капитала, обзиром да банке потражују доспелу камату и главницу	Обавеза отплате кредита ограничава слободу одлучивања приликом дефинисања стратегије и расподеле средстава/буџета

Банке немају утицај на пословну политику корисника кредита	Ризик губитка власништва над заложеном имовином због невраћања кредита
Стабилан и обилан извор финансирања у односу на капитал у стабилним макроекономским условима	

#### 14.3.4 Лизинг

Лизинг је начин финансирања набавке основних средстава. Користи за набавку разних типова енергетски ефикасне опреме у пројектима свих величина, као на пример за: повраћај топлоте или когенерацију, системе за управљање зградама, системе за грејање, вентилацију и климатизацију. Основни типови лизинга су:

- **Пословни (оперативни) лизинг** подразумева да лизинг компаније задржава власништво над предметом лизинга (опремом) и обавезу његовог одржавања у току трајања уговора. Прималац лизинга врши периодична плаћања, лизинг накнаде која је део његових оперативних трошкова пословања.
- **Финансијски лизинг** представља позајмљивање средстава и куповину имовине, која ће се амортизовати, за примаоца лизинга. Право власништва над имовином у лизингу прелази на примаоца лизинг на крају трајања лизинга. Одржавање имовине је обавеза примаоца у току трајања лизинга.

Према важећим позитивним прописима Републике Србије, јавна предузећа могу уговорати финансијски лизинг за набавку опреме и возила. Оперативни лизинг није правно регулисан.

#### 14.3.5 Финансирање од стране трећих лица

Финансирање од стране трећих лица је финансирање мера унапређења ЕЕ у зградама од стране уговорног лица, при чему се остварене финансијске уштеде користе за отплату инвестиције. Главни разлози коришћења финансирања од стране трећих лица су: 1) пројекат се спроводи без иницијалних трошкова за корисника енергије/власника зграде; 2) плаћања уговорној страни зависе од остварених резултата пројекта (финансијских уштеда) и 3) уговорна страна пружа техничку експертизу пројекта (уштеде енергије). Овај начин финансирања пројекта ЕЕ детаљно је објашњен у следећим поглављима.

#### 14.3.6 Иностране донације

Канцеларија за европске интеграције координира ИПА и остале пројекте међународне развојне помоћи. ИПА представља бесповратну финансијску помоћ земљама кандидатима и потенцијалним кандидатима за приступ Европској унији. Реч је о претприступним фондовима из којих се издваја око 70 милиона евра годишње за пројекте из области заштите животне средине, за билатералне донаторе и кредитне линије у Србији. Средства ИПА донације користе се за подстицање реализације пројекта јавног и приватног сектора, финансирањем одређеног процента укупних инвестиционих трошкова, подстицање домаћих банака да се укључе у кредитирање пројекта и покривање трошкова консултаната.

#### 14.3.7 Избор извора финансирања пројекта

На основу оцене финансијске рентабилности пројекта, може се приступити избору извора финансирања између сопствених, позајмљених и подстицајних средстава. Том приликом, врши се упаривање пројекта са расположивим изворима финансирања у циљу постизања најефикаснијег коришћења средстава. Избор извора финансирања зависи од расположивости средстава, приоритета и исплативости пројекта. Адекватан избор може се постићи поштовањем принципа финансирања, инвестирања и субвенционирања пројекта.

#### **14.3.7.1 Принцип финансирања**

Потребно је изабрати комбинацију сопствених, позајмљених и подстицајних средстава, као и осталих извора финансирања која омогућује постизање највећег резултата на уложена средства и која одговара карактеристикама пројекта који се финансира. Пројекти са ниском финансијском рентабилношћу могу бити финансирани из сопствених средстава, под условом да је изабрана најисплативија опција за дати пројекат. Профитабилни пројекти могу бити финансирати из комбинованих извора финансирања или у потпуности из позајмљених извора финансирања, као што су кредити и приватни капитал по моделу јавно-приватног партнерства.

#### **14.3.7.2 Принцип инвестирања**

За инвестирање приватног капитала по моделу јавно-приватног партнерства, требало би изабрати оне пројекте чија је рентабилност једнака или већа од просечног цене капитала обрачунате по формули (тачка 12.1.4). Рентабилност пројекта мери се стопом рентабилности уложеног капитала у пројекат ( $FRR/K$  и  $FNPV/K$ ), као што је објашњено у тачки 12.2.1.

#### **14.3.7.3 Принцип субвенционирања**

Уколико пројекат не обезбеђује минималну стопу рентабилности, услед примене капитално интензивних мера ЕЕ, његова атрактивност за финансирање из приватног капитала може се обезбедити субвенционирањем. Оправданост суфинансирања пројекта из приватног капитала уз капиталну субвенцију јавног сектора или инострану донацију мора да буде доказана кроз економску рентабилност пројекта (у тачки 12.2.2.) Пројекат мора да обезбеди веће друштвено економске користи од трошкова, односно параметри економске рентабилности морају бити:  $ENPV > 0$  и  $BCR > 1$ .

### **14.4 Уговарање енергетског учинка**

Пројекти енергетске ефикасности могу бити спроведени путем уговарања енергетског учинка. Оно јесте аранжман између власника зграде (даље: Корисник) и Испоручиоца енергетских услуга за побољшање енергетске ефикасности. Енергетску услугу пружа правно лице и предузетник (ESCO) на основу уговора. Енергетска услуга може обухватити и енергетски преглед, пројектовање, грађење, реконструкцију, енергетску санацију, одржавање објеката, као и управљање и надзор над коришћењем енергије. Право на обављање делатности енергетског прегледа, пројектовања, грађења, реконструкције, адаптације, санације и одржавања објекта који је предмет уговора о енергетској услузи остварује се по закону и посебним прописима.

Средства за извођење енергетских услуга обезбеђује Извршилац, у целости или делимично, из властитих извора или од трећих лица. Вредност улагања за уведене мере ЕЕ и трошкове Корисник плаћа Извршиоцу према уговором одређеном нивоу побољшања ЕЕ, односно из остварених уштеда трошкова за енергију. Извршилац енергетских услуга, односно трећа страна сноси, у потпуности или делом, финансијски, технички и комерцијални ризик реализације енергетске услуге.

Финансирање пројекта ЕЕ у јавном сектору од стране трећих лица представља јавно-приватно

партнерство (даље: ЈПП), између јавног тела/предузећа (Корисника) и приватног партнера (Извршиоца). Међу бројним законима, издвајамо кључне који дају правни основ за успостављање ЈПП: Закон о ефикасном коришћењу енергије, Закон о комуналним делатностима, Закон о јавно-приватном партнерству и концесијама (даље: ЗЈППК) и Закон о јавним набавкама (даље: ЗЈН).

У циљу регулисања унапређења енергетске ефикасности путем ЈПП, министар рударства и енергетике донео је „**Правилник о утврђивању модела уговора о енергетским услугама за примену мера побољшања енергетске ефикасности када су корисници из јавног сектора**“ (Сл. гл. РС бр. 41/2015). Правилником је олакшано уговарање финансирања пројеката енергетске ефикасности од стране трећих лица. Према важећем правном оквиру:

- Успостављање ЈПП врши се доделом уговора о енергетским услугама за примену мера побољшања енергетске ефикасности (даље: уговор о ЈПП), кроз поступак регулисан законом који уређује јавне набавке;
- Јавно тело (према ЗЈППК) и Наручилац (према ЗЈН) власник је јавне зграде на којој се спроводи енергетска услуга;
- Извршилац је привредно друштво које пружа енергетске услуге и које се сматра Приватним партнером у складу са ЗЈППК, односно ESCO, у складу са законом који уређује ефикасно коришћење енергије;
- Потписивањем уговора о ЈПП, јавно тело поверава Извршиоцу примену мера унапређења енергетске ефикасности (даље: МУЕ) са циљем уштеде енергије, одговарајуће уштеде у емисији CO<sub>2</sub> и уштеде у оперативним расходима јавног објекта;
- Извршилац потписивањем уговора о ЈПП преузима обавезу остваривања гарантованог смањења потрошње енергије и оперативних трошкова уговорног објекта/зграде, као резултат примене мера уштеде енергије.

Модел уговора о ЈПП предвиђа три фазе реализације уговорних обавеза:

- **Припремни период** је период обављања припремне активности, и траје од започињања уговорног периода до потврде Дневника активности од стране уговорних страна;
- **Период имплементације** је период спровођења МУЕ који почиње од завршетка припремног периода и завршава се када уговорне стране потврде Дневник активности у периоду имплементације;
- **Период гарантовања** је период коришћења потенцијала уштеде у току ког се остварује финансијска уштеда на основу спроведених МУЕ. Траје од завршетка периода имплементације до краја уговорног периода.

#### **14.4.1 Финансијски аспекти уговарања енергетског учинка**

Финансирање пројекта, односно спровођења МУЕ у току Периода припреме и имплементације, врши Приватни партнер из сопствених или позајмљених средстава на финансијском тржишту. Модел уговора о ЈПП предвиђа могућност суфинансирања спровођења МУЕ од стране Приватног партнера и Јавног тела, у циљу скраћивања трајања уговора о ЈПП.

Отплату инвестираних средстава врши Јавно тело, током коришћења зграде, из уштеда у текућим расходима за енергију и одржавање јавне зграде.

Доделом ЈПП уговора о енергетским услугама, Јавно тело унапређује објекат, без обавезе обезбеђивања сопствених средстава за инвестицију. Реализација уговора, омогућава Јавном телу да постигне: 1) уштеде енергије; 2) чување необновљивих извора енергије и животне средине и 3) већу безбедност и комфор корисника зграде.

Приватни партнер преузима, као главну, обавезу да оствари снижавање оперативних расхода за јавни објекат/зграду, применом МУЕ на јавном објекту у уговореном периоду. Он прихвата ову обавезу као свој пословни ризик.

Пословни ризик Приватног партнера састоји се у наплати средстава које је инвестирао у МУЕ на јавним објектима, из остварених гарантованих уштеда у оперативним трошковима уговорног објекта, које му по уговору припадају у облику накнаде коју плаћа Јавно тело.

Референтна цена енергије је непромењива током читавог Периода гарантовања. Стога, промене у цени енергије у току трајања уговора неће утицати на обрачунавање резултата рада Извршиоца и његове накнаде. Исто важи и за промене пореза (са изузетком ПДВ-а), уколико су садржани у референтним ценама енергије.

Својина на имовини коју је Извршилац инкорпорирао у уговорни објекат прелази на Јавно тело у тренутку када уговорне стране потврде Дневник активности у Периоду имплементације и започне Период гарантовања, осим ако није другачије регулисано важећим прописима. Овим, трошкови амортизације имовине прелазе у надлежност Јавног тела.

Право уступања потраживања предвиђено је у моделу уговора ради снижавања ризика финансирања пројекта ЈПП. Закључивањем уговора, Извршилац ће имати овлашћење да уступи потраживања основне накнаде финансијеру/банци. Јавно тело неће имати других обавеза према финансијеру/банци.

Добро извршење обавеза Извршиоца покривено је са две банкарске гаранције: 1) за обезбеђење извршења активности у Припремном и периоду имплементације и 2) за обезбеђење остварења гарантоване уштеде (осигурање плаћања пенала у случају неостваривања) у току Периода гарантовања.

Извршење обавеза Јавног тела за плаћање накнаде Извршиоцу гарантовано је меницом која се издаје у складу са важећим прописима о динарском платном промету.

#### **14.4.2 Поступак доделе уговора о енергетским услугама**

Поступак доделе уговора о енергетским услугама сагласно ЗЈППК и ЗЈН састоји се из следећих основних корака:

- I. Идентификација пројекта унапређења енергетске ефикасности од стране стручњака задужених за енергетски менаџмент Јавног тела;
- II. Формирање стручног тима за припрему предлога пројекта ЈПП;
- III. Припрема Предлога пројекта унапређења енергетске ефикасности за спровођење по моделу ЈПП без елемената концесије, у складу са ЗЈППК;

- IV. Прибављање сагласности Комисије за ЈПП да се предложени пројекат може спровести по моделу ЈПП без елемената концесије;
- V. Усвајање Предлога пројекта од стране надлежног органа Јавног тела према ЗППК;
- VI. Припрема конкурсне документације за доделу уговора о енергетским услугама;
- VII. Спровођење поступка јавне набавке за доделу уговора о енергетским услугама;
- VIII. Доношење одлуке о додели уговора о енергетским услугама од стране надлежног органа Јавног тела и потписивање уговора

#### **14.4.3 Финансијски аспекти јавне набавке**

У току припреме јавне набавке морају бити испоштоване специфичности доделе уговора о енергетским услугама које су регулисане ЗППК. Из тог разлога, овде су наведени основни финансијски аспекти поступка јавне набавке и израде конкурсне документације.

Финансијски капацитет Понуђача као додатни услов за учешће у поступку јавне набавке може да обухвати следеће показатеље и услове: а) позитивна добит пре опорезивања за последње три године; б) укупан годишњи пословни прихода у висини која не премашује двоструку вредност очекиване инвестиције у МУЕ јавног објекта/зграде; в) укупан капитал у висини од око 10% годишњег пословног прихода и г) познати извори финансирања пројекта у тренутку подношења понуде, без обзира да ли се ради о сопственом капиталу и/или позајмљеним средствима од финансијских институција. Доказ финансијског капацитета од а) до в) су финансијски извештаји за последње три фискалне године уз мишљење овлашћеног ревизора. Доказ обезбеђеног кредита (ако је планиран као извор финансирања) представља писмо о намери банке.

Озбиљност понуде Понуђач доказује тако што у понуди доставља:

- Банкарску гаранцију за озбиљност понуде;
- Писмо о намери финансијске институције да кредитира Понуђача током спровођења пројекта;
- Писмо о намери финансијске институције да изда банкарске гаранције за добро извршење посла Понуђача у складу са уговором.

Накнаде и пенали које плаћају Понуђач и Извршилац морају бити јасно специфицирани и објашњени у конкурсној документацији у погледу услова и начина остваривања, обрачуна и плаћања, према моделу уговора.

Референтна цена енергије мора бити дефинисана у конкурсној документацији као нето цена (без ПДВ) за јединицу мере енергије. Она мора бити коришћења за израду понуде од стране свих понуђача.

Рок извршења енергетске услуге одређује сваки понуђач у својој понуди, с тим да у конкурсној документацији мора бити наведен најдужи рок трајања ЈПП који је дефинисан Предлогом пројекта унапређења енергетске ефикасности по моделу ЈПП.

Валута за исказивање цене може бити у динарима или еврима. За прерачун цене (исказане еврима) у динаре користи се средњи девизни курс Народне банке Србије, на дан када је



започето отварање понуда.

**Образац понуде** мора да садржи следеће обавезне елементе:

- **Референтне вредности за израду понуде:** годишња потрошња енергије, референтна цена енергије, годишњи трошкови функционисања и одржавања јавног објекта/зграде;
- **Рок извршења уговорних обавеза** према периодима из модела уговора;
- **Укупни трошкови** за припрему, имплементацију и управљање МУЕ;
- **Параметри јавног објекта након имплементације МУЕ:** годишња потрошња енергије, годишњи трошкови енергије, функционисања и одржавања јавног објекта;
- **Гарантована уштеда оперативних трошкова јавног објекта након имплементације МУЕ:** уштеда годишње потрошње енергије и трошкова енергије, функционисања и одржавања јавног објекта;
- **Накнада за Понуђача** за постигнуте гарантоване уштеде и квалитетно функционисање и одржавање објекта;
- **Садашња вредност укупних трошкова пројекта за Јавно тело, NPV(C).**

**Прелиминарни Финансијски план Понуђача** обавезни је део конкурсне документације за доделу уговора о ЈПП. Понуђач је обавезан да у њему прикаже детаљан преглед укупних трошкова и прихода пројекта у току трајања уговора, сагласно Методологији за анализу добијене вредности у односу на уложена средства у ЈПП и концесијама (Комисија за ЈПП, дана 18.07.2013, доступна на [www.ppp.gov.rs](http://www.ppp.gov.rs)). Неопходно је да наручилац дефинише обрасце за приказ: капиталних и укупних трошкова пројекта, Биланс успеха и новчани ток понуђача. Прелиминарни Финансијски план користи се за оцену понуда и за контролу резултата пројекта у току трајања уговора о ЈПП.

#### **14.4.4 Оцена понуда енергетског учинка**

Оцена и избор понуде енергетског учинка може се вршити искључиво на основу критеријума **економски најповољније понуде**, у складу са ЗН и ЗЛПК.

