УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
АРХИТЕКТОНСКИ ФАКУЛТЕТ

Мирјана Милетић

ОПТИМИЗАЦИЈА ЕНЕРГЕТСКИХ ПЕРФОРМАНСИ У ПРОЦЕСИМА САНАЦИЈЕ УНИВЕРЗАЛНИХ СПОРТСКИХ ДВОРАНА ИЗГРАЂЕНИХ У БЕОГРАДУ У ПЕРИОДУ ОД 1960. ДО 1980. ГОДИНЕ

Докторска дисертација

Београд, 2019.

UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF ARCHITECTURE

Mirjana Miletić

ENERGY OPTIMIZATION IN THE PROCESS OF REFURBISHMENT OF UNIVERSAL SPORT HALLS BUILT IN BELGRADE FROM 1960-1980

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2019

Ментор:

Александра Крстић-Фурунџић, редовни професор

Универзитет у Београду, Архитектонски факултет

Чланови комисије:

Јелена Ивановић-Шекуларац, редовни професор

Универзитет у Београду, Архитектонски факултет

Александар Ристовски, ванредни професор

Универзитет у Приштини, Факултет техничких наука

Милан Ђорђевић, доцент

Универзитет у Приштини, Факултет техничких наука

Будимир Судимац, доцент

Универзитет у Београду, Архитектонски факултет

Датум одбране:

ИЗЈАВА ЗАХВАЛНОСТИ

Ова дисертација је резултат дугогодишњег истраживања и сарадње са експертима из области спортских објеката и енергетске ефикасности, енергетског моделовања и биоклиматског пројектовања.

Дубоку захвалност дугујем свом ментору, проф. др Александри Крстић-Фурунџић, на сугестијама, конструктивним смерницама и уложеном раду и труду у току овог истраживања.

Најискреније се захваљујем доц. др Милану Ђорђевићу на драгоценим саветима који су допринели стварању овог рада.

Захвалност дугујем и проф. др Јелени Ивановић-Шекуларац и доц. др Будимиру Судимцу, као и господину Ранку Божовићу на посвећеном времену и конструктивним коментарима у току истраживања.

Захваљујем се и проф. др Небојши Арсићу, проф. др Александру Ристовском и Весни Мулић на сугестијама.

Велику захвалност на разумевању, стрпљењу и подршци дугујем свом супругу.

Најзад, желим најискреније да се захвалим на стрпљењу, неизмерној инспирацији и подстреку својим ћеркама Јани, Андреи и Милани.

ОПТИМИЗАЦИЈА ЕНЕРГЕТСКИХ ПЕРФОРМАНСИ У ПРОЦЕСИМА САНАЦИЈЕ УНИВЕРЗАЛНИХ СПОРТСКИХ ДВОРАНА ИЗГРАЂЕНИХ У БЕОГРАДУ У ПЕРИОДУ ОД 1960. ДО 1980. ГОДИНЕ

Апстракт

У прегледу стручних, научних радова у области енергетске ефикасности закључено је да се многа истраживања односе углавном на стамбене објекте. И поред настојања државе и стручне јавности да се ситуација унапреди у том контексту на терену и даље нису приметни значајни помаци. У Србији до данас не постоје истраживања која би детаљно дала анализу енергетских перформанси спортских објеката у експлоатацији. Део овог рада је управо анализа енергетске ефикасности значајне групе спортских објеката-универзалних спортских дворана одређеног капацитета у оквиру спортских центара које су најзаступљеније на подручју Београда и у Србији.

Основно истраживачко питање је које мере се могу предузети како би се ови објекти унапредили у енергетском смислу. Истраживањем треба дати основне смернице за мере унапређења коришћења топлотно изолационих материјала на термичком омотачу објекта као и примене пасивних мера.

Предмет истраживања докторске дисертације је испитивање стратегија, техника и могућности за остваривање оптимизације енергетских перформанси у процесима санације универзалних спортских дворана у спортским центрима као и теоријска и аналитичка провера подобности различитих примењених мера у складу са постојећим прописима и прописаним условима комфора за ову врсту објеката.

Резултати овог истраживања могу наћи директну примену у санацији спортских објеката у циљу остваривања енергетске уштеде уз услов минимизирања интервенција, дакле имајући у виду исплативост предложених мера унапређења што представља предлог за нека даља истраживања. Резултати имају практичну примену јер су истражене мере унапређења у циљу енергетске оптимизације постојећих спортских објеката и представљају реалну ситуацију.

Кроз рачунарске симулације понашања референтних модела поред појединачних и пакета мера унапређења, приказаних кроз усвојену методологију, анализиране су и опције интеграције система одрживе енергије. За симулације примене пасивних и активних стратегија коришћен је софтверски пакет IES VE Integrated Environmental Solutions Virtual Environment.

Кључне речи: енергетска санација, пасивне и активне стратегије унапређења, комфор, спортски објекти

Научна област: Архитектура и урбанизам

УДК број: 725.85:620.9(497.11)"1960/1980"(043.3)

ENERGY OPTIMIZATION IN THE PROCESS OF REFURBISHMENT OF UNIVERSAL SPORT HALLS BUILT IN BELGRADE FROM 1960-1980

Abstract

It's been concluded that all of the research related with the energy efficiency is mostly done for residential buildings. Even besides the efforts of the state and public to improve situation in that sense there have not been some significant progresses. In Serbia, there are no researches to give detailed analyses of energy performances of sport buildings. Part of this paper is analysing of energy efficiency of significant group of sports buildings, universal sport halls within the sports centres that are the most represented in Belgrade and Serbia.

Basic research question is which extent in improvement we should take to improve these facilities. Research should give basic directions for improvement measures of thermal insulation materials and use of passive features.

Subject of the research of this doctoral thesis is checking of possibility, strategies and techniques to achieve energy optimization in the processes of refurbishment of universal sport halls in sport

centres as well theoretical and analytical audit of quality of each implemented measure according to the existing rules and defined comfort conditions.
Results of this research can find direct implementation in refurbishment of sports facilities in the aim of achieving energy saving by minimizing interventions. Results can have practical use because of implementation of the measures that present realistic situation.
Computer simulations were used to present behaviour of reference models. Beside the implementation of individual and package of measures, by specific methodology, analyses of use of integrated systems of sustainable energy were investigated. Software package IES VE Integrated Environmental Solutions Virtual Environment is used for analysis of implementation of mentioned passive and active features.

Key words: energy refurbishment, passive and active strategies of improvement, comfort, sport buildings

Scientific area: Architecture and Urbanism

УДК број: 725.85:620.9(497.11)"1960/1980"(043.3)

САДРЖАЈ

СКРАЋЕНИЦЕ, ОЗНАКЕ И СИМБОЛИ ..... **X**

ОБЈАШЊЕЊЕ ПОЈМОВА ..... **XIII**

ПОПИС СЛИКА И ТАБЕЛА ..... **XVI**

1. УВОДНО ОБРАЗЛОЖЕЊЕ **1**

1.1. Повод и актуелност теме 1

1.2. Проблем и предмет истраживања 3

1.3. Научни циљ истраживања 5

1.4. Задаци истраживања 6

1.5. Полазне хипотезе 7

1.6. Научне методе истраживања 8

1.7. Научна оправданост дисертације, очекивани резултати и практична примена резултата 9

1.8. Критички осврт и ограничења у истраживању 11

1.9. Преглед садржаја дисертације 12

2. УЛАЗНИ ПАРАМЕТРИ ИСТРАЖИВАЊА **14**

2.1. Климатске карактеристике подручја у коме се налазе објекти 14

2.1.1. Климатски подаци меродавни за израду студије оптимизације енергетских перформанси спортских објеката на подручју Београда *16*

2.2. Преглед законске регулативе, правилника и стандарда у области енергетске ефикасности и спортских објеката 17

2.2.1. Инострани стандарди и регулатива о енергетској ефикасности и категоризацији спортских објеката *18*

2.2.2. Иностранa документација, правилници и водичи у области енергетске ефикасности и енергетске санације спортских објеката *22*

2.2.3. Законска регулатива у Републици Србији у погледу енергетске ефикасности *26*

2.2.4. Законска регулатива у Србији везано за енергетску ефикасност и категоризацију спортских објеката *30*

2.3. Анализа услова комфора за спортске објекте 35

2.3.1. Термички комфор *41*

2.3.1.1. Фактори који утичу на термички комфор 43

2.3.1.2. Прилагодљив комфор *(adaptive component)* 44

2.3.2. Хигијенски комфор *46*

2.3.2.1. Количина свежег ваздуха 48

2.3.2.2. Квалитет ваздуха 49

2.3.2.3. Принудна и природна вентилација 52

2.3.3. Звучни комфор *57*

2.3.4. Визуелни комфор *60*
2.3.4.1. Природно осветљење 61
2.3.4.2. Препоруке за осветљење спортских објеката 65
2.4. Структурални и технички елементи универзалних спортских дворана који могу утицати на енергетску оптимизацију 68
2.4.1. Пасивни системи са акцентом на природне потенцијале вентилирања, темперирања и осветљавања простора *71*
2.4.2. Активни системи и обновљиви извори енергије *73*
2.4.3. Термотехнички системи *78*
3. ПРЕГЛЕД ПОСТОЈЕЋИХ КОНЦЕПАТА И ТЕХНИКА ЗА ЕНЕРГЕТСКУ ОПТИМИЗАЦИЈУ У ПРОЦЕСИМА САНАЦИЈЕ СПОРТСКИХ ОБЈЕКАТА 83
3.1. Примери нових енергетски ефикасних универзалних спортских дворана 86
3.1.1. Спортска хала у Лаквили (L' Aquila) *86*
3.1.2. Спортска дворана Пољопривредног факултета у Кракову (Sports Hall of Cracow University of Agriculture) *87*
3.2. Примери енергетске санације универзалних спортских дворана 89
3.2.1. Примери енергетске санације спортских објеката применом пасивних и активних система приказаних кроз студије случаја у Европи *89*
3.2.2. Енергетска санација спортских објеката унапређењем термотехничких система приказана кроз студије случаја у Европи *94*
4. СПОРТСКИ ОБЈЕКТИ У БЕОГРАДУ ИЗГРАЂЕНИ 1960-1980. ГОДИНЕ 98
4.1. Кратак историјат настанка спортских објеката 98
4.2. Дефиниција спортских објеката 100
4.2.1. Спортско- рекреативни центри и спортске дворане *100*
4.2.2. Програмски садржај спортских дворана *102*
4.3. Типологија и категоризација спортских објеката 106
4.3.1. Типологија спортских објеката са аспекта форме (Архитектонски облик спортских објеката) *108*
4.3.2. Категоризација спортских објеката у Србији на основу законске регулативе *110*
4.4. Типологија спортских објеката по питању енергетских перформанси 111
4.5. Спортско-рекреативни центри и дворане у Београду 120
4.5.1. Основне карактеристике универзалних спортских дворана на подручју Београда значајне за енергетску оптимизацију *122*
5. МЕТОДОЛОГИЈА ОПТИМИЗАЦИЈЕ МЕРА ПРИЛИКОМ ЕНЕРГЕТСКЕ САНАЦИЈЕ УНИВЕРЗАЛНИХ СПОРТСКИХ ДВОРАНА 129
5.1. Планирање унапређења и оптимизација енергетских перформанси 129

5.2. ПРЕГЛЕД ФИЗИЧКИХ И ТЕРМИЧКИХ КАРАКТЕРИСТИКА 134
5.2.1. Основни параметри за дефинисање појединачних мера унапређења приликом санације спортских објеката 136
5.2.2. Физичке и термичке карактеристике објеката који се анализирају у енергетском смислу и утврђивање енергетског разреда 139
5.3. МЕТОДОЛОГИЈА УНАПРЕЂЕЊА РЕФЕРЕНТНИХ МОДЕЛА 143
6. ОПТИМИЗАЦИЈА ЕНЕРГЕТСКИХ ПЕРФОРМАНСИ ПРИЛИКОМ САНАЦИЈЕ РЕПРЕЗЕНТАТИВНИХ МОДЕЛА СПОРТСКИХ ОБЈЕКАТА ИЗГРАЂЕНИХ У ПЕРИОДУ ОД 1960. ДО 1980. ГОДИНЕ 147
6.1. КРИТЕРИЈУМИ ЗА ОДАБИР РЕФЕРЕНТНИХ МОДЕЛА 147
6.2. АНАЛИЗА ПОСТОЈЕЋЕГ СТАЊА РЕФЕРЕНТНИХ МОДЕЛА 150
6.2.1. Анализа композиције основе Центра за културу и спорт Шумице СЦ1 150
6.2.2. Анализа композиције основе Спортског центра Вождовац, СЦ2 153
6.2.3. Основне карактеристике Центра за културу и спорт Шумице (СЦ1) и Спортског центра Вождовац (СЦ2) значајне за енергетску оптимизацију 156
6.2.4. Идентификација елемената термичког омотача модела СЦ1 и СЦ2 159
6.2.5. Динамичке симулације објеката СЦ1 И СЦ2 172
6.2.5.1. Енергетски разреди модела СЦ1 и СЦ2 174
6.2.5.2. Постојећи услови комфора модела СЦ1 177
6.2.5.3. Постојећи услови комфора модела СЦ2 188
6.2.5.4. Упоредни приказ и дискусија добијених резултата услова комфора постојећег стања за дефинисане просторе модела СЦ1 и СЦ2 196
6.3. ДЕФИНИСАЊЕ ПОЈЕДИНАЧНИХ И ПАКЕТА МЕРА ЗА ИДЕНТИФИКОВАНЕ ЕЛЕМЕНТЕ ТЕРМИЧКОГ ОМОТАЧА ЗА МОДЕЛЕ СЦ1 И СЦ2- КРЕИРАЊЕ СЦЕНАРИЈА УНАПРЕЂЕЊА 198
6.3.1. Модел СЦ1 201
6.3.1.1. Примена пасивних мера унапређења 201
6.3.1.2. Оцена комфора након примене дефинисаних сценарија 217
6.3.1.3. Унапређење термотехничких система 223
6.3.1.4. Интеграција обновљивих извора енергије 227
6.3.2. Модел СЦ2 230
6.3.2.1. Примена пасивних мера унапређења 230
6.3.2.2. Оцена комфора након примене дефинисаних сценарија 245
6.3.2.3. Унапређење термотехничких система 250
6.3.2.4. Интеграција обновљивих извора енергије 254
СЦЕНАРИО СА 254
6.4. УПОРЕДНА АНАЛИЗА ОСТВАРЕНИХ РЕЗУЛТАТА ОПТИМИЗАЦИЈЕ ЕНЕРГЕТСКИХ ПЕРФОРМАНСИ ПРИЛИКОМ САНАЦИЈЕ МОДЕЛА СЦ1 И СЦ2 256
7. ЗАКЉУЧНА РАЗМАТРАЊА 263

7.1. Препоруке и правци даљих истраживања 269

ЛИТЕРАТУРА И ИЗВОРИ 271

ПРИЛОГ 1: КЛИМА У СРБИЈИ 285

ПРИЛОГ 2: ВАЗДУШНИ КОМФОР 289

ПРИЛОГ 3: ПАСИВНИ СОЛАРНИ СИСТЕМИ И ЗЕЛЕНИ ЗИДОВИ 292

ПРИЛОГ 4: ШЕМАТСКИ ПРИКАЗ СПОРТСКЕ ДВОРАНЕ 301

ПРИЛОГ 5: УПИТНИК ЗА КОРИСНИКЕ СЦ 303

ПРИЛОГ 6: РЕЗУЛТАТИ ДИНАМИЧКИХ СИМУЛАЦИЈА ПОСТОЈЕЋЕГ СТАЊА МОДЕЛА СЦ1 И СЦ2 305

ПРИЛОГ 7: ВРЕДНОСТИ ИНДЕКСА КОМФОРА 312

ПРИЛОГ 8: ТОПЛОТНОИЗОЛАЦИОНИ МАТЕРИЈАЛИ 314

ПРИЛОГ 9: РЕЗУЛТАТИ ДИНАМИЧКИХ СИМУЛАЦИЈА НАКОН ПРИМЕНЕ ДЕФИНИСАНИХ СЦЕНАРИЈА 317

БИОГРАФИЈА ДОКТОРАНТА 321

ИЗЈАВА О ИСТОВЕТНОСТИ ШТАМПАНЕ И ЕЛЕКТРОНСКЕ ВЕРЗИЈЕ ДОКТОРСКОГ РАДА ... 330

СКРАЋЕНИЦЕ, ОЗНАКЕ И СИМБОЛИ

Скраћенице

ASHRAE	American Society of Heating, Refrigereting and Air- Conditioning Engineers
BEAM	Built Environment Analysis Model
BRECSU	Building Research Energy Conservation Support Unit
GBPN	Global Building Performance Network
GPG	Good Practice Guide
DF	Daylight Factor
EAP	Environmental Action Programme
EEBPP	Energy Efficiency Best Practice Programme
ECG	Energy Consumption Guide
EE	Енергетска ефикасност
EPBD	Energy Performance Building Directive
EPA	American Protection Agency
ESCO	Energy Service Company
EUROSTAT	Energy Yearly Statistics
IDLH	Immediately Dangerous to Life or Health
IES VE	Integrated Environmental Solutions Virtual Environment
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
ICT	Information and Communication Technologies
IWEC	International Weather for Energy Calculation
КВГ	Класификација врсте грађевина
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
ManagEnergy	Управљање енергијом
MDG	Millennium Development Goals
nZEB	Nearly Zero Energy Building level
NCM	National Calculation Methodology

OSHA	Occupational Safety and Health Administration
PV	Photovoltaic
PPD	Predicted Percentage of Dissatisfied
PMV	Predicted Mean Vote
Правилник о ЕЕ	Правилник о енергетској ефикасности зграда (Службени гласник Републике Србије, бр. 61/2011)
RA	Расхладни агрегат
TVOC	Total Volatile Compounds
USGBC	U.S. Green Building Council
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
HVAC	Heating Ventilation Air-conditioning
COP	важи за мерења по ARI и еквивалентан је EER без додатне електричне снаге
CPC	Central Product Classification, Уједињене нације
CR	Committee Report
CIBSE	Chartered Institution of Building Services Engineers

Ознаке

$Q_{H,nd}$	Годишња потребна енергија за грејање зграде [kWh/a]
$Q_{H,an}$	Специфична годишња потребна енергија за грејање [kWh/m^{2}a]
$Q_{H,nd,\ rel}$	Релативна вредност годишње потрошње финалне енергије за грејање [%]
U	Коефицијент пролаза топлоте [W/m^{2}K]
g	фактор пропустљивости сунчевог зрачења
H_{ts}	Површински трансмисиони губици
H_v	Коефицијент вентилационог губитка топлоте [W/K]
n	Број измена ваздуха [h^{-1}]
F_{xi}	Фактор корекције температуре
f_o	Фактор облика зграде [m^{-1}]
A	Површина [m^2]
V	Запремина [m^3]

t	Температура [ºC]
Q_s	Сензибилна топлота коју одају људи
Q_l	Латентна топлота одата од људи
Q_u	Укупна одата топлота као збир сензибилне и латентне топлоте
$\Theta_{H,e}$	Спољне пројектне температуре

Индекси

min	минимално
max	максимално
an	годишње
el	електрична енергија
ls	губици
V	вентилација, запремина

ОБЈАШЊЕЊЕ ПОЈМОВА

Оптимизација енергетских перформанси грађевинског фонда може се рашчланити, упркос изузетној сложености проблема, на неколико основних група питања које у суштини и одређују правце истраживања. Под енергетском оптимизацијом подразумева се могућност унификације стандарда прорачуна топлотне заштите зграда, разматрајући могућности унификације прорачуна топлотне заштите зграда, где би усвојена начела била обавезујућа за све чланове Европске уније, уз могућност додатака националних анекса који би уважавали локалне могућности али и локалне услове с обзиром на разноврсност климатских параметара. Оно што је важно напоменути је да у разматрања укупне енергетске перформансе улазе сви енергетски добици и губици који се могу јавити у неком објекту. [1]

Под концептом оптимизације зграда подразумевамо:

- максимално искоришћење расположивих природних ресурса,
- смањење интерног и екстерног топлотног и расхладног оптерећења објекта,
- повећање ефикасности свих подсистема и инсталација у објекту,
- повећање ефикасности капиталне опреме,
- унапређење и стабилизовање интерних услова комфора,
- анализа потенцијала за смањење и поновно коришћење отпадних енергија,
- анализа могућих побољшања у снабдевању свежег ваздуха,
- анализа могућности примене обновљивих извора енергије,
- детаљна анализа перформанси компонената контролног система за дате услове климе и коришћења објекта,
- анализа коришћења свих могућих релевантних синергија на објекту.[2]

---

[1]Јовановић-Поповић, М. и други (2003) *Енергетска оптимизација зграда у контексту одрживе архитектуре- део 1: Анализа структуре грађевинског фонда*, Архитектонски факултет Универзитета у Београду, стр. 25-57.

[2]Божовић, Р. (2014) Предавања, Обука за полагање стручног испита из области енергетске ефикасности зграда, Инжењерска комора Србије, Београд.

Енергетски ефикасна зграда је зграда која троши минималну количину енергије уз обезбеђење потребних услова комфора.

Енергетски разред зграде је показатељ енергетских својстава зграде. Изражен је преко релативне вредности годишње потрошње финалне енергије за грејање.

Санација је извођење грађевинских и других радова на постојећем објекту којима се врши поправка уређаја, постројења и опреме, односно замена конструктивних елемената објекта, којима се не мења спољни изглед, не утиче на безбедност суседних објеката, саобраћаја и животне средине и не утиче на заштиту природног и непокретног културног добра, евидентиране непокретности добра које ужива претходну заштиту, његове заштићене околине, осим конзерваторских и рестаураторских радова.[3] ***Енергетском санацијом*** се међутим може мењати спољни изглед уз потребне сагласности, у циљу повећања енергетске ефикасности зграде.[4]

Годишња потребна топлота за грејање зграде $Q_{H,an}$ [kWh/a] је рачунски одређена количина топлоте коју грејним системом треба довести у зграду током године не би ли се обезбедило одржавање унутрашњих пројектних температура.

Унутрашња пројектна температура је задата температура унутрашњег ваздуха за израчунавање топлотних губитака и топлотног оптерећења.

Број измена ваздуха n [h^{-1}] је часовни број измена унутрашњег ваздуха спољним ваздухом, обрачунат за запремину зграде унутар термичког омотача *V* [m].

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.

---

[3] *Закон о планирању и изградњи* „Службени гласник РС“ бр. 72/2009, члан 2.
[4] *Правилник о ЕЕ* „Службени гласник РС“ бр. 61/2011, члан 2.

Термотехнички систем зграде обухвата све потребне инсталације, постројења и опрему за климатизацију, грејање и хлађење (у даљем тексту КГХ системи) као и систем за припрему СТВ.

Темперирање Темпериран ваздух је умерено загрејан ваздух. У раду се термин користи за грејање и хлађење простора.

Фактор облика f_o је однос између површине термичког омотача зграде (спољне мере) и њиме обухваћене бруто запремине зграде.[5]

[5] *Правилник о ЕЕ* „Службени гласник РС“ бр. 61/2011, члан 2.

ПОПИС СЛИКА И ТАБЕЛА

Попис слика:

Слика 1.1. Стамбени и јавни објекти у Европи (Извор: SportE^2)

Слика 2.1. Снабдевање и одвођење ваздуха путем вентилирања, а) комбиновано, снабдевање ваздухом и одвођење у горњем делу просторије, б) као а) само код спортске дворане зона дисања је специфична због присуства гледалишта, ц) мешање ваздуха, снабдевање у вишем делу просторије а одвођење у нижем, д) снабдевање у нижем а одвођење у вишем делу просторије (Извор: Аутор према CIBSE Guide A)

Слика 2.2. Основа дворане са оптималном оријентацијом (Извор: Koružnjak, 2012)

Слика 2.3. Основа и пресеци са приказом отвора на фасади и крову, природно осветљење, могућа решења (Извор: Koružnjak, 2012)

Слика 2.4. Вертикални угао α од средине прозора ка видном небу наспрам њега (Извор: CIBSE Guide A)

Слика 2.5. Губици енергије кроз термички омотач објекта (Извор: Energy Efficency Guide for Municipal Recreation Facilities, Manitoba Hydro Power Smart)

Слика 2.6. Основна фотонапонска шема (Извор: Аутор према http://www.growbygreen.in/knowledge.php)

Слика 2.7. Котао на биомасу (као сировину користи љуске лешника) у спортском центру Фидиа (Италија) (Извор: SportE^2)

Слика 2.8. Потрошња енергије у спортским центрима, центар са базеном (Извор: GPG 390)

Слика 2.9. Резервоар за топлу воду и бојлер на природни гас за мањи број тушева (Fidia, Italy) (Извор: SportE^2)

Слика 2.10. Велики отворени простори (EMTE), систем цеви (Fidia, Italy) (Извор: SportE^2)

Слика 2.11. Олимпијски базен, третирање воде, пумпна станица, дистрибуциона станица (Santa Maria de Lamas) (Извор: SportE^2)

Слика 3.1. Спортска хала у Лаквили (L' Aquila) (Извор: SportE^2)

Слика 3.2. Јужна фасада спортске хале Sports Hall of Cracow University of Agriculture (Извор: Kisilewicz & Dudzinska, 2015)

Слика 4.1. Спортске грађевине у античком Риму (реконструкција, модел, у предњем делу Circus Maximus, око 50 г.п.н.е.) (Извор: Koružnjak, 2012)

Слика 4.2. Функционална шема универзалне спортске дворане (Извор: Koružnjak, 2012)

Слика 4.3. Шема позиције и облика гледалишта код спортских дворана (Извор: Koružnjak, 2012)

Слика 4.4. Шематски приказ основних групација у оквиру спортског објекта (Извор: Koružnjak, 2012)

Слика 4.5. Модуларни приступ- подела игралишта универзалних спортских дворана, Modular sports hall approach (Извор: Sports halls, Design and layouts, 2012)

Слика 4.6. Моногеометријски облици спортских дворана (Извор: Koružnjak, 2012)

Слика 4.7. Сложени геометријски облици (Извор: Koružnjak, 2012)

Слика 4.8. Обликовне структуре (Извор: Koružnjak, 2012)

Слика 4.9. Локални суви спортски центар Тип 1 (лево) и спортски центар са базеном Тип 2 (десно) (Извор: Energy Consumption Guide 78, 2001)

Слика 4.10. Рекреативни центар са базеном Тип 3 (лево) и комбиновани спортски центар Тип 4 (десно) (Извор: Energy Consumption Guide 78, 2001)

Слика 4.11. Комбиновани спортски центар Тип 5 (лево), спортски објекат уз отворени базен Тип 6 (средина) и ледена дворана Тип 7 (десно) (Извор: Energy Consumption Guide 78, 2001)

Слика 4.12. Габарит Спортског центра Вождовац

Слика 4.13. Североисточна фасада, дворана, СЦ Вождовац

Слика 4.14. Габарит објекта, Центар за спорт и културу Шумице

Слика 4.15. Део јужне фасаде објекта и изглед главне сале

Слика 4.16. Габарит Базена 11. април

Слика 4.17. Кров- приказ зениталног осветљења на крову и главна дворана у објекту

Слика 4.18. Габарит спортске дворане Ранко Жеравица

Слика 4.19. Перспективни приказ објекта и сале

Слика 4.20. Габарит основе затвореног и отвореног

Слика 4.21. Базен Ташмајдан, спољни и унутрашњи

Слика 4.22. Габарит Ледене дворане и Дворане Александар Николић

Слика 4.23. Слике фасаде Дворане Александар Николић и Ледене дворане

Слика 4.24. Габарит објекта, Културно спортски центар Пинки

Слика 4.25. Изглед објекта и унутрашњост главне сале

Слика 4.26. Габарит спортског центра

Слика 4.27. Изгледи Спортски центар Милан Гале Мушкатировић

Слика 4.28. Габарит објекта Спортски центар Врачар

Слика 4.29. СРЦ Врачар, објекат споља и дворана

Слика 4.30. Габарит објекта за спортисте

Слика 4.31. Отворени базен и објекат за активне спортисте

Слика 4.32. Габарит објекта, произвољна размера

Слика 4.33. Изглед дворане и базен на отвореном

Слика 6.1. Основа приземља и пресек Центра за културу и спорт Шумице, СЦ1 (Извор: Архив општине Вождовац)

Слика 6.2. Основа приземља и пресек Спортског центра Вождовац, СЦ2 (Извор: Архив Спортског центра Вождовац)

Слика 6.3. Ситуационо решење Центра за културу и спорт Шумице (Извор: Архив општине Вождовац)

Слика 6.4. Фотографије екстеријера и ентеријера спортског објекта

Слика 6.5. Габарит Спортског центра Вождовац, ситуационо решење (Извор: Архив Спортског центра Вождовац)

Слика 6.6. Ентеријер и екстеријер Спортског центра Вождовац

Слика 6.7. Модели спортских центара Центар за културу и спорт Шумице (а,б) и Спортски центар Вождовац (в, г) израђени у софтверу SketchUp, IES VE 2016

Слика 6.8. Годишња потрошња финалне енергије за модел СЦ1

Слика 6.9. Годишња потрошња финалне енергије у моделу СЦ2

Слика 6.10. Положај канцеларије на северу у моделу СЦ1

Слика 6.11. Температура ваздуха, радијантна и резултантна температура у канцеларији на северу модела СЦ1 за период од годину дана (лево) и температура ваздуха за најтоплији дан у години (десно)

Слика 6.12. Параметри вентилирања канцеларије на северу у току године, СЦ1 на основу IES VE, Modul Apache, VistaPro; Ventilation

Слика 6.13. Дневно осветљење канцеларије на северу 11. јула у подне (лево) и вредности приказане на слици у lux (десно) на основу IES VE, RadianceIES и FlucsDL Day lighting analysis

Слика 6.14. Индекс комфора (лево) и PPD (десно) за канцеларијски простор за период од годину дана у СЦ1 на основу модула VistaPro, Comfort Index and People Dissatisfied, IES VE

Слика 6.15. Процентуално приказане вредности индекса комфора у току радног времена администрације за канцеларију на северу за период од годину дана

Слика 6.16. Положај универзалне спортске дворане у моделу СЦ1

Слика 6.17. Температура ваздуха универзалне спортске дворане у моделу СЦ1 за период од једне године (лево), температура ваздуха у току најтоплијег дана у години (десно), на основу IES VE, modul Apache, VistaPro

Слика 6.18. Вентилација универзалне спортске дворане у моделу СЦ1 за период од годину дана

Слика 6.19. Осветљење универзалне спортске дворане у центру СЦ1, а) интензитет осветљења у 3д пројекцији RadianceIES, б) дневно осветљење (lux), FlucsDL, day lighting analysis, в) дневно осветљење дворане, Day lighting and electric lighting simulations

Слика 6.20. Индекс комфора за универзалну дворану модела СЦ1 за период од годину дана (слика лево) и индекс комфора у опсегу од 6-8 (слика десно)

Слика 6.21. Положај канцеларије на северозападу модела СЦ2

Слика 6.22. Температура ваздуха канцеларије на северозападу модела СЦ2 за период од годину дана (лево) и дана када Т достиже највишу вредност (десно)