Главни и претежни елемент критеријума економски најповољније понуде је:

- **нето садашња вредност укупних трошкова пројекта у уговорном периоду NPV(C).**

Укупни трошкови пројекта су сви трошкови и ризици који падају на терет Јавног тела у току трајања уговора, укључујући и приходе од трећих лица ако таква могућност постоји. За обрачун садашње вредности укупних трошкова и прихода примењује се дисконтна стопа коју је Јавно тело дужно да објави у конкурсној документацији. Она мора бити једнака дисконтној стопи која је примењена за обрачун компаратора трошкова јавног сектора. Компаратор трошкова јавног сектора представља обрачун укупних животних трошкова и ризика пројекта када га спроводи Јавно тело, а који се односе на пројектовање, изградњу, одржавање, замену, финансирање и друге трошкове током коришћења пројекта/зграде.

Остали елементи критеријума за избор економски најповољније понуде енергетског учинка могу бити: смањење утrophка енергије, смањење трошкова за енергију, квалитет, техничке



предности, функционалне особине, економичност, стопа рентабилности итд.

Сврха критеријума економски најповољније понуде је избор понуде која нуди најбољу вредност за новац. Појам, принципи и начин обрачуна вредности за новац детаљно су разрађују у **Методологији за анализу добијене вредности у односу на уложена средства** у ЈПП и концесијама (Комисија за ЈПП, дана 18.07.2013, доступна на [www.ppp.gov.rs](http://www.ppp.gov.rs)).

Предности критеријума економски најповољније понуде у односу на критеријум најниже цене су следеће:

- омогућује узимање у обзир укупних животних трошкова пројекта, а не само инвестицијских трошкова;
- омогућује узимање у обзир квалитета предмета набаве, када је квалитет важан елемент понуде;
- омогућује вредновање различитих иновативних решења понуђача.

#### **14.4.5 Мониторинг пројекта енергетског учинка**

Мониторинг оствареног енергетског учинка означава поређење утрошка енергије и оперативних трошкова са референтном потрошњом енергије и референтним оперативним трошковима који би настали да мере уштеде (МУЕ) нису спроведене. За новчано исказивање потрошње енергије и обрачун оперативних трошкова, примењује се референтна цена енергије. Препорука је да се ниво постигнуте уштеде контролише једном у три месеца да би се олакшала годишња контрола и да би се омогућила брза реакција у случају незадовољавајућих резултата или по потреби извршила ванредна усклађивања.

Извршилац је обавезан да отвори **рачун посебне намене** који омогућује финансијско извештавање и праћење извршења уговора о ЈПП. Рачун посебне намене ће бити једини рачун који Извршилац користи за усмеравање свих примања и вршење свих плаћања у току извршавања обавеза по уговору.

На крају Обрачунског периода, Извршилац подноси годишњи извештај о мерењу и верификацији у складу са Планом мерења и верификација (M&V). На основу испостављеног годишњег извештаја, утврђује се коначни обрачун обавезе плаћање накнаде за обрачунски период.

Током целог периода гарантовања, на основу оствареног енергетског учинка, Извршилац стиче право на накнаду која се састоји из следећих врста накнада:

- **Основна накнада** припада Извршиоцу под условом да је применом МУЕ на уговорном објекту остварио гарантовану уштеду, како је показано применом Плана M&V. Основна накнада израчунава се на основу уговореног процента поделе остварених гарантованих уштеда (може бити 100% или мањи);
- **Накнада за одржавање** припада Извршиоцу за извршено одржавање уговорног објекта које може бити оперативно и превентивно одржавање. Она може бити укључена у основну накнаду или посебно уговорена;
- **Додатна накнада** припада Извршиоцу уколико оствари додатне уштеде, изнад

гарантованих. Њено уговарање није обавезно, упркос чињеници да представља подстицај за остваривање већих уштеда од гарантованих.

Уколико не оствари уговорну обавезу, Извршилац има обавезу да плати накнаду Кориснику:

- **Накнаду (пенал) у случају неостварене гарантоване уштеде** која је обично дупло већа од неостварених уштеда;
- **Пенал за лош квалитет одржавања.** На пример, за јавно осветљење пенал се плаћа уколико је број исправних сијалица мањи од минималног броја утврђеног у уговору. Висина пенала обрачунава се на основу броја неисправних сијалица изнад дозвољеног броја и двоструких трошкова годишњег одржавања једне светиљке.

## Литература

- [1] Закон о ефикасном коришћењу енергије, Сл. гласник РС, бр. 25/13;
- [2] Законом о јавно-приватном партнерству и концесијама Сл. гласник РС, бр. 88/11 и 15/16
- [3] Правилник о утврђивању модела уговора о енергетским услугама за примену мера побољшања енергетске ефикасности када су корисници из јавног сектора, Сл. гласник РС, бр. 41/2015;
- [4] Бањац др М., Ђукановић Д., Матејић М., Галић Р., Брдаревић Љ., Лазаревић Б., Тица С., Приручник за енергетске менаџере за област општинске енергетике, UNDP Serbia, Београд, 2016;
- [5] Павковић др Б., Занки др В., Борковић Ж., Ленић др К., Франковић др Д., Гроздек др М., Букарица В., Приручник за енергетско сертификовање зграда, UNDP Хрватска, Загреб, 2012;
- [6] Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects, Economic appraisal tool for Cohesion Policy 2014-2020, European Commission Directorate-General for Regional and Urban policy, 2014;
- [7] EBRD in Serbia, <http://www.ebrd.com/serbia.html>
- [8] KfW Development bank in Serbia, <https://www.kfw-entwicklungsbank.de/International-financing/KfW-Development-Bank/Local-presence/Europe/Serbia/>
- [9] EIB in Serbia, <http://www.eib.org/projects/loans/regions/enlargement/rs.htm>

## 15 Информациони систем за енергетски менаџмент

Информациони систем за енергетски менаџмент (ИСЕМ, енг. *Energy Management Information System – EMIS*) је рачунарски програм, односно интернет апликација, која служи као основни алат за подршку систему енергетског менаџмента у јавним и другим зградама. ИСЕМ је Републици Србији дониран од стране Програма Уједињених нација за развој (UNDP - *United Nations Development Programme*), а у оквиру пројекта „Увођење система енергетског менаџмента у јавним зградама у Србији“, који су заједнички спровели Министарство рударства и енергетике Републике Србије и UNDP. Министарство рударства и енергетике је за потребе успостављања ИСЕМ-а обезбедило хардвер и системски софтвер и, у сарадњи са UNDP, спровело обуку администратора система и прве групе крајњих корисника. Након једногодишњег тестирања у неколико пилот општина, ИСЕМ је прилагођен за употребу у Србији, а Министарство рударства и енергетике га је прописало као један од обавезних алата за енергетски менаџмент у општинама и јавним зградама [1]. Развој ИСЕМ-а, међутим, није окончан. Глобални фонд за животну средину (*Global Environmental Fund - GEF*) је у јуну 2015. Републици Србији одобрио средства за пројекат „Уклањање препрека за промовисање и подршку систему енергетског менаџмента у општинама у Србији“, који ће у периоду од 2015. до 2020. године заједнички спроводити Министарство рударства и енергетике и UNDP. Предвиђено је да се у оквиру пројекта изврши надградња ИСЕМ-а, која ће укључити развој нових модула, као и развој нових и усавршавање постојећих функционалности у оквиру модула за јавне зграде. Будући развој ИСЕМ-а вршиће се тако да се обезбеди висок ниво компатибилности са осталим софтверским алатима које користи Министарство рударства и енергетике. У том смислу, обезбеђена је интеграција ИСЕМ-а и софтвера за енергетске аудите, као и годишње извештавање у оквиру система енергетског менаџмента који користи Министарство рударства и енергетике.

### 15.1 Чему служи ИСЕМ

ИСЕМ је намењен првенствено за прикупљање, праћење, анализу и архивирање података о потрошњи и трошковима за енергију, енергенте и воду у јавним зградама у надлежности локалних самоуправа, јавних служби, органа државне управе, других органа Републике Србије и органа Аутономне Покрајине. Као такав, ИСЕМ ће се користити за формирање националне базе о оствареној потрошњи енергије, енергената и воде у јавним зградама. Ипак, без обзира на основну намену, његово концептуално решење је флексибилно, што омогућава да се једнако успешно користи и за зграде у надлежности других институција и организација, индиректних буџетских корисника, комерцијалних зграда и зграда јавних предузећа. ИСЕМ је пројектован на платформи релационе базе података (*Oracle*) и *Web* архитектури, што значи да му се може приступити са било којег рачунара са интернет прикључком, коришћењем интернет претраживача доступних на тржишту, као што су: *Microsoft Edge, Internet Explorer, Google Chrome, Mozilla Firefox, Opera, Apple Safari* итд.



Слика 15.1: Структура ИСЕМ-а

Основне функционалности ИСЕМ-а деле се на функционалности базе података и функционалности анализе података.

Функционалности базе података односе се на унос и чување свих унетих података у основној бази података (тј. њеним регистрима), сортирање података, претраживање по регистрима и једноставан приступ свим потребним информацијама о унетим објектима, док се функционалности анализе података односе на различите анализе унетих података, упоређивање и анализе остварене потрошње енергије у различитим временским интервалима и за различите метеоролошке услове, поређење различитих објеката, мониторинг и верификацију уштеда у објектима с могућностима исписа резултата и аутоматског генерисања извештаја итд.

ИСЕМ омогућава:

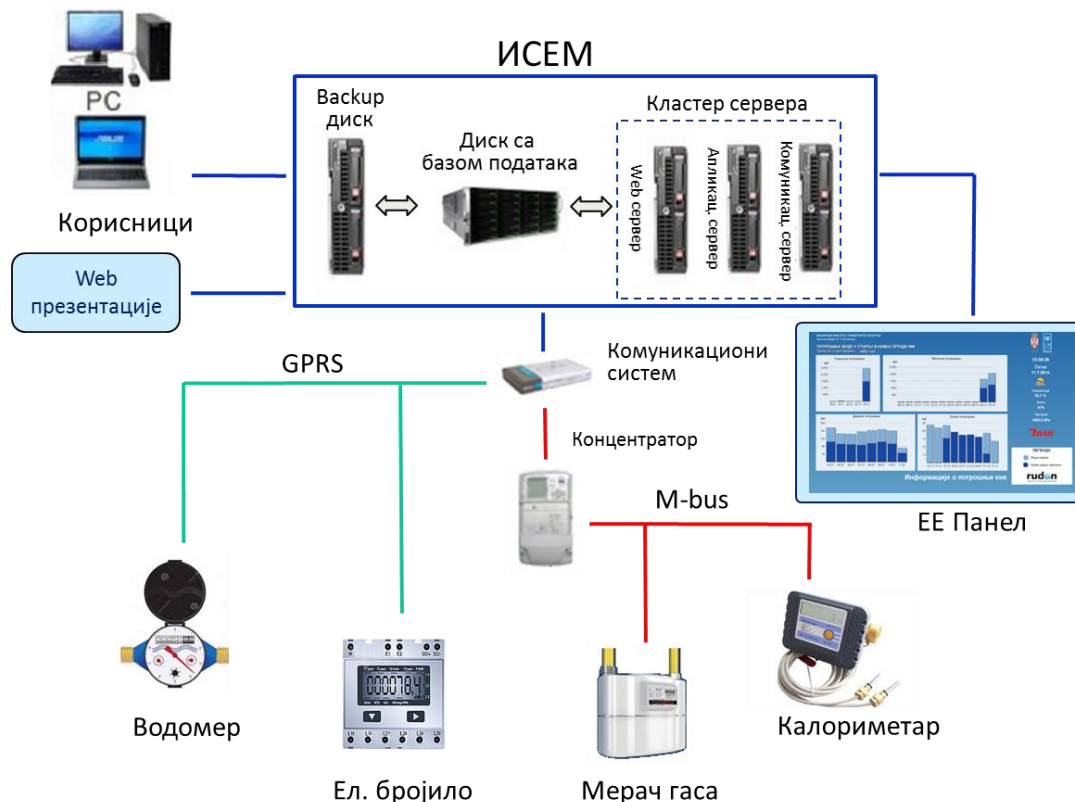
- Формирање базе података (регистара) објеката (делова објеката, слободностојећих објеката, слободностојећих објеката унутар комплекса и комплекса објеката) чија се потрошња енергије, енергената и воде прати;
- Евидентирање и одржавање тачности (ажурности) скупа релевантних података потребних за дефинисање стања сваког појединачног објекта у бази података (регистру), нпр:
  - Општих података (назив, адреса, намена, површина, година изградње итд.);
  - Конструкционих података (начин на који је објекат изграђен и у каквом је општем стању);
  - Енергетских података (врсте енергије и енергената, који су главни потрошачи енергије и воде у објекту и колико та потрошња износи у физичким и новчаним јединицама).
- Једноставан приступ информацијама о броју, врсти и намени објеката, њиховом географском положају, општим, енергетским и конструкционим подацима о објектима;
- Континуално прикупљање података и надзор над потрошњом свих врста енергије и

енергената (нпр. електричне енергије, природног гаса, гасних уља (уља за ложење), огревног дрва, угља, топлоте, паре, потрошне топле воде (ПТВ) итд.) и воде. Унос података о потрошњи енергије, енергената и воде врши се на један од следећих начина:

- Мануелно, односно „ручним“ уносом података од стране крајњих корисника у предефинисане обрасце коришћењем web апликације. Интервал уношења података углавном одговара интервалу на фактурама за енергију, енергенте и воду, а предефинисани обрасци су дефинисани тако да у потпуности одговарају фактурама конкретних добављача (ставке и њихов распоред на фактурама, пореске стопе итд.). Поред тога, могуће је и чешће уношење података на основу непосредног читавања са одговарајућих мерача и бројила.
- Аутоматски, од стране добављача<sup>27</sup> енергије, енергената или воде који преко интернета доставља фактуре у електронском облику чије се ставке уписују у базу података у складу са одговарајућим поступком;
- Аутоматски – преузимањем података са мерача која имају могућност даљинског читавања (водомер, мерач потрошње гаса, калориметар, бројило електричне енергије и сл.). Структура система за аутоматско читавање података приказана је на Слици 15-2.

---

<sup>27</sup> Да би се избегла конфузија, у контексту ИСЕМ-а користи се јединствени термин „Добављач“ за сва правна лица која испоручују и фактуришу енергију, енергенте или воду без обзира како су она дефинисана релевантним законима.



Слика 15.2: Аутоматско читавање података са мерача и бројила

- Једноставан приступ информацијама о укупно утрошеној количини енергије и воде уз спецификацију система у којима се та енергија и вода троши и енергената који се користе;
- Преглед и графички приказ потрошње енергије и воде у свим периодима за које се потрошња уписује;
- Обраду и анализу прикупљених података и њихову интерпретацију кроз систем у форматима унапред дефинисаних енергетских и финансијских извештаја, графикана и анализа;
- Редовно евидентирање и надзор над трошковима у двовалутном систему (РСД и ЕУР), као и постављање циљева за смањење трошкова за енергију, енергенте и воду;
- Напредно претраживање базе података помоћу уграђених филтера и сортирање по различитим врстама и наменама објеката, корисницима објеката и буџетским линијама из којих се финансирају објекти;
- Генерисање индикатора енергетске ефикасности објеката;
- Међусобну комуникацију корисника система са аутоматским системом информисања и упозоравања корисника;
- Статистичку контролу уноса података и постављање аларма за прекорачења задатих вредности потрошње;
- Идентификацију пројеката енергетске ефикасности;
- Припрему пројеката енергетске ефикасности;
- Евидентирање предузетих мера енергетске ефикасности у јавним зградама;
- Једноставно и лако праћење резултата спровођења пројеката повећања енергетске ефикасности;

- Подизање свести и промовисање енергетске ефикасности.

## 15.2 Ко и како може да користи ИСЕМ?

Хијерархијски низ корисника ИСЕМ-а састоји се од више нивоа корисника који имају на располагању различите функционалности система (Слика 15-3). Овај низ чине:

1. Администратор система – највиши хијерархијски ниво корисника;
2. Министарство рударства и енергетике;
3. Енергетски администратор, односно локални доносилац одлука (нпр. председник општине, директор ЈКП, директор комплекса објеката, директор јавне установе у чијој је надлежности објекат итд.);
4. Енергетски менаџер (општине/зграде/предузећа);
5. Корисник на нивоу објекта – именовано лице у објекту за који се уносе подаци;
6. Гост - заинтересовани појединац који није непосредно укључен у систем енергетског менаџмента и
7. Пошиљалац података (*Data Supplier*) – локални добављач енергије, енергената или воде који има могућност да аутоматски (преко интернета) шаље податке у ИСЕМ.

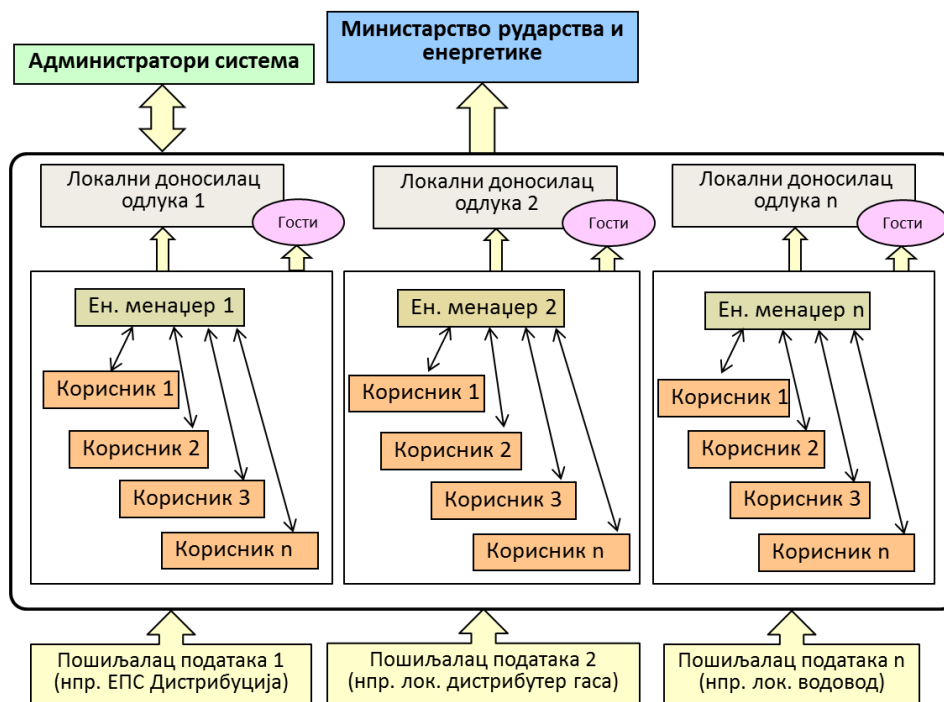


Слика 15.3: Хијерархија корисника ИСЕМ-а (црвеном бојом означени су корисници који имају право увида и измена података, а плавом бојом корисници који имају право увида у податке)

Унос података могу вршити администратор система, енергетски менаџер, корисник и пошиљалац података, али се њихова овлашћења битно разликују. Министарство, локални доносилац одлука и гост немају могућност уноса података, већ само у одређеном обиму могу остварити увид у податке у систему. Тако, на пример, Министарство може остварити увид у све податке у ИСЕМ-у (све зграде у свим општинама у Србији), док локални доносилац одлука може остварити увид у податке о зградама за које је надлежан, на пример, председник општине може остварити увид у све зграде у надлежности општине.

Сви корисници ИСЕМ-а морају бити оспособљени за рад на рачунару, односно владати стандардним поступцима коришћења MS Windows и MS Office програма, као и прегледа интернет страница. Администратори система морају поседовати и напредна знања везана за рад на рачунару.





Слика 15.4: Организација прикупљања и уноса података у ИСЕМ

### 15.1.1 Администратор система

Администратор система има сва овлашћења унутар система и има увид у све податке садржане у бази. Функције администратора система су да:

- Одржава стабилан и поуздан рад ИСЕМ-а;
- Спроводи редовно системско одржавање ИСЕМ-а, као и системског софтвера (*Oracle*);
- Комуницира са надлежнима за систем енергетског менаџмента у Србији (СЕМ) у вези са свим питањима од значаја за текуће функционисање и даљи развој ИСЕМ-а;
- Учествоје у развоју ИСЕМ-а (дефинише нове функционалности, припрема пројектне задатке, учествује у јавним набавкама услуга развоја софтвера итд.);
- Управља корисницима ИСЕМ-а на свим нивоима у целој РС (дефинише улоге, управља овлашћењима итд.);
- Управља објектима на нивоу целе РС (дефинише објекте и енергетске трошковне целине, дефинише мераче и бројила, дефинише начин уноса података, поставља циљеве итд.);
- Врши тзв. гео-администрацију на нивоу целе РС (дефинише врсте објеката, управља матичним корисницима и корисницима објеката, дефинише географске параметре, дефинише метеоролошке станице итд.);
- Врши тзв. енерго-администрацију на нивоу целе РС (управља базом добављача, дефинише енергенте, дефинише тарифе, дефинише енергетске системе, управља даљинским слањем података итд.);
- Креира формате извештаја и графикона;
- Врши системска ажурирања и подешавања.

Администраторски интерфејс је врло детаљан, по чему се знатно разликује од осталих корисничких интерфејса.

У случају потребе, администратор система може да врши све функције корисника на нижим хијерархијским нивоима, али то му није примарни задатак.

### **15.1.2 Министарство рударства и енергетике**

Министарство рударства и енергетике организује, спроводи и прати функционисање система и реализацију циљева целокупног система енергетског менаџмента чији је саставни део систем енергетског менаџмента у локалним самоуправама и зградама. С обзиром на ту улогу, Министарство заузима и највиши хијерархијски ниво у ИСЕМ-у. Министарство у ИСЕМ-у чине службеници Министарства који се баве системом енергетског менаџмента. Њих може бити више. Сви они у сваком тренутку имају право увида у све елементе система, у свим објектима и у свим локалним самоуправама за које су унети подаци у ИСЕМ. Такође, надлежни службеници Министарства својом функцијом у ИСЕМ-у остварују увид у базу матичних корисника објеката, буџетске расходе за енергију и воду, базу добављача енергије, енергената и воде као и све остале податке који су садржани у ИСЕМ-у. Службеници Министарства, који у име Министарства приступају ИСЕМ-у, немају права да мењају унете податке, већ ту функцију у име Министарства и по потреби обавља администратор система. Параметре за приступ систему службеницима Министарства додељује администратор система.

### **15.1.3 Енергетски администратор, односно локални доносилац одлука**

Енергетски администратор, односно локални доносилац одлука је лице надлежно за објекат или групу објеката, нпр. председник општине, директор клиничког центра, директор спортског центра итд. То лице нема могућност уноса нити измене постојећих података, али има детаљан увид у податке и извештаје о објекту или групи објеката који су формално у његовој надлежности. Параметре за приступ систему енергетском администратору, односно локалном доносиоцу одлука, додељује администратор система.

### **15.1.4 Општински енергетски менаџер и енергетски менаџер зграде**

Енергетски менаџер представља окосницу система енергетског менаџмента. Улоге енергетског менаџера су бројне и дефинисане законом [2], а најважнија међу њима је да прикупља и анализира податке у вези са потрошњом и трошковима енергије, енергената и воде у објектима за које је надлежан. Концепт ИСЕМ-а прилагођен је овој улози и омогућава да енергетски менаџер, без обзира на то да ли се ради о општинском енергетском менаџеру или енергетском менаџеру за област енергетике зграда или индустрије, на једнообразни начин прикупља и анализира податке о објектима из своје надлежности. С обзиром на то да број објеката за које је енергетски менаџер надлежан може бити веома велики, предвиђено је да се у таквим случајевима непосредно прикупљање и унос података врши на нивоу корисника ИСЕМ-а у објектима, а да енергетски менаџер управља овим процесом и касније анализира прикупљене податке и извештава надлежне. Функције енергетског менаџера су да унутар система:

- Управља корисницима ИСЕМ-а на нивоу објеката, односно енергетских трошковних центара за које је надлежан;
- Дефинише објекте, односно енергетске трошковне целине за које је надлежан (дефинише објекте и енергетске трошковне целине, дефинише мераче и бројила итд.);
- Делимично врши тзв. гео-администрацију (уноси врсте објеката, уноси матичне

- кориснике и кориснике објеката итд.);
- Делимично врши тзв. енерго-администрацију (уноси добављаче, уноси податке о енергетским системима објеката итд.);
  - Комуницира са енергетским администратором, односно локалним доносиоцем одлука у вези са свим питањима од значаја за функционисање објеката за које је доносилац одлука надлежан;
  - Креира различите извештаје за потребе корисника ИСЕМ на вишим хијерархијским нивоима;
  - Комуницира са администраторима система и надлежнима за систем енергетског менаџмента о питањима у вези са радом у ИСЕМ-у.

Интерфејс енергетског менаџера је сличан администраторском, али је знатно мање детаљан. Ипак, да би успешно користио систем, енергетски менаџер треба да прође претходну обуку.

Енергетски менаџер по потреби може да врши све функције корисника на нижем хијерархијском нивоу, али му то није примарни задатак. Унос података првенствено врше корисници на нивоу објеката, а енергетски менаџер креира формате за унос података и врши надзор над процесом.

Параметре за приступ систему енергетском менаџеру додељује администратор система.

#### **15.1.5 Корисник на нивоу објекта**

У овом контексту, корисник на нивоу објекта означава лице задужено за унос података о једном или више објеката, односно о једном или више енергетских трошковних центара за које је задужено. Функције корисника на нивоу објекта су да:

- Врши унос споро променљивих података о објектима, односно енергетским трошковним целинама за које је надлежан (општи подаци, конструкциони подаци, подаци о енергетским системима у објекту, документа итд.);
- Врши унос брзо променљивих података који се односе на потрошњу и трошкове енергије, енергената и воде у објектима, односно енергетским трошковним целинама за које је надлежан;
- Врши једноставније анализе унетих података;
- Креира једноставније извештаје;
- Комуницира са локалним енергетским менаџером о питањима у вези са радом у ИСЕМ-у.

Корисник на нивоу објекта нема овлашћења да дефинише објекат, односно енергетске трошковне целине, нити да врши гео и енерго администрацију. То за њега ради енергетски менаџер, те је улога корисника једноставна и временски незахтевна. Уз добру организацију прикупљања података у складу са начином приказаним на Слици 15-4, континуирано прикупљање велике количине података о свим објектима у надлежности општине или већем броју објеката у надлежности обвезника енергетског менаџмента може да се одвија без великог оптерећивања учесника у процесу.

Интерфејс корисника на нивоу објекта је поједностављен и омогућава лаку навигацију и активирање доступних функционалности. Да би могао да користи систем, корисник на нивоу

објекта треба да прође кратку обуку или да прочита корисничко упутство које може да се преузме са прозора за пријаву за рад у ИСЕМ-у.

Параметре за приступ систему кориснику на нивоу објекта додељује енергетски менаџер или администратор система.

#### **15.1.6 Гост**

Гост у систему је било који заинтересовани појединац који жели да сазна податке о конкретним објектима а који према Закону о слободном приступу информацијама од јавног значаја [3] треба да буду доступни јавности. Гост нема могућност уноса нити измене постојећих података. Да би добио параметре за приступ, гост треба да се обрати администратору система или енергетском менаџеру преко електронске поште и да наведе за које је објекте заинтересован. Администратор система или енергетски менаџер ће му електронском поштом послати параметре за приступ.

#### **15.1.7 Пошиљалац података**

Пошиљалац података је добављач енергије, енергената или воде који има техничке могућности да преко интернета шаље одговарајуће податке у ИСЕМ. Најчешће су ти подаци електронске фактуре за испоручену енергију, енергенте или воду чије је формат прилагођен за преузимање од стране ИСЕМ-а. Тако се битно смањује посао корисника на нивоу објекта у вези са уносом података са фактура. Могуће је да добављач шаље и читавања у реалном времену или у временским интервалима краћим од интервала фактурисања ако у објекту постоје одговарајући мерачи или бројила и ако добављачи имају техничке могућности за то. Уговарање аутоматског слања података преко интернета врши енергетски менаџер, уз обавезно учешће администратора система који треба да дефинише параметре и протокол за приступ систему.

### **15.3 Енергетске трошковне целине**

Утврђивање тзв. енергетских трошковних целина (ЕТЦ) које представљају основни објекат посматрања у ИСЕМ-у, представља почетни корак за дефинисање објекта у ИСЕМ.

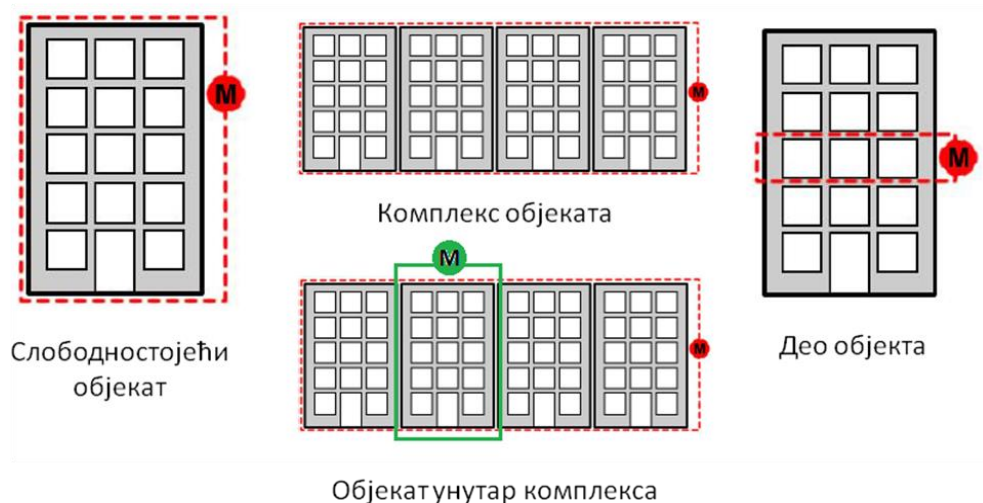
Енергетска трошкова целина је објекат или његов део за који је могуће мерити потрошњу енергије, енергената и воде, као и дефинисати параметре који утичу на ту потрошњу.

ЕТЦ мора бити јасно раздвојена од осталих делова објекта. Приликом одређивања границе ЕТЦ, потребно је водити рачуна о следећим факторима:

- ЕТЦ треба да представља функционалну целину,
- да је могуће мерити припадајућу потрошњу енергије, енергената и воде,
- да је могуће одредити најважније параметре који утичу на потрошњу енергије и воде, и
- да је могуће дефинисати правна лица која плаћају рачуне за енергију, енергенте и воду.

Овако дефинисана ЕТЦ може бити (Слика 15-5):

- Део објекта (зграда);
- Цео објекат (зграда) или тзв. слободностојећи објекат (зграда);
- Комплекс или скуп више објеката и
- Објекат унутар комплекса.



Слика 15-5: Енергетске трошковне целине

У пракси се често сусрећу сложенији и компликованији случајеви од приказаних, као што су нпр. комплекс више комплекса објеката, енергент за грејање се мери за цео комплекс објеката (заједничка котларница) а остали енергенти и вода се мере за сваки појединачни објекат, једну зграду користи више правних лица од којих свако има сопствено мерење електричне енергије и воде а енергент за грејање се користи за целу зграду итд. Посебан проблем представљају случајеви када више правних лица користи исти објекат и када се наплата врши у одређеној сразмери (нпр. према површини објекта коју користи неко правно лице). ИСЕМ у том смислу пружа велику флексибилност, чак и могућност додавања виртуелних мерача или бројила како би се омогућило регистровање трошкова које сноси свако правно лице. Овакви и слични случајеви захтевају детаљан увид у ситуацију на терену и пажљиво одређивање граница ЕТЦ како би се сложени објекат рашчланио на основне ЕТЦ у складу са наведеним правилима за одређивање граница ЕТЦ.

#### 15.4 Дефиниција објеката у ИСЕМ

Сваки објекат у ИСЕМ-у дефинисан је скупом од девет различитих група података, а свака група података пружа основ за спровођење специфичних анализа.