Слика 6.23. Вентилационе стопе за канцеларију на северозападу у моделу СЦ2

Слика 6.24. Осветљење канцеларије у моделу СЦ2, а) осветљење у току дана, б) вредности DF, FlucsDL, в) дневно осветљење у перспективи, day lighting analysis, RadianceIES, IES VE

Слика 6.25. Индекс комфора за канцеларију модела СЦ1 за период од годину дана (лево) и индекс комфора у току радног дана (десно)

Слика 6.26. Процентуално приказане вредности индекса комфора за период од годину дана

Слика 6.27. Положај универзалне спортске дворане у моделу СЦ2

Слика 6.28. Температура ваздуха универзалне спортске дворане модела СЦ1 за период од годину дана (лево) и температура ваздуха за 11. јул (десно), на основу модула Apache, VistaPro, IES VE

Слика 6.29. Вентилационе стопе за универзалну спортску дворану модела СЦ2, на основу модула Apache, VistaPro, IES VE, Ventilation

Слика 6.30. Осветљење универзалне спортске дворане у центру СЦ2, а) дневно осветљење DF, б) вредности lux, RadianceIES, IES VE, в) перспективни приказ са вредностима дневног осветљаја, Day lighting and electric lighting simulations

Слика 6.31. Индекс комфора у току године (лево) и максимална вредност у току најхладнијег дана у јануару (десно)

Слика 6.32. Упоредна анализа потрошње енергије за грејање постојећег стања (SC1) и сценарија С1П, примена мера А (S1P) и Б (S1P B1t)

Слика 6.33. Упоредна анализа вредности индекса комфора за канцеларију модела СЦ1 постојећег стања и сценарија С1П, примена мера А (S1P) и Б (S1P B1t)

Слика 6.34. Упоредна анализа потрошње енергије за грејање постојећег стања (SC1) и сценарија С2П, примена мера А (pravilnik) и Б (passive)

Слика 6.35. Упоредна анализа вредности индекса комфора за дворану постојећег стања (SC1) и након сценарија С2П, примена мера А (pravilnik) и Б (passive)

Слика 6.36. Упоредна анализа вредности индекса комфора за канцеларију модела СЦ1-сценарија С1П+С2П, примана мера А и Б (A1t и b1t)

Слика 6.37. Упоредна анализа вредности индекса комфора за универзалну дворану-сценарија С1П+С2П, примена мера А и Б (A1t и b1t)

Слика 6.38. Упоредна анализа резултата потрошње енергије за грејање сценарија С1П+С2П, примена мера А (A1t) и Б (b1t)

Слика 6.39. Упоредна анализа резултата потрошње енергије за грејање постојећег стања (existing) и примењених сценарија, С1П (scenario 1), С2П (scenario 2), С1П+С2П (scenario 1+2)

Слика 6.40. Упоредна анализа индекса комфора у време боравка у дворани С2П ЈП Правилник ЕЕ (S2p prozor na jugu pravilnik) и С2П ЈП EnerPHIt/EnerPHIt^{+} (S2P prozor na jugu passive)

Слика 6.41. Упоредна анализа резултата симулација сценарија С2П ЈП- унапређење по Правилнику (S2P prozor na jugu pravilnik) и унапређење С2П ЈП EnerPHIt/EnerPHIt^{+} (S2P prozor na jugu passive)

Слика 6.42. Директно озелењавање (лево) и индиректно озелењавање (десно) (Извор: Ottele, M., и други, 2011)

Слика 6.43. Упоредна анализа резултата симулација сценарија С2П З1 и З2 унапређење по Правилнику о ЕЕ (лево) и С2П З1 и З2 унапређење по EnerPHIt/EnerPHIt^{+} (десно)

Слика 6.44. Резултати симулација- температура у простору након интервенција, Сценарио С1П А, за период од годину дана

Слика 6.45. Температура ваздуха у канцеларији на северу након примене сценарија С1П Б (S1P B1t)

Слика 6.46. Температура ваздуха у универзалној дворани након примене сценарија С2П А (S2P pravilnik) за период од годину дана

Слика 6.47. Температура ваздуха у универзалној дворани након примене сценарија С2П Б (S2P passive)

Слика 6.48. Осветљење у дворани након постављања прозора на југу, сценарио С2П ЈП (лево) и вредности у lux (десно)

Слика 6.49. Вентилација универзалне спортске дворане у моделу СЦ1 уз природно вентилирање простора универзалне дворане

Слика 6.50. Услови комфора у дворани пре и након природног вентилирања дворане

Слика 6.51. Упоредна анализа резултата потрошње енергије постојећег стања (SC1) и сценарија СТ (KGH unapredjenja), СТ+С1П А (KGH+S1P A), СТ+С1П Б (KGH+S1P B)

Слика 6.52. Упоредна анализа резултата потрошње енергије постојећег стања и сценарија СТ, (KGH unapredjenja), СТ+С2П А (KGH+S2P A), СТ+С1П Б (KGH+S2P B)

Слика 6.53. Индекс комфора постојећег и унапређеног стања за канцеларијски простор у СЦ1, постојећег стања и сценарија СТ (KGH unapredjenja), СТ+С1П А (KGH+S1P A), СТ+С1П Б (KGH+S1P B)

Слика 6.54. Индекс комфора постојећег и унапређеног стања за универзалну дворану у СЦ1, постојећег стања и сценарија СТ (KGH unapredjenja), СТ+С2П А (KGH+ S2P A), СТ+С2П Б (KGH+S2P B)

Слика 6.55. Потрошња енергије након унапређења КГХ система и постављених фотонапонских панела, сценарио СА+КГХ (unapredjenje PV paneli)

Слика 6.56. Потрошња енергије сценарио СА (PV scenario SA), СА+С1П А (PV scenario SA+S1P A) и СА+С1П Б (PV Scenario SA+S1P B)

Слика 6.57. Потрошња енергије сценарио СА (PV scenario SA), СА+С2П А (PV scenario SA+S2P A) и СА+С2П Б (PV Scenario SA+S2P B)

Слика 6.58. Упоредна анализа вредности индекса комфора за канцеларију у приземљу - постојећег стања (SC2), сценарија С1П (унапређење Правилник) и С1П passive (унапређење EnerPHIt/EnerPHIt^{+})

Слика 6.59. Упоредна анализа потрошње енергије за грејање постојећег стања (SC2) и сценарија С1П, примена мера А (S1P) и Б (S1P passive)

Слика 6.60. Упоредна анализа потрошње енергије за грејање постојећег стања (SC2) и сценарија С2П, примена мера А (S1P) и Б (S1P passive)

Слика 6.61. Упоредна анализа вредности индекса комфора за универзалну дворану- постојећег стања (SC2) и сценарија С2П, примена мера А (S2P A1) и Б (S2P B1)

Слика 6.62. Упоредна анализа потрошње енергије за грејање за модел СЦ2, постојеће стање и сценарија С1П+С2П (примена мера А) и сценарија С1П+С2П (б1) (примена мера Б)

Слика 6.63. Упоредна анализа вредности индекса комфора за канцеларију у моделу СЦ2- сценарија С1П+С2П, примена мера А (S1P+S2P) и Б (S1P+S2P b1)

Слика 6.64. Упоредна анализа вредности индекса комфора за универзалну дворану- постојеће стање (СЦ2) и сценарија С1П+С2П, примена мера А и сценарија С1П+С2П (б1) примена мера Б

Слика 6.65. Упоредна анализа резултата потрошње енергије за грејање постојећег стања (SC2) и примењених сценарија, С1П (S1P), С2П (S2P A1 B1), С1П+С2П (S1P+S2P и S1P+S2P b1))

Слика 6.66. Упоредна анализа резултата симулација потрошња енергије (горе) и индекс комфора (доле) сценарија С2П+ зенитално осветљење унапређење по Правилнику

Слика 6.67. Упоредна анализа индекса комфора (доле) и потрошње енергије за грејање (горе) за сценарио С2П Б (S2P B1) и С2П Б+ зенитално осветљење у време боравка у дворани СЦ2 унапређење EnerPHIt/EnerPHIt^{+} (passive)

Слика 6.68. Резултати динамичких симулација, температура ваздуха за канцеларију, након интервенција по сценарију С1П А

Слика 6.69. Температура ваздуха у канцеларији СЦ2 након примене сценарија С1П Б (S1P passive)

Слика 6.70. Температура ваздуха у универзалној дворани након примене сценарија С2П А (S2P A1)

Слика 6.71. Температура ваздуха у универзалној дворани након примене сценарија С2П Б (S2P B1)

Слика 6.72. Вентилација универзалне спортске дворане у моделу СЦ2 постојећа вентилација уз природно вентилирање простора универзалне дворане

Слика 6.73. Услови комфора у дворани након природног вентилирања дворане

Слика 6.74. Природно осветљење универзалне дворане након примене сценарија С2П + зенитно осветљење, приказано у lux (лево) и DF % (десно)

Слика 6.75. Упоредна анализа резултата потрошње енергије постојећег стања модела СЦ2 и након сценарија СТ, СТ+С1П А (KGH+ S1P A), СТ+С1П Б (KGH+ S1P B)

Слика 6.76. Упоредна анализа резултата потрошње енергије постојећег стања модела СЦ2 и након сценарија СТ (KGH), СТ+С2П А (KGH+ S2P A), СТ+С2П Б (KGH+S2P B)

Слика 6.77. Индекс комфора постојећег и унапређеног стања СТ (KGH), СТ+С1П А (KGH+S1P A), СТ+С1П Б (KGH+S1P B) за универзалну дворану у СЦ2

Слика 6.78. Индекс комфора постојећег и унапређеног стања, СТ (KGH), СТ+С2П А (KGH+S2P A), СТ+С2П Б (KGH+S2P B) за универзалну дворану у СЦ2

Слика 6.79. Упоредна анализа потрошње енергије за грејање и осветљење након примене соларних фотонапонских панела СА и уз сценарио СТ (KGH на слици)

Слика 6.80. Упоредна анализа потрошње енергије за грејање, примена соларних фотонапонских панела уз сценарио С1П, пакет мера А и Б (SA+ S1P A) (SA+S1P B)

Слика 6.81. Упоредна анализа потрошње енергије за грејање, примена соларних фотонапонских панела уз сценарио С2П, пакет мера А и Б (SA+ S2P A) (SA+S2P B)

Попис табела:

Табела 2.1. Табела просечних средњих, дневних максималних и минималних температура за Београд (Извор: EnPlus, 2007.)

Табела 2.2. Табела средњих просечних вредности релативне влажности ваздуха (Извор: EnPlus, Студија енергетске оптимизације школе Исидора Секулић у Београду, 2007.)

Табела 2.3. Преглед стандарда који се користе у имплементацији Директиве 2010/31/ЕУ (Directive 2002/ 91) (Извор: Инжењерска комора Србије, Предавање Обука за енергетску ефикасност 2012.)

Табела 2.4. Класификација спортских дворана у односу на енергетске перформансе и емисију CO_2 (Извор: Guide 51)

Табела 2.5. Законска легислатива, правилници, стандарди и водичи по питању спортских дворана и енергетске ефикасности

Табела 2.6. Захтеви корисника по питању комфора и услови за постизање оптималног комфора (Извор: Ристивојевић, 2003)

Табела 2.7. Функционалне целине и услови комфора у спортским објектима (Извор: GPG211)

Табела 2.8. Препоручени критеријуми квалитета унутрашњег простора (Извор: CIBSE Guide A)

Табела 2.9. Индикатори топлотног комфора (Извор: SRPS EN 15251)

Табела 2.10. Вредности PMV осећај и PPD (Извор: ISO 7730)

Табела 2.11. Одавање топлоте за три нивоа активности људи у опсегу од 18ºC до 34ºC (Извор: Тодоровић, 2009)

Табела 2.12. Потребне количине свежег ваздуха у зони боравка људи у спортским објектима (Извор: Из табеле 6.1. Стандард ASHRAE 62)

Табела 2.13. Брзина проветравања за канцеларије у зависности од загађења за три категорије зграда (Извор: CEN 1752)

Табела 2.14. Дозвољене концентрације CO_2 у просторијама за три категорије зграда (Извор: CEN-CR1752)

Табела 2.15. Дозвољене концентрације CO_2 у просторијама према OSHA (Извор: OSHA)

Табела 2.16. Вентилациона класификација и класификација квалитета унутрашњег ваздуха (Извор: BS EN 13779)

Табела 2.17. Број измена ваздуха за различите прозоре (Извор: Reknagel, 2002)

Табела 2.18. Ефекти вентилације у односу на положај прозора на фасади (Извор: CIBSE Guide A)

Табела 2.19. Нивои буке трансмитовани преко вентилационих система (Извор: CEN CR 1752)

Табела 2.20. Дифузна трансмисија материјала за застакљивање (Извор: CIBSE Guide A)

Табела 2.21. Фактор одржавања застакљених површина за фактор дневне светлости (Извор: CIBSE Guide A)

Табела 2.22. Рефлексија за калкулацију ДФ фактора приликом раног пројектовања (Извор: CIBSE Guide A)

Табела 2.23. Препоруке за осветљење спортских простора без ТВ преноса (Извор: Мотика, Д., и други (н.д.))

Табела 2.24. Ниво осветљености за различите спортове (Извор: EN 12193)

Табела 3.1. Основне стратегије у пројектовању и санацији спортских објеката у контексту одрживог развоја (Извор: Good Practice Guide 211)

Табела 3.2. Студије случаја, примена пасивних система са акцентом на природне потенцијале вентилирања, темперирања и осветљавања простора и примена обновљивих извора енергије уз унапређење термотехничких система

Табела 3.3. Енергетска санација спортских објеката унапређењем термотехничких система

Табела 4.1. Програмски садржаји и димензионисање универзалних спортских дворана

Табела 4.2. Неки од критеријума за одређивање типова спортских објеката

Табела 4.3. Класификација спортских дворана у односу на енергетске перформансе и емисију CO_2 (Извор: Energy Consumption Guide, ECG 078)

Табела 4.4. Годишња потрошња енергије код референтних типова спортских објеката (Извор: BRESCU)

Табела 4.5. Енергетски разреди за спортско- рекреативне објекте (Извор: *Правилник о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетскимсвојствима зграда* „Службени гласник РС“ бр. 69/12)

Табела 4.6. Спортско- рекреативни центри и дворане у Београду

Табела 4.7. Врсте и број спортских капацитета у спортско-рекреативним центрима Београда (Извор: Аутор на основу Драгојевић, М., 1987.)

Табела 4.8. Основне карактеристике значајне за енергетску оптимизацију спортских објеката у Београду (спортски центри и дворане) изграђених у периоду од 1960- 1980. године

Табела 5.1. Највеће дозвољене вредности коефицијената пролаза топлоте, Umax W/(m^2K), зе елементе термичког омотача зграде (Извор: Правилник о енергетској ефикасности зграда СГ РС, бр. 61/2011)

Табела 5.2. Компарација вредности коефицијента пролаза топлоте Правилник о ЕЕ РС и EnerPHit/EnerPHit сертификације (Извор: Стојковић, 2016)

Табела 5.3. Физичке и термичке карактеристике објеката који се анализирају, СЦ-спортски центар Фактор облика зграде и удео транспарентних површина

Табела 5.4. Површински трансмисиони губици H_{TS} [W/K] (Извор: Елаборат ЕЕ, Инжењерска комора Србије)

Табела 5.5. Улазни подаци за прорачун добитака топлоте од унутрашњих извора за одабране објекте (Извор: Елаборат ЕЕ, Инжењерска комора Србије)

Табела 5.6. Подаци о термотехничким системима у згради (Извор: Елаборат ЕЕ, Инжењерска комора Србије)

Табела 6.1. Критеријуми и мерила за рангирање спортских објеката у Србији

Табела 6.2. Основни параметри на основу којих се сагледава сличност и разлика одабраних референтних модела

Табела 6.3. Форма објеката, модела СЦ1 (Спортско- рекреативни центар) и СЦ2 (Спортски центар- дворана)

Табела 6.4. Програмски садржаји основних групација СЦ1, Х, А, С и Д

Табела 6.5. Програмски садржај и основне физичке карактеристике СЦ2

Табела 6.6. Архитектонске и конструкцијске карактеристике значајне за енергетску оптимизацију одабраних спортских центара, СЦ1 и СЦ2 приказане кроз постојеће стање

Табела 6.7. Карактеристике СЦ1 везане за природну вентилацију и инфилтрацију (Извор: Аутор према табели 3.4.2.1.)

Табела 6.8. Термички омотач СЦ1- Центра за културу и спорт Шумице

Табела 6.9. Вентилациони губици H_v [W/K] H_v= 0,33 x V x n

Табела 6.10. Улазни подаци за прорачун добитака топлоте од унутрашњих извора (Извор: Аутор на основу табеле 6.5. Правилника о Енергетској ефикасности)

Табела 6.11. Улазни подаци за прорачун добитака од сунчевог зрачења (Извор: Елаборат ЕЕ, Инжењерска комора Србије)

Табела 6.12. Вентилациони губици H_v [W/K] H_v= 0,33 x V x n (Извор: Елаборат ЕЕ, Инжењерска комора Србије)

Табела 6.13. Улазни подаци за прорачун добитака топлоте од унутрашњих извора (Извор: Аутор на основу табеле 6.5. Правилника о Енергетској ефикасности)

Табела 6.14. Улазни подаци за прорачун добитака од сунчевог зрачења (Извор: Елаборат ЕЕ, Инжењерска комора Србије)

Табела 6.15. Карактеристике СЦ2 везане за природну вентилацију и инфилтрацију (Извор: Аутор на основу табеле 3.4.2.1. за зграде са више станова, Правилника о ЕЕ зграда Сл. Гл. 61/2011)

Табела 6.16. Термички омотач СЦ2- Спортски центар Вождовац

Табела 6.17. Вентилациони губици H_v [W/K] H_v= 0,33 x V x n

Табела 6.18. Улазни подаци за прорачун добитака топлоте од унутрашњих извора (Извор: Аутор на основу табеле 6.5. Правилника о Енергетској ефикасности)

Табела 6.19. Улазни подаци за прорачун добитака од сунчевог зрачења (Извор: Аутор на основу Елабората ЕЕ, Инжењерска комора Србије)

Табела 6.20. Вентилациони губици H_v [W/K] H_v= 0,33 x V x n

Табела 6.21. Улазни подаци за прорачун добитака топлоте од унутрашњих извора (Извор: Аутор на основу Елабората ЕЕ, Инжењерска комора Србије)

Табела 6.22. Улазни подаци за прорачун добитака од сунчевог зрачења (Извор: Аутор на основу Елабората ЕЕ, Инжењерска комора Србије)

Табела 6.23. Упоредна анализа термичких карактеристика модела СЦ1 и СЦ2, постојеће стање

Табела 6.24. Добијени резултати по питању термичког, хигијенског и визуелног комфора након симулирања постојећег стања, на основу IES VE, модули Apache, Vista Pro, Radiance, FlucsDL

Табела 6.25. Преглед, примена и појашњење сценарија

Табела 6.26. Сценарио С1П- Мере унапређења термичког омотача модела СЦ1; термички омотач објекта без дворане- темперирање

Табела 6.27. Унапређење термичког омотача универзалне спортске дворане модела СЦ1, темперирање, сценарио С2П

Табела 6.28. Приказ резултата након унапређења читавог објекта, модела СЦ1 применом пакета мера А и Б

Табела 6.29. Упоредна анализа резултата након унапређења модела СЦ1 за сценарио С1П, С2П и С1П+С2П

Табела 6.30. Резултати симулација након сценарија С2П ЈП

Табела 6.31. Резултати симулација С2П+ зелени зид, директно З1 и индиректно озелењавање З2

Табела 6.32. Параметри за КГХ системе, постојеће и унапређено стање (Извор: Аутор према IES VE, Apache Modul)

Табела 6.33. Упоредна анализа резултата унапређења КГХ система, Сценарио СТ, Сценарио СТ+С1П Сценарио СТ+С2П

Табела 6.34. Потрошња енергије и услови комфора за модел СЦ1, сценарио СА (постојеће стање+ФН панели), СА+КГХ (унапређење КГХ система+ ФН панели), СА+С1П, СА+С2П

Табела 6.35. Сценарио С1П за модел СЦ2, унапређење објекта изузимајући универзалну спортску дворану

Табела 6.36. Унапређење термичког омотача универзалне спортске дворане модела СЦ2, сценарио С2П

Табела 6.37. Приказ резултата након унапређења читавог објекта модела СЦ2

Табела 6.38. Упоредна анализа резултата унапређења модела СЦ2 за сценарио С1П и С2П

Табела 6.39. Резултати симулација након примене сценарија С2П+ зенитално осветљење

Табела 6.40. Параметри за КГХ системе, постојеће и унапређено стање, IES VE, Apache Modul

Табела 6.41. Упоредна анализа резултата унапређења КГХ система модела СЦ2, Сценарио СТ, СТ+С1П и СТ+С2П

Табела 6.42. Потрошња енергије и услови комфора за модел СЦ2, сценарио СА (постојеће стање+ ФН панели), СА+КГХ (унапређење КГХ система+ ФН панели), СА+С1П, СА+С2П

Табела 6.43. Потрошња енергије за грејање и услови комфора пре санације референтних модела СЦ1 и СЦ2

Табела 6.44. Упоредна анализа резултата добијених динамичким симулацијама по питању енергије и комфора за моделе СЦ1 и СЦ2 након С1П и С2П сценарија

Табела 6.45. Упоредна анализа унапређења објекта као целине, Модел СЦ1 и СЦ2, сценарио СЦ1+СЦ2

Табела 6.46. Унапређење термотехничких система и комбинација сценарија С1П са унапређењем термотехничких система

Табела 6.47. Унапређење термотехничких система и комбинација сценарија С2П са унапређењем термотехничких система

Табела 6.48. Резултати симулација након примене обновљивих извора енергије уз сценарио С1П

Табела 6.49. Резултати симулација након примене обновљивих извора енергије уз сценарио С2П

Табела 6.50. Резултати симулација након примене специјалних мера уз сценарио С2П

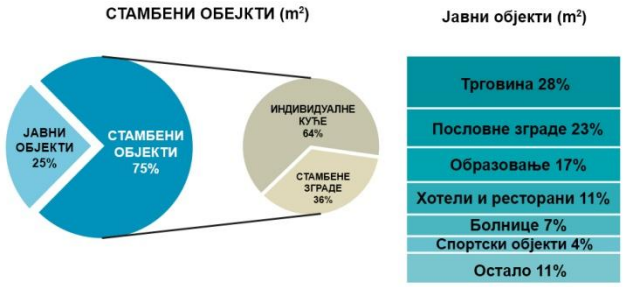
Табела 6.51. Предлог највећих дозвољених вредности коефицијента пролаза топлоте за спортске објекте након санације Umax [W/(m2K)]

1. УВОДНО ОБРАЗЛОЖЕЊЕ

1.1. Повод и актуелност теме

Санација постојећих објеката представља значајан проценат укупне грађевинске активности у Европи. У Србији досадашња грађевинска пракса, иако се последњих година ситуација мења у позитивном контексту, није узимала у обзир енергетску оптимизацију. Данас је ова тема врло актуелна у стручној јавности, нарочито када су у питању стамбени објекти. Анализом укупног грађевинског фонда утврђено је да се готово 50 % енергије утроши током употребе зграда.[6] Имајући на уму овај податак јасно је да санација у циљу постизања енергетске ефикасности има веома велики економски и еколошки значај.

У Европи је до данас изграђено 1,5 милиона спортских објеката који се и данас углавном користе у пуном капацитету. Тај број представља 8 % од укупног грађевинског фонда неких земаља и региона (Ener in town project)[7]. Податак да ове зграде троше 10 % од укупне утрошене енергије на глобалном нивоу доводи до закључка да ова врста објеката свакако заузима значајно место у планирању унапређења енергетске ефикасности грађевинског фонда. (EUROSTAT Energy Yearly Statistics). По заузетој површини спортски објекти заузимају значајних 4 % од укупне површине изграђених објеката у Европи (слика 1.1.).[8]



Слика 1.1. Стамбени и јавни објекти у Европи, Извор: SportE²

---

[6] Јовановић-Поповић, М. и група аутора (2003) Енергетска оптимизација зграда у контексту одрживе архитектуре, Научно истраживачки пројекат, фаза 1 Анализа структуре грађевинског фонда, Београд: Чигоја штампа, стр. 1-15.

[7] Доступно на http://www.enerintown.org/project_results/ener_in_town_guide

[8] Документ Анализа тржишта, пројекат SportE², *www.sporte2.eu*, *Market Analysis*, стр.12.

Већина објеката за спорт и рекреацију у Европи је изграђена у периоду од 1960- 1980. године. Тако је и у Београду. У том периоду енергетска ефикасност није постојала као сегмент у процесу пројектовања и грађења објеката. Очекивано је да опрема инсталирана пре око тридесет година није ефикасна као у моменту монтаже или до мере каква је опрема новијег датума. Све је већи интерес и учесталост употребе система који користе обновљиве изворе енергије, нарочито у сценаријима обнове ове врсте објеката.

Треба поменути да грађевински фонд спортских зграда расте на годишњем нивоу у просеку од 0,5-1,1 % а прати га податак да све више људи учествује у спортским активностима на дневној основи. [9]

Иако база података не постоји, студије случаја и практични примери показују да се енергија утрошена у овим зградама може значајно умањити применом различитих мера енергетске санације.

Потрошња енергије у Србији, у Енергетским билансима Републике Србије, у јавним и комуналним делатностима приказује се збирно са потрошњом у резиденцијалном, комерцијалном и пољопривредном сектору. Потрошња енергије у јавним и комерцијалним секторима износила је око 11 % укупне финалне енергетске потрошње.[10] Подаци о томе колики је удео у потрошњи јавних зграда, спортских објеката или појединих комуналних делатности нису расположиви.

Актуелност теме је у томе што је енергетска ефикасност данас неизоставна карактеристика сваког новог или реконструисаног објекта, због регулативе и све израженије свести о очувању животне средине.

Студије случаја[11], примери добре праксе и пројекти које финансира ЕУ истичу да потрошња енергије у овим зградама може да се умањи за минимум 30 %.[12] Чињеница је да велики објекти попут ових троше огромне количине енергије за грејање великих отворених простора, за њихову вентилацију и осветљење.

---

[9] Податак из пројекта SportE[2] European Agency for Reconstruction са сарадницима, документ Performance criteria and Requirements

[10] Извор http://www.see-institute.org/srpski/energetski-profil-rs, коришћено јул 2016.

[11] ECON78, Action Energy Consumption Guide 78- Energy use in sports and recreation buildings

[12] Заједно са EPLabel, EC ENERin TOWN Project (Јан. 2006- Јул 2008), подржано од Intelligent Energy for Europe EIE SAVE Programme of the EC

Уколико се претпостави да се применом различитих мера унапређења енергетске ефикасности код спортских објеката може остварити уштеда од минимум 30 % а имајући у виду да је потрошња енергије европског грађевинског фонда (ЕУ 27) 2008. године износила 1,768 [Mtoe] потенцијално се може уштедети око 21 [Mtoe] енергије годишње што никако није занемарљиво. [13]

У делу рада који се бави истраживањима критеријума за анализу примера из света, јер у нашој земљи не постоји спортски објекат ове категорије који је енергетски ефикасан, значајну базу података представља документација коју је објавила Европска комисија кроз Програм 7 у оквиру сектора Информационе комуникационе технологије и енергетски ефикасни спортски објекти. У овом истраживачком пројекту који финансира Европска комисија учествује неколико компанија партнера из различитих европских земаља.[14]

1.2. Проблем и предмет истраживања

Већ је поменуто да у Србији не постоје смернице за истраживања анализе енергетских перформанси спортских објеката уопште па ни универзалних дворана у оквиру спортских центара.

Основно истраживачко питање се односи на мере које се могу применити како би се спортски објекти унапредили у енергетском смислу. Истраживањем треба дати основне смернице за мере унапређења у смислу постизања жељеног унапређења.

Предмет истраживања докторске дисертације је анализа стратегија, техника и могућности за остваривање оптимизације енергетских перформанси у процесима санације универзалних спортских дворана у спортским центрима као и теоријска и аналитичка провера подобности примењених мера у различитим претходно дефинисаним сценаријима примене у складу са постојећим прописима који се примењују у Србији и примена истих мера сходно прописима који се примењују у Европи.

Кроз теоријску анализу и анализу резултата експерименталних мерења спроведених на студијама случаја у Европи које третирају објекат као целину и његове делове установиће

[13] EUROSTAT Database

[14] Доступно на http://www.sporte2.eu/project-details;jsessionid=3eb39f2d63f38db701793679b73d

се које су мере унапређења најефикасније и које су референтне вредности којима је реално тежити. Оно што је срж истраживања је провера могућности и исход унапређења применом појединачних и пакета мера само универзалне дворане која је основни део композиције спортских објеката и кроз успостављену методологију анализа могућности постизања жељеног унапређења- одговарајућег енергетског разреда и оптималног комфора.[15]

На детаљним студијама енергетске оптимизације изабраних спортских објеката на подручју Београда испитаће се могуће мере и техничка решења унапређења уз коришћење обновљивих извора енергије са акцентом на природне потенцијале осветљавања, вентилирања и темперирања у циљу смањења енергетских потреба.

Након упоредне анализе постигнутих резултата након примене мера уз различита дефинисана сценарија донеће се закључци о најповољнијој комбинацији мера за санацију спортских објеката у овом контексту.

Теоријско одређење предмета истраживања обухвата:

- приказ утицаја спортских објеката на животну средину а тиме и климатске промене,
- анализу спортских објеката- универзалиних спортских дворана са енергетског аспекта,
- формирање категорија универзалних спортских дворана са енергетског аспекта,
- формирање стратегије и испитивање могућих мера и техничких решења унапређења са акцентом на природне потенцијале осветљења, темперирања и вентилирања објекта,
- формирање принципа за правилно пројектовање енергетски ефикасних универзалних спортских дворана.

Просторно одређење предмета истраживања ограничено је на подручје града Београда, због климатских услова који се морају прецизирати и који су један од кључних фактора за енергетску оптимизацију објеката. Резултати ових истраживања се могу користити за објекте дефинисане категорије за подручја са сличним климатским карактеристикама.

[15] Детаљније у даљем раду

По питању комфора, на основу анализе досадашње праксе у свету, разматрају се могућности примене поменутих мера унапређења за постизање оптималног комфора у спортским објектима.

У детаљним анализама у студији свеобухватне оптимизације потрошње енергије и остварења потребних услова комфора у објекту тестираће се мере унапређења термичких карактеристика омотача, природног осветљења и могућности које пружа природно вентилирање простора.

Проблем истраживања је креирање модела енергетски ефикасног спортског објекта одређених димензија главне дворане намењене одигравању више дворанских спортова.

Практични проблеми овог истраживања су недовољно обрађен аспект енергетске ефикасности спортских објеката и потпуно непостојање третмана овог аспекта у домаћој литератури, оскудан број енергетски ефикасних спортских зграда у свету а нарочито код нас, непостојање пројектне документације изведеног стања објекта која би умногоме олакшала коришћење расположивих система компјутерских симулација енергетских перформанси зграде као и оскудност законске регулативе и смерница.

1.3. Научни циљ истраживања

Основни циљ овог истраживања је формирање референтних модела енергетске санације универзалних спортских дворана у спортским центрима на подручју Београда изграђених у другој половини двадесетог века који ће имати оптималне енергетске перформансе према којима ће се дефинисати будуће интервенције, односно вршити селекција мера унапређења енергетске ефикасности. Циљ је да се спортски објекти ове категорије који ће се градити и постојећи који ће се енергетски санирати ускладе са стратегијом РС о енергетским перформансама објеката која се законом уводи у градитељску праксу. Циљ је и да се сагледају могућности примене искустава из света која су значајна с обзиром на оскудност искустава домаће праксе у овом контексту. Након указивања на најповољније мере унапређења треба формирати типологију спортских објеката ове категорије са аспекта енергетске ефикасности која би била основ за даља истраживања.

На основу изнетог циљеви овог истраживања су:

- прикупљање информација о утицају спортских објеката на потрошњу енергије и загађење животне средине,
- преглед актуелне домаће и иностране легислативе у вези са питањима енергетске ефикасности и начином издавања сертификата о енергетским својствима спортских објеката,
- проучавање услова комфора и потрошње енергије спортских објеката,
- анализа резултата екпериментaлних пројеката енергетске оптимизације спортских објеката; одабир два објекта на подручју Београда као студије случаја, исте категорије за анализирање,
- формирање типологије спортских дворана одабраног капацитета базиране на концептима примене природних потенцијала (пасивних система) за темперирање простора (грејање), осветљавање и вентилирање и употпуњавање стручног и научног знања о томе,
- дефинисање референтних модела универзалних спортских дворана са енергетског аспекта за климатске услове Београда на основу којих ће се вршити одабир најповољнијих мера унапређења,
- формирање препорука за остваривање енергетске оптимизације у процесима санације универзалних спортских дворана у оквиру спортских објеката на територији Београда.

1.4. Задаци истраживања

Основни задатак истраживања је приказивање значаја и могућности санације спортских објеката у оквиру којих су универзалне спортске дворане одређене категорије базираних на концептима примене природних потенцијала (пасивних система) за темперирање простора (грејање и хлађење), осветљавање и вентилирање као и формирање типологије спортских објеката у контексту енергетске ефикасности.

Остали задаци који би проистекли из дефинисаних циљева су:

- идентификација негативног утицаја спортских објеката на животну средину са аспекта потрошње енергије,
- анализа услова комфора које треба постићи и на основу анализе дефинисање предложених мера енергетске санације,
- систематизација критеријума који би утицали на формирање типологије спортских дворана са енергетског аспекта,
- формирање типологије спортских објеката са аспекта енергетске ефикасности,
- анализа резултата санације спортских објеката у свету, неколико примера окарактерисаних као позитивни на основу добијених резултата,
- дефинисање методологије на основу које се формирају различити сценарији унапређења на основу којих се врши идентификација, анализа, прорачун и систематизација мера за унапређење енергетске ефикасности универзалних спортских дворана у оквиру спортских објеката након нумеричких симулација као неопходног алата у процесу енергетске оптимизације,
- формирање препорука за пројектовање енергетски ефикасних универзалних спортских дворана.

1.5. Полазне хипотезе

Основна хипотеза:

- *Одабиром одговарајућих мера унапређења омотача, одређеним пасивним системима са акцентом на природне потенцијале вентилирања, темперирања и осветљавања простора код универзалних спортских дворана остварила би се значајна уштеда енергије уз постизање оптималног комфора.*

У истраживању ће се користити и следеће помоћне хипотезе:

- *Одабиром одговарајућих мера санације термичког омотача универзалних спортских дворана, применом обновљивих извора енергије и унапређењем термотехничких система као неопходне мере могуће је остварити уштеду енергије од 30 % уз стварање адекватних услова унутрашње климе.*

Анализирани инострани примери који се приказују као примери позитивне праксе енергетски санираних спортских објеката акценат стављају на унапређење термотехничких система спортских зграда којима се могу показати уштеде и од 30 %.

- *У раду успостављена методологија и критеријуми оцене и процене мера енергетске санације омогућавају одређивање типова спортских објеката који су најподобнији за примену предложених мера унапређења.*

1.6. Научне методе истраживања

Ово истраживање ће се спровести у три правца коришћењем различитих научно-истраживачких метода.

Први правац истраживања се огледа у теоријском разматрању енергетске санације спортских објеката. Заснивaће се на анализи постојећих научних истраживања из доступне литературе и прикупљању релевантних података кроз анализе иностраних примера санације ове врсте зграда. Анализом датих примера одабраће се мере за унапређење енергетске ефикасности референтних модела универзалних спортских дворана у Београду.
Други правац истраживања огледа се у прикупљању података, анализи тренутног стања референтних узорака постојећих спортских објеката и универзалних дворана а који ће бити усвојени као радни модели на којима ће се вршити унапређење.
Како би се провериле постављене хипотезе спроводи се трећи правац истраживања који представља анализу различитих техничких решења да би се усвојиле мере за унапређење енергетске ефикасности. Применом нумеричких симулација извршиће се анализе потрошње енергије одабраних модела спортских дворана одређеног капацитета за различита сценарија унапређења енергетских перформанси. Коришћење симулација је нужно не би ли се анализирале ситуације и модели код којих су примењене различите предложене мере унапређења помоћу компјутерских софтверских пакета Virtual environment (IES VE 2016 и 2017, Integrated Environmental Solutions Virtual Environment 2016).

Студијом појединачних модела спортских дворана истог капацитета и упоредном анализом резултата добијених из студије енергетске оптимизације долази се до закључка који параметри утичу на енергетске перформансе зграде. Резултати истраживања се анализирају, класификују и упоређују. На основу добијених резултата установиће се основни принципи и закључци и дефинисати препоруке за планирање и пројектовање енергетски ефикасних спортских објеката као и универзалних спортских дворана у оквиру њих а везаних за климатске услове Београда.

1.7. Научна оправданост дисертације, очекивани резултати и практична примена резултата

Примарни задатак овог рада је да истражи оптималне могућности примене енергетски ефикасних мера у енергетској санацији постојећих универзалних спортских дворана на подручју Београда кроз санацију одабраних репрезентативних модела.

Научна оправданост овог истраживања је у чињеници да енергетски аспект спортских објеката уопште, а самим тим и универзалних спортских дворана у спортским центрима, до данас код нас није третиран као предмет научних истраживања.

Научни доприноси истраживања су:

- Идентификација карактеристика постојећих спортских објеката које су релевантне за енергетску санацију и формирање енергетски ефикасног спортског објекта;
- Дефинисање референтних модела енергетски ефикасног спортског објекта одређене категорије, дефинисање најповољније појединачне мере као и пакета мера у циљу остваривања енергетске оптимизације спортских објеката за климатске услове Београда**;**
- Формирање препорука за постизање енергетске оптимизације у процесима санације универзалних спортских дворана у оквиру спортских објеката кроз специфичну усвојену методологију;
- Стварање препорука за остваривање одговарајућег комфора у спортским дворанама током целе године коришћењем природних потенцијала и обновљивих извора

енергије (већина радова у домаћој литератури се фокусира само на стамбене објекте и енергију потребну за грејање);

- Креирање методологије пројектовања спортских дворана која узима у обзир природне потенцијале и обновљиве изворе енергије за темперирање (грејање и хлађење), вентилирање и осветљавање простора чиме се указује на могућност смањења енергетских потреба у објекту, што ће бити приказано на репрезентативним узорцима спортских објеката у Београду.

Очекивани резултати овог истраживања су:

- Типологија универзалних спортских дворана са енергетског аспекта;
- Методологија и препоруке за енергетску оптимизацију и пројектовање енергетски ефикасних спортских зграда одређене категорије;
- Дефинисање мера за унапређење енергетских перформанси универзалних спортских дворана у спортским центрима у Београду;
- Формирање референтних модела за унапређење енергетских перформанси и услова комфора у универзалним спортским дворанама, у Београду.

Резултати овог истраживања и дефинисана унапређења могу имати практичну примену у циљу енергетске оптимизације постојећих спортских објеката представљајући реалну ситуацију. С обзиром на то да је тема оптимизација енергетских перформанси у процесима санације објеката актуелна са теоријског и практичног становишта, може се очекивати да ће резултати овог истраживања привући пажњу шире стручне јавности и могућих инвеститора. Пружене смернице је могуће користити у функцији стварања концепата, стратегија и законске регулативе у области санације спортских објеката. Низ потребних анализа и података биће доступне стручној јавности као основа за даља истраживања нарочито у контексту унапређења мера енергетске ефикасности код објеката са воденим површинама, базенима.

1.8. Критички осврт и ограничења у истраживању

Предложена тема је проистекла на основу савремених тенденција које су у овом моменту врло актуелне у свету а све више и у нашој земљи. Говори се о климатским променама, енергетској ефикасности, одрживости и то углавном са акцентом на становање; у Србији не постоје истраживања унапређења енергетске ефикасности спортских објеката. У овом раду се управо анализирају спортске зграде; универзалне спортске дворане у оквиру спортских центара, изграђене у периоду од 1960-1980. године у Београду.

Планирана сарадња између Олимпијског комитета Ломбардије и Министартсва спорта и омладине Србије је била повод за размишљање у овом правцу. Настојања су следећа: применити мере и позитивна искуства из Италије у Србији нарочито по питању уштеде енергије код спортских зграда. [16]

Свакако да је приоритет савременог друштва здрав живот који је уско повезан са физичком активношћу, што је опет повезано са условима комфора у простору у коме се она одвија.[17] Управо постизање тих услова уз минималну потрошњу енергије као и дефинисање смерница у том контексту представља један од главних циљева овог истраживања.

Увидом у стање на терену и релевантне изворе можемо закључити да је у Србији најмање истражена тема категоризације спортских зграда уопште; да постоје само настојања да се ови објекти анализирају са становишта потрошње енергије а да не говоримо о категоризацији објеката са становишта енергетске ефикасности. До овог момента у свим фазама изградње спортских објеката, од пројектовања до употребе није узимана у обзир енергетска ефикасност. [18]

Након детаљне анализе постојећих спортских дворана у контесту енергетских перформанси даће се смернице за пројектовање нових тј. смернице како комбинованом

---

[16] Из разговора са: Загорком Петровић, помоћником министра за спорт и омладину (2014.), Сектор за инфраструктурне пројекте; Гордана Профировић, грађевински инжењер задужена за питање енергетске ефикасности у Министарству за спорт и омладину; Ezio Ferrari, председник Асоцијације спортских објеката на нивоу Европе, Радомир Радовић, грађевински инжењер; Pier Luigi Marzzorati, председник ОК Ломбардије, директор Старинга; компаније партнера у пројекту ЕУ – SportE[2]

[17] WHO, FIMS (1995) Declaration on Common Attitudes about Public Health. Гранада: WHO.FIMS

[18] Изузетак појединачни случајеви; Спортска сала у оквиру школе у Бољевцима, у Лазаревцу, извор: http://www.gradjevinarstvo.rs/vesti/5879/810/milinkovic-company-gradi-jos-jedan-energetski-efikasan-sportski-objekat

употребом обновљивих и конвенционалних извора енергије као и применом специфичних техничких елемената омотача можемо утицати на побољшање енергетске ефикасности универзалних спортских дворана у климатским условима Београда. Да би постигли резултат након примене одређених предложених мера неопходна је примена нумеричких симулација у циљу сагледавања утицаја архитектонског решења на енергетску ефикасност универзалних спортских дворана и квалитета унутрашњег комфора у њима.

Велика ограничења у овом истраживању су непостојање јасних законских смерница, статистичких података, непостојање пројектне документације. У овом истраживању тежиште је на теренском истраживању, енергетском моделовању, анализи примера санације и резултата добијених анализом овог типа зграда из суседних земаља.

1.9. Преглед садржаја дисертације

Рад се састоји из седам главних поглавља: *Уводно образложење, Улазни параметри истраживања, Преглед постојећих концепата и техника за енергетску оптимизацију у процесима санације спортских објеката, Спортски објекти у Београду изграђени 1960 - 1980. године, Методологија оптимизације мера приликом енергетске санације универзалних спортских дворана, Оптимизација енергетских перформанси приликом санације репрезентативних модела спортских објеката изграђених у периоду од 1960. до 1980. године и Закључна разматрања*.

У *Уводу* се образлаже повод и актуелност теме, предмет и проблем истраживања, циљеви и полазне хипотезе, научни методи и дискутује се о научној оправданости, очекиваним резултатима, о критичком осврту на тему као и о начину њеног спровођења.

У поглављу *Улазни параметри истраживања* дати су подаци о климатским карактеристикама подручја у коме се налазе објекти који се анализирају, дат је преглед законске регулативе који обухвата тематику и даје смернице и ограничења у даљим истраживањима као и основне податке о условима комфора који постоје и треба их достићи. У овом поглављу указује се на структуралне и функционалне елементе спортских дворана који су значајни за енергетску оптимизацију.

Поглавље *Преглед постојећих концепата и техника за енергетску оптимизацију у процесима санације спортских објеката* даје преглед изабраних примера енергетски ефикасних спортских дворана у свету као и могућност примене пасивних и активних система као мера унапређења поред унапређења енергетске инфраструктуре-термотехничких система.

У поглављу *Спортски објекти у Београду изграђени 1960 - 1980. године* дефинишу се спортске зграде и даје се кратак осврт на историјат њиховог настанка. Ово поглавље даје преглед и листу спортских објеката у Београду са основним претходно дефинисаним карактеристикама значајним за оптимизацију енергетских перформанси.

Поглавља *Методологија оптимизације мера приликом енергетске санације спортских објеката* и *Оптимизација енергетских перформанси приликом санације репрезентативних модела спортских објеката изграђених у периоду од 1960. до 1980. године* дају детаљан приказ осмишљене методологије уопштено а затим њене примене на конкретним референтним моделима. Анализиране су мере унапређења термичког омотача, примена пасивних и активних система као и унапређење термотехничких система у различитим дефинисаним сценаријима и комбинацијама.

Закључак даје приказ резултата истраживања, потврђује постављене хипотезе и указује на правце даљих истраживања.

2. УЛАЗНИ ПАРАМЕТРИ ИСТРАЖИВАЊА

У циљу бољег разумевања механизама санације и постизања енергетски ефикасних спортских објеката неопходно је дати преглед закона и правилника релевантних за енергетску оптимизацију постојећих зграда, дати основне карактеристике климе у којима се анализирани објекти налазе као и преглед специфичних захтева унутрашњег окружења ради постизања осећаја угодности за различите кориснике овако комплексних објеката.

2.1. Климатске карактеристике подручја у коме се налазе објекти

Најважнији утицајни параметри на потрошњу енергије у објекту могу се поделити у пет група:

- климатски фактори, одређени локацијом на којој се објекат налази,
- термички омотач и геометрија зграде,
- карактеристике КГХ система, извори енергије и постојање аутоматске регулације,
- режим коришћења и одржавања зграде и техничких система као и
- експлоатациони трошкови који се односе на цене енергената и енергије.

Климатски фактори као што је годишње кретање температуре ваздуха и релативне влажности, инсолација, дозрачни интензитет зрачења Сунца и ветрови одлике су локације на којој се објекат налази. Приликом пројектовања или санације објеката и техничких система у њему врло је важно познавати климатске карактеристике подручја. Ови подаци су улазни подаци за прорачуне потрошње енергије као и испитивања комфорних услова у објекту.

Клима битно варира од места до места. Климатски фактори се дефинишу преко следећих основних параметара: температуре спољног ваздуха, влажности ваздуха, брзине ветра и Сунчевог зрачења- инсолације.

Поред наведених параметара постоје и облачност, висина облака, падавине и ваздушни притисак. Метеоролошки услови климе су променљиви и зависе од карактеристика

локације као што су: географска ширина, надморска висина и конфигурација терена. На основу свега наведеног можемо рећи да су потребе за енергијом објеката различите за различите крајеве света, односно различите климатске услове.[19]

У Србији преовлађује умерено континентална клима док планински делови са висинама изнад 1000 m имају континенталну климу. Према Торнтвајтовој класификацији већи део Србије има субхумудну климу (мало влажну) док нека подручја на југозападу и западу имају хумудну (влажну) климу.

Температура ваздуха

Просечна годишња температура ваздуха за подручје Републике Србије износи 10,1ºC према подацима из 1961-1990. године. Температура се креће у интервалу од 3ºC (Копаоник, 1710 m надморске видине) до 11,9ºC. Најхладнији месец у Београду (132 m надморске висине) је јануар. Просечна температура у Србији у јануару износи -1,3ºC, и креће се од -6ºC на Копаонику до 0,4ºC у Београду. Најтоплији месец је јул са просеком температуре од 19,9ºC.[20]

У првој половини шездесетих година прошлог века температуре у Србији имају велики пад. До осамдесетих година температуре имају негативни тренд што би значило да је средња годишња температура имала тенденцију смањивања. За период после 1980. када су и изграђени објекти који се анализирају као студије случаја, карактеристично је да су негативна одступања од просека све ређа и све мање изражена. За разлику од њих, позитивна одступања (што је одлика топлијих година од просека) су све чешћа и интензитет им се повећава. То недвосмислено показује да годишња температура у Србији после 1980. године има тенденцију раста, позитиван тренд. По тренду вредности података мерених последњих тридесет година годишња температура ваздуха за подручје Србије се интензивно повећавала за 4ºC на 100 година (4,54ºC/100 година). Краћи периоди имају

[19] Тодоровић, М. *Климатизаија, грејање, хлађење и вентилација* , коришћено са http://docplayer.gr/58813620-1-grejanje-i-klimatizacija-uvodni-pojmovi.html, стр. 14.

[20] Поповић, Т. и други (н.д.) Колико нам се мења клима и каква ће бити наша будућа клима, Министарство науке и заштите животне средине

веће позитивне вредности што значи да се отопљавање интензивирало последњих деценија.

Падавине

Слично температури ваздуха, разликујемо период до осамдесетих година прошлог века и период након тога. До 1980. године падавине су биле у границама нормале или нешто мање од просека. Период након ове године има другачије карактеристике. До 2000. године доминирају године са дефицитом падавина и повећањем интензитета суша. Након 2000. наступају кишне године. Нормална просечна количина годишњих сума падавина износи 734 mm према подацима из 1960-1990. године.[21]

Сложенија је ситуација када су у питању падавине. Ипак, постоји изражена сагласност да ће количина падавина у летњем периоду бити смањена на подручју Медитерана. У неким нашим подручјима падавине ће се смањити за 20 %.[22] (детаљније о климатским условима у Прилогу 1)

2.1.1. Климатски подаци меродавни за израду студије оптимизације енергетских перформанси спортских објеката на подручју Београда

Преглед прописаних вредности за спољне пројектне услове за Београд дати су на основу Правилника енергетске ефикасности зграда[23] где је спољна пројектна температура t= -12,1ºC. За период исушења, где дозвољено трајање исушења износи 90 дана, температуре и релативне влажности ваздуха износе 18ºC и 65 %.

За испитивање енергетске ефикасности објекта симулацијама, тј. за утврђивање термичког и енергетског понашања у циљу оптимизације енергетских перформанси неопходно је имати податке о климатско- хидрометеоролошким условима дате локације објекта; у овом случају Београда.

---

[21] Извор: http://www.sepa.gov.rs/download/4_web.pdf, коришћено октобар 2015.
[22] Сценарио SRES A2, SRES B2, Извор: http://www.tyndall.ac.uk/, коришћено октобар 2015.
[23] Табела 3.3.4.1.

Оптимизација енергетских перформанси објекта се врши применом одговарајуће типичне метеоролошке године за Београд.[24] Просечне средње, дневне максималне и минималне температуре за Београд дате су у табели 2.1. [25]

Табела 2.1. Табела просечних средњих, дневних максималних и минималних температура за Београд

	Јан.	Феб.	Март	Април	Мај	Јун	Јул	Авг.	Сеп.	Окт.	Нов.	Дец.
°C	-1,72	0,78	5,17	9,83	16,83	21,83	24,72	22,94	20,22	13,50	7,78	2,67
°C	1,56	4,00	8,72	13,89	21,06	26,39	28,33	26,56	23,17	17,17	10,44	5,28
°C	-5,22	-3,22	1,72	6,67	12,72	17,50	21,22	19,56	16,89	9,94	4,83	-0.06

Средње просечне вредности релативне влажности ваздуха дате су у табели 2.2.

Табела 2.2. Табела средњих просечних вредности релативне влажности

%	Јан.	Феб.	Март	Април	Мај	Јун	Јул	Авг.	Сеп.	Окт.	Нов.	Дец.
Пре подне	60,6	57,1	61,1	58,2	60,8	57,4	55,6	60,6	65,7	59,5	65,2	66,1
После подне	58,3	54,6	53,5	47,3	52,4	49,8	48	52,6	58,6	51,6	59,2	59,1

2.2. Преглед законске регулативе, правилника и стандарда у области енергетске ефикасности и спортских објеката

Када говоримо о параметрима одрживости у пројектовању, грађењу и одржавању спортских објеката можемо рећи да не постоји интернационални закон већ да се морају поштовати национални закони и регулативе индивидуалних спортских федерација. До

[24] Типична метеоролошка година ТМГ (TMY) представља једногодишње сатне вредности (8760h) климатских услова. Процедуру за одређивање TMY развила је Sandia National Laboratires (Hall et al. 1978). Сандиа метод је био експериментални приступ којим се бирају поједини месеци из различитих година, периода за које постоје подаци. У нашем случају тај период покрива 30 година између 1975. и 2004. Свих тридесет јануара је испитано и један за који је установљено да је типичан укључен је у ТМГ. Исто је и за остале месеце. *Више у* Глигоријевић, В. Ђукић, Д. (н.д.) Комплетирање атласа пројектних температура и одређивање типичне метеоролошке године, Грађевински факултет Београд, Министарство науке Републике Србије

[25] Климатски подаци релевантни за динамичке симулације објекта, преузето из Пројекта компаније EnPlus, консултантска компанија за енергетску ефикасност, Студија основне школе Исидора Секулић, у Београду

данас у већини земаља Европске уније пројектовање и изградња спортских дворана из угла уштеде енергије није предмет посебне легислативе. Базични документ који се примењује и за ову врсту објеката је Регулатива о енергетским перформансама објеката, EPBD 2002/91. (Energy Performance of Building Directive 2002/91)[26]

2.2.1. Инострани стандарди и регулатива о енергетској ефикасности и категоризацији спортских објеката

Основни документи по питању енергетске ефикасности и спортских објеката су:

- Директива о енергетским перформансама објеката EPBD (Directive 2002/ 91),
- Директива о енергетским својствима зграда EPBD 2010/31/ЕУ (унапређена),
- Регулатива о ефикасном коришћењу енергије и сервиси (Energy End Use Efficiency and Energy Services, Directive 2006/32/EC),
- ASHRAE (American Society of Heating Ventilation and Air Conditioning Engineers),
- CEN CR 1752 Вентилација зграда, критеријуми пројектовања за услове унутрашње климе (Committee Report, Ventilation for buildings, Design criteria for the indoor environment).

Директива о енергетским перформансама објеката EPBD (Directive 2002/ 91)

Генерално, „енергетске перформансе објеката треба рачунати на основу методологије која се може разликовати на регионалном нивоу, што укључује, уз термичку изолацију и друге врло битне факторе као што су грејање и вентилирање, коришћење обновљивих извора енергије и пројектовање самог објекта. За обнове постојећих објеката где су грађевински и други радови на адаптацији или санацији од укупне предрачунске вредности радова на обнови већи од 25 % од вредности објекта можемо рећи да су обимније обнове.“[27] Ове одредбе се могу применити и код спортских објеката.

[26] General regulation on the energy performance of the buildings, Directive 2002/91
[27] Уводне одредбе , став 10, 13, Directive 2002/91

Директива о енергетским својствима зграда EPBD 2010/31/ЕУ (унапређена)

Циљ овог документа је смањење потрошње енергије у зградарству применом исплативих мера побољшања структуре зграде попут топлотне изолације, освељења или аутоматике. Директива уводи сертификат енергетске ефикасности зграде који садржи податке о прорачунима енергетских својстава.

Основна три елемента ове Директиве су:

- избор методологије за прорачун енергетских перформанси зграде (ЦЕН стандарди),
- шема инспекције над енергетском опремом у зградама,
- енергетски преглед и издавање сертификата о енергетској ефикасности зграда.

Преглед стандарда који се користе у Директиви дат је табеларно (табела 2.3.).

Табела 2.3. Преглед стандарда који се користе у имплементацији Директиве 2010/31/ЕУ (Directive 2002/ 91)[28]

<table>
<tr><th colspan="3">Прорачуни</th><th colspan="2">Стандарди подршке</th></tr>
<tr><th>I део- укупне енергије</th><th>II део- испоручене енергије</th><th>III део- потребне енергије, грејање, хлађење, осветљење</th><th>IV део- улазни подаци за стандарде из дела III</th><th>V део- мониторинг и верификација</th></tr>
<tr><td>EN 15603- релативне енергије и методе енергетских нивоа</td><td>EN 15316- група стандарда за грејање према EN 13790</td><td>EN ISO 13790:2008- потребна енергија за грејање и хлађење</td><td>EN ISO 13789:2007</td><td>EN 12599</td></tr>
<tr><td>EN 15217 – члан 4.5.6.7.</td><td>EN 15316-3- потрошна топла вода</td><td>EN 15255- хлађење- сложено- валидације</td><td>EN ISO 10456:2007</td><td>EN 13829- термичке перформансе зграде- ваздушна пропустљивост</td></tr>
<tr><td>EPBD2 – енергетске перформансе</td><td>EN 15377- грејање- интегрисани системи према EN 13790</td><td rowspan="5">EN 15265- хлађење- грејање- динамички прорачун- валидације</td><td>EN ISO 13779:2007</td><td>EN ISO 12569- термичке перформансе зграде, утврђивање размене ваздуха у зградама</td></tr>
<tr><td rowspan="4">EN 15459- прорачун економичности система грејања и осталих техничких система</td><td>EN 15243- хлађење, према EN 13790</td><td>EN ISO 13792:2005</td><td>EN 13187</td></tr>
<tr><td>EN 15241- вентилација</td><td>EN ISO 13786:2007</td><td>EN 15240:2007</td></tr>
<tr><td>EN 15232- аутоматика и контрола, оптимизација</td><td>EN ISO 15242:2007</td><td>EN 15378:2007</td></tr>
<tr><td>EN 15193- осветљење</td><td rowspan="2">EN ISO 15287</td><td>EN 15239:2007</td></tr>
<tr><td></td><td>SRPS ISO 9869 мерење коефицијента пролаза топлоте, топлотна изолација</td></tr>
</table>

[28] *Предавања* Инжењерска комора Србије, Обука за енергетску ефикасност зграда, 2012.

Регулатива о ефикасном коришћењу енергије и сервиси (Energy End Use Efficiency and Energy Services, Directive 2006/32/EC)

је регулатива која дефинише начин рада, одржавање и контролу услуга у циљу унапређења енергетске ефикасности. Ова регулатива даје основне смернице за ESCO (Energy Service Company) која као привредно друштво односно правно лице пружањем енергетских услуга повећава енергетску ефикаснот објекта, технолошког процеса и услуге и која до извесног степена прихвата финансијски ризик за обављање свих наведених делатности. [29]

ASHRAE (American Society of Heating Ventilation and Air Conditioning Engineers) представља стандард који се бави условима комфора.

Приликом спортских дешавања и активности есенцијално је одржати оптимални стандард за унутрашње параметре и тиме обезбедити комфор свих корисника. Топлотни комфор дефинише стандард ASHRAE 55. Параметри који утичу на топлотни комфор корисника су температура ваздуха, влажност, вентилација, ниво активности и облачења. Специфично за ову врсту објеката фактори који се морају узети у обзир а везани за температуру су и велика разлика у температури ваздуха због високих плафона у просторима за игру као и температура подова и струјање ваздуха.[30]

Хигијенски комфор дефинише стандард ASHRAE 62.[31]

CEN CR 1752 Вентилација зграда, критеријуми пројектовања за услове унутрашње климе (Committee Report, Ventilation for buildings, Design criteria for the indoor environment)

Стандард дефинише пројектне критеријуме за унутрашњи комфор. Према овом стандарду дефинишу се три групе објеката (А, Б и Ц) са препорученим вредностима за две врсте зграда- са малом концентрацијом загађења од материјала и значајном концентрацијом загађења од материјала.[32] Иако у овом стандарду има више података о осталим врстама објеката битне податка налазимо и за спортске зграде.

---

[29] Као у Закону о ефикасном коришћењу енергије , члан 5.
[30] Више у делу Услови комфора код спортских објеката- универзалних спортских дворана.
[31] *Више у делу* Анализа услова комфора
[32] *Више у делу* Анализа услова комфора

Централна класификација производа (Central Product Classification- CPC, (1991) United Nations) се бави класификацијом објеката.

Републички завод за статистику Србије 2005. године издао је Класификацију врста грађевина. (КВГ)[33] Класификација врсте грађевина урађена је према Класификацији врсте грађевина Европске Уније (Еуростат) на основу привремене Централне класификације производа- СКР (ЦКП), 1991. ЦКП у одељку 52. Грађевине- разликује две врсте грађевина – грађевине и остале грађевине у оквиру којих су смештене спортске дворане.[34]

Спортске дворане су подкласа која обухвата зграде за спортове који се одржавају у затвореном простору и које имају просторе за гледаоце и учеснике. Универзалне спортске дворане су намењене различитим врстама спортова.

2.2.2. Иностранa документација, правилници и водичи у области енергетске ефикасности и енергетске санације спортских објеката

Европска комисија развија стратегије за промовисање информационе и комуникационе технологије (ICT, Information and Communication Technologies) у смислу унапређења енергетске ефикасности и уштеду природних ресурса док позитивно доприноси одрживом развоју и климатским променама, у циљу постизања миленијумских циљева развоја (MDG Millennium Development Goals). Европска комисија у пројектима које узимамо као примере добре праксе, нарочито кроз пројекат SportE^2 [35], користи следећу документацију и водиче који нам умногоме помажу и користе у анализама постојећег стања спортских објеката и дефинисања начина и мера унапређења енергетске ефикасности. Поменута је следећа документација, брошуре и водичи:

- ManagEnergy документација,
- Ep Label Project пројекат,

---

[33] Класификација врсте грађевина, (2005) РЗСС
[34] Central Product Classification- CPC, (1991) United Nations
[35] СпортЕ^2 је истраживачки пројекат који финансира Европска комисија у FP7 под окриљем Информационе комуникационе технологије и Енергетски ефикасних зграда. Project reference: 260124
Funded under: FP7-ICT , доступно на http://cordis.europa.eu/project/rcn/95502_en.html

- Ener in Town Project пројекат,
- Водич за коришћење енергије у спортско- рекреативним објектима- број 78 (Energy Consumption Guide ECG078),
- Водич добре праксе, Енергетски ефикасно пројектовање спортских центара (Good Practice Guide 211 BRECSU- UK),
- Водич добре праксе (Good Practice Guide 390 Carbon Trust).