Прве три групе података садржане су у шифри објекта, која у општем облику гласи **SR-xyzw-pqrs-k-(A)**, а односе се на локацију објекта и његове ЕТЦ:

1. Територијална организација Републике Србије обухвата 4 региона, 25 округа и 170 општина. Зато подаци који се односе на локацију објекта обухватају:
  - Земљу – словна ознака **SR**,
  - Општину - четвороцифрени број **xyzw** који у себи садржи редни број региона

(**x**), редни број округа унутар региона (**y**) и редни број општине унутар округа у оквиру конкретног региона (**zw**), у складу са Табелом 15-1:

Табела 15-1: Шифарник за означавање локације објекта у ИСЕМ

Регион (x)	Назив региона	Округ унутар региона (y)	Шифра округа	Назив округа	Редни број унутар округа (zw)	Назив општине		
1	Београдски	1	БГД	Београдски	1	Барајево		
					2	Чукарица		
					3	Гроцка		
					4	Лазаревац		
					5	Младеновац		
					6	Нови Београд		
					7	Обреновац		
					8	Палилула		
					9	Раковица		
					10	Савски Венац		
					11	Сопот		
					12	Стари Град		
					13	Сурчин		
					14	Вождовац		
					15	Врачар		
					16	Земун		
					2	Војводина	1	ЗАБЧ
2	Кула							
3	Оџаци							
4	Сомбор							
2		2	ЈУБА	Јужнобанатски			1	Алибунар
							2	Бела Црква
							3	Ковачица
							4	Ковин
							5	Опово
							6	Панчево
							7	Пландиште
							8	Вршац
3		3	ЈУБЧ	Јужнобачки			1	Бач
							2	Бачка Паланка
							3	Бачки Петровац
							4	Бечеј
							5	Беочин
					6	Нови Сад		
					7	Петроварадин		
					8	Србобран		
					9	Сремски Карловци		

					10	Темерин		
					11	Тител		
					12	Врбас		
					13	Жабалъ		
		4	СЕБА	Севернобанатски	1	Ада		
					2	Чока		
					3	Кањижа		
					4	Кикинда		
					5	Нови Кнежевац		
					6	Сента		
		5	СЕБЧ	Севернобачки	1	Бачка Топола		
					2	Мали Иђош		
					3	Суботица		
		6	СРБА	Средњебанатски	1	Нова Црња		
					2	Нови Бечеј		
					3	Сечањ		
					4	Житиште		
					5	Зрењанин		
		7	СРЕМ	Сремски	1	Инђија		
					2	Ириг		
					3	Пећинци		
					4	Рума		
					5	Шид		
					6	Сремска Митровица		
					7	Стара Пазова		
		3	Шумадија и Западна Србија	1	ЗЛТ	Златиборски	1	Ариље
							2	Бајина Башта
							3	Чајетина
4	Косјерић							
5	Нова Варош							
6	Пожега							
7	Прибој							
8	Пријеполје							
9	Сјеница							
10	Ужице							
11	Севојно							
2	КОЛ			Колубарски	1	Лајковац		
					2	Љиг		
					3	Мионица		
					4	Осечина		
					5	Уб		
					6	Ваљево		
3	МАЧ			Мачвански	1	Богатић		
					2	Коцељева		
					3	Крупанъ		
					4	Љубовија		
					5	Лозница		



					6	Мали Зворник
					7	Шабац
					8	Владимирци
		4	МОР	Моравички	1	Чачак
					4	Горњи Милановац
					5	Ивањица
					7	Лучани
		5	ПОМ	Поморавски	2	Ђуприја
					3	Деспотовац
					6	Јагодина
					8	Параћин
					9	Рековац
					10	Свилајнац
		6	РАС	Расински	1	Александровац
					2	Брус
					3	Ћићевац
					4	Крушевац
					5	Трстеник
					6	Варварин
		7	РАШ	Рашки	1	Краљево
					2	Нови Пазар
					3	Рашка
					4	Тутин
					5	Врњачка Бања
		8	ШУМ	Шумадијски	1	Аранђеловац
					2	Баточина
					3	Кнић
					4	Крагујевац
5	Лапово					
6	Рача					
7	Топола					
4	Јужна и Источна Србија	1	БОР	Борски	1	Бор
					2	Кладово
					3	Мајданпек
					4	Неготин
		2	БРАН	Браничевски	1	Голубац
					2	Кучево
					3	Мало Црниће
					4	Петровац
					5	Пожаревац
					6	Велико Градиште
					7	Жабари
					8	Жагубица
					9	Костолац
		3	ЗАЈ	Зајечарски	1	Бољевац
					2	Књажевац
					3	Сокобања
4	Зајечар					

		4	ЈАБЛ	Јабланички	1	Бојник
					2	Црна Трава
					3	Лебане
					4	Лесковац
					5	Медвеђа
					6	Власотинце
		5	НИШ	Нишавски	1	Алексинач
					2	Дољевац
					3	Гаџин Хан
					4	Мерошина
					5	Црвени Крст
					6	Медијана
					7	Палилула
					8	Панталеј
					9	Нишка Бања
					10	Ражањ
					11	Сврљиг
		6	ПИР	Пиротски	1	Бабушница
					2	Бела Паланка
					3	Димитровград
					4	Пирот
		7	ПОДН	Подунавски	1	Смедерево
					2	Смедеревска Паланка
					3	Велика Плана
8	ПЧИ	Пчињски	1	Босилеград		
			2	Бујановац		
			3	Прешево		
			4	Сурдулица		
			5	Трговиште		
			6	Владичин Хан		
			8	Врање		
			9	Врањска Бања		
			9	ТОПЛ	Топлички	1
2	Куршумлија					
3	Прокупље					
4	Житорађа					

2. Редни број објекта у оквиру конкретне општине - број **pqrs**. Овај број се формира по редоследу уношења објекта у базу за конкретну општину.
3. Подаци који се односе на енергетске трошковне целине које чине објекат – ознака **k-(A)**:
  - $k = 0$  – за комплекс зграда,
  - $k > 0$  – редни број зграде унутар комплекса, односно  $k = 1$  за слободностојећу зграду ако није унутар комплекса.

- (А) - део зграде. У случају да има више делова зграде који се могу посматрати као енергетске трошкове целине, могу се осим слова А користити и словне ознаке В,С,Д итд.

4. Подаци који се односе на категорију објекта.

За потребе примене ИСЕМ-а у Србији извршена је категоризација објеката по њиховој намени и то на 9 група. Унутар сваке групе утврђене су одговарајуће подгрупе објеката чиме се подробније специфицира њихова намена од које суштински зависи потрошња енергије и воде у објекту (Табела 15-2). Списак група и подгрупа није коначан, што значи да администратор система може по потреби увести нову групу или подгрупу.

5. Подаци који се односе на начин финансирања оперативних трошкова објекта, формалну надлежност над објектом и коришћење објекта.

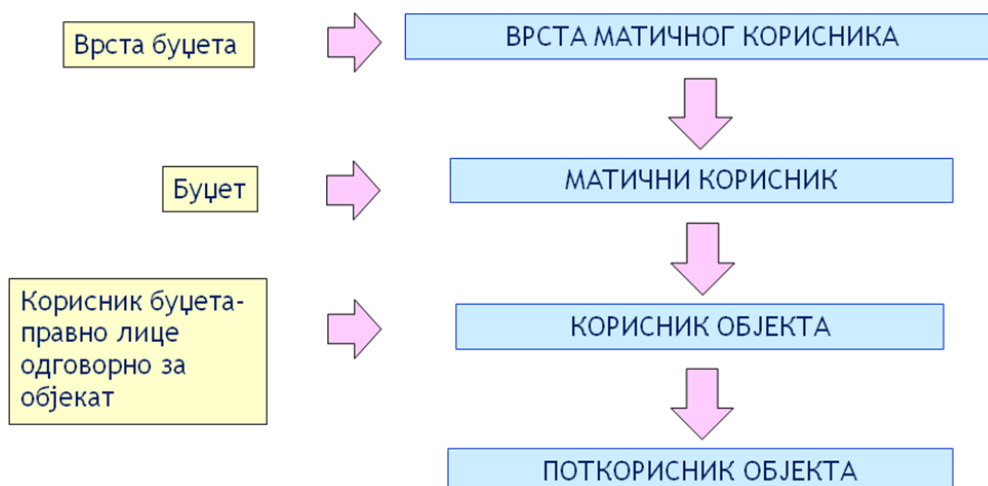
Табела 15-2: Категоризација објеката у ИСЕМ

Шифра групе објекта	Група објекта	Шифра подгрупе објекта	Подгрупа објекта
<b>А</b>	<b>Објекти образовних институција</b>	01	Вртићи и јаслице
		02	Основне школе
		03	Средње школе
		04	Више школе
		05	Факултети
		06	Специјалне школе
		..	..
		99	Остало
		<b>В</b>	<b>Здравствене установе</b>
02	Домови здравља		
03	Клинике		
04	Болнице		
05	Стационари		
06	Клинички центри		
07	Апотеке		
..	..		
99	Остало		
<b>С</b>	<b>Објекти колективног смештаја</b>	01	Домови за стара лица
		02	Студентски и ученички домови
		03	Домови за незбринуту децу
		04	Поправни домови
			КПЗ

			Касарне
		..	..
		99	Остало
<b>D</b>	<b>Објекти институција културе</b>	01	Домови културе
		02	Биоскопи
		03	Позоришта
		04	Музеји
		05	Библиотеке
		..	..
		99	Остало
<b>E</b>	<b>Спортски објекти</b>	01	Спортски центри
		02	Базени отворени
		03	Базени затворени
		04	Спортске хале
		05	Стадиони
		06	Клизалишта
		..	..
		99	Остало
<b>F</b>	<b>Административни објекти</b>	01	Месне канцеларије
		02	Зграде општинске управе
		03	Зграде градске управе
		04	Зграде државне управе
		05	Судови
		06	Полиција
		..	..
		99	Остало
<b>G</b>	<b>Објекти јавног транспорта</b>	01	Аутобуске станице
			Железничке станице
			Аеродроми
		..	..
		99	Остало
<b>H</b>	<b>Угоститељски објекти</b>	01	Кухиње
		02	Ресторани
		03	Одмаралишта
		04	Мотели
		05	Хотели

		06	Хостели
		..	..
		99	Остало
<b>I</b>	<b>Објекти ЈКП</b>	01	Производни објекти ЈКП
		02	Административни објекти ЈКП
		..	..
		99	Остало
<b>J</b>	<b>Остало</b>	01	Остало
		..	..
		99	Остало

Међу главне одреднице јавног објекта спадају начин његовог финансирања, формална надлежност над објектом и које правно лице заиста користи објекат. Ове три функције су у највећем броју случајева раздвојене, што у пракси има за последицу раздвојеност техничког и финансијског аспекта енергетског менаџмента. Начином на који је објекат дефинисан у ИСЕМ ове функције се повезују тако да се сваки објекат може једнозначно рећи из ког се буџета финансира, које је правно лице корисник тог буџета (матични корисник), које је правно лице надлежно за објекат и које је правно лице или део правног лица стварни корисник објекта (Слика 15-6). Начин је довољно флексибилан да је могуће дефинисати и случајеве сложених објеката који се финансирају из више буџета и/или имају више правних лица која су надлежна за објекат или га користе. Захваљујући том концепту, могуће је направити детаљну спецификацију потрошње и трошкова енергије, енергената и воде, и сумирати све потрошње и трошкове које остварује један корисник буџета за више објеката/делова објеката за које је надлежан. У случају општине, то значи израду енергетског биланса свих јавних зграда у надлежности општине. Ова функција је веома важна за планирање буџета и мера енергетске политике, односно енергетско планирање на локалном нивоу.



Слика 15.6: Хијерархијски низ: финансирање – надлежност - коришћење објекта

Први корак у дефинисању хијерархијског низа финансирање – надлежност – коришћење објекта је одређивање врсте буџета из којег се финансирају оперативни трошкови објекта,

односно тзв. врсте матичног корисника према Табели 15-3.

Табела 15-3: Врста буџета из којег се финансирају оперативни трошкови објекта

Шифра врсте матичног корисника	Врста матичног корисника = врста буџета из кога се финансирају оперативни трошкови објекта
О	Општина
Г	Град
РЕП	Република
ПОК	Покрајина
ЈКП	Јавно комунално предузеће
ЈП	Јавно предузеће
ОСИГ	Фондови за обавезно здравствено и пензијско и инвалидско осигурање
ИНД	Индиректни буџетски корисник
ИНСТ	Остале институције и установе
ОРГ	Организација
КОМ	Приватни корпоративни власник (правна лица) - комерцијални објекти
ПРИВАТ	Приватни власник (приватно лице) - стамбени објекти
ОСТ	Остало

Затим се за сваку врсту матичног корисника дефинише корисник буџета, односно матични корисник. Матични корисници су често правна лица која су корисници објекта, односно оснивачи правних лица која су корисници објекта. Примери матичних корисника дати су у Табели 15-4.

Табела 15-4: Начин дефинисања матичног корисника објекта

Врста матичног корисника = врста буџета из којег се финансирају оперативни трошкови објекта	Назив матичног корисника
Општина	Крушевац
	Врачар
	Брус
Град Београд	Градски секретаријат за образовање
	Градски секретаријат за културу
Република	Министарство рударства и енергетике
	Министарство здравља
	Министарство одбране
	Републичка дирекција за имовину
	Републичка агенција за контролу летења
	Републички фонд за здравствено осигурање

	Републички фонд за пензионо и инвалидско осигурање
<b>Покрајина</b>	Покрајински секретаријат за енергетику и минералне сировине
	Покрајински секретаријат за здравство, социјалну политику и демографију
<b>Јавно комунално предузеће</b>	ЈКП Београдске електране
	ЈКП Водовод и канализација
<b>Јавно предузеће</b>	ЈП ЕПС
	ЈП Србијашуме
<b>Фондови</b>	Републички фонд за здравствено осигурање
	Републички фонд за пензијско и инвалидско осигурање
<b>Индиректни буџетски корисници</b>	Геронтолошки центри
<b>Остале институције и установе</b>	Привредна комора Србије
<b>Организације</b>	Ауто-мото савез Србије
<b>Комерцијални објекти</b>	Осигуравајуће друштво „Дунав“

У случају да постоји, дефинише се и корисник буџета матичног корисника, односно правно лице које је надлежно за објекат, на пример: Основна школа „Иво Андрић“, Машински факултет у Београду, Дом здравља Врачар итд. И коначно, ако постоје, дефинишу се и поткорисници једног или дела објекта корисника. Нпр. подручна одељења матичних школа, локалне амбуланте, локалне канцеларије општинске управе, локални погони ЈП/ЈКП или објекти које је корисник дао у закуп.

Следећи примери илуструју хијерархијски низ финансирање-надлежност-коришћење објекта:

○ **Машински факултет у Београду**

Врста матичног корисника: Република;

Матични корисник: Министарство просвете, науке и технолошког развоја;

Корисник: Машински факултет у Београду.

**Хијерархијски низ финансирање-надлежност-коришћење:**

***Република/Министарство просвете, науке и технолошког развоја/Машински факултет***

○ **Основна школа „Вук Караџић“ у Степојевцу, подручно одељење у селу Врбовно**

Врста матичног корисника: Град Београд;

Матични корисник: Градски секретаријат за образовање и дечју заштиту;

Корисник: Основна школа „Вук Караџић“ у Степојевцу;



Поткорисник: Подручно одељење у селу Врбовно.

**Хијерархијски низ финансирање-надлежност-коришћење:**

***Град/Град Београд/Градски секретаријат за образовање и дечју заштиту/ОШ „Вук Караџић“/Подручно одељење Врбовно.***

○ **Вртић „Шећерко“ у Ћуприји**

Врста матичног корисника: Општина;

Матични корисник: Општина Ћуприја;

Корисник: Предшколска установа „Дечја радост“, Ћуприја;

Поткорисник: Вртић „Шећерко“.

**Хијерархијски низ финансирање-надлежност-коришћење:**

***Општина/Ћуприја/Предшколска установа „Дечја радост“, Ћуприја/Вртић „Шећерко“.***

○ **Јавно предузеће Спортско-рекреативни центар „Ада“, Ћуприја**

Врста матичног корисника: Јавно предузеће;

Матични корисник: ЈП СРЦ „Ада“, Ћуприја;

Корисник: ЈП СРЦ „Ада“, Ћуприја.

**Хијерархијски низ финансирање-надлежност-коришћење:**

***Јавно предузеће/ ЈП СРЦ „Ада“, Ћуприја / ЈП СРЦ „Ада“, Ћуприја***

6. Детаљни подаци о правном лицу које је надлежно, односно користи објекат (одговорно лице или локални доносилац одлука, корисник ИСЕМ-а, број корисника објекта, начин организовања радног процеса у објекту и сл.).

7. Климатски подаци за локацију на којој се објекат налази (климатска зона и подручна хидрометеоролошка станица/опсерваторија). ИСЕМ омогућава непосредну размену података о средњој спољној температури са хидрометеоролошком станицом, што се касније може искористити за израчунавање броја остварених степен дана грејања.

Тренутно се у ИСЕМ аутоматски учитавају подаци о просечној сатној температури са 54 аутоматске метеоролошке станице Прогнозно-извештајне службе Војводине, а у плану је повезивање и са 28 метеоролошких опсерваторија Републичког хидрометеоролошког завода.