ManagEnergy документација

Широм света, а нарочито у Европи кроз разне програме постоји растући сензибилитет да се споје свет спорта и околина у смислу промовисања одрживих концепата и очувања природних ресурса. Спортске власти на нивоу земаља Европске уније, као што су интернационални и национални олимпијски комитети и националне спортске структуре потписале су договоре са министарствима заштите животне средине, развоја и инфраструктуре, о томе како спорт прихвата изазов редуковања великог трага који оставља на околину мислећи на велику потрошњу електричне и енергије за грејање. Стога је врло важно да се шири свест о постизању енергетске ефикасности и коришћења обновљивих извора. Кроз индивидуалне пројекте на нивоу више држава спроводе се радионице, предавања и тренинзи из којих настаје значајна документација која може да послужи као смерница за нове подухвате. [36]

Ep Label Project

Водич настао из пројекта Ep Label Project- пројекат Европске комисије у оквиру SAVE програма (IEE), односи се на јавне зграде површина већих од 1000 m^2 и начине добијања њихових енергетских пасоша. У овом пројекту се истражују типови више врста објеката укључујући и спортске, обезбеђујући статистичке податке који су уједно и репери у енергетском смислу за земље које учествују у пројекту (Белгија, Данска, Финска, Француска, Немачка, Грчка, Ирска, Холандија, Норвешка, Шведска и Уједињено Краљевство). Из овог пројекта проистекао је водич за власнике и менаџере спортских

[36] ManagEnergy је иницијатива Директората Европске Комисије- за енергију и транспорт, који подржава рад актера у циљу постизања енергетске ефикасности и коришћења обновљивих извора на локалном и регионалном нивоу. Главни алати су им тренинзи, радионице и онлајн догађаји. Додатне информације пружају кроз студије случаја, добру праксу, европску легислативу и програме.

зграда (Guide 51)[37]. У водичу је дефинисана класификација спортских дворана на основу података добијених из пројекта о енергетским перформансама и емисији CO_2 (табела 2.4.). [38]

Табела 2.4. Класификација спортских дворана у односу на енергетске перформансе и емисију CO_2 , Извор: Guide 51

Спортски објекат	Извор енергије	Енергија [*kWh/m2*]			CO2 emission [*kg of CO2/m2*]		
		добро	задоволј.	лоше	добро	задоволј.	лоше
Са базеном	фосилно гориво	*< 360*	*360 ÷ 540*	*> 540*	*< 68*	*68 ÷ 100*	*> 100*
	струја	*< 150*	*150 ÷ 205*	*> 205*	*< 95*	*95 ÷ 130*	*> 130*
Без базена	фосилно гориво	*< 215*	*215 ÷ 325*	*> 325*	*< 41*	*41 ÷ 62*	*> 62*
	струја	*< 75*	*75 ÷ 85*	*> 85*	*< 47*	*47 ÷ 54*	*> 54*
Само базен	фосилно гориво	*< 775*	*775 ÷ 1120*	*> 1120*	*< 150*	*150 ÷ 210*	*> 210*
	струја	*< 165*	*165÷ 235*	*> 235*	*< 100*	*100÷ 150*	*> 150*

Ener- in- Town Project

Документација Ener- in- Town project пројекта- такође финансираног у оквиру SAVE програма дефинише три кључне препреке у општинском енергетском менаџменту: недостатак знања у техникама енергетског менаџмента, недостатак података о потрошњи енергије, непостајање искуства у имплементацији мера енергетске уштеде. Мере уштеде енергије које су примењиване у спортским објектима у оквиру пројекта а показале су се као врло ефикасне су покривање базена, оптимизација у коришћењу осветљења и коришћење система обновљивих извора енергије за санитарну топлу воду. [39]

Водич за коришћење енергије у спортско- рекреативним објектима- број 78 (Energy Consumption Guide ECG078)

У овом водичу је дефинисан сет референтних вредости на основу прикупљених података из више од 200 спортских центара у Уједињеном Краљевству. Водич енергетске потрошње је објављен као део програма владе Велике Британије о енергетској ефикасности

[37] "Guide 51 – Energy efficiency in sports and recreation buildings: a guide for owners and energy managers"
[38] Доступно на: www.eplabel.org
[39] Доступна на http://www.enerintown.org/project_results/ener_in_town_guide

(Government's Energy Efficiency Best Practice Programme (EEBPp). Кључне вредности су окарактерисане као *типичне* и *вредности добре праксе*. Типичне су средње енергетске перформансе испитиваних примерака док вредности добре праксе приказују шта се може постићи коришћењем проверених енергетски ефикасних мера. [40]

У водичу се испитује неколико приступа и упоређују перформансе у зависности од доступних података и нивоа софистицираности. Иако се ове вредности не могу користити широм Европе (јер су уско повезане са климатским условима) овај водич је врло користан јер се на основу података из њега и у сарадњи са Спортским савезом Енглеске дефинисало седам типских спортских објеката који су у Водичу описани као „референтни типови".[41]

Водич добре праксе, Енергетски ефикасно пројектовање спортских центара (Good Practice Guide 211 BRECSU- UK)

Пројектовање енергетски ефикасних спортских центара (Good Practice Guide 211 BRECSU-UK) фокусира се на пројектовање енергетски ефикасних спортских објеката. Водич прикупља доступне информације у погледу енергетске ефикасности у спортско рекреативном сектору. Пројектанти могу да га користе у одабиру стратегија и технологија које би штеделе енергију у току животног циклуса објекта. У водичу се проверавају услови комфора у различитим функционалним целинама као и примена различитих технологија у циљу постизања оптималног комфора.

Водич добре праксе (Good Practice Guide 390 Carbon Trust)

Овај водич указује на могућност уштеде енергије и значај холистичког приступа у читавом процесу. Иако је поменуто да су добро испројектовани објекат, добар одабир материјала, опрема и контролни системи врло значајни у читавом процесу уштеде енергије Водич се не осврће на то већ наглашава значај управљања енергијом, добро руковођење и постојање свести о уштеди како корисника тако и оних који њоме управљају. Уједињено краљевство се обавезало да смањи емисију штетних гасова до 12,5 % у односу на ниво из 1990. године као и смањење на националном нивоу од 20 % као део програма климатских промена. У

[40] ECG078 - Energy use in sports and recreation buildings, BRECSU - UK, 2001 доступно на: http://www.carbontrust.co.uk/Publications/pages/publicationdetail.aspx?id=ECG078

[41] Више у делу Категоризација спортских објеката

Водичу се наглашава и значај стварања енергетског тима који би поред инжењера укључио и руководиоце и особље у самом објекту.[42]

2.2.3. Законска регулатива у Републици Србији у погледу енергетске ефикасности

У Србији постоји низ докумената којима би требало да се регулише смањење загађења, повећање уштеде енергије и ублажавање утицаја климатских промена на животну средину. Иако се ова докуменатција већ користи потребно је одређено време не би ли се увидела ефикасност њеног коришћења.

Национална стратегија одрживог развоја (2008)

представља документ који истиче важност примене тзв. чистих технологија, повећање степена енергетске ефикасности и коришћења обновљивих извора енергије. У Стратегији се истиче да побољшање изолације у зградама представља највећи потенцијал за повећање енергетске ефикасности. Врло битан сегмент је промовисање обновљивих извора енергије али и увођење подстицајних мера које би охрабриле приватне инвестиције у енергетски сектор и ојачале генералну конкурентност у енергетици и економији.[43]

Стратегија развоја енергетике Републике Србије до 2015. године (2004)

Један од пет основних приоритета када је у питању повећање енергетске ефикасности у производњи, дистрибуцији и коришћењу енергије дефинисан је у Стратегији развоја енергетике Републике Србије до 2015. године. Као и у Националном програму заштите животне средине (2010) Србији су наметнуте одговарајуће обавезе према Уговору о енергетској заједници југоисточне Европе (2006). Овим Уговором се потписници обавезују

---

[42] Приказана су три приступа у уштеди енергије кроз три студије случаја. Први случај је холистички приступ у рекреативним центрима којима управља Knowsley Metropolitan Borough Council где се користе нови системи надгледања, упознавање и тренинг особља и подизање свести о уштеди енергије. Други случај приказује инсталирање електронске опреме која контролише рад моторних пумпи у базенима. (Hutton Moor Pool). Трећи случај који приказује добру праксу је инсталирање полуаутоматске покривке за базен у Eastern Leisure Centre у Кардифу (Cardiff) која је уштедела 22% од укупне енергије коју утроши центар. Инвестиција се исплатила за 1,6 година.

[43] Предлог Националне стратегије Владе Републике Србије, Београд, 2008.

на израду правног оквира који омогућава увођење европског модела тржишних елемената у електроенергетику и сектор гаса- да би заузврат био омогућен приступ преносивим мрежама. Као главни циљеви Уговора наведени су разни подстицаји путем инвестиција у енергетици и заштити животне средине. Велику улогу у остваривању новог законског оквира у области енергетике имају Агенција за енергетику и Агенција за енергетску ефикасност. [44]

Закон о просторном плану Републике Србије од 2010- 2020. (2010)

У Закону у делу који се бави енергетском ефикасношћу зграда обрађује се проблематика урбаних подручја. У њему се истиче нерационално трошење електричне енергије како у домаћинствима тако и у јавним објектима и делатностима. Истакнути су проблеми везани за дотрајалост инфраструктуре, неадекватно управљање и одржавање енергетских система као и недовољне људске и материјалне ресурсе који би били укључени у читаву проблематику. Додатни проблеми су загађење животне средине које је директно или индиректно везано за активности у сектору зградарства, индустрије и саобраћаја. [45] Просторни план наводи и нужност употребе обновљивих извора енергије и развоја еколошке свести грађана и значај локалне администрације у читавом процесу.

Закон о ефикасном коришћењу енергије[46]

Локално енергетско планирање регулишемо најзначајнијим законским актом Законом о ефикасном коришћењу енергије.[47] Обавезе и поља деловања у области енергетске ефикасности су прописане у члану 10. овог Закона. Јединица локалне самоуправе је у обавези да донесе програм енергетске ефикасности. Програм енергетске ефикасности садржи планиране циљеве уштеде енергије који су у складу са циљевима Стратегије развоја енергетике Републике Србије и Акционим планом за енергетску ефикасност као основним актима којима се утврђује политика о ефикасном коришћењу енергије.[48]

---

[44] Ђукић, А. Ступар, А. (2011) Суочавање са климатским променама: од Европских стратегија до локалне реалности, *Архитектура и Урбанизам*, стр. 35-48.
[45] *Ibid* Ђукић, Ступар (2011), стр. 44.
[46] „Службени Гласник РС“, бр. 25/2013
[47] Закон о ефикасном коришћењу енергије, http://www.parlament.gov.rs/upload/archive/files/cir/pdf/zakoni/2013/424-13.pdf
[48] Члан 6. Закона

Програм садржи и преглед и процену годишњих енергетских потреба и процену енергетских својстава објеката и даје предлог мера и активности које ће обезбедити ефикасно коришћење енергије од којих издвајамо: план енергетске санације и одржавања јавних објеката које користе органи јединице локалне самоуправе, јавне службе и јавна предузећа.[49]

Други законски акти који су од значаја за енергетску ефикасност уопште су:

- Закон о енергетици,
- Закон о комуналним делатностима,
- Закон о планирању и изградњи,
- Правилник о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда (2011),
- Правилник о енергетској ефикасности зграда (2011).

Закон о енергетици[50]

Овај закон је неизоставан у погледу енергије и енергетске ефикасности. Даје опште смернице у истраживањима. Локална самоуправа према овом Закону дужна је да обавља следеће послове:

На захтев Министарства достави податке за израду: Програма стратегије енергетике и енергетског биланса и да у оквиру својих планова планира и енергетске потребе на свом подручју као и услове и начин обезбеђивања неопходних енергетских капацитета у складу са Стратегијом и Програмом.

Закон о комуналним делатностима[51]

Закон о комуналним делатностима прописује обављање следећих послова: производња и дистрибуција топлотне енергије, обезбеђивање јавног осветљења, градски и приградски превоз и димничарске услуге, снабдевање водом за пиће и управљање комуналним отпадом.

---

[49] Члан 10. Закона
[50] „Службени гласник РС“, бр. 145/2014
[51] „Службени гласник РС“, бр. 88/2011

Закон о планирању и изградњи (2009)[52]

Овај Закон доноси низ мера који се односе на објекте високоградње а тичу се пројектовања, коришћења и одржавања објеката у складу са прописаним енергетским својствима која су дефинисана на основу врсте и намене објекта а утврђују се на основу сертификата о енергетсим својствима која издаје овлашћена организација. На тај начин сертификат о енергетским својствима који издаје овлашћена организација постаје обавезни део техничке документације неопходне за издавање употребне дозволе.

Правилник о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетски својствима зграда (2011) [53]

Овим Правилником се предвиђа израда енергетских пасоша за зграде где је утврђена потрошња енергије у оквиру одређене категорије зграда, њихов разред и препоруке за побољшање енергетских својстава за нове објекте али и за оне који се реконструишу, адаптирају, санирају или енергетски санирају.

Правилник о енергетској ефикасности зграда (2011) [54]

Правилник ближе прописује енергетска својства и начин израчунавања топлотних својстава објеката високоградње али и формулише енергетске захтеве за нове и постојеће објекте. У овом Правилнику дата је методологија прорачуна потребне енергије за грејање и хлађење у зградама, исказује енергетске перформансе објеката и емисију CO_2 која настаје приликом рада техничких система у објектима.

Постојање свих поменутих докумената показује да се планерска пракса у Србији приближава европским савременим тенденцијама промовишући елементе одрживог развоја и енергетске ефикасности.

---

[52] „Службени гласник РС“, бр. 72/2009, 81/2009
[53] „Службени гласник РС“, бр. 69/12
[54] „Службени гласник РС“, бр. 61/2011

2.2.4. Законска регулатива у Србији везано за енергетску ефикасност и категоризацију спортских објеката

Не постоје специфични закони који третирају посебно спортске центре и у оквиру њих универзалне спортске дворане по питању енергетске ефикасности. Поменули смо да је законска регулатива у овом контексту врло оскудна па се махом ослањамо на законе који се односе уопштено на спортске објекте и универзалне спортске дворане. Ради дефинисања ове врсте објеката користимо следеће домаће законе и правилнике:

- Закон о спорту,
- Класификација врсте грађевина (КВГ),
- Правилник о класификацији објеката,
- Правилник о категоризацији спортских објеката.

Закон о спорту[55]

Према Закону спортски објекти су јавне зграде које се на нивоу града разликују по власничкој структури просторним и организационим карактеристикама. Објекти су државна или друштвена својина, градско- грађевинско земљиште на коме се налазе је државно а клубови су махом удружења грађана. Закон о спорту поред осталог дефинише спортске објекте, категорише их на основу спортских активности и дели према просторима које садрже.

Класификација врсте грађевина (КВГ)[56]

Републички завод за статистику Србије је објавио Класификацију врста грађевина која је саставни део инструмената потребних за спровођење појединих статистичких истраживања из области статистике грађевинарства.

Класификација врста грађевина урађена је на основу одговарајуће Класификације врста грађевина Европске заједнице (*Classification of Types of Construction – CC, final version, Eurostat,* 1997) и то тако што су преузети структура и садржај свих нивоа те

[55] „Службени гласник РС“, бр. 24/2011

[56] Класификација врсте грађевина, (2005) РЗСС

класификације, али су неки најнижи нивои (класе) додатно рашчлањени због потреба наших статистичких истраживања и због лакшег усаглашавања са Номенклатуром грађевинских објеката и радова, која је била коришћена до сада.[57] Грађевине су по структури подељене на стамбене, нестамбене и остале зграде. Спортске дворане су нестамбене грађевине сврстане у оквиру зграда за културно- уметничку делатност и забаву, образовање, болнице и остале зграде за здравствену заштиту.

Правилник о класификацији објеката [58]

Правилник о класификацији објеката сврстава спортске дворане под зграде за културно уметничку делатност и забаву, образовање, болнице и остале зграде за здравствену заштиту. По дефиницији спортске дворане су зграде за спортове који се одржавају у затвореном простору (кошаркашка и тениска игралишта, пливалишта, гимнастичарске дворане..) и које имају простор за гледаоце (трибине, подесте, терасе, галерије) као и за учеснике у спортским активностима (тушеве, гардеробе...).

Правилник о категоризацији спортских објеката[59]

Правилник о националној категоризацији спортских објеката дефинише критеријуме и мерила за рангирање спортских објеката на основу врсте спортских активности, техничких карактеристика и нивоа такмичења, у складу са Законом о спорту.[60] По Правилнику спортски објекти се рангирају на основу техничких карактеристика као што су број спортских активности, испуњеност услова према прописаним правилима међународних спортских савеза, према намени објекта, испуњености услова у погледу површине намењене за извођење спортских активности, броја спортских активности које се могу истовремено обављати у универзалном спортском простору, као и броја фиксних места за седење у гледалишту.

---

[57] Вукмировић, Д. директор, Предговор, 2005.
[58] „Службени гласник РС“, бр 22/2015
[59] *Правилник о националној категоризацији спортских објеката*, „Сл. Гласник РС“, бр. 103/2013
[60] *Закон о спорту* „Службени гласник РС“, бр. 24/2011 и 99/2011

На основу свих ових карактеристика утврђене су три категорије спортских објеката. [61] Универзалне спортске дворане које се анализирају као студије случаја, на основу критеријума и мерила прописаних овим Правилником припадају другој категорији објеката у оквиру групе вишефункционалних спортских објеката.[62]

Преглед наведених иностраних и домаћих закона, правилника и водича и област њихове примене дат је у табели 2.5.

[61] *Правилник о националној категоризацији спортских објеката*, „Сл. Гласник РС“, бр. 103/2013, члан 4.
[62] *Ibid* чл. 9

Табела 2.5. Законска легислатива, правилници, стандарди и водичи по питању спортских дворана и енергетске ефикасности

<table>
<tr><th rowspan="2">Спортске дворане</th><th colspan="4">Законска регулатива, правилници, стандарди, брошуре</th></tr>
<tr><th colspan="2">Иностранa документација</th><th colspan="2">Домаћа легислатива</th></tr>
<tr><td>Основне карактеристике</td><td colspan="2">----------</td><td colspan="2">Закон о спорту</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Категоризација и класификација</td><td>основна подела</td><td>Central product Classification, United Nations</td><td colspan="2">Класификација врста грађевина (КВГ)
Правилник о класификацији објеката
Правилник о категоризацији спортских објеката</td></tr>
<tr><td>енергетски аспект</td><td>Energy Consumption Guide ECG 078</td><td colspan="2">----------</td></tr>
<tr><td>Енергетска ефикасност
Енергетска санација</td><td colspan="2">Directive 2002/91[63]
Directive 2006/32/EC
ASHRAE
Документација пројекта SportE^2
ManagEnergy documents
EoLabel project documents
Ener in Town project
Energy Consumption Guide ECG 078
Good Practice Guide GPG 211 BRECSU UK
Good practice Guide 390 Carbon Trust</td><td colspan="2">Национална стратегија одрживог развоја (2008)
Стратегија развоја енергетике Републике Србије до 2015. године (2004)
Закон о просторном плану Републике Србије од 2010- 2020.
Закон о ефикасном коришћењу енергије
Закон о енергетици
Закон о комуналним делатностима
Правилник о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда (2011)
Правилник о енергетској ефикасности зграда (2011)</td></tr>
<tr><td>Анализа услова комфора</td><td>Хигијенски комфор</td><td>ASHRAE 62
DIN 1946/2
CEN- CR 1752
ASHRAE Aplications Fundamentals</td><td>Количина свежег ваздуха</td><td>Правилник о општим мерама заштите на раду, за објекте намењене за радне и помоћне просторије (Сл. Гл. СПЦ 29/1987)</td></tr>
</table>

[63] Више о стандардима подршке у имплементацији Директиве у делу о условима комфора

		EC Report no. 11 Guidelines for ventilation requirement in buildings ASHRAE 62 AS 1668.2-2002 ASHRAE 129-1997 ISO 6242 CEN- CR 1752	*Квалитет ваздуха*	SRPS EN 12792 Вентилација зграда SRPS EN 15240, 15241, 15242, 15243
		ASHRAE 62 CEN-CR 1752	*Одавање топлоте од људи*	----------
	Визуелни комфор	EN 12193:1999 DIN 5035	SRPS EN 15193- енергетски захтеви за осветљење Правилник о методологији годишње потребне енергије за осветљење	
	Термички комфор	ASHRAE 55 DIN 1946/2 ISO 7730	SRPS U.J5.600:1998 SRPS EN ISO 7730	
	Звучни комфор	DIN 1946/2 CEN-CR 1752	-----	

2.3. Анализа услова комфора за спортске објекте

Под појмом комфора подразумевају се следећи аспекти: термални, визуелни, хигијенски, акустични, електромагнетни, просторни, светлосни, ваздушни, утицај боја и материјала као и минимизирање утицаја загађивача. Постојећи спортски објекти не испуњавају стандарде прописане у складу са данашњим захтевима комфора што је последица непостојања регулације у доба када су пројектовани. Код спортских зграда све ове аспекте посматрамо двојако- из угла посетиоца и угла играча. Треба постићи осећај угодности за обе групе где свака према својим активностима поставља различите захтеве. Тренутно сви аспекти комфора нису равномерно обрађени и нормирани. Стандарди термичких перформанси објеката се све више приближавају европским док се о утицају материјала или електромагнетном комфору веома мало размишља.

Топлотни комфор дефинише ASHRAE (American Society of Heating Ventilation and Air Conditioning Engineers). Параметри који утичу на топлотни комфор корисника су температура ваздуха, влажност, вентилација, ниво активности и облачења. Специфично за ову врсту објеката фактори који се морају узети у обзир а везани за температуру су и велика разлика у температури ваздуха због високих плафона у просторима за игру као и температура подова и струјање ваздуха.

Услови комфора су различити за простор за игру, свлачионице и трибине тј, простор за публику. Стога је врло важно правилно зонирање објекта које касније омогућава добру студију свеобухватне оптимизације потрошње енергије и услова комфора у објекту.

Под квалитетом унутрашњег простора подразумева се достигнути ниво топлотног, ваздушног, светлосног, акустичног и просторног комфора. Достигнути ниво квалитета унутрашњег простора дефинисан је критеријумима у стандарду SRPS EN 15251.[64]

---

[64] SRPS EN 15251- Indoor environment input for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics

Комфор се не изражава само нивоом физичких параметара унутрашњег простора (температура ваздуха, релативна влажност ваздуха, концентрација CO_2, ниво буке) већ поред овога и субјективним осећајем људи који бораве у простору према свакој од категорија комфора. Основни индикатор квалитета унутрашњег простора је процењени проценат незадовољних стањем комфора (Predicted Percentage of Dissatisfied- PPD) који се одређује за сваку категорију комфора посебно.[65]

Нормативи који су основа у дефинисању квалитета унутрашњег простора појединачно за сваки од комфора су:

топлотни комфор- три међународна стандарда који се користе су: SRPS EN ISO 7730- Ergonomics of the thermal environment- Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of PMV and PPD indices and local thermal criteria, ASHRAE standard 55, CEN EN 15251,

ваздушни комфор- CEN CR 1752- Ventilation for Buildings: Design Criteria for the Indoor Environment,

светлосни комфор- EN 12193- Sport Facility lighting,

звучни комфор- Правилник о дозвољеном нивоу буке у животној средини Сл. Гласник 54/92.[66]

Захтеви корисника различитих објеката се непрестано мењају. У свим областима људског живота и активностима ствара се физички оквир у коме људске потребе расту и захтеви постају све софистициранији напредовањм технологије и науке. Не само да се захтеви људи усложњавају већ све те промене доприносе да се мења однос корисник- изграђени простор. Корисници постављају захтеве који су условљени променама перформанси грађевинских објеката јер се током времена некада задовољовајући ниво смањује што је проузроковано и могућношћу да уграђени материјали током извесног времена коришћења испољавају штетне до тада непознате

[65] Др Жарко Стевановић, Енергетски преглед система грејања и мерења при енергетским прегледима, тематско поглавље 11.1, Инжењерска комора Србије, Београд
[66] *Ibid* Стевановић. 11.1.

карактеристике. Захтеви корисника и услови за постизање оптималног комфора су приказани у табели 2.6. [67]

Табела 2.6. Захтеви корисника по питању комфора и услови за постизање оптималног комфора, Извор: Ристивојевић, изведено из постављене табеле

<table>
<tr><th>Захтеви корисника</th><th colspan="4">Услови за постизање оптималног комфора</th></tr>
<tr><td>Комфорно урбано окружење</td><td colspan="4">рефлексија Сунца
ветар</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Хигротермални захтеви</td><td>Температура
топлотни комфор
градијент темп.
темп. пода</td><td>Радијација
темп. унутрашњих површина</td><td>Струјање ваздуха</td><td>Влажност унуттрашњег ваздуха</td></tr>
<tr><td colspan="2">Кондензација
на површини зидова
унутар конструкције</td><td colspan="2">Контрола климе унутрашњег простора
инсталације
добици од Сунца</td></tr>
<tr><td>Акустични захтеви</td><td colspan="4">Величина, распоред, геометрија и међусобни однос просторија
Величина и правилно пројектовање главне сале ради равномерног распростирања звука (приликом манифестација)
Регулација спољне и унутрашње буке (сталне и повремене)
Јасноћа звука
Време реверберације</td></tr>
<tr><td>Визуелни захтеви</td><td colspan="4">Број, величина, распоред, геометрија и међусобни однос просторија и одговарајућих отвора, природна осветљеност
Обезбеђење и контрола природне и вештачке осветљености
(захтевана осветљеност, стабилност осветљења и одсуство бљеска)
Могућност замрачења
Изглед простора и површина (боја, храпавост, текстура)
Визуелни контакт унутар простора (нарочито код трибина гледалишта)
Одсуство оптичке искривљености</td></tr>
<tr><td>Хигијенски захтеви</td><td colspan="4">Број, величина, распоред, геометрија и међусобни однос просторија и отвора ради природне вентилације простора
Снабдевање водом
Одговарајући уређаји за негу тела (спортиста, корисника) и чишћење
Уклањање отпадних вода, материја и дима
Вентилисање простора и регулација непријатних мириса
Вентилациони системи одговарајућег капацитета и квалитета
Ограничење емитовања загађујућих материја</td></tr>
</table>

[67] Ристивојевић, М. (2003) Прилог развоју методологије за идентификацију параметара грађевинског фонда релевантних за утврђивање репрезентативног узорка са становишта енергетске оптимизације, Београд, стр. 28-38.

Поред наведених захтева и услова за постизање оптималних услова комфора поменућемо и захтеве:

- у погледу трајности (век употребе у зависности од века трајања и начина одржавања),
- тактилни захтеви (својство површина, храпавост, сувоћа, мекоћа),
- динамички захтеви (пешачки комфор и лакоћа кретања; рампе и степеништа, погодност за руковање опремом),
- економски захтеви (инвестициони трошкови, трошкови одржавања и оштећења).

Поменуто је да спортски објекти као комплексне целине треба да су правилно зонирани јер су услови угодности различити за различите групације простора.

Табела 2.7. приказује неке од захтева за постизање оптималних услова комфора за различите функционалне целине које посматрамо као засебне термичке зоне спортских центара у оквиру којих се налазе универзалне спортске дворане. [68]

Табела 2.7. Функционалне целине и услови комфора у спортским објектима, Извор: GPG211

Објекат, целина	Грејање ºC	Вентилација m^3/Hr/per	Осветљење, по врсти такмичења	Ниво буке механичке опреме[69]	Релативна влажност
Универзална дворана	12-18ºC спортске активности 18-23ºC остале активности гледаоци	8-12 1/s/ per	300 lux рекреационо 500 lux клубско-државно 750 lux интернационално 1000 lux телевизијски пренос	45 dB	<70 %
Базени	Темп. ваздуха 1ºC изнад темп. воде	12 l/s/per	200-300 lux		
Фитнес центри	16-18ºC	10-12	100 lux минимум		
Теретане	12-14ºC	10-12	100 lux у просеку		до 50 %

[68] UNE- EN 12193, DECRETO 32/2003, DECRETO lei 79/20006, EN 12193, Regulamento Geral do Ruido, Directiva 23/93 CNQ

[69] SAVE Program, project number XVII/4, 1031/S/94/114- E. Trinati- Stourna, at al. *Energy and Buildings 27* (1998) стр. 109-122.

Свлачионице	20-25ºC	10	150 lux		до 50 %
Тушеви[70]	24-25ºC				
Пријем, администрација и комуникације	16-20ºC	До 3	250 lux		
Освежење и простори за ручавање	18ºC	Не мање од 8	Зонирано и контролисано		
Помоћни простори	Спортске активности 15ºC Неспортске активности 21ºC	1,5 3	300		

Потрошња енергије је уско повезана за захтеваним условима унутрашњег комфора који би требало да су одговарајући за спортске активности, сервисе и остале делатности. Мале хале могу бити вентилиране само природним путем уколико им је површина мања од 1000 m^2 , у другом случају треба да су опремљене механичком вентилацијом. Попречно проветравање даје врло повољне резултате.

Механичка вентилација је неопходна не би ли се снабдео простор одређеном количином свежег ваздуха и отклонили непријатни мириси и влага. Главни вентилациони системи треба да су опремљени системима топлотне рекуперације.

Колико су комплексни ови објекти, поред зонирања и различитих услова комфора за различите делове објекта, постоје и други захтеви које би требало испунити или пак обратити пажњу на њих. Уграђени системи вентилације требало би да обезбеде око 128 m^3/min вентилационог ваздуха у спортској арени, игралишту, са посебном пажњом на брзину кретања ваздуха која бе сме да пређе 0,1 m/s до пода да не би ометала игру на терену.

Када је у питању осветљење оно је различитог интензитета у односу на ниво игре (локално, национално, интернационално такмичење). Квалитетно вештачко осветљење, имајући у виду да се утакмице играју углавном у току вечерњих сати је неопходно. Хоризонтална номинална илуминација која се мери метар од пода игре не треба да биде мања од 200 до 400 lux. Осветљење читаве хале је неопходно да би се избегли велики контрасти и треба да износи око 300 lux.

[70] *Ibid* стр. 111.

Спортско- рекреативни центри потроше на електричну енергију 25-30 % од укупне енергије годишње. Електрична енергија има пет до шест пута вишу цену од гаса и представља 60 % од укупних трошкова енергије. Такође је одговорна за два пута већу емисију карбон диоксида од гаса. У дворанама у оквиру центара на осветљење се утроши до 20 % од укупне утрошене енергије.

Иако ниво буке у спортској хали може периодично да буде веома висок од стране гледалаца, трабало би ниво звука опреме централног вентилационог система држати на минимуму имајући у виду да се неки други делови спортског објекта користе за састанке, конференције. Према DIN 1946 T. препоручена вредност нивоа буке је 45 dB.

У поглављу 1.4. CIBSE водича дата је табела (табела 2.8.) са основним смерницама за пројектовање спортских објеката и параметрима за количину потребног спољног ваздуха, нивоима осветљења и буке. [71]

Табела 2.8. Препоручени критеријуми квалитета унутрашњег простора, Извор: CIBSE Guide A

Објекат (простор)	Зимска оперативна температура за наведену активност и ниво облачења[72]			Летња оперативна температура (климатизовани простори) за наведену активност и ниво облачења			Предложена стопа снабдевања ваздухом / Ls^{-1} по особи	Одржавана илуми-нација lux	Ниво буке dB
	Температура ºC	Активност met[73]	Облачење clo	Температура ºC	Активност met	Облачење clo			
Спортски објекат									
свлачионице	22-24	1.4	0.55	24-25	1.4	0.35	6-10	100	35-46
дворана	13-16	3.0	0.4	14-16	3.0	0.35	10	300	40-50

Из табеле, на основу различитих захтева услова комфора за различите функционалне целине, у овом случају дворане и свлачионица, може се увидети да ови простори

[71] CIBSE Guide A, Environmental Design, табела 1.5.

[72] Уколико није другачије наглашено температура варира на основу наведених вредности met и clo и PMV +- 0,25. Горња температура може да буде повећана а доња смањена за до 1ºC уколико се ПМВ прихвати до 0,5.

[73] Фактори топлотног комфора су: ниво активности (met) (енергија коју генерише људско тело), степен изолације одеће (clo) (ниво и врста одеће), релативна влажност ваздуха (проценат влажности ваздуха). Физички параметри унутрашњег простора су: температура ваздуха, релативна влажност простора, радијантна температура и брзина ваздуха. Лични фактори су ниво активности (метаболичка стопа) и ниво одеће.

представљају различите термичке зоне које касније одвојено и третирамо у анализама услова комфора и потрошње енергије код референтних модела.

2.3.1. Термички комфор

Термички комфор представља психолошко стање које одговара угодном осећају топлотних услова у простору, односно, којима је постигнута топлотна равнотежа организма.[74]

Према CIBSE Guide A[75] фактори који утичу на термички комфор су:

- температура ваздуха,
- радијантна температура,
- брзина кретања ваздуха,
- влажност ваздуха.

Температура ваздуха

Унутрашња температура ваздуха представља температуру ваздуха у простору. Параметри који утичу на потрошњу енергије поред климе, карактеристика КГХ система и начина коришћења објекта су термички омотач, геометрија зграде и унутрашња пројектна температура која има различите вредности за зимски и летњи период за исту просторију. Током зиме, док траје грејна сезона, одевеност људи је прилагођена спољним условима и има вредност приближно 1clo (1clo= 0,155 m^2K/W). За летњи период, када је потребно хлађење простора, износи 0,5 clo.

Радијантна температура- уколико су температуре површина у унутрашњем простору неједнаке, средња радијантна температура варира у односу на близину тим површинама и зависи од положаја и оријентације окупаната.

Релативна брзина кретања ваздуха (v_r) представља нето средњу брзину ваздуха која прелази преко тела. За окупираност у току седења узима се као кретање ваздуха.

---

[74] Правилник о енергетској ефикасности зграда Сл. Гласник 61/2011, члан 2.
[75] CIBSE Guide A Environmental Design, ISBN-10: 1-903287-66-9
ISBN-13: 978-1-903287-66-8, London, 2006, стр. 1-3.

За кориснике простора који су у покрету узима се у обзир њихово кретање и кретање ваздуха у простору.

Влажност ваздуха се изражава преко количине влаге (масе влаге у јединици масе сувог ваздуха (kg·kg–1)) или притиска влажности (парцијални притисак влажности (Pa)).[76]

Радијантна температура и температура ваздуха представљају оперативну температуру. Температура ваздуха је најбитнија варијабла која утиче на термички комфор. Влажност ваздуха има мањи утицај на осећај топлоте и прихватљива је у опсегу од 40-70 %. Влажност је врло битна у контексту стварања микроорганизама и нарочито треба водити рачуна код базена и просторија где се припрема храна.[77]

Топлотни комфор се обезбеђује током целе године пројектовањем зграде у складу са принципима енергетски ефикасне архитектуре:

- правилним димензионисањем елемената омотача,
- заштитом од сунчевог зрачења,
- коришћењем термичке масе[78],
- пасивним/ природним ноћним хлађењем,
- топлотним зонирањем зграде,
- обликовањем зграде и/ или сенилима или засторима у периодима када је могуће прегревање, спречити директан утицај сунчевог зрачења.

Све поменуте пасивне мере обезбеђују да се температура у згради одржава у границама комфора.[79]

---

[76] CIBSE Guide A Environmental Design 1.2.2. Thermal comfort: annotated definitions of main thermal parameters

[77] CIBSE Guide A, Environmental Design, стр.1-4

[78] Према Правилнику Сл. Гласник 061/2011 Термичка маса представља делове термичког омотача и структуре зградеод материјала и у дебљини који омогућавају акумулацију топлоте.

[79] Прилог 5 *Услови комфора,* Сл. Гласник 061/2011

2.3.1.1. Фактори који утичу на термички комфор [80]

Стандард SRPS EN ISO 7730 користи прорачун PMV (Predicted Mean Vote) и PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied) индекса 81. Критеријуми за PMV и PPD и оперативну температуру дати су стандардом SRPS EN 15251. Стандард одређује категорије зграда према PMV вредностима који се у њима јавља (табела 2.9.). Препоручена је класа Б.

Табела 2.9. Индикатори топлотног комфора, Извор: SRPS EN 15251

Препоручене вредности за термички комфор за одређене категорије комфора			
Критеријуми	Категорија зграда и опис	Термички осећај	
		PMV	*PPD %*
А- високи критеријуми	I Велика очекивања. Препоручено за особе са посебним потребама, хендикепирани	-0,2<PMV<+0,2	< 6%
В- средњи критеријуми	II Нормална очекивања	-0,5<PMV<+0,5	< 10%
С- умерени критеријуми	III Прихватљива очекивања	-0,7<PMV<+0,7	< 15%
---	IV Може бити прихватљиво само за ограничени период	+0,7<PMV<-0,7	> 15%

PMV је индекс који предвиђа средњу вредност гласања велике групе људи на топлотној скали од 7 нивоа. Индикатор se односи на температурну скалу која се креће од хладног (-3) до топлог (+3).[82] Након развијене математичке методе дошло се до табеле која представља вредности термичке осетљивости са одговарајућим PPD индексом (табела 2.10.).

[80] Доступно на http://sustainabilityworkshop.autodesk.com/buildings/human-thermal-comfort

[81] Метод који описује термички комфор је развио Ол Фангер (Ole Fanger) и обухвата PMV (Predicted Mean Vote) и PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied)

[82] Оригинално су подаци прикупљени од стране великог броја људи (израелских војника) који су у различитим условима у клима коморама одабрали подеоке на скали који најбоље описује њихов осећај угодности.

Табела 2.10. Вредности PMV осећај и PPD, Извор: ISO 7730

	Вредност	Осећај, PMV	PPD %
Predicetd mean vote	-3	Хладно	90
	-2	Свеже	75
	-1	Делимично хладно	25
	0,5	--	10
	0	Неутрално	5
	0,5	--	10
	1	Делимично топло, умерено	25
	2	Топло	75
	3	Врућe	90

PMV је најчешће коришћен индекс термичког комфора данас.[83]

Оно што је уочљиво из табеле је да и под најбољим условима постоји 5 % незадовољних људи.

Према ASHRAE 55 прихватљив PMV опсег за унутрашњи простор износи од -0,5 до +0,5 када PPD износи 10 % (adaptive comfort).

Препоручени прихватљиви PPD за термички комфор према ASHRAE 55 је мање од 10 % незадовољних у унутрашњем простору.

2.3.1.2. Прилагодљив комфор *(adaptive component)*

ASHRAE 55 је први међународни стандард који користи адаптивну компоненту. Стандард дефинише распоне температуре у којима до 90 % корисника сматра услове унутрашњег простора прихватљивим.

У дефинисању комфорних услова укључујемо људско понашање услед промена у параметрима термичког комфора што подразумева генерално промену понашања људи не би ли им било угодније: скидају одећу, смањују активност или отварају прозоре.[84] Простор би требало да има прозоре који се могу отварати и метаболички

[83] ISO Standard 7730 (ISO 1984 некада- сада EN ISO 7730: 2006)

[84] ASHRAE. 2010. *ANSI/ASHRAE Standard 55-2010.* Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.

ниво корисника би требало да је у опсегу од 1,0 до 1,3 met да бисмо узели у обзир прилагодљив комфор.[85]

Фактори који доводе до прегревања простора су метаболички и добици од уређаја, соларни добици, одсуство изолације као и недовољна вентилација простора.

Одавање топлоте од људи, метаболички добици

Термички параметри средине који утичу на одавање топлоте код људи су: температура ваздуха *Θa*, температура околних површина *Θsi*, релативна влажност ваздуха *φ* и брзина струјања ваздуха *w*. Субјективни утицаји који утичу на одавање топлоте човека су степен физичке активности (врло изражен код спортских дешавања), одевеност, узраст, пол, телесна тежина. Најзначајнији утицаји су степен физичке активности и одевеност.

Као мера физичке активности човека уведена је јединица *met*- 1 met= 58,2 W/m^2. (уколико се бавимо кошарком одајемо топлоту од 5,0- 7,6 *met* што је 580-800 W). [86]

Концентрација људи у току спортских дешавања је изузетно велика тако да се метаболички добици посебно помињу у контексту топлотног комфора. Према књизи Климатизација проф. Б. Тодоровића,[87] одавање топлоте од људи је дефинисано у зависности од температуре која се развија у зони боравка људи као и од врсте рада коју ти људи обављају. Одата топлота за опсег температуре од 18ºC до 34ºC за три нивоа активности људи (мировање, средње тежак рад и тежак рад, у контексту гледалаца, посматрачи и активни посматрачи и спортисти) дата је у табели 2.11.

---

[85] Стандард је познат као ASHRAE Standard 55-2004 Услови термике и људске окупираности. Сврха овог стандарда је да прецизира унутрашње термичке услове и људи који ће произвести услове угодности прихватљиве за већину корисника простора.

[86] Бањац, М. Основе енергетског билансирања зграде, Предавање, Инжењерска комора, Обука за енергетску ефикасност зграда, новембар 2012.

[87] Тодоровић, Б. (2009) *Климатизација*, Београд: Smeits

Табела 2.11. Одавање топлоте за три нивоа активности људи у опсегу од 18 °C до34 °C, Извор: Тодоровић, (2009)

Стање	*Одата топлота*	*18°C*	*20°C*	*22°C*	*24°C*	*26°C*	*28°C*	*30°C*	*32°C*	*34°C*
Мировање	Q_s	105	95	85	75	70	58	40	30	15
	Q_l	20	25	35	45	50	62	80	90	105
	Qu	125	120	120	120	120	120	120	120	120
Средње тежак рад	Q_s	150	140	125	110	80	70	55	35	20
	Q_l	105	120	135	150	175	185	195	210	220
	Qu	255	260	260	260	255	255	260	245	240
Тежак рад	Q_s	185	170	150	140	120	100	85	70	60
	Q_l	195	210	225	230	245	265	275	285	285
	Qu	380	380	375	370	365	365	360	355	345

Q_s сензибилна топлота коју одају људи, Q_l латентна топлота одата од људи, Qu укупна одата топлота као збир сензибилне и латентне топлоте.

Према једном од кључних стандарда SRPS EN ISO 13790 *Укупна потребна енергија за грејање и хлађење узимајући у обзир и добитке и губитке топлоте*, одавање топлоте у спортским центрима по особи износи 100 W/per, док је одавање топлоте по јединици површине 5,0 W/m^2.[88]

2.3.2. Хигијенски комфор

Хигијенски комфор (ваздушни комфор) представља услове којима се обезбеђује потребна количина чистог ваздуха у згради односно којима се обезбеђује квалитет ваздуха који је без ризика по здравље корисника. [89]

Ваздушни комфор тј. квалитет ваздуха у зградама обезбеђују:

- архитектонске мере,
- системи за контролу квалитета ваздуха.

Под архитектонским мерама подразумева се максимално коришћење природне вентилације. Треба тежити попречној вентилацији и предвидети системе контроле природне вентилације како би се избегао негативни осећај промаје.

---

[88] Табела 6.5. Правилник о енергетској ефикасности зграда. „ Службени гласник РС“ 61/2011

[89] Правилник о енергетској ефикасности зграда „ Службени гласник РС“ 61/2011 члан 2.

Препоручује се уградња система вештачке вентилације са прописаним бројем измена на час, онда када није могуће постићи карактеристике ваздушног комфора простора који се захтевају природном вентилацијом. Довођење свежег ваздуха принудном вентилацијом регулише се према стварним потребама оптерећености у времену када се корисници налазе у просторији. Узима се најнеповољнији случај могуће окупираности. Сви објекти преко 500 m^2 (ту спадају спортске зграде које анализирамо као студије случаја) које имају природну вентилацију морају имати уграђене размењиваче топлоте који рекуперишу топлоту отпадног ваздуха. Минимална дозвољена вредност ефикасности рекуператора је рекуператори вода-ваздух, зимски температурски степен корисности ŋ ≥50 % и рекуператори ваздух-ваздух где је зимски температурски степен корисности ŋ ≥70 %.

Уградња уређаја за рекуперацију топлоте није обавезна код вентилације са протоком ваздуха до 300 m^3/h или у посебним случајевима ивора токсичних и експлозивних материја као и онда кад је то немогуће извести.

Регенеративни размењивачи топлоте могу се користити само у случајевима када отпадни ваздух не садржи дувански дим, непријатне мирисе или друге штетне загађиваче. [90]

Лош квалитет ваздуха утиче на многа обољења дисајних путева, утиче на здравље људи уопште, стога је врло битно одржавати висок ниво хигијенског комфора у свим објектима а нарочито јавним где је велика концентрација људи. Већ је поменуто да се у дефинисању параметара и смерница када је у питању хигијенски комфор углавном ослањамо на стандард услова унутрашњег комфора Америчке асоцијације за климатизацију грејање и хлађење ASHRAE 55 и Стандард вентилационих услова Америчке асоцијације за климатизацију грејање и хлађење ASHRAE 62.

ASHRAE 62 стандард конролише унутрашњу влажност. У одељку 5.10. Стандарда помиње се да висока влажност ваздуха подржава раст патогених организама који утичу на појаву алергијских реакција. Релативна влажност у просторима у којима се борави пожељно је да буде у опсегу од 30-60 % где се минимизира раст патогених

[90] Из Прилога 5 Правилника о енергетској ефикасности зграда „Службени гласник РС“ 61/2011

организама и алергена. Постоји много начина како влага доспева у објекат; услед оштећења спољног омотача зграде, кондензације на хладним површинама али и услед уласка влажног спољног ваздуха кроз вентилационе канале, услед неадекватне градње затим дисања и знојења. Контрола влажности је нарочити изазов за објекте где је висока концентрација људи у истом моменту као што су школе и спортске дворане. Максималан дозвољена влажност у Стандарду ASHRAE 62 је 65 % за спортске хале док је за простор за публику и свлачионице 50 %.

Важне карактеристике о којима треба водити рачуна када дефинишемо хигијенски комфор су:

- количина свежег ваздуха,
- квалитет свежег ваздуха,
- одавање топлоте од људи.

2.3.2.1. Количина свежег ваздуха

Стандард ASHRAE 62 даје основне параметре којима се треба руководити услед пројектовања, изградње или санације спортских центара по питању протока свежег ваздуха по јединици површине и по особи, кориснику простора. (табела 2.12.)

Табела 2.12. Потребне количине свежег ваздуха у зони боравка људи у спортским објектима, Извор: Преузето из табеле 6.1. Стандард ASHRAE 62

Категорија	Потребна количина свежег ваздуха		Уобичајене вредности	
			Густина окупаната	Комбинована потребна количина свежег ваздуха
	По површини l/s m^2	По особи l/s по особи	#/100 m^2	l/s по особи
Игралиште	-	1,5	-	-
Теретана	-	1,5	30	-
Трибине за гледаоце	3,8	0,3	150	4
Базени	-	2,4	-	-
Сале за вежбање	10	0,3	40	10,8
Просторија за лекарске прегледе	10	0,3	10	13
Куглана	5	0.6	40	6,5

У једном од кључних стандарда SRPS EN ISO 13790 *Укупна потребна енергија за грејање и хлађење узимајући у обзир и добитке и губитке топлоте*, проток свежег ваздуха по јединици површине грејаног простора за спортске објекте износи 0,7 m^3/hm^2 док проток свежег ваздуха по особи износи 14 m^3/hper.[91]

Специфични критеријуми (за канцеларијске просторе) према CEN CR 1752 за вентилационе системе који свакако постоје у спортским дворанама дати су у табели 2.13.[92]

Табела 2.13. Брзина проветравања за канцеларије у зависности од загађења за три категорије зграда, Извор: CEN 1752

Категорија	Само корисници	Мање штетни материјали	Високо штетни материјали
	Ls/m^2	Ls/m^2	Ls/m^2
А (високо)	1	2	3
Б (средње)	0,7	1,4	2,1
Ц (основно)	0,4	0,8	1,2

Минимална вентилациона стопа је 10 -15 L/s1 per, што је око 1 L/s за m^2 у канцеларијским просторима уобичајене окупираности и 0,5 ach у дневним просторима стамбених објеката.

2.3.2.2. Квалитет ваздуха

Стандарди који дефинишу квалитет ваздуха дозвољавају присуство концентрација честица одређених хемијских састава у количини која не може да изазове озбиљне здравствене проблеме. [93]

Квалитет ваздуха се одређује на основу механичких и хемијских параметара за оцену квалитета.

Механичке параметре квалитета ваздуха дефинише количина честица одређене величине у ваздуху. Према ASHRAE 62 стандарду дефинисане су дозвољене количине честица у спољашњем ваздуху за вентилацију унутрашњег простора:

---

[91] Исто је и у Правилнику о ЕЕ бр.61/2011 Табела 6.5. (IES VE софтвер препознаје L/s- 1 dm^3 (литар)/s= 10^{-3} m^3/s= 3.6 m^3/s)

[92] Извештај ISIAQ-CIB Task Group TG 42 Performance criteria of buildings for health and comfort CIB number 292, 2004.

[93] EC Report 11. Guidelines for ventilation requirement in buildings

- граница просечне концентрације током године за честице величине PM10-10 микрона износи 0,05 mg/m^3,
- граница максималне концентрације током 24 часа за честице величине PM10-10 микрона: 0,15 mg/m^3.

Хемијски параметри квалитета унутрашњег ваздуха су радон, олово, карбон моноксид, карбон диоксид, формалдехид, CO_2 ,TVOC. Најчешће мерени параметри су CO_2 и TVOC. [94]

Ниво CO_2 је најбољи репрезент емисије загађења од људи а TVOC емисије загађења од материјала.

Ниво CO_2

Према ASHRAE 62 стандарду концентрација CO_2 у спољном ваздуху је 300-500 ppm. (број честица CO_2 на милион честица ваздуха). Дозвољено одступање унутрашње концентрације од спољне је 700 ppm (што одговара убацивању 7,5 l/s/per свежег ваздуха кад је присутно загађење само од људи). Људи који седе (са активношћу од 1,2 met) емитују 0,31 l/min CO_2 док људи у току физичке активности (1,4 met) емитују 0,35 l/min CO_2. Имајући у виду да се у спортским дворанама одвијају активности које су еквивалентне тешком раду и да је концентрација људи у току спортских збивања велика ови простори емитују високу концентрацију CO_2 чему треба посветити посебну пажњу.

Према стандарду CEN-CR1752 дозвољене концентрације CO_2 у ваздуху у просторијама за три категорије зграда дата су у табели 2.14.

Табела 2.14. Дозвољене концентрације CO_2 у просторијама за три категорије зграда, Извор: CEN-CR1752

CO_2	M (молски удео, g/g-mola)	A category		B category		C category	
		Mg/m^3	Ppm	Mg/m^3	Ppm	Mg/m^3	Ppm
	44	827	460	1187	660	2140	1190

[94] TVOC је ознака за смешу више Total Volatile Compaunds. Она се састоји из VOC (Volatile Organic Compaunds) нетоксичних смеша.

Према књизи Грејање и климатизација са припремом топле воде и расхладном техником[95] концентрација CO_2 у спољашњем ваздуху је 300 ppm. У индустријским и градским областима износи 500 ppm.

Концентрација CO_2 у унутрашњем ваздуху, где се ваздух сматра добрим износи 1000 ppm. Људи при мировању емитују 20 l/ h (0,33 l/min) CO_2.

Подаци Америчке здравствене организавије OSHA и подаци из ASHRAE Transaction приказани су у табели 2.15.

Табела 2.15. Дозвољене концентрације CO_2 у просторијама према OSHA, Извор: OSHA

CO_2	M	IDLH		ACC		TWA	
		mg/m^3	ppm	mg/m^3	ppm	mg/m^3	ppm
	44	90000	50040	54000	30024	9000	5004

IDLH –концентрација која изазива здравствени ризик и могућу смрт
ACC- дозвољена максимална концентрација у току 8 h боравка
TWA- средња дозвољена концентрација која не би требало да се пређе у току 8 h боравка у току целе недеље

Према подацима из EC Report бр.11 Упутства за вентилационе услове у зградама[96] дозвољена дуготрајна концентрација у собном ваздуху која значајно погоршава здравствено стање је 3500 ppm.

Ниво TVOC

У неким америчким државама дозвољена концентрација TVOC износи 0,2 mg/ m^3 а вредности се могу кретати од 0, 2 до 0,5 mg/ m^3.

Према ASHRAE Transaction код концентрације честица од 0,2- 3,0 mg/ m^3 могућа је иритација и непријатан осећај. Код већине испитаника услед 3 mg/ m^3 јавља се врло непријатан осећај. (детаљније у Прилогу 2)

[95] Reknagel, Šprenger, Šramek, Čeperković (2002) *Grejanje i klimatizacija sa primpremom tople vode i rashladnom tehnikom*, V издање, Vrnjačka Banja: Interklima
[96] EC Report No.11 Guidelines for ventilation requirement in buildings

2.3.2.3. Принудна и природна вентилација

Вентилација у контексту квалитета ваздуха зависи од следећих фактора:

- густина окупаната, корисника простора,
- активности корисника,
- емисије полутаната у простору.

Европски стандард BS EN 13779: Вентилирање зграда: захтеви рада вентилационих и клима система (Ventilation for buildings. Performance requirements for ventilation and air-conditioning systems) дефинише основне стандарде квалитета ваздуха у заузетим просторима и везује их за количину свежег ваздуха по особи (*L·s–1 per person*). (табела 2.16.)

Табела 2.16. Вентилациона класификација и класификација квалитета унутрашњег ваздуха
Извор: BS EN 13779[97]

Класификација	Стандард квалитета унутрашњег ваздуха	Вентилациони распон $L \cdot s^{-1}$/ per	Уобичајена вредност $L \cdot s^{-1}$/ per
IDA1	Висок	>15	20
IDA2	Средњи	10-15	12.5
IDA3	Умерен	6-10	8
IDA4	Низак	<6	5

Треба поменути да је класификација и ниво стандарда унутрашњег ваздуха уско повезана са комфором и да се претпоставља да је простор релативно ослобођен од извора полутаната као и да је вентилациони ваздух сам по себи чист. Када су у питању јавни објекти минимална вентилациона стопа је 10 ls^{-1} по особи што је категорија између IDA2 и IDA3.

Природна вентилација

„Под природним проветравањем, насупрот принудном, контролисаном, које се врши помоћу вентилатора, подразумева се измена ваздуха која се јавља као последица

[97] CIBSE Guide A, преузето из табеле 4.2.

природних особина ваздуха при температурним разликама или услед струјања ветра.“[98]

За највећи број просторија обнављање ваздуха продирањем кроз процепе довољно је за одржавање стања ваздуха у границама угодности када се уз то врши прозорско ветрење.

Под прозорским проветравањем подразумева се измена ваздуха која настаје отварањем прозора. У питању је ударно проветравање. Уколико је спољашњи ваздух хладнији од унутрашњег, без присуства ветра, спољашњи ваздух струји у просторију кроз доње делове врата а из просторије кроз горње делове отвора. При попречном проветравању када су прозори постављени један наспрам другог дејство је посебно велико. Као груба оријентација број измена ваздуха за различите прозоре дат је табеларно. [99]

Табела 2.17. Број измена ваздуха за различите прозоре, Извор: Reknagel (2002)

Број измена ваздуха кроз прозорске отворе	
Затворени прозори	0.....0,5h^{-1}
Полуотворени прозор	5.....10 h^{-1}
Прозор потпуно отворен	10.....15 h^{-1}
Отворени прозори и врата	До 40 h^{-1}

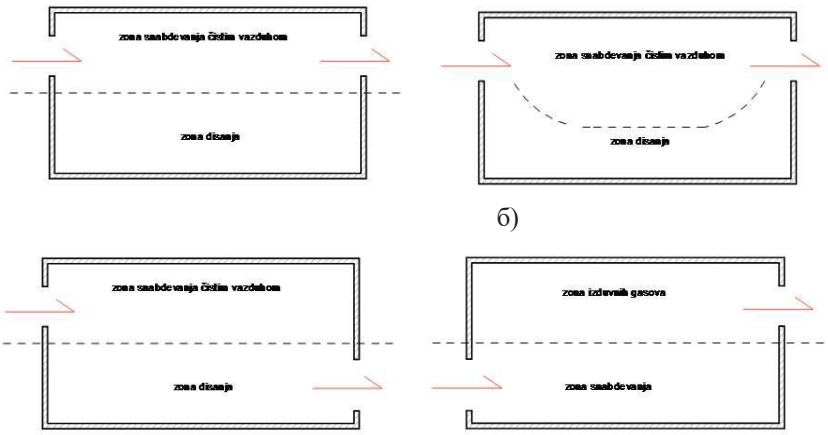
Вентилација игра велику улогу у контролисању нивоа загађености ваздуха и влаге у простору.

Инфилтрација је неконтролисана размена спољњег и унутрашњег ваздуха док је вентилација наменска и остварује се помоћу разних уређаја. Према CIBSE Guide A[100] природна вентилација се постиже струјањем ваздуха и разликом у притисцима што значи да је уско повезана са временским приликама. „Природна вентилација настаје услед разлике притиска омотача зграде изазване струјањем ваздуха и разлике густине између спољашњег и унутрашњег ваздуха. Разлика у спољашњем и унутрашњем

[98] Reknagel, Šprenger, Šramek, Čeperković (2002) *Grejanje i klimatizacija sa primpremom tople vode I rashladnom tehnikom,* V издање Vrnjačka Banja: Interklima, стр. 1065.
[99] Reknagel (2002), стр. 1066.
[100] Cibse Guide A- Environmental Design Chartered Institutiion of Building Services Engineers, London, ISBN-10: 1-903287-66-9 ISBN-13: 878-1-903287-66-8, London 2006, стр. 153.

притиску на одређеној локацији зависи од интензитета локалних градијената притиска и карактеристика отвора на самом омотачу зграде.“[101] Ако је годишњи распон температуре од -10 до +30 степени и брзина ветра од 0-10 m/sec простом рачуницом долазимо до податка да постоји више од 3000 услова за вентилацију у току једне године. Пројектантско решење треба да се прилагођава. На основу смерница ефикасности природне вентилације простор у просторији која се вентилира је подељен на две зоне:

- зона у којој се ваздух уводи или одстрањује из просторије,
- остали простор- зона дисања. (слика 2.1.)



а) б)

ц) д)

Слика 2.1. Снабдевање и одвођење ваздуха путем вентилирања , а) комбиновано, снабдевање ваздухом и одвођење у горњем делу просторије, б) као а) код спортске дворане зона дисања је специфична због присуства гледалишта, ц) мешање ваздуха, снабдевање у вишем делу просторије а одвођење у нижем, д) снабдевање у нижем а одвођење у вишем делу просторије, Извор: Аутор према Cibse Guide A[102]

Најбољи услови се постижу у случају а) и б) где је зона снабдевања ваздухом изнад зоне дисања.

---

[101] Стевановић, Ж. (2015) Истраживање просторне униформности индикатора топлотног комфора у зградама јавне намене, *Докторска дисертација*, Машински факултет, Ниш, стр. 19.
[102] CIBSE Guide A, Environmental Design, стр. 1-20.

Врло важну улогу у креирању термичке и струјне слике у затвореном простору играју процепи и отвори, чији утицај највише долази до изражаја у јако хладним и топлим данима. Утицаји атмосферских прилика који подстичу механизме природне вентилације су: механички, механизам конвекције под утицајем ветра и температурно индукована конвекција.[103]

Природна вентилација је врло важна и ефикасна пасивна техника којом се смањује енергија за хлађење у згради и побољшава квалитет унутрашњег ваздуха. Приликом пројектовања природне вентилације (отвора) потребно је знање и прецизно предвиђање кретања ваздуха и трансфера топлоте у и око зграде. Приликом израде енергетских симулација већа прецизност се постиже код малих отвора док код већих као што су отвори код спортске дворане резултати су врло дискутабилни и зависе од параметара који се не могу прецизно утврдити.[104]

Систем вентилације би требало да омогући квалитет ваздуха и задовољи потребе хлађења уз локално контролисање. Пасивни системи за хлађење се углавном повезују са пројектовањем нових објеката али и постојеће зграде се прилагођавају уз коришћење принципа пасивних система. Зграде које се пасивно вентилирају свакако користе мање енергије од оних које користе механичку вентилацију и климатизацију. Пасивно хлађење увелико коришћено код резиденцијалних објеката подразумева попречну вентилацију, пасивно вентилирање по принципу димњака и пасивно хлађење у току ноћи. [105]

Пасивно хлађење се постиже једноставним отварањем прозора када су простори за вентилирање мале површине што није апликативно код спортских дворана имајући у виду високе плафоне и немогућност отварања прозора. Могуће је применити једноставно пасивно хлађење код осталих простора попут администрације и свлачионица. Пасивни системи по принципу димњака уводе свеж ваздух кроз отворе који се налазе на нижим нивоима на ветровитој страни и извлаче топао ваздух у

---

[103] Стевановић, Ж. (2015)

[104] *wind profile exponent, pressure coefficient and discharge coefficient*. Извор: Zhiqiang, Y. Mohamed, M. Mankibi, Y. (2015) Review of Natural Ventilation Models, *Energy Procedia*, вол. 78, стр. 2700-2705.

[105] BS 5925 (1991) Code of Practice for Ventilation, Principles and Designing for Natural Ventilation

канале на вишим нивоима по принципу подизања топлог ваздуха и разлике у температури. Ноћно хлађење у зградама велике термичке масе има значајну улогу у постизању одговарајуће унутрашње температуре.

Највећи ефекат вентилације је када се прозори налазе на више фасада и када могу да се отворе у току дана. Ефекти вентилације у овом случају и онда када су прозори на јужној страни објекта приказани су у табели 2.18.

Табела 2.18. Ефекти вентилације у односу на положај прозора на фасади, Извор: CIBSE Guide A[106]

Положај прозора	Начин коришћења		Ефекти вентилације	
	У току дана	У току ноћи	Измена ваздуха	Вентилациони губици
На југу	затворени	отворени	1	0,3
	отворени	затворени	3	1,0
	отворени	отворени	10	3,3
На више фасада	затворени	отворени	2	0,6
	отворени	затворени	10	3,3
	отворени	отворени	30	10

Системи климатизације

Поред пасивних система вентилације постоје и системи климатизације који за разлику од система грејања имају улогу загревања простора и делимично проветравања. Системи климатизације имају већи број функција у циљу постизања комфорних услова током године. Код великих и комплексних објеката попут спортских постоје инсталирани системи. Основне функције ових система су:

- загревање у зимском периоду,
- хлађење у летњем периоду,
- вентилација,
- одржавање релативне влажности ваздуха:

[106] CIBSE Guide A, 2006, стр. 1-20.

влажење у зимском а сушење у летњем периоду,

- одржавање потребне чистоће ваздуха.