8. Подаци о самом објекту који су по својој природи споро променљиви:

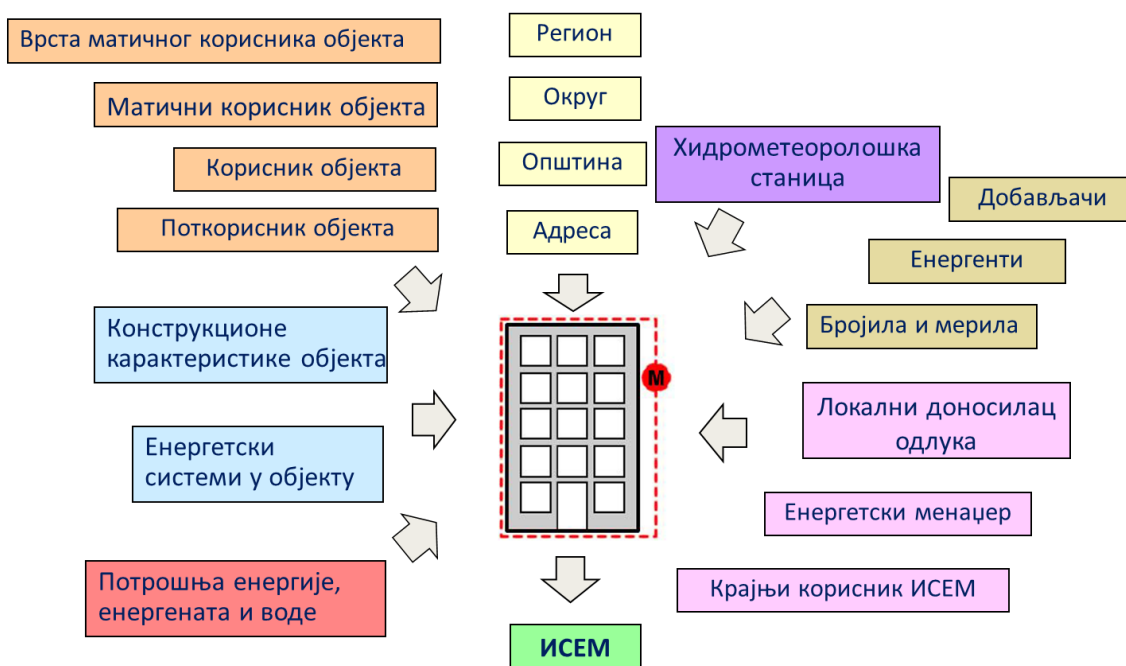
○ Конструкциони подаци о објекту (површина, спратност, грејана површина, хлађена површина итд.) и

○ Подаци о енергетским системима у објекту и сервисима који троше енергију (КГХ системи, вентилација, ПТВ, унутрашње осветљење, радни процес итд.).

9. Енергетски подаци који могу бити:

- Споро променљиви (мерачи, бројила, добављачи и сл.) и
- Брзо променљиви (потрошња и трошкови енергије, енергената и воде).

Поред базе самих објеката и потрошње енергије у објектима, ИСЕМ садржи и регистар добављача енергије и енергената, односно воде, као и регистар енергената са одговарајућим параметрима.

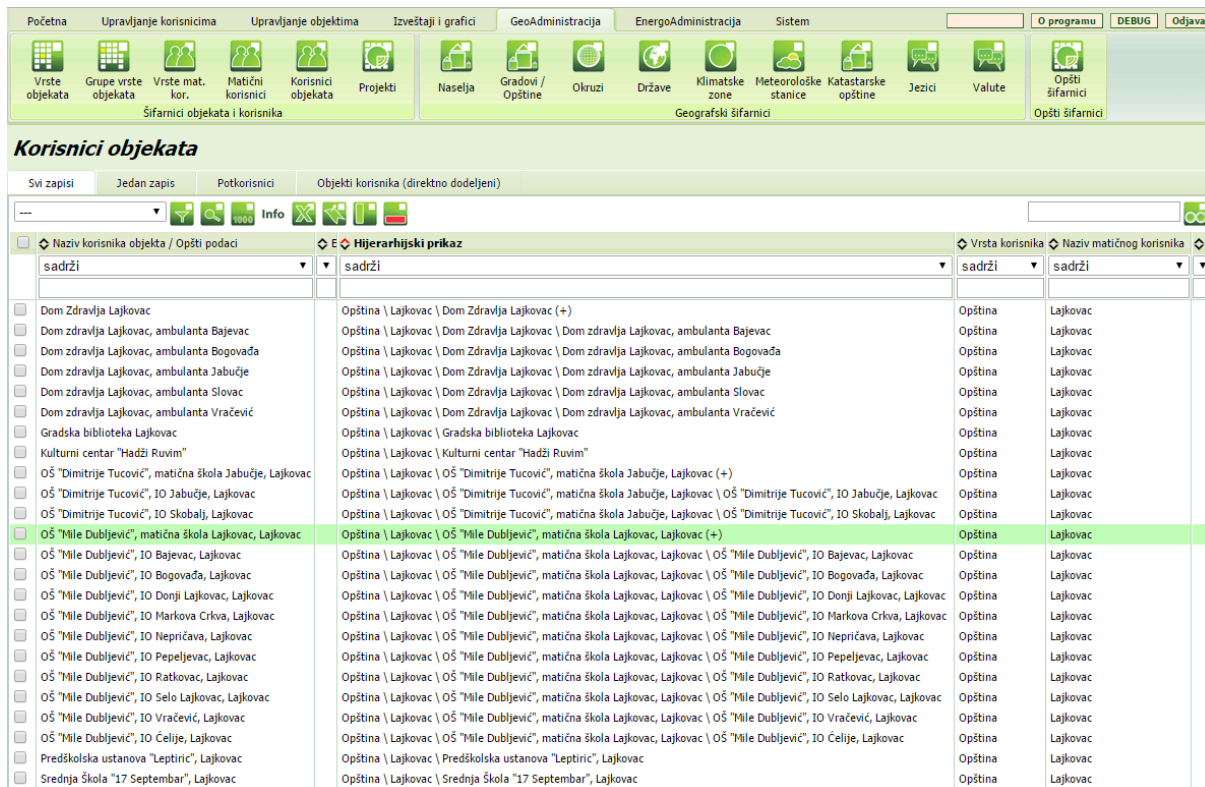


Слика 15.7: Дефиниција објекта у ИСЕМ-у

## **15.5 Формирање објекта и унос података о потрошњи енергије и воде у ИСЕМ**

Један од основних задатака енергетског менаџера општине јесте да попише све објекте који су у надлежности општине, односно објекте за које општина сноси трошкове енергије, воде, текућег одржавања и, евентуално, инвестиционог одржавања. Такође, треба пописати и објекте за које су на исти начин надлежна општинска јавна комунална предузећа (ЈКП). У овој фази треба пописати и матичне кориснике и кориснике објеката. Посебан случај представљају зграде које користи више матичних корисника (нпр. административна зграда коју делом користи суд чији је матични корисник Министарство правде, а делом општина; зграда у којој се налазе болница, чији је матични корисник Републички фонд за здравствено осигурање, и дом здравља, чији је матични корисник општина итд.). Такве зграде се дефинишу преко својих делова, али с обзиром на веома различите ситуације које се срећу у пракси у оваквим случајевима се пре дефинитивног уноса зграде препоручује консултација са администратором ИСЕМ како би се избегле евентуалне грешке.

Следећи корак у дефинисању објеката јесте одређивање хијерархијског низа финансирање-надлежност-коришћење објекта (Слика 15-8). Када се ради о објектима у надлежности општине или ЈКП, матични корисник објеката биће општина, односно одговарајуће ЈКП за објекте ЈКП, јер се из њихових буџета подмирују трошкови енергије и воде (Табеле 15-3 и 15-4). Када се ради о објектима који су у надлежности органа Републике Србије, односно Покрајине матични корисник је одговарајући орган (министарство, агенција, секретаријат, фонд итд.). За објекте јавних служби матични корисник је одговарајуће правно лице које обезбеђује средства за оперативне трошкове објеката јавних служби, у складу са чл. 2 Закона о јавним службама [4]. У случају објеката ЈП, ЈКП или правних лица која обављају комерцијалну делатност матични корисник је конкретно правно лице јер оно из сопственог буџета финансира објекат. Корисници објеката су буџетски корисници, односно правна лица која у физичком смислу користе објекте (нпр. основне школе, предшколске установе, домови здравља, спортски центри итд.). За сваког матичног корисника и корисника објекта уносе се подаци о називу, матичном и пореском идентификационом броју.



Слика 15.8: Хијерархијски низ финансирање-надлежност-коришћење објекта

Сваки корисник објекта може имати једног или више поткорисника објекта. Поткорисник није посебно правно лице, већ само део правног лица корисника који је физички измештен из главног објекта корисника. Типични поткорисници су сеоске амбуланте домова здравља, издвојена одељења основних школа, вртићи у оквиру једне предшколске установе и сл. Податак о надређеном кориснику увек се уноси приликом дефинисања неког члана низа матични корисник-корисник-поткорисник. Такође, ИСЕМ за сваки члан низа омогућава збирни преглед његових подређених корисника. На тај се начин обезбеђује доследност и прегледност низа (види Сliku 15-8).

Након дефинисања хијерархијског низа финансирање-надлежност-коришћење објекта, приступа се уношењу самог објекта. Основна дефиниција објекта обухвата податке о тачном називу објекта, општини или граду, насељеном месту и катастарској парцели на којој се налази, категорију објекта (комплекс, слободностојећа зграда у комплексу, слободностојећа зграда, део зграде, види Сliku 15-5 горе у тексту). Приликом дефинисања категорије објекта потребно је водити рачуна да она треба да представља енергетску трошковну целину у складу са Сlikом 15-5. Након тога је потребно дефинисати врсту објекта у складу са Табелом 15-2 и доделити му корисника из већ формираног списка корисника. У случају да се формира комплекс објеката, поступак уношења објеката понавља се на исти начин за сваку слободностојећу зграду унутар комплекса. Последња цифра у шифри комплекса је увек 0, а сви остали објекти унутар комплекса носе бројеве 1,2,3... по редоследу уношења. Исто важи и за делове зграда, с тим што су делови означени абecedним словима А,В,С... по редоследу уношења.

ISEM šifra / Opšte	Naziv objekta / Opšte informacije o zgradi	Adresa / Opšte informacije o zgradi	Poštanski broj / Opšte	Naziv grada / Opšte	Etiketa objekta / Opšte	Bazna kategorija / Opšte	Vrsta objekta / Opšte
SR-3502-0007-1	Vrtić "Šećerko", Čuprija	Rade Miljković bb	35 230	Čuprija		Slobodnostojeća zgrada	Vrtić i jaslice
SR-3502-0013-1	Vrtić "Leptirić", Čuprija	Kruševačka bb	35 230	Čuprija		Slobodnostojeća zgrada	Vrtić i jaslice
SR-3502-0004-3	Tehnička škola u Čupriji - pomoćna zgrada 2	Kneza Miloša bb	35 230	Čuprija		Zgrada u kompleksu	Srednje škole
SR-3502-0004-2	Tehnička škola u Čupriji - pomoćna zgrada 1	Kneza Miloša bb	35 230	Čuprija		Zgrada u kompleksu	Srednje škole
SR-3502-0004-1	Tehnička škola u Čupriji - glavna zgrada	Kneza Miloša bb	35 230	Čuprija		Zgrada u kompleksu	Srednje škole
SR-3502-0004-0	Tehnička škola u Čupriji	Kneza Miloša bb	35 230	Čuprija		Kompleks	Srednje škole
SR-3502-0008-1	Skupština opštine Čuprija	13.oktobar 7	35 230	Čuprija		Slobodnostojeća zgrada	Zgrade opštinske uprave
SR-3502-0011-1	OŠ "Đura Jakšić", Čuprija	Karađorđeva 48	35 230	Čuprija		Zgrada u kompleksu	Osnovne škole
SR-3502-0006-1	OŠ "Vuk Karadžić", Čuprija, zgrada stare škole	Kneza Miloša 96	35 230	Čuprija		Zgrada u kompleksu	Osnovne škole
SR-3502-0006-2	OŠ "Vuk Karadžić", Čuprija, zgrada specijalne škole	Kneza Miloša 96	35 230	Čuprija		Zgrada u kompleksu	Osnovne škole
SR-3502-0006-3	OŠ "Vuk Karadžić", Čuprija, zgrada male škole	Kneza Miloša 96	35 230	Čuprija		Zgrada u kompleksu	Osnovne škole
SR-3502-0006-0	OŠ "Vuk Karadžić", Čuprija	Kneza Miloša 96	35 230	Čuprija		Kompleks	Osnovne škole
SR-3502-0009-1	OŠ "13. Oktobar", Čuprija	Alekse Šantića bb	35 230	Čuprija		Slobodnostojeća zgrada	Osnovne škole
SR-3502-0002-2	Medicinska škola Čuprija - pomoćna zgrada	Rade Končara 3	35 230	Čuprija		Zgrada u kompleksu	Srednje škole
SR-3502-0002-1	Medicinska škola Čuprija - glavna zgrada	Rade Končara 3	35 230	Čuprija		Zgrada u kompleksu	Srednje škole
SR-3502-0002-3	Medicinska škola Čuprija - fiskalturna sala	Rade Končara 3	35 230	Čuprija		Zgrada u kompleksu	Srednje škole
SR-3502-0002-0	Medicinska škola Čuprija	Rade Končara 3	35 230	Čuprija		Kompleks	Srednje škole
SR-3502-0003-1	Hala sportova "Ada"	Ul.Bulevar VJ 2	35 230	Čuprija		Slobodnostojeća zgrada	Sportski centri

Слика 15.9: Примери начина дефинисања објеката

Сви наведени поступци подразумевају избор из предефинисаних спискова који се појављују у облику падајућих менија, што битно поједностављује процес дефинисања објеката у ИСЕМ.

Наведени подаци представљају минимални скуп података потребан за дефинисање објеката у бази ИСЕМ-а. Остали подаци приказани на Слици 15-7 могу се уносити накнадно, у складу са динамиком њиховог прикупљања.

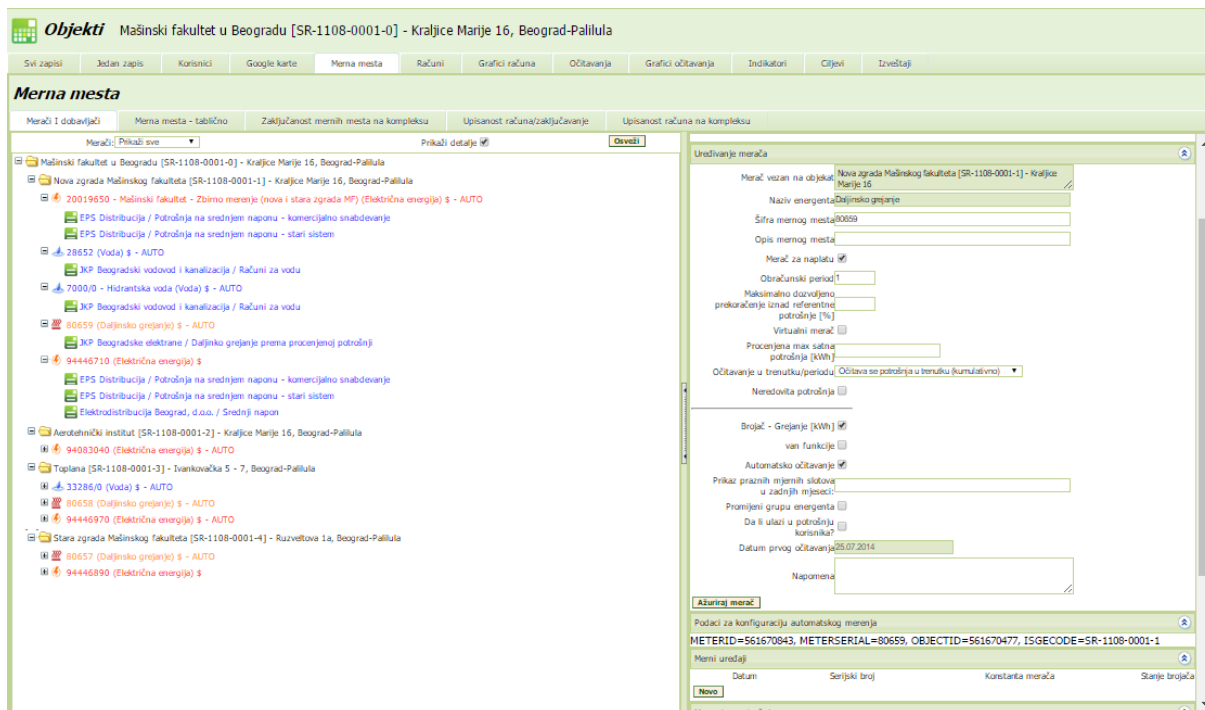
Неопходан услов за унос података о потрошњи енергије, енергената и воде у неком објекту је дефинисање начина снабдевања енергијом, односно енергентима и водом. У највећем броју случајева се енергија, енергенти и вода набављају на тржишту, те је потребно изабрати добављаче за конкретан објекат из регистра добављача, који такође представља саставни део ИСЕМ-а, и дефинисати формат рачуна на основу којег се врши наплата. У случају да добављач не постоји у регистру, потребно га је дефинисати. Скуп података којим се дефинише добављач обухвата његов назив, адресу, општину у којој му је седиште, матични и порески идентификациони број. За сваког добављача дефинишу се категорије купаца које снабдева, енергија и енергенти, односно вода коју испоручује. Треба имати у виду да један добављач може имати више категорија купаца и испоручивати различите врсте енергената и услуга. Стога је за сваког добављача могуће добити укупан преглед категорије купаца, врсте енергената и услуга, групни преглед објеката које снабдева, као и мерача који се користе за енергенте, односно воду коју тај добављач испоручује. Подаци у вези са категоријама купаца и врстама енергената (укључујући топлотне моћи, коефицијенте конверзије, јединичне емисије CO<sub>2</sub> итд.) су предефинисани у бази ИСЕМ-а тако да енергетски менаџер само врши њихов избор у складу са конкретним случајем.