„Климатизациона постројења имају задатак да температуру и влажност ваздуха одржавају у оквиру неких прописаних граница константним. Она сједињују четири поменуте термодинамичке функције припреме ваздуха: грејање, хлађење, влажење и сушење. Поседују и аутоматски уређај за регулисање температуре и влажности.“ [107]

Према Правилнику о енергетској ефикасности зграда у Србији број измена ваздуха је часовни број измена унутрашњег ваздуха спољним ваздухом, обрачунат за запремину зграде унутар термичког омотача.

Одређивање количине ваздуха (протока ваздуха) врши се према постројењу. Интензитет потребног проветравања не зависи само од запремине просторије већ и од њене висине, положаја, степена и места загађености ваздуха. Одређивање потребног протока ваздуха може бити према ваздушном оброку тј. према количини ваздуха потребној по особи на час. Овај поступак је најпогоднији за велике просторије као што су позоришта, биоскопи и спортске сале. Према ДИН 1946, у делу 2 (01.94) дате су следеће вредности за оброке спољног ваздуха:

- позоришта, концертне дворане, биоскопи, читаонице, хале сајмишта, продајне просторије, музеји, фискултурне сале и спортске дворане- 20 m^3/h по особи,
- појединачне мале канцеларије- 40 m^3/h по особи.[108]

2.3.3. Звучни комфор

Звучни комфор представља услове у којима је ниво буке у просторији такав да не изазива осећај непријатности. [109]

---

[107] Reknagel, Šprenger, Šramek, Čeperković (2002) Grejanje i klimatizacija sa primpremom tople vode I rashladnom tehnikom, V издање Vrnjačka Banja: Interklima, стр. 1074.
[108] Reknagel, Šprenger, Šramek, Čeperković (2002)
[109] Правилник о енергетској ефикасности зграда „ Службени гласник РС“ 61/2011 члан 2.

У прилогу 5 Правилника о енергетској ефикасности зграда РС наведено је да се звучни комфор који се односи на људе као пријемнике и као изворе звука постиже следећим мерама:

- адекватном изолацијом од ваздушног звука унутрашњих грађевинских елемената,
- адекватном изолацијом од ваздушног звука спољашњих грађевинских елемената,
- адекватном изолацијом подова и зидова од звука удара,
- прихватљивим нивоом звучног притиска звукова у просторијама, укључујући и било који звук који се користи за маскирање преслушавања,
- адекватним акустичним одзивом просторија и простора којим се одређује чујност и квалитет корисних звукова,
- адекватним пројектовањем система инсталација које не смеју да наруше претходно наведене грађевинске и архитектонске мере за постизање звучног комфора.

Дозвољени ниво буке у средини у којој човек борави, методе мерења као и ближи услови који морају да се испуне прописани су у Правилнику о дозвољеном нивоу буке у животној средини.[110]

Спортске дворане су окружене зеленилом и око њих не постоји значајан извор буке. Минимална удаљеност од становања у окружењу износи 50 m тако да их и уколико постоји извор буке не угрожава.

Ови објекти су карактеристични у овом контексту. Композиција је таква да се мора постићи да бука у просторима у којима се подразумева, у дворанама где се одвијају спортски догађаји, не омета рад корисника простора у другим деловима зграде (сале за одржавање часова јоге нпр. или рад администрације у центру). Мерење нивоа буке и кориговање измереног нивоа зависно од типа буке обавља се методама које су описане у стандарду JUS U.J6.090.

---

[110] „Службени гласник РС“, бр. 54/92

Бука се у објектима мери на најмањој удаљености 1 m од зидова и 1,5 m од прозора, а на висини од 1,2 до 1,5 m од пода и то када су прозори затворени.

Бука изван објекта (у комуналној средини) мери се на висини од 1,2 до 1,5 m од површине терена, на удаљености најмање 3,5 m од зидова објекта (ако то услови дозвољавају) и других рефлектујућих површина или од регулационе линије где нема објеката.

У зонама зеленила одмора и рекреације бука се мери на 5 мерних места која се бирају тако да целокупна површина зона буде равномерно покривена. [111]

Према CEN CR 1752 Европски пројектни критерјуми за унутрашњи комфор[112] бука у ваздуху између простора у оквиру објекта преноси се преко вентилационих канала. Бука генерисана у једном простору и пренешена у други је релевантна и треба да се мери.[113] Табела 2.19. даје приказ дозвољених нивоа звука генерисаних и/или трансмитованих преко вентилационих система у различитим просторима за три категорије објеката.

Табела 2.19. Нивои буке трансмитовани преко вентилационих система,[114] Извор: CEN CR 1752

Тип објекта	Простор у објекту	Категорија		
		А	Б	Ц
Канцеларије	Мале канцеларије	30	35	40
	Конференцијске сале	30	35	40
Ресторани	Кафетерије	35	40	50
	Кухиње	40	55	60
Спорт	Затворена спортска игралишта	35	45	50
	Базени	40	45	50
Општи простори	Тоалети	40	45	50
	Свлачионице	40	45	50
Комерцијала	Продавнице	35	40	50

[111] Правилник о дозвољеном нивоу буке у животној средини (Сл. Гласник РС 54/92)
[112] CEN CR 1752 Ventilation for buildings- design criteria for the indoor environment
[113] Део А.4.4.1. CEN CR 1752- Airborne noise between enclosed spaces
[114] Оригинално табела А.10 стандарда CEN CR 1752 стр. 33.

2.3.4. Визуелни комфор

Визуелни (светлосни) комфор представља услове који омогућавају добро виђење, тачно и брзо опажање уз минимално напрезање очију. [115]

Основни циљ код пројектовања осветљења код спортских центара је постизање оптималних услова за ефикасну и угодну визуелну перцепцију играча и посматрача имајући у виду време одржавања утакмица у току дана: углавном су то вечерњи сати.

У спортско- рекреативним центрима, без базена, рачуна се да на осветљење иде до 20 % укупног утрошка енергије. У центрима са базенима око 8 %.[116]

Светлосни комфор у зградама се обезбеђује увођењем природном светла и вештачким осветљењем.

Приликом увођења природног светла потребно је:

- применити мере неопходне за максимално увођење дневне светлости у просторије,
- лети обезбедити максималан упад дифузног и минималан упад директног сунчевог зрачења употребом сенила и застора,
- системи заштите од сунчевог зрачења морају да омогуће довољну количину дневне светлости у просторијама без коришћења вештачког осветљења,
- обезбедити ефикасну контролу бљеска од сунчевог зрачења уз задржавање прописаног нивоа осветљености,
- интензитет вештачког осветљења треба пројектовати у складу са наменом просторија.[117]

---

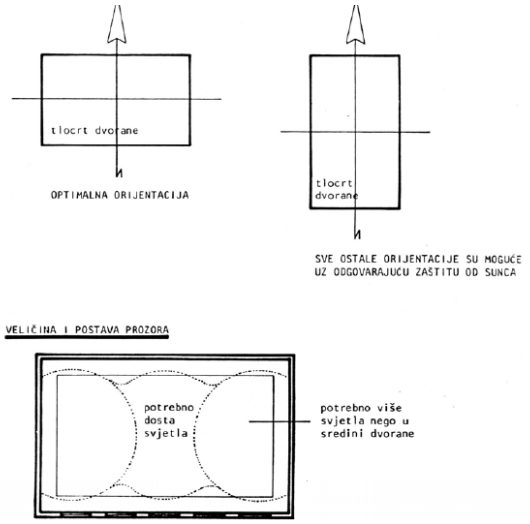
[115] Правилник о енергетској ефикасности зграда „ Службени гласник РС“ 61/2011 члан 2.
[116] GPG 390, стр.11
[117] Прилог 5 Правилника о енергетској ефикасности зграда, Сл. Гласник 61/2011

2.3.4.1. Природно осветљење

Просторна дистрибуција светла код дворана се постиже:

- осветљењем кроз вертикалне зидне преграде,
- осветљењем кроз плафон,
- комбинованим осветљењем,
- осветљењем и оријентацијом једноделне дворане,
- осветљењем и оријентацијом вишеделне дворане,
- утицаја гледалишта на начин осветљавања и оријентацију.

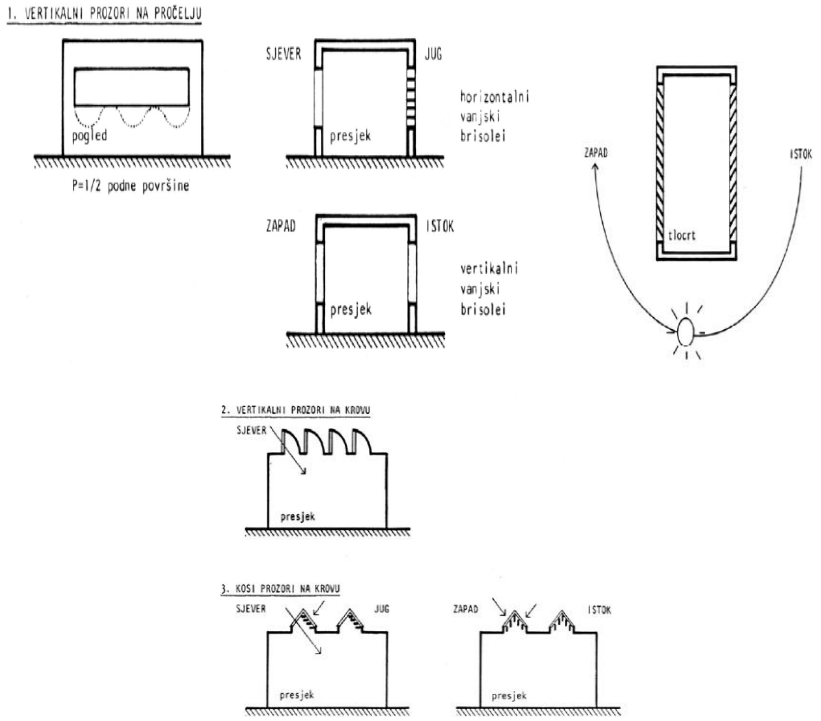
На слици 2.2. приказан је простор дворане са оптималном оријентацијом извора светлости.



Слика 2.2. Основа дворане са оптималном оријентацијом, Извор: Koružnjak (2012)[118]

Слика 2.3. приказује могуће начине природног осветљавања простора дворана.

[118] Koružnjak, B. (2012) Zgrade za sport, Sveučilište u Zagrebu, Архитектонски факултет , сажеци предавања



Слика 2.3. Основа и пресеци са приказом отвора на фасади и крову, природно осветљење, могућа решења, Извор: Koružnjak (2012)

Да би се остварило квалитетно осветљење одређеног спортског објекта потребно је дефинисати основне захтеве који се морају испунити да би се постигла добра видљивост. Према захтевима визуелног комфора кориснике спортских објеката можемо сврстати у неколико категорија:

- такмичари,
- службена лица (судије, представници разних спортских асоцијација),
- гледаоци,
- медији.

За различите категорије корисника видно поље је различито. Квалитетно осветљење неког спортског објекта подразумева пројектовање и инсталацију довољне количине светлости, равномерно распоређивање светлости дуж целе површине игралишта, са адекватном контролом бљештања и верном репродукцијом боја.

Затворене спортске дворане никад нису намењене једној врсти спорта. Да би избегли бљештање и губитак контраста треба избегавати постављање потпуно

транспарентних делова крова изнад терена, као и постављање рефлектора изнад глава играча и самог игралишта.

Осветљење у простору има три сврхе: да омогући корисницима да раде и да се крећу безбедно, да омогући исправно обављање задатака и да створи пријатну атмосферу. Задовољавајуће визуелно окружење може да се постигне само електричним осветљењем али већина људи преферира дневно осветљење. Ово нарочито подржава Регулатива о радним просторима[119] (о здрављу, сигурности и добробити на радном месту) из 1992. према којој се захтева присуство дневног осветљења свим радним површинама. Пројектовањем уводимо дневно светло у просторе тамо где је могуће чиме штедимо енергију, избегавамо присуство бљеска и збуњујуће рефлексије, прегревања или прекомерног губитка топлоте.[120]

Критеријуми за пројектовање дневног осветљења

Квантитативна процена нивоа дневног осветљаја је веома сложени процес. Ниво спољног осветљења се разликује од доба дана и доба године и зависи од метеоролошких услова. Ниво дневног осветљења у одређеној тачки у објекту дефинише се као проценат нивоа светлости који падне без препрека на хоризонталну раван у објекту. Овај однос се назива Фактор дневног осветљаја.

Просечни фактор дневне светлости може да се користи као иницијални параметар у пројектовању. Рачуна се према формули:

$DF = (T\,Aw\alpha\,M) / A\,(1 - Ra^2)$

где је DF фактор дневне светлости (%), T је дифузна трансмисија материјала за застакљивање укључујући ефекат прљавштине на застакљеној површини (табела 2.20.), Aw је нето површина застакљења прозора (m^2), α ј вертикални угао наспрам неба које је видно из центра прозора (º) (слика 2.4.), M је фактор одржавања (табела

[119] The Workplace (Health, Safety and Welfare) Regulations 1992 (London: The Stationery Office) (1992)
[120] CIBSE Guide A, стр. 1-20.

2.21.), *A* је укупна површина унутрашњих преграда (плафона, пода, прозора и зидова) (m^2), *R*а просечна рефлексија унутрашњих површина (табела 2.22.).

Табела 2.20. Дифузна трансмисија материјала за застакљивање, Извор: CIBSE Guide A[121]

Тип застакљења	Дифузна трансмисија
Чисто стакло једноструко двоструко	 0,8 0,7
Двоструко стакло ниска емисија	0,69
Двоструко стакло са призматичним застакљењем	0,3
Двоструко стакло са отворима са огледалима за контролу упада сунчевих зрака	0,3

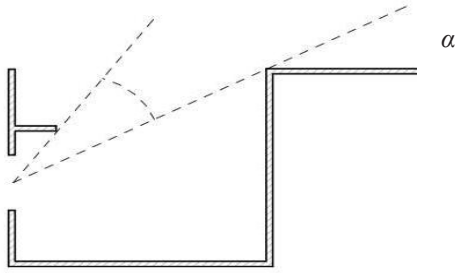
Табела 2.21. Фактор одржавања застакљених површина за фактор дневне светлости, Извор: CIBSE Guide A

Просторија	Процентуално губитак дневне светлости у поређењу са чистим застакљењем	
	сеоско подручје- предграђе	град
Загађени простор, вежбалиште, базени	12-24	12-24

Табела 2.22. Рефлексија за калкулацију DF фактора приликом раног пројектовања, Извор: CIBSE Guide A

Површина	Рефлексија
Лаки зидови и подна шупљина	0,6
Средњи зидови и шупљина у поду	0,5
Тамни зидови и шупљина у поду	0,4

[121] стр.1-23.



Слика 2.4. Вертикални угао α од средине прозора ка видном небу наспрам њега, Извор: CIBSE Guide A

DF= 3 % односно 10000 x 3/100= 300 lx.

2.3.4.2. Препоруке за осветљење спортских објеката

Поред основног осветљења постоји и нужно осветљење које се односи на безбедност гледалаца приликом уласка на трибине као и приликом евакуације са трибина. Да гледаоци не би остали у мраку приликом изненадног прекида напајања електричном енергијом из дистрибутивне мреже примењују се две могућности. Прва је да се део светиљки које осветљавају игралиште и трибине прикључи на посебна струјна кола повезана са резервним извором напајања, агрегатом или да постоје посебна струјна кола која се укључују у случају нестанка мрежног напона. На резервни извор напајања се прикључује и део светиљки које осветљавају ходнике и пролазе. Препоручени минимуми хоризонталне осветљености трибина су 25 lux.

Разликујемо препоруке и захтеве за осветљење објеката у којима се одвијају спортске активности различитих нивоа, са тв преносом и без тв преноса. Табела 2.23. приказује вредности препорука за осветљење простора без ТВ преноса.

Табела 2.23. Препоруке за осветљење спортских простора без ТВ преноса Извор: Мотика, (н.д.)[122]

Спорт (без тв преноса)	*Ниво активности*	*E (lx)*	*U1*	*U2*	*Ra*	*T(K)*
Атлетика у затвореном	t/r	200	0,3	0,5	65	2000
	A	300	0,4	0,5	65	4000
	P	500	0,5	0,7	65	4000
Пливање у затвореном	t/r	200	0,3	0,5	60	3000
	A	300	0,3	0,5	60	3000
	P	500	0,3	0,5	60	3000
Кошарка у затвореном	t/r	300	0,4	0,6	65	4000
	A	400	0,5	0,7	65	4000
	P	600	0,5	0,7	65	4000
Фудбал у затвореном	t/r	300	0,4	0,6	65	4000
	A	400	0,5	0,7	65	4000
	P	600	0,5	0,7	65	4000
Тенис	t/r	500	0,4	0,6	65	4000
	A	750	0,4	0,6	65	4000
	P	1000	0,4	0,6	65	4000
Одбојка	t/r	300	0,4	0,6	65	4000
	A	500	0,5	0,7	65	4000
	P	600	0,5	0,7	65	4000
Бокс	t/r	500	0,4	0,6	65	4000
	A	100	0,5	0,7	65	4000
	P	2000	0,5	0,7	65	4000
Стони тенис	t/r	300	0,4	0,6	60	4000
	A	400	0,5	0,7	60	4000
	P	600	0,5	0,7	60	4000

t- тренинг, r- рекреација, A- национално такмичење, аматерски ниво, P- професионални ниво, E- средња хоризонтална осветљеност на нивоу тла, U1- равномерност осветљености дефинисан као Emin/ Emax равномерност осветљености дефинисан као Emin/ Esre, Ra- индекс репродукције боје, T- температуре боје

У Правилнику о условима за обављање спортских активности „Сл. гласник РС“, бр. 17/2013 нема ставке о визуелном комфору гледалаца и спортиста. Самим пројектовањем се обезбеђују неометане визуре што није предмет овог поглавља. Сматра се да су испуњени услови о визуелном контакту гледалац спектакл.

[122] Мотика, Д. и други (н.д.) Електрично осветљење и његов значај, преузето са http://www.bas.gov.ba/images/upload/glasnik/clanak1_1_2_15.pdf

У стандарду EN 12193 Осветљење спортских објеката (Sports Facility Lighting) дате су вредности за сваки спорт понаособ за ниво осветљености. Ниво осветљења не сме пасти испод вредности E_m. UGR_L је горња граница директног одсјаја. Доња граница индекса боје, R_a мора бити једнака или већа од вредности из табеле 2.24. Пожељно је да је 80 а UGR_L би требало да износи 19 за потребе тренирања за све спортове приказане у табели.

Табела 2.24. Ниво осветљености за различите спортове, Извор: EN 12193

Спортска активност	E_m	R_a
Аеробик	500	60
Стрељаштво	200	60
Атлетика (све дисциплине	500	60
Бадминтон	750	60
Кошарка	750	60
Билијар	750	80
Куглање	200	60
Бокс (такмичење и тренинг)	2000	80
Пењање на стену	500	60
Игре (фитнес)	500	60
Фудбал	750	60
Гимнастика	500	60
Рукомет	750	60
Хокеј на леду	750	60
Џудо	750	60
Карате	750	60
Пливање	300	80
Школско пливање	500	60
Стони тенис	750	60
Тенис	750	60
Одбојка	750	60
Рвање	750	60

Анализа свих поменутих комфора и истраживање домаће и иностране легислативе по питању осећаја угодности у просторима спортских објеката као и компаративна анализа истих су неопходни приликом уноса полазних параметара у изради динамичких симулација референтних модела након усвајања методологије. Њихово

прецизно дефинисање је суштина постизања што веродостојнијих решења и предлога.

2.4. Структурални и технички елементи универзалних спортских дворана који могу утицати на енергетску оптимизацију

Енергија потребна за функционисање спортског објекта, грејање и хлађење, вентилирање и осветљавање, зависи од два главна фактора. Први је термички омотач објекта- кров, зидови, врата, прозори и подови; тј. структурални елементи објекта који утичу на његов енергетски перформанс. Други фактор су инсталације и функционалност механичке и електричне опреме у објекту помоћу којих се уз структуралне елементе ствара одговарајућа унутрашња клима; системе називамо термотехнички системи.[123]

Дакле, на укупни енергетски перформанс објекта утичу следећи елементи који се морају анализирати:

- термички омотач зграде,
- фактор облика зграде,
- заштитни елементи који смањују израчавање топлоте,
- проток ваздуха,
- постојеће стање објекта.

Термички омотач зграде који чине сви елементи 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 коришћења неког простора[124]. Омотач зграде је кључни мада не и једини елемент који се мора разматрати у анализама грађевинских елемената у оквиру анализа са циљем енергетске оптимизације. То је место интеракције спољног и унутрашњег простора, грејаног и негрејаног. Температурне разлике код нас су велике између ова два

[123] Energy Efficency Guide for Municipal Recreation Facilities, Manitoba Hydro Power Smart, стр. 21.
[124] Правилник о енергетској ефикасности зграда „Сл. Гласник РС“ 61/2011, члан 2.

простора у зимском периоду. Према пројектним температурама које дају важећи прописи које се разматрају приликом прорачуна топлотне заштите зграда температура је 20ºC унутра и -12,1ºC споља за Београд. Разлика у температури од 32 степена указује на губитак енергије који надокнађујемо ради очувања унутрашњег комфора. Морају се поменути и застакљене површине где се кроз стакло губи велика количина енергије. [125]

Фактор облика зграде

„Поред осталих елемената као делова грађевинског склопа посебно је значајна разуђеност објекта, нарочито великих објеката као што су спортски објекти. Разуђеност се изражава такозваним фактором облика. Фактор облика представља однос између површине термичког омотача зграде (спољне мере) и њиме обухваћене бруто запремине зграде. (f_o= A/V_e (m^{-1})).[126] Што је објекат разуђенијих и разигранијих форми већа је површина која омеђује његову запремину те су и већи губици енергије кроз омотач. Пооштравањем прописа 1987. године у прорачунима топлотне заштите узет је у обзир и утицај фактора облика тако да прописи управо на основу фактора облика ограничавају губитке протока енергије кроз све делове омотача по јединици запремине.“ [127] На ово поред ових чинилаца утичу и други елементи као што су величина објекта и положај објекта у односу на суседе.

Заштитни елементи који смањују израчавање топлоте

Заштитни елементи су спољни и унутрашњи застори, капци. Набројани елементи на првом месту имају велику улогу у спречавању прегревања унутрашњих простора лети, код спортских хала нарочито спречавање појаве бљеска и постизање визуелног комфора како код корисника, спортиста тако и гледалаца.

---

[125] Ристивојевић-Михајловић, М. (2003) Прилог развоју методологије за идентификацију параметара грађевинског фонда релевантних за утврђивање репрезентативног узорка са становишта енергетске оптимизације, *Енергетска оптимизација зграда у контексту одрживе архитектуре - део 1: Анализа структуре грађевинског фонда*, Архитектонски факултет Универзитета у Београду, стр. 25-57.

[126] Члан 2. Правилника

[127] Ристивојевић-Михајловић, М. (2003) Прилог развоју методологије за идентификацију параметара грађевинског фонда релевантних за утврђивање репрезентативног узорка са становишта енергетске оптимизације, *Енергетска оптимизација зграда у контексту одрживе архитектуре - део 1: Анализа структуре грађевинског фонда*, Архитектонски факултет Универзитета у Београду, стр. 25-57.

Проток ваздуха може утицати на појаву влаге у зидовима и контролу температуре у самом објекту, што би значило и потрошњу енергије.[128]

Системи за спречавање протока ваздуха не уграђују се једноставно већ се граде приликом изградње објекта или његове санације. Јако је битно који се материјали користе и докле год су разумно непропустиви за ваздух могу бити део система. Ваздух пролази на местима спојева, пукотинама у материјалу и отворима где су електричне кутије. Губици енергије кроз термички омотач у процентима приказани су на слици 2.5.

Слика 2.5. Губици енергије кроз термички омотач објекта[129]

Постојеће стање објекта

Под општим стањем мисли се на последице настале услед старења, разних оштећења и неадекватног одржавања или неодржавања објекта.

Сви ови структурални и функционални елементи који утичу на енергетски перформанс објекта могу се унапредити одабиром различитих пасивних и активних система који индивидуално или као део пакета мера унапређења омотача а тиме и енергетског биланса зграде постижу оптималне услове комфора и значајне уштеде енергије.

---

[128] Energy Efficency Guide for Municipal Recreation Facilities, Manitoba Hydro Power Smart, стр. 21.
[129] EEG, Manitoba Hydro Power Smart, стр. 21.

2.4.1. Пасивни системи са акцентом на природне потенцијале вентилирања, темперирања и осветљавања простора

Иако само 60 % укупног Сунчевог зрачења доспе на Земљу та количина је довољна да задовољи све данашње енергетске потребе планете, представљајући бесплатну енергију која је готово неискоришћена.[130] Пасивно грејање путем система који апсорбују топлотну енергију сунца, акумулирају а када температура опадне та енергија се ослобађа из складишта загревајући простор. За апсорпцију, акумулацију и дистрибуцију енергије користе се прозори објекта, зидови, подови тако да уградња ових система не представља велике трошкове уколико се уграђују приликом изградње објекта. Уколико се накнадно додају приликом санације трошкови су нешто већи али је период повраћаја инвестиције релативно кратак. Поред топлоте системи попут отвора се користе и за природно вентилирање и осветљавање простора.

Постоје два начина коришћења соларне енергије у зградарству и то су активни системи који у први план стављају инсталације и пасивни системи преко којих кућа постаје пријемник који захвата и чува највећи део сунчеве енергије. Активни соларни системи поскупљују изградњу док пасивни могу допринети уштеди енергије уз веома мале трошкове. Активни системи су соларни колектори и фотонапонски системи. За разлику од активних система код пасивних не постоји одређени систем уређаја већ читав објекат ради као колектор сунчевог зрачења.

---

[130] Miletić, M. Arsić, N. (2018) *Energy Flows and Energy Cycle: From Resources to End Users*, chapter of the Book Series. Energy Resources and Building performance, KLABS for Sustainable and Resilient Environment, Co-founded by Erasmus+ Programme of the European Union, ур. Thaleia Konstantinou, Nataša Ćuković Ignjatović i Martina Zbašnik-Senegačnik, TU Delft Open, ISBN 978-94-6366-034-1, стр. 20-42.

Пасивни соларни системи

Пасивни соларни системи с једне стране нуде бесплатну топлотну енергију (прозори стакленици, зимске баште) или енергију које захтевају повећање инвестиције (Тромбов зид, водени зид, термосифонски колектор, кровни базен). [131]

Код система директног добитка сунчеви зраци продиру у простор који треба загрејати кроз транспарентну преграду. Најједноставнији систем директног добитка је уствари кућа која је добро изолована и има велике површине прозора који су јужно орјентисани. Јужни прозори зими пропуштају сунчеве зраке под малим углом. Лети је положај сунца такав да се смањује осунчање а надстреха може потпуно да заштити простор од прегревања.

Енергија се у току дана складишти у елементима на које падају сунчеви зраци и представљају термичку масу која емитује у простор у току ноћи. (детаљније у Прилогу 3)

Зелени вертикални системи као пасивни системи у контексту уштеде енергије

Поред соларних пасивних система, зелени вертикални системи представљају пасивне системе чијом применом можемо допринети уштеди енергије. Зелени зид може омогућити смањење температуре ваздуха у простору у сунчаним данима до 6,1ºC у односу на голи зид. Када је облачно могуће су редукције температуре ваздуха до 4 ºC. [132]

У последње време све је више студија о томе како се зелени кровови све више користе као пасивни системи за уштеду енергије код објеката док се зелени зидови врло ретко користе. Делом због тога што код зелених фасада постоји превише различитости међу системима. Биљке су живи организми и њихов раст зависи од временских услова и коначан резултат деловања оваквог система зависи од једне

---

[131] Пуцар, М. (2014) Активни и пасивни соларни системи, предавања, Инжењерска комора Србије, Београд, Обука за енергетску ефикасност зграда

[132] Cuce, E. (2017) Thermal regulation impact of green walls: An experimental and numerical investigation, *Applied Energy 194*, стр. 247–254.

климатске зоне до друге. Врло је важно знати какво је понашање различитих биљних врста које се користе у одређеним локалним климатским условима.

Зелени зидови, у основи, могу да се дефинишу као пузавице које расту директно на зиду или на постављеној интегрисаној структури на спољном зиду објекта. Око 2,5ºC у просеку могу да смање температуру унутрашње стране зида уколико се на њему налази слој пузавице (helix hedera) у дебљини од 10 cm. [133]

Зелени зидови могу да се поделе у две основне групе: зелене фасаде и живи зидови. (детаљније у Прилогу 3)

2.4.2. Активни системи и обновљиви извори енергије

Обновљива енергија се добија из природних извора као што су ветар, киша, таласи, геотермална топлота тј. оних извора које се природно обнављају. Око 16 % тоталне финалне енергије долази од обновљивих извора, од чега 10 % долази из биомасе, која се углавном користи за грејање и 3,4 % од хидроелекрана. У новије време мале хидроелектране, ветар, сунце, геотермалну масу и биогориво убрајамо у осталих 3% удела. Удео обновљивих извора у електричној енергији је око 19 %; 16 % глобалне електричне енергије је из хидроелектрана и 3 % од нових обновљивих извора. [134]

Обновљив извор је погрешан назив када говоримо о соларној енергији. Чињеница је да соларна енергија долази од Сунца услед нуклеарне фузије где се „у самом процесу користе изотопи хидрогена не би ли створио хелијум и ослободила енергија.“[135] У будућности гориво за нуклеарну фузију ће бити утрошено али се очекује да ће животни век Сунца бити милијарду година и трајаће много генерација па се стога узима као обновљив извор иако ће се коначно потпуно утрошити.[136]

---

[133] Cuce, E. (2017) Thermal regulation impact of green walls: An experimental and numerical investigation, *Applied Energy 194*, стр. 247–254.
[134] REN21 (2011) Renewables 2011: Global Status Report, http://www.ren21.net/Portals/97/documents/GSR/GSR2011_Master18.pdf;
[135] Fanchi, J. R. (2013). *Energy In The 21st Century* (3rd Edition). Singapore: World Scientific, стр.133.
[136] *Ibid* Fanchi, J. R. (2013)

Потенцијал сунчевог зрачења по питању енергије је око 30 % виши у Србији него у Средњој Европи. Просечна дневна енергија глобалног зрачења на равну површину у току зимског периода креће се између 1,1 kWh/m^2 на северу и 1,7 kWh/m^2 на југу а у току летњег периода између 5,4 kWh/m^2 на северу и 6,9 kWh/m^2 на југу.[137] Просечна вредност глобалног зрачења за територију Немачке износи 1000 kWh/m^2 док је за Србију та вредност око 1400 kWh/m^2. Најповољније области у Србији бележе велики број сунчаних сати а годишњи однос стварне озраченості и укупне могуће озраченості је око 50 %.[138] Соларна енергија се може користити на два начина: претварањем сунчеве енергије у топлотну и претварањем сунчевог зрачења у електричну енергију. Конверзија ове енергије се може вршити преко термалних соларних колектора и фотонапонских ћелија. Термални соларни колектори соларну енергију претварају у топлотну и служе за загревање воде и простора док фотонапонски системи соларну енергију претварају у електричну. [139]

Пасивни системи се могу комбиновати са активним соларним системима; соларним колекторима и фотонапонским системима (PV, photovoltaic, системи). Зими се највећа количина сунчеве радијације на хоризонталну површину добија у данима када је температура ваздуха најнижа и управо тада је највећа потреба за загревањем простора.