ID dobavljača / Opšti podaci	Naziv dobavljača / Opšti podaci	Lista energenata	Adresa / Opšti podaci	Поштанска адреса	Назив града	Факс / Општи подаци	Телефон / Општи подаци	
---	---	---	---	---	---	---	---	
sadrži	ne sadrži	sadrži	sadrži	je jed	sadrži	sadrži	sadrži	
	TEST	природни гас						
<input type="checkbox"/>	YUGOROSGAZ	YUGOROSGAZ, AD, Beograd	Природни гас	Zma Jovina, 8-10, Beograd	11 000	Beograd-Sta	(011) 321 68 88	(011) 321 66 20
<input type="checkbox"/>	SM SREMGAS	Javno preduzeće za distribuciju prirodnog gasa "SREM GAS"	Природни гас	Trg Vojvođanskih brigada 14/I	22 000	Sremska Mit	(022) 61 00 70	(022) 61 00 69
<input type="checkbox"/>	PD BOSS PETROL KRUSEVAC	PD"Boss Petrol" d.o.o. Krusevac	Природни гас	Jasicki Put, b.b. Kruševac	37 000	Kruševac	(037) 72 76 47	(037) 72 76 47
<input type="checkbox"/>	JPSRBIJAGAS	JP "Srbijagas"	Природни гас	Narodnog fronta 12	21 000	Novi Sad	(021) 48 11 305	(021) 48 12 703, 48
<input type="checkbox"/>	JPGASRU	JP "Gas Ruma"	Природни гас	JNA 136	22 400	Ruma	(022) 47 14 84	(022) 47 34 50
<input type="checkbox"/>	JPDG_INGAS	Javno preduzeće za distribuciju gasa "Ingas"	Природни гас	Indija, Blok 63, Objekat 14/II	22 320	Indija	(022) 56 05 68	(022) 56 05 68
<input type="checkbox"/>	JP VRBAS-GAS	JP "Vrbas-gas"	Природни гас	Kozaračka 3	21 460	Vrbas	(021) 79 42 66	(021) 79 42 65
<input checked="" type="checkbox"/>	JKP GRADITELJ	JKP "Graditelj" Srbobran	Daljinsko grejanje, Природни гас, Voda	Dositeja Obradovića 2	21 480	Srbobran	(021) 73 10 12	(021) 73 01 58, 73 2
<input type="checkbox"/>	GASFEROMONT	Gas - feromont, a.d. Stara Pazova	Природни гас	Branka Radičevića 67	22 300	Stara Pazova	(022) 31 53 16	(022) 31 33 14
<input type="checkbox"/>	DPNS-GAS	DP "Novi Sad - Gas"	Природни гас	Teodora Mandića 21, Novi sad	21 000	Novi Sad	(021) 64 13 900	(021) 64 13 135

Слика 15.10: Пример регистра добављача енергената (добављачи природног гаса)

Stavke računa	Preimenuj nazive stavki	m.jed.	Poredak
<input checked="" type="checkbox"/>	Energent-prirodni gas	m <sup>3</sup>	10
<input checked="" type="checkbox"/>	Kapacitet	m <sup>3</sup> /dan/god.	20
<input checked="" type="checkbox"/>	Naknada PMI		30
<input type="checkbox"/>	Kamata po računu		40
<input type="checkbox"/>	Kvalitet	kJ/m <sup>3</sup>	50
<input type="checkbox"/>	Mesto isporuke		80
<input type="checkbox"/>	Smeće	m <sup>2</sup>	70
<input type="checkbox"/>	Stanje utuženja		80
<input type="checkbox"/>	Troškovi opomene		90

Слика 15.11: Ставке рачуна конкретног добављача

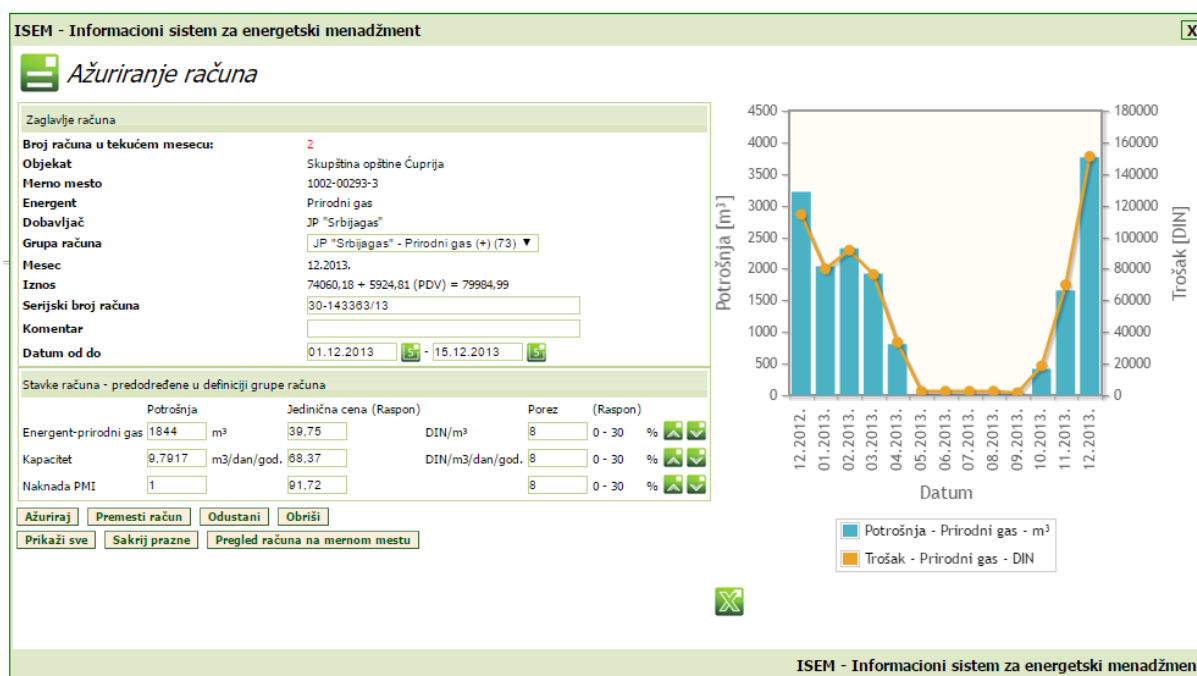


Слика 15.12: Дефинисање мерних места

ИСЕМ омогућава дефинисање формата рачуна идентичног оном који издаје добављач, чак и када тај рачун садржи ставке које нису у непосредној вези са енергијом, енергентима и водом (нпр. трошак транспорта, трошак одношења смећа, разне накнаде и општинске таксе, трошак јавног сервиса и сл.). Тиме је уношење података са рачуна омогућено и корисницима који нису нужно технички обучени да тумаче поједине ставке рачуна, попут активне и реактивне енергије, прекомерно преузете снаге итд. Довољно је само да након уноса преконтролишу укупну суму за наплату, а програм ће у даљим анализама раздвојити енергију и трошкове енергије од осталих ставки на рачуну.



Након дефинисања добављача и формата рачуна, потребно је за сваку енергетску трошковну целину дефинисати мерна места, односно бројило, калориметар, мерач гаса, водомер итд. Опис мерног места садржи податке о енергенту, шифри мерног места, да ли се читавање врши у тренутку или за период времена, обрачунском периоду, од када је мерно место активно итд. Свако мерно место спаја се са одговарајућим добављачем и за њега се бира формат (врста) рачуна. Треба имати у виду да неки добављачи, нпр. ЕПС/ЕПС Дистрибуција, имају више различитих формата рачуна у складу са групом/категијом купаца којима су намењени. Зато у овој фази треба повести рачуна да се мерно место исправно упари са одговарајућим форматом рачуна. ИСЕМ омогућава и унос фиктивних мерних места за енергенте за које се набавка врши за неки временски период (нпр. уље за ложење, угаљ, огревно дрво и сл.). И у таквим случајевима неопходно је претходно дефинисати добављаче, формат рачуна и додати их мерном месту. С обзиром на то да су у таквим случајевима интервали набавке енергената неједнаки, ИСЕМ врши аутоматско усредњавање потрошње по месецима.



Слика 15.13: Унос рачуна у предефинисани формат идентичном формату фактуре добављача

Након што се дефинишу добављачи, рачуни и мерна места, могуће је кренути са уносом података о потрошњи енергије, енергената и воде. Уношење података са рачуна је веома једноставно и своди се на прекуцавање података са рачуна истим редоследом којим су наведени на самом рачуну ако је формат рачуна претходно добро дефинисан. Одмах након уноса података са рачуна, ИСЕМ израчунава износ који треба платити и на графикону приказује податке о потрошњи и трошковима на основу чега се лако врши провера тачности уноса, односно провера да ли у конкретном случају постоји значајно одступање у односу на вредности са ранијих рачуна. У случају да се појави неки ексцес, корисник на нивоу зграде и сам енергетски менаџер могу одмах да реагују како би установили узрок неуобичајене појаве.

У случајевима када се планира интеграција аутоматског читавања и ИСЕМ, дефинисање

мерног места и остале неопходне радње врши администратор система на захтев енергетског менаџера.

### 15.6 Приступ Информационом систему за енергетски менаџмент

Приступ ИСЕМ-у могућ је ако корисник система поседује корисничко име и шифру за приступ (Слика 15-14), које за све нивое корисника могу доделити администратори система, а за ниже нивое корисника и енергетски менаџери. Приликом дефинисања корисника система (Министарство рударства и енергетике, енергетски администратор, енергетски менаџер, корисник на нивоу објекта, гост и пошиљалац података) у систем се уносе подаци о кориснику и дефинишу објекти за које је корисник система задужен, односно у чије податке може да оствари увид. У случају да корисник система није активан дуже од три месеца, систем ће га аутоматски блокирати. Поновну доделу приступа врше администратор система, односно енергетски менаџер.



Слика 15.14: Прозор за пријаву за рад у ИСЕМ-у

### 15.7 Анализа података

Захваљујући изложеном начину дефинисања објеката, могућа је квалитетна обрада података и максимално коришћење расположивих функционалности ИСЕМ-а ради вршења различитих анализа за одређене временске периоде.

За сваку анализу је могуће формирање извештаја, било у предефинисаним форматима, било креирањем нових формата. ИСЕМ омогућава и графички приказ података о потрошњи и трошковима енергије, енергената и воде, емисији CO<sub>2</sub>, аутоматским читавањима, као и графички приказ различитих анализа (енергија за грејање/хлађење – средња спољна температура, енергија за грејање/хлађење – остварени степен дани, верификација уштеда методом CUSUM и др.).

### 15.8 Обука корисника ИСЕМ-а

За све категорије корисника ИСЕМ-а које имају могућност уноса података у ИСЕМ неопходна је претходна обука. Енергетски менаџери општине која је обвезник система енергетског

менаџмента у смислу Закона о ефикасном коришћењу енергије [2] дужни су да пре именовања на ту функцију заврше обуку и положи испит за енергетске менаџере у складу са Законом и Правилником [1,2]. За потребе обуке енергетских менаџера развијен је демо ИСЕМ у ком полазници обуке, након што им се додели приступ могу учити и вежбати рад у систему. Након завршене обуке и добијања сертификата о положеном испиту за енергетског менаџера, полазник обуке стиче услов да у складу са Законом и Правилником обавља посао енергетског менаџера након чега их одговарајући обвезник система може именовати да обавља тај посао. Тек након званичног наименовања на функцију, администратор система додељује енергетском менаџеру корисничко име, шифру за приступ и приступ свим објектима општине или комплекса зграда у ИСЕМ-у. Корисници ИСЕМ-а на нивоу објекта такође морају да заврше обуку, али је она једноставнија и краћа, с обзиром на то да су њихова овлашћења у вези са уносом података мања

Обуку за кориснике на нивоу зграда за сада спроводи UNDP, а касније ће је спроводити енергетски менаџери општина. Након завршене обуке, корисници на нивоу објекта добијају корисничко име, шифру за приступ и приступ свом објекту или групи објекта. За сваку категорију корисника припремљена су подробна упутства за коришћење ИСЕМ-а, која се могу преузети на сајту за приступ ИСЕМ: <http://isem.undp.org.rs/>.

Прва обука за енергетске менаџере, у смислу Закона и Правилника, спроведена је 2016. године. У прелазном периоду обуку за коришћење ИСЕМ, дефинисање објекта, рачуна и извештаја врше администратори система из UNDP.

### ***Литература***

- [1] Правилник о начину спровођења и садржини програма обуке за енергетског менаџера, трошковима похађања обуке, као и ближим условима, програму и начину полагања испита за енергетског менаџера, Сл. гласник РС, бр. 12/15
- [2] Закон о ефикасном коришћењу енергије, Сл. гласник РС, бр. 25/13
- [3] Закон о слободном приступу информацијама од јавног значаја, Сл. гласник РС, бр. 120/04, 54/07, 104/09 и 36/10
- [4] Закон о јавним службама, Сл. гласник РС, бр. 42/92, 71/94, 79/05, 81/05 и 83/05, 83/14

## 16 Годишњи извештај о остваривању циљева уштеде енергије

Чланом 18 Закона о ефикасном коришћењу енергије [1], између осталих, прописано је да је обвезник СЕМ-а дужан да једном годишње Министарству рударства и енергетике достави Годишњи извештај о остваривању циљева уштеде енергије (Годишњи извештај).

Правилником о обрасцу годишњег извештаја о остваривању циљева уштеде [2] прописана су два обрасца овог извештаја и у форми *ексел* фајла (*excel file*), и то:

- 1) Образац 1 – Годишњи извештај о остваривању циљева уштеде енергије за привредна друштва чија је претежна делатност у производном сектору и сектору трговине и услуга.
- 2) Образац 2 – Годишњи извештај о остваривању циљева уштеде енергије за јединице локалне самоуправе, органе Републике Србије и органе Аутономне Покрајине.

Законом о ефикасном коришћењу енергије, односно Правилником о обрасцу годишњег извештаја о остваривању циљева уштеде, прописано је да Министарству рударства и енергетике, као обвезник СЕМ-а, Годишњи извештај доставља на **Обрасцу 1**:

- 1) привредно друштво чија је претежна делатност у производном сектору са најмање једном локацијом која остварује потрошњу примарне енергије већу од 2.500 toe годишње.
- 2) привредно друштво чија је претежна делатност у **сектору трговине и услуга са најмање једном локацијом која остварује потрошњу примарне енергије већу од 1.000 toe годишње,**
- 3) **привредно друштво чија је претежна делатност у производном сектору** а које ни на једној локацији не која остварује потрошњу примарне енергије већу од 2.500 toe годишње, **а поседује објекте који у збиру имају потрошњу примарне енергије већу од 1.000 toe годишње,**
- 4) **установе које обављају делатности у области образовања, науке, културе, здравствене заштите и другим областима, у складу са законом, са најмање једном локацијом која остварује потрошњу примарне енергије већу од 1.000 toe годишње**
- 5) предузећа као јавне службе која обављају делатности у области: ПТТ саобраћаја, енергетике, путева, комуналних услуга и другим областима, у складу са законом, са најмање једном локацијом која остварује потрошњу примарне енергије већу од 2.500 toe годишње.

Локацију чине сви објекти за обављање делатности обвезника система који се налазе на истој адреси, а чија годишња потрошња примарне енергије у збиру прелази граничне вредности потрошње енергије прописане за ту врсту обвезника система.

Истим Законом, односно Правилником прописано је да Министарству рударства и енергетике, као обвезник СЕМ-а, Годишњи извештај достављају на **Обрасцу 2**:

- 1) Јединице локалне самоуправе са преко 20000 становника,

- 2) Органи државне управе и други органи Републике Србије, органи Аутономне Покрајине.

### ***Литература***

- [1] Закон о ефикасном коришћењу енергије, Сл. гласник РС, бр. 25/13
- [2] Правилник о обрасцу годишњег извештаја о остваривању циљева уштеде енергије, Сл. гласник РС, бр. 32/16

## 17 Упутство за израду Програма енергетске ефикасности

Програм енергетске ефикасности (у даљем тексту: Програм ЕЕ) јесте плански документ који доноси обвезник система енергетског менаџмента о планираном начину остваривања и величини планираног циља уштеде енергије за период од најмање три године. Њиме се дефинишу оптималне мере којима ће се остварити задати циљ уштеде енергије, односно дефинишу начини финансирања и реализације ових мера.

Садржај Програма ЕЕ прописан је Законом о ефикасном коришћењу енергије [1]. Будући да Национални акциони план за енергетску ефикасност Републике Србије (у даљем тексту: НАПЕЕ РС) и Програм ЕЕ треба да буду усклађени, методологија прорачуна уштеда енергије у Програму ЕЕ, у мери у којој је то могуће, треба да буде иста методологији која се примењује приликом израде НАПЕЕ РС, односно методологији за израчунавање уштеда енергије која је развијена у складу са препорукама Европске комисије [2] и препорукама „EMEEES” пројекта [3]. Истовремено, циљ уштеда енергије дефинисан Програмом ЕЕ мора да буде усклађен са циљем дефинисаним у НАПЕЕ РС, као и са циљем прописаним Уредбом о утврђивању граничних вредности годишње потрошње енергије на основу којих се одређује која су привредна друштва обвезници система енергетског менаџмента, годишњих циљева уштеде енергије и обрасца пријаве о оствареној потрошњи енергије (у даљем тексту: Уредба о годишњим циљевима уштеде енергије обвезника СЕМ-а) [4].

Због повезаности доброг планирања развоја енергетике, рационализације производње и потрошње енергије, односно чињенице да се најзначајније уштеде могу остварити управо добрим енергетским планирањем и изградњом нових енергетских објеката, а не само спровођењем мера санације и енергетске ефикасности на постојећим системима и објектима, јасно је да неки делови Програма ЕЕ могу да имају одређене делове посвећене и изградњи нових објеката.

Основни елементи које треба да садржи Програм ЕЕ прописани су чланом 11. Закона о ефикасном коришћењу енергије [1]. Сходно овом члану, Програм енергетске ефикасности мора да садржи:

- 1) исказ да је планирани циљ уштеда енергије дефинисан у Програму ЕЕ у складу са планираним циљевима Стратегије, Програма остваривања Стратегије и НАПЕЕ РС,
- 2) преглед и процену годишњих енергетских потреба, укључујући процену енергетских својстава објеката;
- 3) предлог мера и активности које ће обезбедити ефикасно коришћење енергије;
- 4) носиоце и рокове реализације предложених мера;
- 5) рокове и процену очекиваних резултата сваке од мера којима се предвиђа остваривање планираног циља;
- 6) финансијске инструменте (изворе и начин обезбеђивања средстава) предвиђене за спровођење планираних мера и активности.

Коначно, важно је напоменути да Законом о ефикасном коришћењу енергије [1] није

предвиђено да министар детаљније пропише форму самог Програма ЕЕ. Због тога, форма Програма ЕЕ предложена у наставку нема обавезујући карактер. Међутим, као што је већ наведено, због неопходности да Програм ЕЕ буде усаглашен са НАПЕЕ РС, као и да оба треба да користе исту методологију за процену уштеда енергије, предложена форма свакако представља и препоручени формат за израду Програма ЕЕ.

Дакле, препоручује се да поред једног обавезног а евентуално и више необавезних прилога, Програм ЕЕ садржи 12 основних делова, који су насловљени:

- I. Резиме
- II. Увод
- III. Општи подаци о обвезнику
- IV. Опис примењених методологија
- V. Преглед и процена годишњих енергетских потреба обвезника (енергетски биланс)
- VI. Анализа стања потрошње енергије у објектима (локацијама) обвезника
- VII. Предлог мера и активности за ефикасно коришћење енергије
- VIII. Прорачун уштеде енергије
- IX. Начин праћења спровођења Програма
- X. Извори финансирања и финансијски механизми за спровођење мера
- XI. Извештај о спровођењу Програма у претходном периоду, и
- XII. Закључак.

Следи подробнији опис начина израде и садржаја сваког од делова Програма ЕЕ.

### ***I Резиме***

У овом делу је најпре потребно навести да је *разлог израде Програма ЕЕ испуњење обавеза које проистичу из Закона о ефикасном коришћењу енергије* и назначити да је *Програм ЕЕ израђен и усклађен са циљевима Стратегије развоја енергетике Републике Србије до 2025. године са пројекцијама до 2030. године [5], Програма остваривања Стратегије [6] и НАПЕЕ РС [7].*

Након тога потребно је навести да се *Програмом ЕЕ одређује планирани циљ уштеде финалне енергије, који је у складу са циљем уштеде енергије утврђеним НАПЕЕ РС [7], као и вредност планираног циља уштеде енергије прорачунатог и израженог у примарној енергији а који испуњава захтеве из уредбе о годишњим циљевима уштеде енергије обвезника СЕМ-а [4].*

Затим је потребно само навести да *Програм ЕЕ садржи све обавезне елементе прописане чланом 11. Закона о ефикасном коришћењу енергије [1], и то: преглед и процену годишњих енергетских потреба обвезника (енергетски биланс), процену енергетских својстава објеката, предлог мера и активности којима ће се обезбедити ефикасно коришћење енергије, носиоце, рокове и процену очекиваних резултата сваке од мера које ће допринети остварењу планираног циља, средства потребна за спровођење ових мера, те изворе и*



*начин њиховог обезбеђивања.*

Након тога треба навести да је *процена годишњих енергетских потреба обвезника спроведена у складу са методологијом прописаном Правилником о обрасцу годишњег извештаја о остваривању циљева уштеде енергије („Службени гласник РС”, број 32/16), а да је прорачун уштеда енергије које ће се остварити спровођењем планираних мера енергетске ефикасности извршен у складу са методологијом „одоздо према горе“ (ОПГ) прописаном Правилником о начину и роковима достављања података неопходних за праћење спровођења Акционог плана за енергетску ефикасност у Републици Србији и методологији за праћење, проверу и оцену ефеката његовог спровођења [9], као и Приручника за енергетске менаџере у области енергетике зграда (у даљем тексту: Приручник), те да је процена енергетских својстава зграда извршена у складу са Правилником о енергетској ефикасности зграда [10].*

Такође је потребно навести да ли су прорачуни потрошње финалне и примарне енергије извршени применом стандарда или сходно некој другој препорученој методологији.

Будући да се Програм ЕЕ доноси на период од три године, поред податка о укупној годишњој потрошњи енергије а евентуално и њеној структури, у Резимеу је потребно у виду табеле дати и преглед планираних годишњих уштеда, изражених и у енергетским јединицама ([MJ], [GJ] или [toe]) и процентима по годинама, уз констатацију да планирани циљ испуњава захтеве уредбе о годишњим циљевима уштеде енергије обвезника СЕМ [4].

## **II Увод**

У овом је делу **потребно поново навести** да је *Програм ЕЕ плански документ који доноси обвезник система енергетског менаџмента, да је у Програму ЕЕ изложен планирани начин остваривања и вредност планираног циља уштеде енергије за период од три године, као и да је планирани циљ уштеде енергије обвезника утврђен овим Програмом у складу са планираним циљевима Стратегије [5], Програма остваривања Стратегије [6] и НАПЕЕ РС [7].*

Позивајући се на одредбе Закона о ефикасном коришћењу енергије, најпре је потребно поново навести основне разлоге израде Програма ЕЕ, тј. да *доношење Програма ЕЕ представља и обавезу која следи из Закона о ефикасном коришћењу енергије [1], те да је Програм ЕЕ у потпуности усклађен са одредбама овог закона.* Затим је потребно, нешто подробније него у Резимеу, описати садржај Програма ЕЕ, односно навести да *Програм ЕЕ садржи:*

- 1) *преглед и процену годишњих енергетских потреба Обвезника СЕМ-а (списак и енергетски биланс јавних објеката);*
- 2) *процену енергетских својстава тих објеката;*
- 3) *предлог мера и активности којима ће се обезбедити ефикасно коришћење енергије, и то:*
  - a) *план енергетске санације и одржавања објеката*

*в) план коришћења обновљивих извора енергије*

*г) друге мере које се планирају у смислу ефикасног коришћења енергије и воде;*

*4) носиоце, рокове и процену очекиваних резултата сваке од мера којима се предвиђа остваривање планираног циља, средства потребна за спровођење Програма, изворе и начин њиховог обезбеђивања; и*

*5) преглед остварених резултата у периоду извештавања.*

Након тога потребно је навести да је *планирани трогодишњи циљ уштеде предвиђен овим Програмом у складу и са уредбом о годишњим циљевима уштеде енергије обвезника СЕМ-а [4] у износу од 1% годишње потрошње примарне енергије.*

Затим је потребно навести да *су мере наведене у Програму ЕЕ усклађене са мерама предвиђеним НАПЕЕ РС, а да је приликом прорачуна уштеда енергије по појединим мерама унапређења енергетске ефикасности коришћена методологија прописана у правилнику којим се дефинише методологија за праћење, проверу и оцену ефеката спровођења НАПЕЕ РС [7], односно методологија за израчунавање уштеда која је развијена у складу са препорукама Европске комисије [2] и препорукама „ЕМЕЕЕЕ” пројекта [3]. Такође треба навести да: *је претварање уштеда финалне у уштеде примарне енергије спроведено у складу са упутствима из приручника будући да правилник [7] обухвата само 13 мера, од којих се само једна односи на податке о уштедама примарне енергије.* Уколико су Програмом предвиђене неке друге мере унапређења енергетске ефикасности које нису обухваћене мерама предвиђеним у правилнику [7], на то треба посебно указати, односно треба навести да *су приликом прорачуна уштеда енергије по појединим мерама унапређења енергетске ефикасности и евентуалним коришћењем ОИЕ коришћене препоруке и упутства из Приручника,* односно треба именовати примењене методологије.*

### **III Општи подаци о обвезнику**

У овом поглављу треба навести опште податке који описују обвезнику СЕМ-а. Ту се пре свега мисли на:

- 1) Назив обвезника система;
- 2) Основне податке о обвезнику система и категорији обвезника (привредно друштво, установе које обављају делатности у области образовања, науке, културе, здравствене заштите или предузећа као јавне службе);
- 3) Списак локација или објеката обвезника СЕМ-а (са подацима о називу локације, адреси, шифром и називом претежне делатности или у случају објекта називу локације и адреси и његову намену: пословне зграде; тржни центри; објекти образовних институција: вртићи, основне школе, средње школе, специјалне школе; објекти здравствених институција; здравствени центри; домови здравља, клинике, болнице, стационари; објекти колективног смештаја: домови за стара лица, студентски и ученички домови, домови за незбринуту децу; објекти институција културе: домови културе; биоскопи, позоришта, музеји; спортски објекти: спортски центри, базени отворени, базени затворени, спортске хале, стадиони, клизалишта, административни

објекти: зграде управе општинске/градске/државне; објекти јавног саобраћаја: аутобуске станице; железничке станице, аеродроми, угоститељски објекти: хотели, одмаралишта, бање, кухиње, ресторани;

- 4) За сваку локацију или објекат основне податке о начину снабдевања енергијом (гасовод, топловод, електро-мрежа и сл.) и енергентима;
- 5) описне податке о структури и стању зграда и објеката;
- 6) посебно треба описати и дати податке о успостављеној организационој структури енергетског менаџмента, спроведеним активностима, мерама и пројектима повећања ЕЕ и коришћења ОИЕ.

#### ***IV Опис примењених методологија***

У овом делу потребно је укратко описати методологију која је коришћена за одређивање потрошње енергије, као и методологију која је коришћена да би се израчунала планирана уштеда енергије.

Другим речима, потребно је навести да је *енергетски биланс, односно процена годишњих енергетских потреба спроведена у складу са ЕУРОСТАТ методологијом, приручником и Упутствима за израду енергетског биланса у општинама [8]*. Затим је потребно навести да је *за прорачун уштеда енергије по појединим мерама унапређења енергетске ефикасности коришћена методологија прописана правилником о методологији за праћење, проверу и оцену ефеката спровођења НАПЕЕ РС [9], односно методологија за израчунавање уштеда која је развијена у складу са препорукама Европске комисије [2] и препорукама „EMEEES” пројекта [3]*. Поред тога, потребно је указати на то да је *претварање уштеда финалне у уштеде примарне енергије извршено у складу са упутствима у приручнику будући да Правилник обухвата само 13 мера, од којих се само једна односи на податке о уштедама примарне енергије*. Како ће Програмом бити предвиђене неке друге мере унапређења енергетске ефикасности које нису обухваћене кроз ових 13 мера, њих посебно треба назначити, односно треба навести да су *за прорачун уштеда енергије по појединим мерама унапређења енергетске ефикасности или евентуалним коришћењем ОИЕ, коришћене препоруке и упутства у Приручнику, односно именовати примењене методологије*.

Такође треба навести да је *за процену енергетских својстава зграда коришћена методологија прописана Правилником о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетском својствима зграда која је интегрисана у ИСЕМ, а да је за остале објекте процена енергетских својстава, као и предлог мера и активности којима ће се обезбедити ефикасно коришћење енергије извршена у складу са препорукама из Приручника*.

Уколико су неки од прорачуна било финалне било примарне потрошње енергије извршени по методологији прописаној неким другим стандардом, потребно је посебно навести назив и извор примењене методологије.

Потребно је посебно назначити све податке о потрошњи који су непосредно преузети од ЈС, ЈКП и ЈП и других енергетских субјеката.

## ***V Преглед и процена годишњих енергетских потреба обвезника СЕМ-а (енергетски биланс)***

### ***V-1 Енергетски биланс***

Енергетски биланс обвезника СЕМ-а представља скуп података којим се приказују подаци о купљеној, утрошеној, трансформисаној и евентуално продатој енергији, као и структура потрошње финалне енергије на свакој локацији односно сваком објекту обвезника СЕМ-а.

Утврђивање базног енергетског биланса представља полазну основу за праћење успешности спровођења Програма ЕЕ и вредновање његовог исхода, једноставним упоређивањем новонасталог и полазног стања. Због тога је у овом делу потребно приказати енергетски биланс, односно процену годишњих енергетских потреба сваке локације односно сваког објекта обвезника СЕМ-а.

Због боље прегледности, препоручује се да се у виду шема најпре прикажу границе обухвата биланса (локација и објекта) и токова енергије са постојећом енергетском инфраструктуром, као и евентуални графички приказ производње и потрошње енергије из ОИЕ.

Затим треба табеларно приказати енергетски биланс објеката, а уз њега дати и графички приказ удела трошкова за набавку енергената, затим удела карактеристичних енергената у укупној потрошњи примарне енергије, приказ удела енергената и воде у укупним трошковима и потрошње топлотне и електричне енергије и воде у претходним годинама.

### ***V-2 Потрошња финалне енергије***

Будући да се обавезе, план и остварени резултати уштеда енергије у складу са Директивом о ЕЕ приказују у облику финалне енергије, енергетски биланс обвезника СЕМ-а треба представити и у овом формату и то за сваку локацију, односно објекат.

Сваки биланс је потребно представити у виду дијаграма и табела у којима ће потрошња енергије у референтној години бити приказана у процентуалним и апсолутним вредностима енергије. Поред тога, пожељно је у неколико реченица прокоментарисати приказане податке, а на основу њих и стање енергетског сектора.

## ***VI Анализа стања потрошње енергије***

Да би било могуће извршити анализу потрошње енергије, најпре треба прикупити и систематизовати податке о томе ко, где, колико и када користи поједине врсте енергената или енергије, колики су трошкови настали коришћењем тих енергената или енергије, као и одредити одговарајуће енергетске индикаторе. Анализа потрошње енергије се спроводи на основу ових података, поређењем вредности индикатора али и других параметара са референтним вредностима.

Анализу потрошње енергије треба приказати најпре збирно за Обвезника и посебно за сваку локацију, односно објекат.

Збирно стање потрошње енергије обвезника СЕМ-а најбоље је приказати давањем прегледа промене индикатора енергетске ефикасности у последњих неколико година за које постоје релевантни подаци.