Тренутно се у спортским објектима могу користити фотонапонски системи, соларни термални колектори, биомаса, геотермална енергија. Спортске зграде углавном користе следеће изворе децентрализованих продукционих система: CHP-когенеративни систем (комбиновани систем топлотне и електричне енергије) и CCHP- тригенеративни систем (комбиновани систем хлађења, топлотне и електричне енергије).

---

[137] Stamenić, Lj. (2009) *Korišćenje solarne fotonaponske energije su Srbiji*, Jefferson Institute
[138] *Ibid* Stamenić, Lj. (2009)
[139] Пуцар, М. (2011) Пасивни и активни соларни системи, Обука за енергетску ефикасност, Инжењерска комора Србије, новембар 2012.

Соларни фотонапонски системи

Системи који користе обновљиве изворе енергије а могу се уградити у постојеће објекте су фотонапонски модули и ветрогенератори- ветротурбине који се користе за производњу електричне енергије. Како спортске зграде имају велику потребу за електричном енергијом и обично су на градским локацијама фокус је на примени фотонапонских модула. Најчешће се постављају на кров објеката. Постоје примери примене црепова са соларним ћелијама или танкослојних соларних ћелија, [140] што није случај примене код спортских објеката код нас. Оно што је битно а везано за инсталацију ових система је да они не треба да су у сенци локалног високог растиња и да свакако кров треба да буде конструисан тако да може да прихвати њихову тежину.[141]

ПВ систем се састоји из модула а они су израђени од соларних ћелија. Имајући у виду да су модуларни ови системи се могу пројектовати за практично било коју намену тако што се додатни делови којима се повећава излазна снага лако прилагођавају постојећим напонским системима што није случај са конвенционалним изворима елекричне енергије попут термоелектрана и нуклеарне електране.

Систем може да користи један или више соларних панела, обично контролер или конвертор, међусобне везе и монтажне јединице за остале компоненте. Мали ПВ систем може обезбедити енергију за једног потрошача, или изоловани уређај попут лампе. Велики умрежени ПВ системи могу обезбедити енергију за много потрошача. У градским и приградским срединама, фотонапонске ћелије се обично користе на крововима као додатак коришћењу енергије; често зграда има прикључак на електричну мрежу, тако да се енергија коју произведу ПВ системи може и дистрибуирати. Поред панела у новије време се све више користе соларна стабла који имају изглед дрвећа, могу да праве хладовину а ноћу могу да се користе као улично

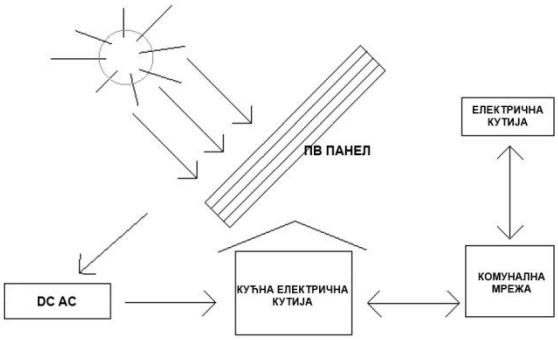
---

[140] Крстић, А. (2006) Мултифункционалне кровне структуре енергетске ефикасности зграда, *Архитектура и урбанизам,* 18/19, стр. 34-47.

[141] *Ibid* Стојковић (2016)

осветљење. Значајан технолошки напредак омогућио је експанзију фотонапонских система чије је корисно дејство последњих година удвостручено, са 7 % на 15 %. [142]

Основна фотонапонска шема приказана је на слици 2.6.



Слика 2.6. Основна фотонапонска шема[143]

Оптимална оријентација панела за Београд је ка југу а оптимални нагиб је 35º. Максимална годишња производња електричне енергије за панел окренут ка југу нагиба 35 за систем од 1 kW (kWh/ kWpeak/yr) била би 1215 kWh/ kWpeak уколико се користи стандардни панел ефикасности 15 % (кристални силицијум) .[144]

Термални соларни колектори

Соларна радијација претворена у термалну енергију користи се да задовољи потребе грејања.

У спортским објектима енергија у овој форми може да се користи за грејање воде у купатилима и базенима. У летњим месецима систем би могао да задовољи до 100 % потреба за топлом водом док би у зимским то било приближно 50 %. Потрошња

---

[142] Photovoltaic Effect, www.mrsolar.com
[143] Аутор, на основу: http://www.growbygreen.in/knowledge.php
[144] NREL 2015 национална лабораторија U.S. Department of Energy Office of Energy Efficiency & Renewable Energy, Alliance for Sustainable Energy, LLC
Овај извештај је доступан на : www.nrel.gov/publications.

електричне енергије може се смањити и до 80 %, на годишњем нивоу. Тако би се инвестиција исплатила за 3 до 4 године. [145]

Обновљиви извори енергије

Биомаса

Коришћење биомасе у топлотним системима је корисно јер се користи пољопривредни, шумски, урбани и индустријски отпад за производњу топлоте и елекричне енергије са мањим ефектом на природу него коришћење фосилних горива. У многим земљама овај вид производње топлоте се већ користи да се обезбеде потребе грејања за спортске објекте. Треба поменути да се коришћење хибридних система за грејање где се комбинује коришћење биомасе са соларним термалним системом сматра идеалним. Хибридни системи могу истовремено генерисати струју и топлу воду. Могу користити истовремено више обновљивих извора енергије. Акценат се ставља на комбинацију различитих технологија које могу у потпуности решити проблем доступности обновљивих извора енергије; сунца, ветра, биомасе.[146]

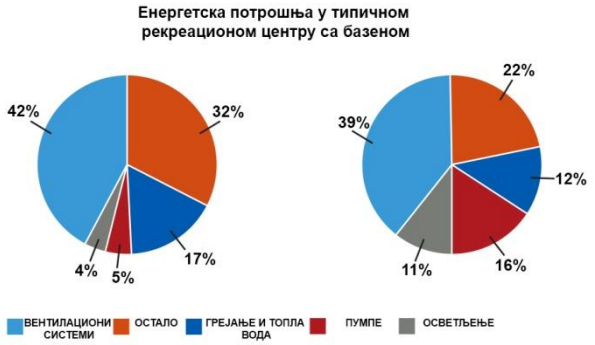
Слика 2.7. Котао на биомасу (као сировину користи љуске лешника) у спортском центру Фидиа (Италија), Извор: SportE²

[145] www.estelasolar.org
[146] Документација пројекта SportE² Performance Criteria and Requirements, Deliverable report D1.1.

2.4.3. Термотехнички системи

У класичном спортском центру, како је наглашено у Водичу CTV006 (Sport and Leisure Sector overview Guide)[147] трошкови енергије су други трошкови после трошкова радне снаге, а представљају 30 % од укупних трошкова управљања објектом. Тај износ је виши у односу на све остале секторе у грађевинарству.

Крајем прошлог века у типичној спортској хали 38 % енергије се трошило на грајање простора, 30 % на вентилирање (пумпе и вентилатори) 30 % на осветљење и опрему, 2 % на топлу воду.[148] Данас у спортским дворанама уколико у њима постоји базен, 42 % енергије се утроши на рад вентилационих система, 32 % на грејање и топлу воду, 5 % на рад пумпи, 4% на осветљење и 17 % на остале потрошаче. Уколико не постоји базен у објекту цифре су другачије: 39 % енергије се утроши на вентилационе системе, 12 % на грејање и топлу воду, 16 % на рад пумпи, 11 % на осветљење и 22 % на остало. [149]



Слика 2.8. Потрошња енергије у спортским центрима, центар са базеном, Извор: GPG 390[150]

---

[147] Sport and leisure introducing energy saving opportunities for business, Carbon Trust- UK 2006, http://www.carbontrust.co.uk/Publications/pages/publicationdetail.aspx?id=CTV006

[148] Trianti- Stourna, E. и други (1998) Energy conservation strategies for sports centers, part A Sports halls, *Elsevier*, Energy and Buildings 27, стр. 109-122.

[149] GPG 390, Energy Consumption, costs and benchmarks for leisure centres, стр. 3. додатка

[150] Извор: GPG 390[150], Energy Consumption, costs and benchmarks for leisure centres, стр. 3. додатка

Постоје сектори у оквиру спортских дворана где су уобичајени губици енергије: грејање, вентилација и климатизација, осветљење, рад базенских постројења и електрична опрема.

„Време коришћења спортских објеката је веома различито, тако да је потребно грејање са трајном спремношћу за погон и брзим загревањем. Због тога се у спортским халама скоро искључиво користи ваздушно грејање, јер оно најбоље испуњава ове услове.“ [151]

Топлотни губици се покривају загревањем ваздуха из вентилационог система, док могу додатно да постоје и грејна тела (нпр. радијатори, конвектори...) унутар хале којима се предаје део потребне количине топлоте за грејање, али не целокупана потребна енергија.

Сва ваздушна грејања треба израдити тако да се хала пре почетка спортске манифестације брзо загреје околним ваздухом, док се после почетка приредбе, зависно од броја гледалаца, додаје мање или више спољног ваздуха.

„Количина ваздуха по особи, мисли се на спољни ваздух, износи 30 до 40 m^3/h. Брзина ваздуха при убацивању испод седишта треба да буде мања од 0,5 m/s, а при улазу ваздуха на таваници 3 до 4 m/s. Температура ваздуха у хали је од 15 до 18°C. Рекуперација топлоте је само условно економична за кратко време погона у току године. „[152]

Грејање и топла вода

Грејање укључује грејање простора и грејање воде и важи за велики део потрошње енергије у спортским дворанама. Могу да се користе котлови на природни гас за производњу воде јер гас има нижу цену од електричне енергије (слика 2.9.). Уколико постоје соларни термални системи они се углавном користе за обезбеђивање топле воде на тушевима. Због количине воде која се користи у спортским објектима и природе активности ово је сектор где се оптимизација треба испитивати.

---

[151] Reknagel, Šprenger, Šramek, Čeperković, (2002) *Grejanje i klimatizacija sa pripremom tople vode I rashladnom tehnikom,* V издање, Vrnjačka Banja: Interklima

[152] Reknagel, (2002)

Слика 2.9. Резервоар за топлу воду и бојлер на природни гас за мањи број тушева (Fidia, Italy), Извор: SportE²

КГХ системи (HVAC[153] грејање, вентилација и климатизација)

Климатизација, грејање и хлађење су нужни у постизању оптималних услова комфора. Уобичајено је да се користе велике јединице за климатизацију простора за постизање одговарајуће температуре ваздуха и обезбеђивање оптималних комфорних услова по питању термике и квалитета ваздуха код корисника простора. Као и код других великих објеката и спортске дворане поседују стотине метара цеви којима се преноси вентилирани ваздух до одређеног места. Објекти могу имати централизоване јединице или мање индивидуалне јединице позициониране у различитим деловима објекта (најчешће на крову). Вентилирање простора је специфично у просторима са воденом површином због третирања воде хлором. Неопходно је конролисати и влагу у тим просторима.

[153] Heating, ventilation and air conditioning

Слика 2.10. Велики отворени простори (EMTE), систем цеви (Fidia, Italy), Извор: SportE[2]

Осветљење

На осветљење се утроши до 20 % од укупне енергије у спортским објектима без водених површина и око 10 % у објектима са базенима. [154]

Базени

Базени троше велику количину енергије. У спортским објектима које имају базене до 65 % енергије се утроши за грејање базена и вентилирање простора.[155] Вода мора да се третира на разне начине (озон, хлор, ултраљубичасти и пешчани третман), мора да се греје и пумпа преко великих растојања. Циркулација воде мора бити константна. Ваздух у овим просторима је увек влажан и мора посебно да се третира. Испарење и губитак топлоте из базена зависи од спољне температуре ваздуха, влажности ваздуха, термичких карактеристика материјала који су примењени и губитака у преносу воде и њеном складиштењу. Оптимални рад базена може довести до значајних уштеда енергије.

---

[154] Извор: „Performance Criteria and Requirements.“ Energy Efficiency for European Sport Facilities, доступно на: https://cordis.europa.eu/docs/projects/cnect/4/260124/080/deliverables/001-ARES296619D11GA260124.pdf

[155] *Ibid* „Performance Criteria and Requirements.“ Energy Efficiency for European Sport Facilities

Слика 2.11. Олимпијски базен, третирање воде, пумпна станица, дистрибуциона станица (Santa Maria de Lamas) Извор: SportE²

Електрична опрема

Електрична енергија утроши у спортским објектима од 25 до 30 % од укупне енергије. Пошто електрична енергија има већу цену од природног гаса утроши се на њено коришћење 60 % више него на гас. Такође, електрична енергија је одговорна на дупло већу емисију карбон диоксида од гаса. Смањење њене потрошње има два бенефита, финансијски и добробит по околину.[156]

[156] Пројекат Sport E², Deliverable D1.1, Perfomance Criteria and Requirements, Sport Facility Energy Infrastructure

3. ПРЕГЛЕД ПОСТОЈЕЋИХ КОНЦЕПАТА И ТЕХНИКА ЗА ЕНЕРГЕТСКУ ОПТИМИЗАЦИЈУ У ПРОЦЕСИМА САНАЦИЈЕ СПОРТСКИХ ОБЈЕКАТА

Традиционално су спортски објекти грађени не би ли задовољили функционалне критеријуме пре него захтеве одрживог развоја. Данас се све више у пракси срећемо са зеленим или одрживим објектима који представљају структуру која је пројектована, изграђена, реконструисана и одржавана по еколошком принципима. Одрживост је дефинисана као холистички приступ заштите животне средине укључујући пројектне праксе и материјале који су енергетски најефикаснији. Објекти приказани као примери добре праксе су пројектовани тако да побољшају комфор корисника, заштите њихово здравље, користе материјале што ефикасније и смање утицај на животну средину. [157] Приликом пројектовања и изградње треба обратити пажњу на различите аспекте: карактеристике локације, енергетску ефикасност, ефикасност у употреби воде, у употреби материјала, водити рачуна о здрављу и сигурности корисника. [158]

Базичне стратегије којих се треба придржавати у пројектовању и санацији спортских објеката дате су у табели 3.1.

[157] Fried, G. (2005) Managing sport facilities, Human Kinetics, Champaign, IL.
[158] Dick, G. (2007) Green building basics. http:// ciwmb.ca.gov/GreenBUilding/Basics.htm.

Табела 3.1. Основне стратегије у пројектовању и санацији спортских објеката у контексту одрживог развоја, Извор: GPG 211[159]

Локација	Оријентација	План основе	Материјали	Сервиси	Одржавање
Микро клима. Коришћење енергије из локалне индустрије. Коришћење локалне инфраструктурне мреже.	Посматрати соларну радијацију и дневно осветљење као могућност и као проблем. Заштита од ветра.	Пажљиво лоцирати постројења. Пажљиво планирање сервисне мреже смањује дужине водова. Груписати зоне са високом температуром и зоне са нижом поставити око њих као тампон зону. Узети у обзир дневно осветљење као примарно. Мин. неконтролисана вентилација. Узети у обзир интеракцију међу просторима, неки простори не могу бити поред влажних базена.	Висок ниво термичке изолације нарочито код објеката са базенима. Већа изолација термичког омотача смањује потребу за грејањем и повећава комфор. Добри системи застакљивања повећавају дневни осветљај уз мин. губитке топлоте.	Обезбедити одговарајуће окружење за бојлере који кондензују. Комбиновати електричну и топлотну енергију за веће базене (CHP, Combined Heat and Power). Ефикасно осветљење интегрисано са дневним осветљењем. Акценат на природну вентилацију. Ефикасна вештачко вентилирање.	Опрема треба да је лоцирана да се може лако одржавати и сервисирати. Опрема треба бити одговарајућа уз могућност унапређења у будућности. Одржавање структуре објекта.

[159] Good Practice Guide 211, Drawing a winner, Energy efficient design of sports centres, Design factors, стр. 5.

Енергетска ефикасност обухвата пасиван дизајн у смислу облика објекта и његове орјентације, пасивне соларне системе, коришћење природног осветљења, коришћење високо ефикасних система за осветљавање; сензора покрета и димера. Захтеви по путању термике се фокусирају на термички ефикасан омотач објекта у складу са одговарајућим енергетски ефикасним системима за грејање, вентилацију и климатизацију (HVAC). Ефикасност у употреби материјала захтева селекцију одрживих материјала за конструктивне елементе и производе, њихово поновно коришћење и рециклажу, нулту или ниску емисију штетних гасова, трајност, дуговечност и локалну производњу. Ефикасност у коришћењу воде углавном укључује пројектовање двоструког водовода не би ли се користила рециклирана вода за тоалете или сиви водоводни системи који враћају кишницу или другу воду која није за пиће за наводњавање земљишта. [160]

Све ове мере у пројектовању и санацији спортско- рекреативних центара се све више примењују широм света. Иако се у претходним истраживањима углавном сусрећемо са примерима санације универзалних спортских дворана кроз унапређење термотехничких система који доприносе уштеди енергије у просеку од 10-30 % [161] можемо закључити из разних примера да се све више примењују и мере унапређења термичког омотача објекта док су усамљени примери примене пасивних система који би дали акценат на природне потенцијале вентилирања, темперирања и осветљавања простора код универзалних спортских дворана у оквиру спортско- рекреативних центара. Примери су углавном на нивоу пилот пројеката где се приказује понашање објеката кроз компјутерске симулације што ће бити случај и са објектима који се обрађују као студије случаја у Београду.

---

[160] *Ibid* Dick, G. (2007) Green building basics. http:// ciwmb.ca.gov/GreenBUilding/Basics.htm.
[161] Документација пројекта Sport E^2

3.1. Примери нових енергетски ефикасних универзалних спортских дворана

3.1.1. Спортска хала у Лаквили (L' Aquila)

Као пример добре праксе а кад је у питању пројектовање енергетски ефикасних спортских објеката поменућемо спортску халу у Лаквили (L' Aquila). Готово сви поменути принципи одрживог развоја су примењени. Соларни добици су максимизовани, термални губици минимизовани, примењене су технологије обновљивих енергетски ефикасних извора енергије.

Зграда је оријентисана ка југу. Испусти и вегетација се користе за засенчење и спречавање прегревања. Непрозирне вертикалне компоненте имају спољни изолациони композитни систем ЕПС са пропустљивошћу од најмање 0,165 W/m^2K, док кров и под имају пропустљивост једнаку 0,240 W/m^2K. Прозори су направљени од PVC оквира са дуплим стаклом и вредношћу целокупне трансмисије топлоте мањом од 1,70 W/m^2K. Системи за грејање, хлађење и производња санитарне топле воде састоје се из геотермалне топлотне пумпе која је у комбинацији са фотонапонским соларним панелом не би ли производили струју која покрива целокупну потрошњу енергије неопходну за рад топлотних пумпи. Да би се постигао одговарајући комфор у објекту цела зграда је опремљена вентилационим системима. Целокупни захтеви енергије за климатизовање простора у току зиме износе 4 kWh/m^3 годишње за објекат који је изграђен по традиционалним принципима и за који може да се каже да је енергетски. Такав објекат утроши више од 40 kWh/m^3 енергије за

климатизацију годишње. Контролни системи и системи интелигентне калкулације нису присутни у објекту. [162]

Слика 3.1. Спортска хала у Лаквили (L' Aquila) Извор: SportE^2 [163]

3.1.2. Спортска дворана Пољопривредног факултета у Кракову (Sports Hall of Cracow University of Agriculture)

Спортска хала у Кракову је пројектована према немачким стадардима пасивне изградње. Овај стандард Института пасивне градње захтева годишњу потрошњу финалне енергије за грејање не већу од 15 kWh/m^2 . Фасада објекта је ефикасно изолована и заптивена. *U* спољних зидова је 0,1 W/m^2 K (уграђено је 40cm неопора, EPS Neopor). Раван зелени кров је изолован са 12 cm пене полиисоцианурата (polyisocyanurate) и 40 cm EPS, под на земљи је изолован са 40cm EPS високе густине. *U* вредност троструко застакљених прозора је 0,8 W/m^2 K. Носећа структура објекта је армирани бетон са испуном од силикатне опеке 25 cm дебљине. Површина објекта, укључујући све три етаже, износи 18.000 m^2 . Основни део објекта је спортска сала са трибинама за 150 гледалаца, свлачионице, сала за фитнес, техничке

[162] Staring Company Milano- задужена за пројектовање и изградњу, Извор SportE^2 , Deliverable report D1.1.
[163] Извор: SportE^{2163} , Deliverable report D1.1. Performance Criteria and Requirements, стр. 14.

просторије и магацини. Вегетација постоји на читовој кровној површини нагиба 2º и делом на фасади објекта. Механички системи вентилације су у комбинацији са грејањем ваздуха и рекуперацијом топлоте. Зграда може да се греје путем радијантног подног грејања. Што се тиче комфорних услова по питању температуре ваздуха постигнуто је 24ºC за свлачионице, 20ºC за игралиште, 16ºC за пратеће просторе и ходнике. Овај објекат и поред робусне изолације термичког омотача, поседује пренаглашене велике отворе на јужној страни и веома је осетљив на прегревање простора лети, нарочито сала за спортске активности. [164]

Слика 3.2. Јужна фасада спортске хале Sports Hall of Cracow University of Agriculture, Извор: Kisilewicz, T. Dudzinska, A. (2015)[165]

[164] Kisilewicz, T. Dudzinska, A. (2015) Summer overheating of a passive sports hall building, Original Research paper, *Elsevier*, vol 15, стр. 1193-1201.

[165] Извор: Kisilewicz, T. Dudzinska, A. (2015) Summer overheating of a passive sports hall building Original Research paper, *Elsevier*, vol 15, стр.1195.

3.2. Примери енергетске санације универзалних спортских дворана

Потрошња енергије у спортским објектима значајно се разликује у односу на локацију, тип објекта и начин коришћења. Уобичајено је да су трошкови енергије други по величини одмах после трошкова радне снаге а то би значило 30 % од укупних трошкова у спортском објекту.[166] Потрошња енергије у спортским дворанама огледа се у термичкој (топла вода и грејање простора) и електричној енергији (хлађење и вентилирање, осветљење, опрема). Спортске дворане у континенталној европској зони троше дупло више енергије него они објекти који се налазе у медитеранској зони, због одређених временских услова. Просечна потрошња укупне енергије је 260 kWh/m^2 за медитеранску климу и 490 kWh/m^2 за континенталну климу.[167]

3.2.1. Примери енергетске санације спортских објеката применом пасивних и активних система приказаних кроз студије случаја у Европи

У табели 3.2. дат је преглед спортских објеката као примера добре праксе где су примењени пасивни и активни системи у циљу унапређења енергетске ефикасности. Приказани објекти су у наведеној документацији приказани као међународни пилот пројекти са постојећим стањем и очекиваним резултатима по питању комфора и уштеде енергије.

---

[166] Trianti- Stourna, E. и други (1998) Energy conservation strategies for sports centers, part A Sports halls, *Elsevier*, Energy and Buildings 27, стр. 109.
[167] *Ibid.* Trianti- Stourna, E. и други (1998)

Табела 3.2. Студије случаја- примена пасивних система са акцентом на природне потенцијале вентилирања, темперирања и осветљавања простора, примена обновљивих извора енергије уз унапређење термотехничких система

Мере санације спортских дворана		Постигнути пројектни критеријуми			Потребна енергија грејање осветљење вентилација	Примењене мере приликом санације објекта
		грејање 12-18ºC 18-23ºC	вентилација 8-12 1/s/ per	осветљење 300-1000 lux		
Пасивни системи Архитектонске интервенције	назив и локација	опис и садржај спортског центра/ дворане				
	Tollcross Leisure Center, Glasgow[168]	Универзална спортска дворана за рекреациони и клупски спорт димензија 34,1 m x 32 m x 8,75 m			Грејање простора хале Осветљење простора хале Вентилисање простора хале са акцентом на природно темперирање, осветљење и вентилирање простора	**Прозори** на хали су оријентисани **ЈИ** и СЗ- попречно проветравање. **Зенитно осветљење крова** 3 m висине и ширине 4,5 m- алуминијумски профили, дупло застакљење, са тамноплавим оквирима и премазом за контролу сунчеве светлости. Хала има изолационе панеле на зидовима Постигнута просечна осветљеност је 150 lux природним осветљењем и у комбинацији са вештачким 50 % капацитета је 350 lux.
	Forth Sports and Community Centre, South Lanarkshire[169]	Универзална спортска дворана за рекреациони и клупски спорт Димензија 27,1 m x 18,1 m x 8 m			Грејање простора хале Осветљење простора хале Вентилисање простора хале са акцентом на природно темперирање, осветљење и вентилирање простора	Постављени светларници- **прозори дуж целог зида** на висини од око 7 m од пода Оквири су алуминијумски зелене боје Површина 1 стакла је 1 m^2. Дупло стакло је са рефлектујућим премазом. Постигнута просечна осветљеност је 150 lux природним осветљењем, у

[168] Understanding Daylighting of Sports Halls, коришћено са http://www.sportscotland.org.uk/documents/resources/understandingdaylightsc.pdf
[169] *Ibid* Understanding Daylighting of Sports Halls

				комбинацији са вештачким 50% капацитета је 350lux
	Пилот пројекти			
	Elefsina indoor Sport Hall	Спортска хала се састоји из две одвојене зграде које се наслањају једна на другу. Већа је 1250 m ^{2} а мања је ортогонална и поседује просторије за тренинг атлетичара. Свлачионице, тоалети, собе за судије и остали помоћни простори су смештени испод трибина. Централна оса зграде је североисток и југозапад.	Грејање простора хале. Осветљење простора хале. Вентилисање простора хале са акцентом на природно темперирање, осветљење и вентилирање простора.	Главна сала је покривена параболичним кровом од сендвич панела са 5cm полиуретана између. Зидови су направљени од комбинације бетона, поликарбонатних (polycarbonate) и полиуретан панела. Мања сала има зидове од префабрикованих полиуретан (polyurethane) панела. Предлог за санацију: Повећати прозоре на истоку и западу и поставити **кровне стрехе** на источној и западној страни.
	Sport Hall of Farsala[170]	Спортска дворана се састоји из два објекта повезана топлом везом. Централна оса зграде је север-југ. Прозори су на истоку и западу. Главна сала је 1350 m^2 а у мањем објекту су пратећи простори. Оба дела објекта су направљена од префабрикованих бетонских елемената а кров мањег објекта је прекривен црепом.	Грејање простора хале Осветљење простора хале. Вентилисање простора хале са акцентом на природно темперирање, осветљење и вентилирање простора.	Додати кровне стрехе. Променити прозоре, двоструко застакљене, алуминијумске са термопрекидом. Изоловати зидове. У току лета **отварати прозоре и врата** да би се постигла природна **вентилација.** **Повећати јужни прозор.**
Активни системи	Dobrotitsa Sports Complex, Бугарска[171]	Универзална спортска дворана са 800 места у гледалишту. Атлетска стаза са 500 места у гледалишту, сале	Енергетски ефикасно грејање. Комбиновано коришћење природног гаса и соларних	**Грејање на природни гас** је организовано преко инфрацрвених зрака у великој спортској хали а котлови за

[170] Step by step renovation towards nearly zero energy sport buildings, коришћено са http://step2sport.eu/?page_id=30, април 2016.
[171] Paree, P. и други (2008) Enefcomplex, *Best Practices, Bulgaria, Denmark, Germany, Italy and the Netherlands*, Work Package III (draft) Deliverable 3.5, February 2008.

		за састанке, фитнес, пратећи садржаји .	инсталација. Обновљиви извори енергије.	грејање воде се користе и за грејање администрације. **Соларни системи** се састоје из 4 соларна панела тип SPK-2, укупне површине од 9,6 m^2, 500 l емајлираног бојлера са две серпентине и аутоматизацијом.
	Fidia Sport Italy, Италија[172]	Унутрашњи базен: 25 m x 16 m Базен за децу: 16 m x 4 m Фитнес дворана Дворана за одбојку: 40 m x 28 m x 8 m 2 тениска терена са свлачионицама: 30 m x 20 m	Енергија потребна за грејање воде у базенима и грејање великих простора. Енергија потребна за електричне инсталације и осветљење.	Фидиа поседује **грејање на природни гас.** Допунско **грејање на биомасу**- котлови, користе као **сировину љуске лешника.** Систем грејања на биомасу еквивалент 20 % од природног гаса за исту сврху и количину грејања. Когенеративни систем биомасе (35 kW). **Соларни термални колектори** укупне површине 40 m^2 (год.производња 25.000 kWh) Когенеративно нафтно постројење (60 kW).
	Complexo Deportivo Santa Maria de Lamas, Португалија[173]	Олимпијски базен: 50 mx25 m Базен за тренинг: 20 mx6 m, дубина: 1,1 m 2 теретане са електричном опремом	Енергија потребна за грејање воде у базенима и грејање великих простора Енергија потребна за електричне инсталације и осветљење	Два котла на природни гас (1070 kW) Когенеративни систем на природни гас (130 kW) **Соларни термални колектори** укупне површине 32 m^2 (годишња производња 22.500 kWh) Систем има CHP- користи природни гас.
	Polideportivo Municipal De Exterbarri, Шпанија[174]	Базен: 25 m x 12,5 m, Базен за децу: 12,5 m x 6 m,	Енергија потребна за грејање воде у базенима и грејање великих	Два **котла на природни гас** (645.000 kW) **Соларни термални панели** укупне

[172] http://www.fidiaroma.it/
[173] http://complexo.colegiodelamas.com/

		Универзална дворана: кошарка, фудбал, ритмика, рукомет. Трибине са више од 1500 места. Теретана, бициклистичка стаза, 5 универзалних сала. Простор за јогу, сауне, соларијуми. Летња башта (3000 m^2).	простора Енергија потребна за електричне инсталације и осветљење.	површине 300m^2. Соларни фотонапонски системи укупне површине 45 m^2 (годишња производња 5000 kW). **BMS Building Management System** који конттролише рад котлова, соларних панела, КГХ система и грејање воде.

[174] www.piscinasetxebarri.com

3.2.2. Енергетска санација спортских објеката унапређењем термотехничких система приказана кроз студије случаја у Европи

Најбољи примери добре праксе представљају арене и стадиони јер су ти објекти изузетно велики.[175] Уштеда енергије се добија применом одређених грађевинских и техничких мера на много мањих објеката свуда у свету. Код примера добре праксе а када је у питању санација постојећих спортско- рекреативних центара акценат је на објектима где су унапређени термотехнички системи.[176]

Већ је поменуто да комфор гледалаца и спортиста који треба постићи, одабир грејања, осветљења и вентилационих система за универзалну спортску дворану, зависи од низа промењивих фактора као што су: тип и категорија спортске активности која се у дворани одвија[177], ниво заузетости (мисли се на број гледалаца), могућност постојања других активности, основни трошкови и трошкови одржавања погона.

Преглед одабраних постојећих концепата и техника за енергетску оптимизацију у процесима санације спортских објеката када су у питању термотехнички системи дат је у табели 3.3.