Податке треба приказати **и табеларно** (пет засебних табела, које треба дати у Прилогу од којих само последњу, пету, треба приказати у основном тексту).

**Прва табела** треба да садржи следеће податке:

- 1) назив и адресу установе,
- 2) категорију,
- 3) поткатегорију,
- 4) годину изградње,
- 5) годину последње значајне реконструкције,
- 6) пројектовани број корисника (капацитет),
- 7) број сталних корисника (по могућности у неколико последњих година),
- 8) број привремених корисника (по могућности у неколико последњих година),
- 9) укупну површину зграде,
- 10) грејану површину зграде,
- 11) укупну запремину зграде,
- 12) грејану запремину зграде,
- 13) начин грејања, односно хлађења (енергија, гориво, технички систем са годином изградње),
  - 13.1) процену радног оптерећења
  - 13.2) ефикасност
- 14) годишњу потрошњу и трошкове (по могућности у неколико последњих година)
  - 14.1) електричне енергије [kWh, EUR]
  - 14.2) енергије за грејање (за системе даљинског грејања – количине топлоте [kWh, EUR], а за остала горива: гас, мазут, угаљ, огревно дрво итд. износе у одговарајућим јединицама за количину [m<sup>3</sup>, t, EUR] и прерачунате вредности изражене у енергији [kWh],
- 15) емисије CO<sub>2</sub> услед потрошње
  - 15.1) електричне енергије
  - 15.2) осталих енергената
  - 15.3) укупне емисије.

**Друга табела** треба да садржи податке о енергетским индикаторима, у зависности од намене објекта, као што су:

- годишња потрошња електричне енергије сведена на m<sup>2</sup> објекта [kWh/m<sup>2</sup>],
- годишња потрошња електричне енергије сведена на једног корисника,

[kWh/кориснику],

- годишња потрошња енергије за грејање/хлађење сведена на  $m^3$  грејаног/хлађеног дела објекта [kWh/ $m^3$ ],
- годишња потрошња енергије за грејање/хлађење сведена на  $m^2$  грејаног/хлађеног дела објекта [kWh/ $m^2$ ],
- годишња потрошња енергије за грејање/хлађење сведена на једног корисника, [kWh/кориснику],

**Трећа табела** треба да садржи податке о економским индикаторима везаним за утрошену енергију, у зависности од намене објекта, као што су:

- годишњи трошкови електричне енергије сведени на  $m^2$  објекта [EUR/ $m^2$ ],
- годишњи трошкови електричне енергије сведени на једног корисника [EUR/кориснику],
- годишњи трошкови енергије за грејање/хлађење сведени на  $m^3$  грејаног/хлађеног дела објекта [EUR/ $m^3$ ],
- годишњи трошкови енергије за грејање/хлађење сведени на  $m^2$  грејаног/хлађеног дела објекта [EUR/ $m^2$ ],
- годишњи трошкови енергије за грејање/хлађење сведени на једног корисника, [EUR/кориснику],

**Четврта табела** треба да садржи податке о:

- годишњој потрошњи и трошковима (по могућности у неколико последњих година) воде [ $m^3$ , EUR],
- техничким индикаторима потрошње воде - годишња потрошња воде сведена на једног корисника [ $m^3$ /кориснику],
- економским индикаторима за утрошену воду - годишњи трошкови воде сведени на једног корисника [EUR/кориснику].

**Пета табела** треба да садржи основне закључке о енергетском стању сваког објекта, који следе из анализе података из претходних табела, као и информације о будућим плановима коришћења.

## ***VII Предлог мера и активности за ефикасно коришћење енергије***

У овом делу Програма ЕЕ потребно је представити конкретне мере, односно пројекте који ће допринети ефикаснијем коришћењу енергије. Процена уштеда енергије и одговарајућих финансијских ефеката остварених спровођењем предложених мера предмет је VIII дела овог Програма.

Будући да су у НАПЕЕ РС предложене и класификоване мере које је потребно спровести да би се остварио планирани циљ уштеде финалне енергије, као и да овај Програм треба да буде потпуно у складу са овим акционим планом, потребно је и да предложене мере буду

усклађене са онима наведеним у НАПЕЕ РС, како по називу и ознаци, тако и по формату. Притом, за сваку од предложених мера треба навести:

- 1) Назив мере,
- 2) Референтну ознаку мере, а у складу са НАПЕЕ РС
- 3) Опис мере
  - 3.1) Категорија
  - 3.2) Временски оквир – почетак примене мере,
  - 3.3) Циљ/кратак опис
  - 3.4) Ниво примене (сви објекти, један објекат, део објекта, локално - уређај)
- 4) Информације о спровођењу
  - 4.1) Попис и опис активности за спровођење мере
  - 4.2) Буџет и финансијски извори
  - 4.3) Институције задужене за спровођење активности у оквиру мере
  - 4.4) Институција задужена за надзор
- 5) Метод праћења/мерања постигнутих уштеда
- 6) Очекиване уштеде
  - 6.1) у првој години имплементације
  - 6.2) у периоду од 2017. до 2019.
  - 6.3) до 2020.
- 7) Претпоставке
- 8) Преклапања, мултиплициране ефекте и синергију.

Уколико неке мере предвиђене Програмом ЕЕ нису прописане у НАПЕЕ РС, то треба посебно нагласити, а предложене мере описати на исти начин као и оне предвиђене НАПЕЕ РС.

У оквиру овог дела је пожељно табеларно приказати сумарни приказ предложених мера, потребних финансијских средстава за њихово спровођење и очекиване уштеде.

Такође, пожељно је предложене мере енергетске ефикасности рангирати по критеријум нивоа улагања:

1. мере без улагања или са ниским нивоом улагања,
2. мере које захтевају средњи ниво улагања и
3. мере које захтевају капитална улагања.

што ће помоћи да се одреди и динамика њихове реализације.



### **VIII Прорачун уштеде енергије**

За сваку предложену меру за унапређење енергетске ефикасности потребно је извршити прорачун уштеда енергије. Уколико нека од предвиђених мера припада мерама обухваћених Правилником о методологији за праћење, проверу и оцену ефеката спровођења НАПЕЕ РС [9], за прорачун уштеде енергије треба користити методологију прописану овим Правилником.

Правилником је обухваћено следећих 13 појединачних мера ЕЕ:

1. Замена извора светлости у спољашњем осветљењу (ОПГ1).
2. Замена или уградња система осветљења у новим или постојећим стамбеним зградама (ОПГ2).
3. Замена или побољшање система или уградња новог система осветљења или дела компоненти осветљења у новим или постојећим комерцијалним и зградама јавно-услужног сектора (ОПГ3).
4. Реконструкција топлотне изолације одређених делова грађевинског омотача (зидови, кровови, таванице, темељи и сл.) и/или замена прозора у постојећим стамбеним, комерцијалним и зградама јавно-услужног сектора (ОПГ4).
5. Реконструкција грађевинског омотача и система за грејање у постојећим стамбеним, комерцијалним и зградама јавно-услужног сектора (ОПГ5).
6. Замена опреме за грејање у постојећим стамбеним, комерцијалним и зградама јавно-услужног сектора (ОПГ6).
7. Увођење нове грађевинске регулативе за нове стамбене, комерцијалне и зграде јавно-услужног сектора (ОПГ7).
8. Замена или уградња нове опреме за грејање воде у постојећим стамбеним, комерцијалним и зградама јавно-услужног сектора (ОПГ8)
9. Прикључак на систем даљинског грејања нове или постојеће стамбене, комерцијалне и зграде јавно-услужног сектора (ОПГ9)
10. Уградња или замена уређаја за климатизацију номиналне снаге мање од 12 kW у новим и постојећим стамбеним, комерцијалним и зградама јавно-услужног сектора (ОПГ10)
11. Уградња соларног система за грејање потрошне санитарне воде у новим и постојећим стамбеним, комерцијалним и зградама јавно-услужног сектора (ОПГ11)
12. Уштеда примарне енергије из постројења за комбиновану производњу топлотне и електричне енергије (ОПГ12)
13. Замена возног парка (ОПГ13)

Будући да се процена уштеде енергије применом ових мера спроводи помоћу припремљених *excel* табела, доступних на сајту Министарства рударства и енергетике, за сваку предложену меру потребно је извршити прорачун, а комплетну одштапану табелу поднети у прилогу уз овај документ, док је у овом делу потребно приказати само њен извод са основним улазним и

излазним подацима прорачуна.

Саму методологију, типа „одоздо према горе“ (ОПГ), чине математички изрази и референтне вредности које се дефинишу за сваку појединачну меру ЕЕ. Прорачунски метод ОПГ подразумева да се уштеде енергије добијене применом појединачне мере ЕЕ изражене у [kWh], [J] или [kg toe] додају уштедама енергије оствареним применом других мера ЕЕ. Овом се методологијом добија увид у остварене резултате на нивоу појединачне мере ЕЕ или пакета мера ЕЕ. У случају примене више мера ЕЕ у једном пројекту, укупна уштеда енергије израчунава се сабирањем уштеда израчунатих на нивоу примењених појединачних мера ЕЕ, односно на следећи начин:

$$\text{Укупна уштеде енергије} = \sum \text{уштеда енергије сваке мере}$$

Прорачун јединичних уштеда финалне енергије (енг. *Unit Final Energy Savings* - UFES) изражава се у јединици релевантној за разматрану меру ЕЕ (најчешће јединице су [kWh] или [kWh/m<sup>2</sup>]). Укупне уштеде финалне енергије остварене у непосредној потрошњи (енг. *Final Energy Savings* - FES) израчунавају се множењем вредности UFES вредношћу релевантног фактора утицаја у разматраном периоду и сабирањем свих појединачних резултата који су остварени у оквиру неке мере ЕЕ. Израчунавање UFES заснива се на разлици у специфичној потрошњи енергије „пре“ и „после“ спровођења мере ЕЕ. Уколико вредност потрошње енергије „пре“ спровођења мере није позната за конкретну меру, користе се препоручене вредности наведене у Прилогу 3 овог Правилника [9]. Приликом оцењивања доприноса који спроведене мере ЕЕ дају остваривању националног циља уштеде енергије узима се у обзир век трајања мера ЕЕ.

Уколико нека од предвиђених мера није обухваћена Правилником о методологији за праћење, проверу и оцену ефеката спровођења НАПЕЕ РС [9], за прорачун уштеде енергије треба користити неку другу општеприхваћену методу. У том случају за економску анализу мере ЕЕ треба користити и методе описне у поглављу 12 овог Приручника.

### ***IX Начин праћења спровођења Програма***

У овом делу потребно је само навести да је *праћење извршења Програма ЕЕ, те правовремено извештавање о спроведеним мерама и активностима важан сегмент спровођења НАПЕЕ РС. Значај спровођења и праћења уштеда енергије препознат је и у Закону о ефикасном коришћењу енергије, у којем је у члану 9. прописано да је министарство надлежно за послове енергетике одговорно за спровођење и контролу спровођења акционог плана у целини, као и да прати, врши проверу и оцену уштеда енергије остварених реализацијом акционог плана. Ово Министарство прати, врши проверу и оцену уштеда енергије у складу са Правилником о начину и роковима достављања података неопходних за праћење спровођења акционог плана за енергетску ефикасност у Републици Србији и методологији за праћење, проверу и оцену ефеката његовог спровођења (Сл. гласник РС, бр. 37/15).*

## ***X Извори финансирања и финансијски механизми за спровођење мера***

У овом делу потребно је навести и описати све изворе финансирања и финансијске механизме које обвезник планира да искористи ради спровођења планираних мера и пројеката ЕЕ.

Извори финансирања могу бити обухватати буџет обвезника, Буџетски фонд за ЕЕ РС, различити фондови Европске уније, кредитне линије Европске банке за обнову и развој, Европске инвестиционе банке, KfW банке, комерцијалних банака и друге међународне и домаће финансијске институције и организације (UNDP, SECO итд.). Мере ЕЕ такође могу финансирати ESCO компаније, различити фондови (Глобални фонд за животну средину - GEF, *Green for Growth Fund* итд.), као и донатора.

За сваки извор финансирања потребно је навести намену средстава, предвиђене потенцијалне кориснике, износ расположивих средстава, услове њиховог коришћења и услове финансирања (каматна стопа, почетак отплате, рок отплате итд.).

У случају да се планира јавно-приватно партнерство за енергетске услуге (уговарање снабдевања енергијом, уговарање учинка итд.), потребно је описати пројекат, процењену вредност инвестиције, процењену дужину трајања уговора, статус пројекта у поступку одобравања од стране Комисије за јавно-приватно партнерство итд.

## ***XI Извештај о спровођењу Програма у претходном периоду***

У овом делу потребно је приказати степен реализације пројеката предвиђених претходним Програмом ЕЕ и учинке планираних и спроведених мера ЕЕ. То се, пре свега, односи на обим реализованих инвестиција, остварене уштеде енергије (изражене у физичким јединицама и апсолутним вредностима) или смањење утrophка енергије (изражено као однос и то у %), смањење специфичне потрошње енергије (нпр. kWh/m<sup>2</sup> површине зграде или kWh/станару), смањење емисија GHG (изражено у физичким јединицама и апсолутним вредностима t CO<sub>2</sub> или као проценат).

## ***XII Закључак***

У закључку треба констатовати да су у овом *Програму ЕЕ приказани резултати спроведене анализе потрошње енергије обвезника СЕМ-а и да су у оквиру њега предложене мере повећања енергетске ефикасности и уштеда енергије, које ће у наредном трогодишњем периоду бити спроведене, а које ће омогућити да се оствари годишња уштеда енергије прописана НАПЕЕ РС [7], односно Уредбом о годишњим циљевима уштеде енергије обвезника СЕМ [4]*

*Поред прорачуна уштеда енергије сваке од мера, који је извршен у складу са правилником којим се уређује праћење спровођења НАПЕЕ РС и методологија за праћење, проверу и оцену ефеката његовог спровођења [3], извршена је и процена потребних финансијских средстава и утврђени су извори финансирања, односно финансијски механизми за спровођење сваке предложене мере.*

*Начин праћења извршења Програма ЕЕ и извештавање о његовој реализацији одређен је Законом о ефикасном коришћењу енергије и досадашњом праксом извештавања министарства надлежног за послове енергетике о спроведеним мерама и активностима*

## ЕЕ.

Поред тога, потребно је навести износ укупних финансијских средстава потребних за спровођење Програма ЕЕ, као и износ средстава из буџета обвезника која ће бити употребљена за спровођење планираних мера ЕЕ. Потребно је навести и друге изворе финансирања, ако постоје.

Потребно је навести и колики је планирани циљ уштеда финалне, односно примарне енергије који треба остварити у наредном трогодишњем периоду. Планирану динамику реализације овог циља потребно је табеларно приказати за сваку годину у физичким и процентуалним износима.

## Литература

- [1] Закон о ефикасном коришћењу енергије, Сл. гласник РС, бр. 25/13
- [2] Министарство инфраструктуре и енергетике Републике Србије: Припрема развој методологије "одозго према горе" за мониторинг и верификацију, Пројекат "Capacity Building for Monitoring, Verification and Evaluation (M&V&E System) of the Energy Efficiency Policy in SEE Countries in Terms of the EU Accession Process", GIZ, 2011
- [3] Evaluation and Monitoring for the EU Directive on Energy End-Use and Services, Results and Recommendations, Wuppertal Institute, 2009
- [4] Уредба о утврђивању граничних вредности годишње потрошње енергије на основу којих се одређује која привредна друштва су обвезници система енергетског менаџмента, годишњих циљева уштеде енергије и обрасца пријаве о оствареној потрошњи енергије, Сл. гласник РС, бр. 18/16
- [5] Стратегија развоја енергетике Републике Србије до 2025. године са пројекцијама до 2030. године, Сл. гласник РС, бр. 101/15
- [6] Програм остваривања Стратегије развоја енергетике Републике Србије до 2015. године за период од 2007. до 2012. године, Влада Републике Србије, 2007.
- [7] Трећи акциони план за енергетску ефикасност Републике Србије за период до 2018. године, Сл. гласник РС, бр. 1/17
- [8] Карамарковић В, Рамић Б, Стаменић М, Матејић М, Ђукановић Д, Стефановић М, Карамарковић Р, Јеротић С, Гордић Д, Стојиљковић М и Кљајић М: Упутство за израду енергетског биланса у општинама, Министарство рударства и енергетике, Београд, 2007.
- [9] Правилник о начину и роковима достављања података неопходних за праћење спровођења Акционог плана за енергетску ефикасност у Републици Србији и методологији за праћење, проверу и оцену ефеката његовог спровођења, Сл. гласник РС, бр. 37/15
- [10] Правилник о енергетској ефикасности зграда, Сл. гласник РС, бр. 61/11