---

[175] Sheffield Wednesday stadium (UK), RCD Espanyol stadium (Barcelona, Spain) Bentegodi stadium (Verona, Italy)

[176] Вастервик спортски центар (Vastervik Sports Centre Sweden), Енефкомплекс у Бугарској (Enefcomplex) и Каскадни рекреациони центар (Cascades Leisure Centre, Craigavon, Northern Ireland) Извор: SportE^2, Performance Criteria and Requirements, Deliverable report D1.1.

[177] Ниво осветљења различит за спортске активности са и без тв преноса

Табела 3.3. Енергетска санација спортских објеката унапређењем термотехничких система

Спортски објекат			Пројектни критеријуми			Могућности у постизању енергетске ефикасности	Примењене мере
			Грејање ºC	Вентилација m^3/Hr/per	Осветљење, такмичења		
Примери добре праксе	Мултифункционалне дворане		12-18ºC 18-23ºC	8-12 1/s/ per	300-1000 lux		
	Унапређење термотехничких система	Dawlish Sports Centre, Devon	Постигнути услови (оптимално) постојећег стања			Кондензациони бојлери на гас. Контрола система по зонама. Рекуперација топлоте.	Централно грејање на гас.
			16ºC 20 ºC	10 l/s/ per	300-1000 lux		
		Kettering Leisure Village, Kettering, Northants	16ºC 20ºC	3 ac/h (300-400 корисника)	300-1000 lux	Контролисана промењива брзина вентилатора. Рециркулација ваздуха. Вентилациона рекуперација топлоте.	Подно грејање са топлом водом ниског притиска. LPHW- low pressure hot water. Премостива вентилација.
		National Indoor Arena, Birmingham, West Midlands[178]	12-18ºC 18-23ºC	8-12 1/s/ per	300-700 lux за опште потребе 300 lux бадмингтон 1000-2000 lux за тв преносе	Контрола по зонама у објекту Искористити потенцијал дневног осветљења	Овај објекат је имао 500 kW система осветљења за тв преносе, инсталиране су натријум сијалице за мање догађаје и постигнута је значајна уштеда енергије
		Базени	Т воде 27ºC за тренинг и такмичења 29°C за учење деце 30°C за бебе Т ваздуха	12 l/s/person	Најдубљи део воде базена треба да је видљив када се користи базен 200-300 lux	Покривање базена. Соларни добици. Ефикаснији системи . Рекуперације топлоте. Вентилациони системи обезбеђују 100 % чистог ваздуха када је потребно.	

[178] Good Practice Guide 211, Drawing a winner, Energy efficiency for design of sports centres

			1°C виша од Т воде Релативна влажност од 50-70%				
		Västervik sports centre, South Sweden[179]	Постугнути услови (оптимално)			Ефикаснији вентилациони системи са дехумидификаторима и размењивачима топлоте. Систем за рекуперацију топлоте. Циркулационе пумпе у базенима.	Уз новоинсталирани систем за рекуперацију топлоте постигнута уштеда у енергији од 830 MWh/год. Модерне и ефикасније јединице за рекуперацију топлоте проузроковале су већу влажност у простору базена али је у дозвољених 60 %.
			Т ваздуха 1°C виша од Т воде Т воде 27°C	12 l/s/person	200-300 lux		
		Cascades Leisure Centre, Craigavon[180]	Т ваздуха 1°C виша од Т воде	12 l/s/person	200-300 lux	Ефикаснији вентилациони системи са дехумидификаторима и размењивачима топлоте. Систем за рекуперацију топлоте.	Систем контроле регулатора топлоте доводних и одводних вентилатора. Ваздух-ваздух размењивачи топлоте. Пригушивачи рециркулације. Уштеда у енергији од 30 %. Проблем који је настао- влага у простору.
		Eastern Leisure Centre, Cardiff[181]	Т ваздуха 1°C виша од Т воде	12 l/s/person	200-300 lux	Енергетски ефикасно осветљење. Конролисане зоне.	Инсталирана је полуаутоматска покривка за базен и направљен је систем

[179] Коришћено са https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/978-91-620-8405-9.pdf?pid=4089, април 2016.
[180] Taggart, Mc. M. (2014) Renewable Energy Initiatives within the Public Sector, Research and Information Service Research Paper, NIAR 275-14, стр. 16.
[181] *Ibid* Good Practice Guide 211, Drawing the winner Energy efficient design of sports centres, стр. 12.

						Искористити потенцијал дневног осветљења.	искључивања грејања у току ноћи у трајању од 7 сати. Постигнута је уштеда енергије од 22 %. Повраћај инвестиције предвиђен за 1,6 год.

4. СПОРТСКИ ОБЈЕКТИ У БЕОГРАДУ ИЗГРАЂЕНИ 1960-1980. ГОДИНЕ

4.1. Кратак историјат настанка спортских објеката

Спорт као феномен (олимпијаде, светска првенства) исказан кроз место, објекат, посматрајући кроз историју, од различитих друштвених догађаја на трговима и отвореним површинама постао је урбано окупљалиште где се ствара архитектура која се одликује низом параметара. Спортске грађевине су велике са одређеном просторном шемом и стандардном обликовношћу сервисних простора, великих распона, технолошки захтевне.[182]

Спортски објекти представљају велики изазов при планирању, пројектовању, изградњи и коришћењу. Сам облик спортских зграда проистриче из карактеристика типа спорта, из конструкције, технологије, из симболике и контекста као и из оригиналности решења у примени иновација.

У Грчкој су се 8 векова пре наше ере развијале атлетске игре на отвореном простору. Спортски објекти, затворени простори за одигравање спортских активности су познати више од 2500 година. Објекти као што су Циркус Максимус (Circus Maximus) у Риму (слика 4.1.) и стадион Олимпиа (Olimpia) у Грчкој су претеча савремених великих спортских објеката и центара.

[182] Koružnjak (2012)

Слика 4.1. Спортске грађевине у античком Риму, (реконструкција, модел, у предњем делу Circus Maximus, око 50 г.п.н.е.), Извор: Коружњак (2012) [183]

„Пред крај феудалног периода развија се класа грађана која по угледу на феудалце негује неке од борилачких вештина и игру лоптом. Као прва игралишта користе се градски тргови. Место одвијања ових спортских спектакала се врло брзо сели на ледине ван градова због буке и нереда који су стварали. Грађани се обучавају у владању мачем па се граде и посебни затворени простори за вежбање ове вештине. Врло брзо се прописују правила за одређене игре које прерастају у спортске.
Интересантно је поменути да се у то време и на територији Србије граде први објекти за спортске активности: на Палићу је 1894. изграђен први фудбалски стадион а на Сави у Београду 1843. уређено прво пливалиште.“[184]

Данас је број спортских објеката у свим европским земљама значајно већи него у претходним деценијама. Јака национална политика под паролом *Спорт за све* допринела је порасту броја спортских центара. Затворени спортски центри у Европи

[183] Извор: Коружњак, Б. (2012) Зграде за спорт, предавања, Архитектура, Свеучилиште у Загребу, графички прилози IV
[184] Петровић, З. (1993) *Објекти физичке културе*, део Објекти физичке културе кроз историју људске заједнице Београд: Факултет физичке културе Универзитета у Београду

су подељени на спортске хале (универзалне дворане), специјалне центре (који се користе за одређене спортове; велодроми, тенис, бокс), базене и ледене дворане.[185]

4.2. Дефиниција спортских објеката

Спортски објекат је простор на/ у којем се реализује спортска активност.[186]
Закон о спорту Републике Србије[187] дефинише спортски објекат као „ грађевину , односно простор (грађевински објекат, односно његов део или уређена површина) намењен за спортске активности који може да има пратећи простор (санитарни, гардеробни, спремишни, гледалишни и други) и уграђену опрему (грађевинску и спортску).“
Најзначајнији материјални ресурс спорта представљају спортски објекти. Посебно место међу спортским објектима заузимају спортски центри који пружањем услуга на тржишту омогућавају да се обезбеде услови за бављење различитим спортским активностима као што су:

- спортско образовање,
- такмичарски, рекреативни или школски спорт, за различите категорије корисника; децу, омладину, одрасле или/и особе са посебним потребама.

4.2.1. Спортско- рекреативни центри и спортске дворане

Уместо спортских, рекреативних, спортско-едукативних или спортско-рехабилитационих садржаја као што је случај у спортским дворанама стварају се нови модели спортских објеката који омогућавају и стварају нове форме социјалних

---

[185] Trianti- Stourna, E. и други (1998) Energy conservation strategies for sports centres, part A Sports halls, *Energy and Buildings* 27., стр. 109-122.
[186] Шурбатовић, J. (2014) *Менаџмент у спорту*, Београд, Завод за уџбенике
[187] Службени гласник РС 52/96, члан 53.

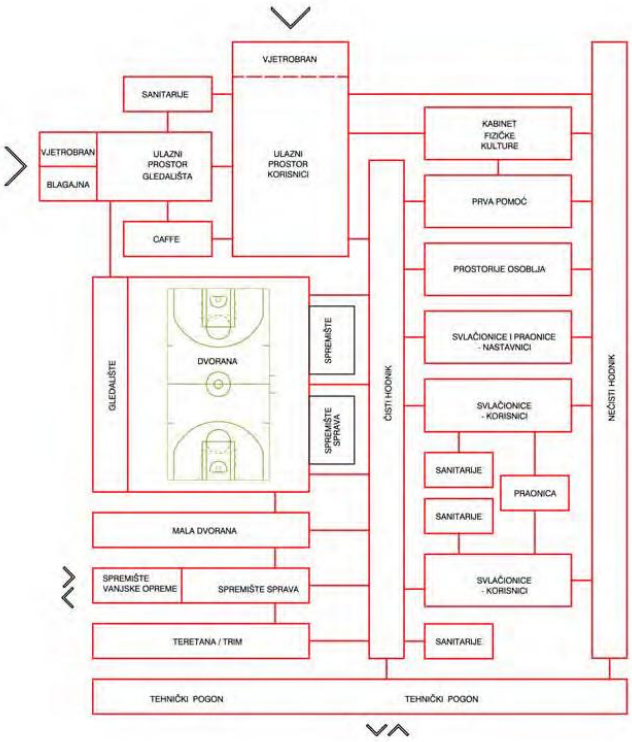
окупљања. Стварају се спортско- рекреативни центри и спортски паркови као парадигма свакодневног живота са основним програмским начелима:

- успоставља се веза са свакодневним животом; спортски објекти постају места која су јавни градски простор где се одвијају разне друштвене делатности,
- ствара се нови модел спортског објекта,
- ствара се простор који је друштвено условљен, са постојањем разних друштвених активности које чине да овакав објекат буде самоодржив.

У оквиру спортско- рекреативних центара налазе се универзалне спортске дворане са пратећим садржајима.

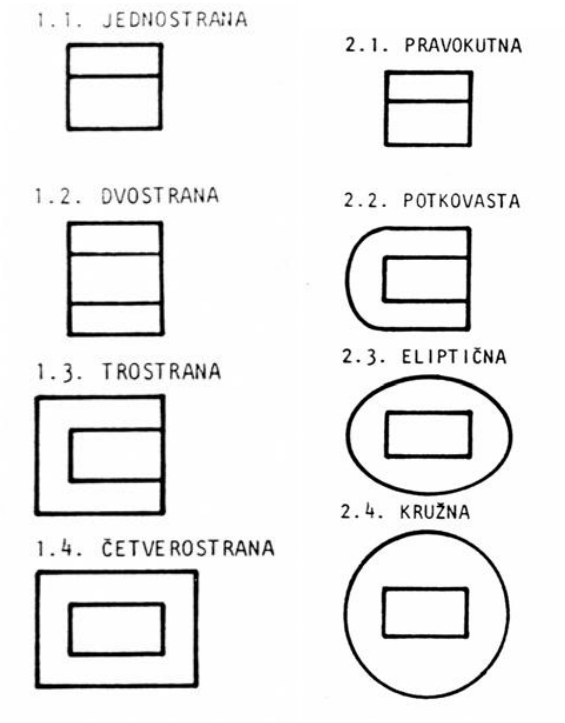
Спортске дворане као засебан тип спортског објекта су зграде намењене спортовима који се одржавају у затвореном простору и које садрже просторе за гледаоце и учеснике. Да би функционисале поред ових простора постоје и простори за особље, одржавање и руковођење објекта. Универзалне спортске дворане су намењене различитим врстама спортова.

Основна фукционална шема спортске дворане приказана је на слици 4.2.



Слика 4.2. Функционална шема универзалне спортске дворане, Извор: Koružnjak (2012)

Дворане могу бити са или без гледалишта. Позиције и облик гледалишта приказани су на слици 4.3.



Слика 4.3. Шема позиције и облика гледалишта код спортских дворана, Извор: Koružnjak (2012)

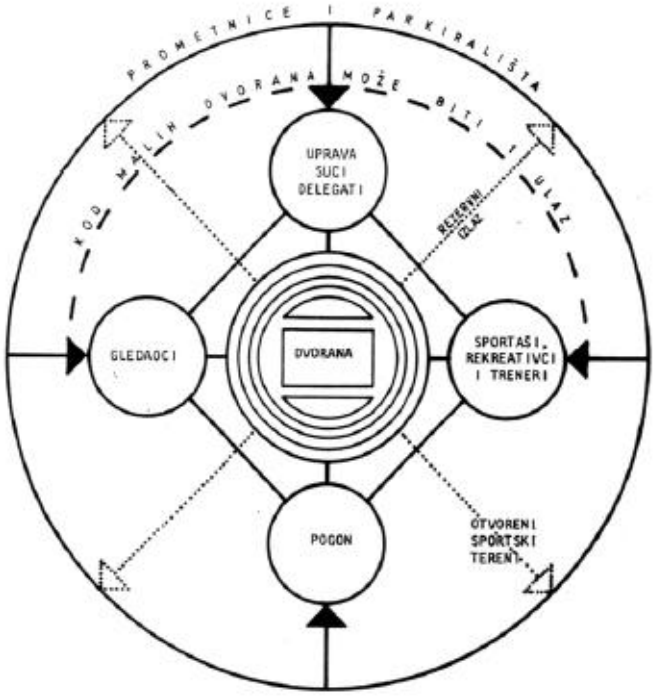
4.2.2. Програмски садржај спортских дворана

Спортске дворане су пројектоване тако да садрже следеће основне групације:

- групација намењена публици,
- групација намењена спортистима,
- групација намењена новинарима и тв екипама, представницима федерација и званичницима,

- групација намењена управи, техничким уређајима, радионицама за одржавање, персоналу, магацинима.[188]

Шематски приказ основних групација у оквиру спортских дворана дат је на слици 4.4.



Слика 4.4. Шематски приказ основних групација у оквиру спортског објекта, Извор: Koružnjak (2012)

Основни пројектни параметри поменутих групација за спортски објекат са троделном двораном капацитета седења до 2000 гледалаца дати су у табели 4.1.

[188] Илић, С. (1998) *Спортски објекти*, Београд: Едиција Арчиграм, стр. 206.

Табела 4.1. Програмски садржаји и димензионисање универзалних спортских дворана

Програмски садржаји основних групација простора универзалних спортских дворана капацитета седења до 2000 гледалаца							
Групације просторија	Садржај групација	Димензионисање групација у односу на спортску зграду					
		Површине просторија			Површина групације, оптималне димензије		Процентуални однос групација у односу на објекат
Публика	Хол са благајном	0,03 m^2 по посетиоцу П= 60 m^2			П= 1429 m^2		30 %
	Променуари испод и уз трибине са киосцима	0,12 m^2 по посетиоцу П= 240 m^2					
	Гардеробе	0,03 m^2 по посетиоцу П= 60 m^2					
	Бифеи	За 1/3 публике узима се 0,015 m^2 по посетиоцу П = 600 x 0,015= 9 m^2					
	Комуникације	0,05 m^2 по особи П= 100					
	WCи	800 мушкараца 1 WC и 3 писоара 100 жена 3 WC 0,08 m^2 по посетиоцу П= 160 m^2					
	Гледалишни простор	0,40 m^2 по посетиоцу П= 800 m^2					
Спортисти	Борилиште (игралиште)	Рукомет	25 m x 43 m	h= 11m	П= 1075 m^2	П= 1561,5 m^2	33 %
		Кошарка	20 m x 31 m		П= 558 m^2		
		Тенис	1,37+8,23+1,37m x 5,48+6,40+6,40+5,485 m		П= 597, 23 m^2		
		Одбојка	3,0 + 9,0 +3,0 x 5,0+16,0 +5,0		П= 335 m^2		
	Гардеробе и тушеви	Екипа 1	3 x 102,3 m^2		П= 306,5 m^2 Мин.		
		Екипа2					
		Тренери					
	Простор за лекара	Мин. 2 x 25 m^2			П= 50 m^2 Мин.		
	Интервјуи после такмичења тампон зона	Мин. 2 x 25 m^2			П= 50 m^2 Мин.		
	Масажа	Мин. 2 x 20 m^2			П= 40 m^2 Мин.		
	Опрема спортиста	15- 50 m^2			15- 50 m^2		
	Персонал за	Макс. 25 m^2			Макс. 25 m^2		

	потребе опслуживања борилишта				
	Комуникације за спортисте	2 групације	У зависности од решења		
ТВ, радио, новинари	Прес центар	Макс. 350 m^2		П= 500 m^2	10,4 %
	ТВ кабине, коментатори-новинари	У оквиру трибина мин. 150 m^2			
Олимпијски комитет, ФИБА, спортске организације	Канцеларије за федерације	175-200 m^2		П= 650 m^2	13,6 %
	Простори за госте организационог комитета	175-200 m^2			
	Канцеларије националних комитета	200 m^2			
	Магацински простори	4 групације мин. 100 m^2			
Управа, техника, одржавање	Управа	Макс. 100 m^2		П= 645 m^2	13 %
	Техничке просторије Грејање Климатизација Електроуређај радионице	Макс. 500 m^2			
	Магацински простори	45 m^2			
Површина универзалне спортске дворане за 2000 посетилаца				П= 4785,5 m^2	100 %

Табела приказује процентуално однос величина различитих групација типичне универзалне спортске дворане поменутог капацитета.

4.3. Типологија и категоризација спортских објеката

Спортске објекте можемо класификовати према урбанистичким, грађевинско-архитектонским параметрима или самим потребама корисника. Неки од параметара су приказани у табели 4.2.

Табела 4.2. Неки од критеријума за одређивање типова спортских објеката

Урбанистички параметри		Грађевинско- архитектонски параметри		
Локација	*Урбан. сталност*	*Волуметрија облик*	*Решење основе*	*Конструктивни склоп*
Објекти у грађевинским зонама предвиђеним за спорт и рекреацију У стамбеним зонама У сколама У војним установама Специфичне зоне Пословне зоне Објекти у природи и селу	Објекти сталног карактера Објекти привременог карактера	Отворени Затворени Полуотворен Комплексни Компактни Разуђени	Објекти квадратне форме Кружне форме Овални Елипсасти Ауторски облици	АБ у комбинацији са челичним елементима Челична конструкција са раз. испунама

Потребе корисника		
Рекреативци	*Професионални спортисти*	*Спортска дворана*
Спортске активности и рекреација Објекти за различите активности Спорт у војсци Спорт за инвалиде	Објекти за такмичарски спорт Школски спорт Спорт за инвалиде	Врста спорта Могућност поделе борилишта Гледаоци Величина дворане

Типови спортских дворана могу се дефинисати према:

- врсти спорта (суви спортови, водени и спортови на леду),
- могућности поделе главне дворане (једноделне, дводелне, вишеделне),
- гледаоцима (дворане са или без гледалишта),
- величини (велике дворане са или без гледалишта и мале дворане са или без гледалишта).

Основна подела је на основу величине спортског борилишта за основне дворанске спортове, кошарку, рукомет и мали фудбал:

- једноделна дворана (недељива) димензија 7 x 15 m, h= 5,5-6,00 m (димензије терена за кошарку),[189]
- дводелна дворана димензија 18 x 36m, h= 5,5-8,00 m (димензије терена за рукомет),
- поливалентна дворана димензија 22 x 44 m, h= 7,00-9,00 m (мали фудбал),
- троделне дворане димензија 27 x 45 m, h= 7,00-9,00 m (рукомет, мали фудбал, гимнастика).[190]

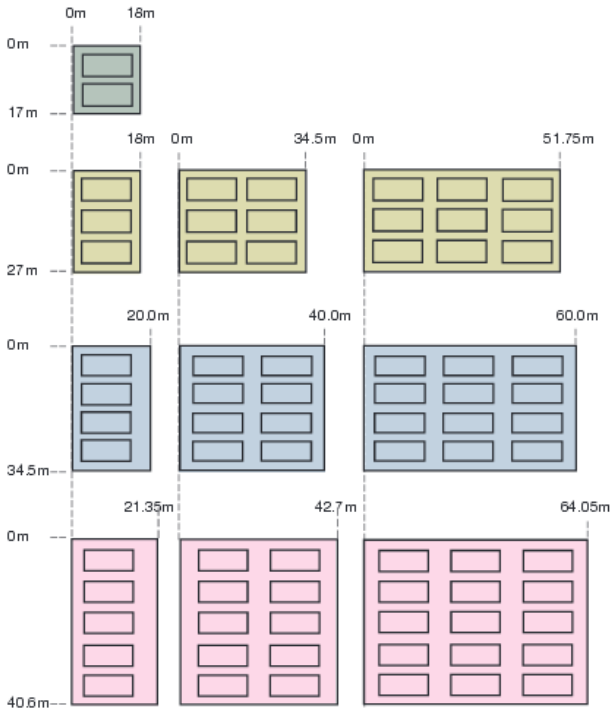
Дворане мање или веће од наведених су:

- мале дворане димензија 10 x 14 m, 10 x 12 m, 14 x 14 m, h= 4 m (корективна гимнастика),
- велике дворане димензија 60 x 80-100 m (атлетика),
- стадионске дворане 32 x 52 m.

Игралиште вишефункционалних спортских дворана може бити подељено сходно димензијама и намени. Модуларни приступ, тј. подела главног игралишта је приказана на слици 4.5.

[189] Величина кошаркашког игралишта варира од 13 x 24 (у школама) до такмичарских игралишта 15 x 26 (за регионална такмичења) и 15 x 28 m (државна такмичења, ФИБА)

[190] Sports halls, Design and layouts, 2012 доступно на https://www.sportengland.org/media/4330/sports-halls-design-and-layouts-2012.pdf



Слика 4.5. Модуларни приступ- подела игралишта универзалних спортских дворана[191]

4.3.1. Типологија спортских објеката са аспекта форме (Архитектонски облик спортских објеката)

На основу архитектонског облика спортске објекте можемо поделити у зависности од:

- спољног облика објекта,
- унутрашњег облика објекта.

Спољни и унутрашњи облик објекта може бити:[192]

---

[191] Modular sports hall approach, доступно на: Sports halls, Design and layouts, 2012, dostupno na https://www.sportengland.org/media/4330/sports-halls-design-and-layouts-2012.pdf

[192] Коружњак, Б. (2012) Зграде за спорт, Сажеци предавања, Архитектонски факултет Свеучилиште у Загребу, Катедра за архитектонско пројектирање- колегиј Зграде за спорт

- моногеометријски (наглашавају величину унутрашњег простора дворане а остали простори су инкомпорирани у тај облик), могу бити налик на:

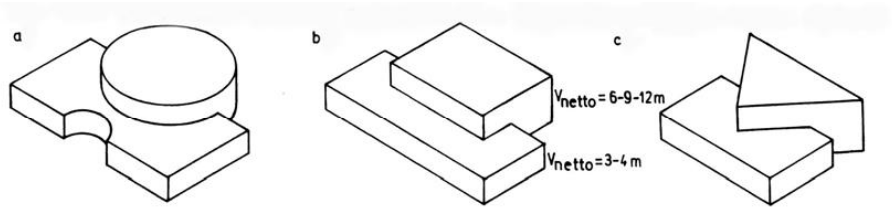
а) круг- кугла- ваљак,

б) квадрат- коцка- призма,

ц) троугао- тетраедар- пирамида (слика 4.6.),

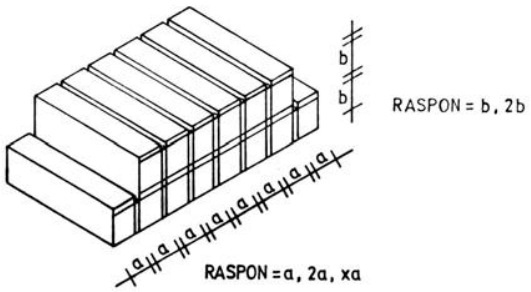
Слика 4.6. Моногеометријски облици спортских дворана, Извор: Koružnjak (2012)

- сложени геометријски облици (са јасном визуелном разликом између главног борилишта и пратећих простора који су мањег волумена (слика 4.7.),



Слика 4.7. Сложени геометријски облици, Извор: Koružnjak (2012)

- обликовне структуре (где споља није могуће утврдити где се налази спортска дворана (слика 4.8.).



Слика 4.8. Обликовне структуре, Извор: Koružnjak (2012)

4.3.2. Категоризација спортских објеката у Србији на основу законске регулативе

У Србији је усвојен Правилник о категоризацији спортских објеката[193] на основу којег ће сви спортски објекти бити подељени у три категорије према различитим критеријумима и мерилима за рангирање по врсти спортских активности, техничким карактеристикама и нивоу такмичења. Дакле, постојећи спортски објекти до данас нису категоризовани- читав процес је на самом почетку,[194] нарочито са енергетског аспекта што оставља простор за истраживање у даљем раду.

Правилник о категоризацији спортских објеката дефинише критеријуме и мерила за рангирање спортских објеката на основу врсте спортских активности, техничких карактеристика и нивоа такмичења, у складу са Законом о спорту.[195] Према Правилнику спортски објекти се рангирају на основу техничких карактеристика као што су број спортских активности, испуњености услова према прописаним правилима међународних спортских савеза, према намени објекта, испуњености услова у погледу површине намењене за извођење спортских активности, броја спортских активности које се могу истовремено обављати у универзалном спортском простору, као и броја фиксних места за седење у гледалишту.[196]
На основу свих ових карактеристика утврђене су три категорије спортских објеката: прва, друга и трећа категорија.

---

[193] *Правилник о националној категоризацији спортских објеката*, "Сл. Гласник РС" бр. 103/2013
[194] По речима архитекте Загорке Петровић, помоћника министра за спорт и омладину у Канцеларији за пројекте и инфраструктуру
[195] *Закон о спорту* "Службени гласник РС", бр. 24/2011 и 99/2011
[196] *Правилник о националној категоризацији спортских објеката*, "Сл. Гласник РС" бр. 103/2013, члан 4.

Спортски центри у оквиру којих се налазе спортске дворане које се анализирају као студије случаја, на основу критеријума и мерила прописаних овим Правилником припадају трећој категорији објеката у оквиру групе вишефункционалних спортских објеката.[197]

Поред свих ових мерила а у контексту енергетске ефикасности узете су у обзир и остале поменуте карактеристике објеката које би их сврстале у одређену исту подгрупу: [198]

- као основно полазиште- карактеристике локације објекта, величина слободног простора, биоклиматски квалитет локације,
- волуметријске карактеристике објекта, материјално- обликовне карактеристике, величина габарита као неодвојив део фактора облика односно показатеља разуђености, структура организације основе,
- конструктивно материјалне карактеристике- тип конструкције као и примењени материјали, техника градње,
- инфраструктурне карактеристике објекта,
- стање у којем се објекат налази.

4.4. Типологија спортских објеката по питању енергетских перформанси

У недостатку доступне литертуре и примера из праксе у нашој земљи, формирање ове класификације у раду се ослања на иностране пројекте, водиче и изворе.

Водич о потрошњи енергије ECG 78[199] даје сет параметара о енергетским перформансама различитих спортских објеката. Иако умногоме зависе од климатских

---

[197] *Ibid* чл. 9

[198] Јовановић-Поповић, М. Игњатовић, Д. (2003) Концепт методологије структуирања грађевинског фонда са аспекта енергетске оптимизације, поглавље у *Енергетска оптимизација зграда у контексту одрживе архитектуре,* Научно истраживачки пројекат, фаза 1, Београд: Чигоја штампа, стр. 1-23.

[199] Energy Consumption Guide, ECG 078- Energy use in sports and recreation buildings, BRECSU- UK, 2001 available at:
http://www.carbontrust.co.uk/Publications/pages/publicationdetail.aspx?id=ECG078

услова[200] параметри дати у овом пројекту су врло корисни јер препознају седам референтних типова спортских зграда сходно структури објекта као и диспозиционом решењу основе.

Други пројекат који нам пружа одређене информације је EP Label Project[201].

На основу ових истраживања спортске дворане су класификоване у односу на енергетске перформансе и емисију CO_2 и подељене су на оне са добрим перформансама, задовољавајуће и лоше. (табела 4.3.)

Табела 4.3. Класификација спортских дворана у односу на енергетске перформансе и емисију CO_2 , Извор: ECG 078

Универзална спортска дворана	Извор енергије	Енергија [*kWh/m²*]			CO2 emission [*kg of CO2/m²*]		
		добро	задовољ.	лоше	добро	задовољ.	лоше
	фосилно гориво	*< 215*	*215 - 325*	*> 325*	*< 41*	*41 - 62*	*> 62*
	струја	*< 75*	*75 - 85*	*> 85*	*< 47*	*47 - 54*	*> 54*

Сви приказани параметри, критеријуми и мерила помажу у одабиру студија случаја где ће се детаљним анализама два репрезентативна објекта испитати могуће технике санације у циљу унапређења енергетских перформанси објекта.

Део истраживања у овој докторској дисертацији који се односи на дефинисање критеријума за класификацију спортских дворана у Београду из угла енергетске ефикасности је врло значајан и представља један од њених доприноса.

Након сумирања изнетих података и узимајући у обзир исте обједињени су прикупљени подаци пре одабира референтних модела за анализу енергетских перформанси. Подаци су прикупљени на основу примера из Европе и Србије ради стварања једне типологије спортских објеката по питању енергетских перформанси.

---

[200] У водичу су анализирани објекти у Енглеској

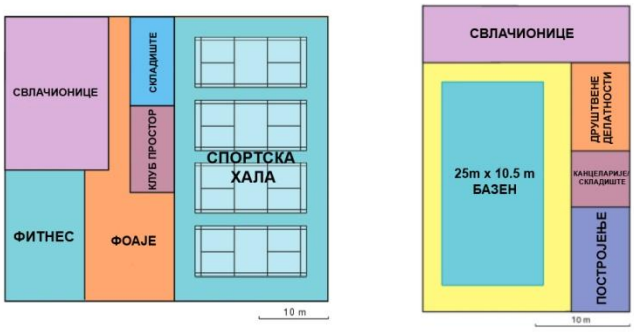
[201] www.eplabel.org, подржан од Intelligent Energy for Europe (EIE) SAVE програма Европске комисије European Commission (Jan. 2005 – Feb. 2007).

Типологија спортских дворана по питању енергетских перформанси- примери из Европе[202]

Потрошња енергије у спортски објектима се значајно разликује у односу на локацију, тип и начин коришћења зграде. Према подацима насталим након анализе великог броја спортских објеката у Енглеској у енергетском смислу, тим укључен у програм ЕЕВРр (Energy Efficiency Best Practice Programme) BRECSU, дефинише седам референтних типова спортских објеката.

Тип 1- Локални суви спортски центар

У спортско објекту типа 1 могу се одигравати утакмице кошарке, мини фудбала или се може поделити на четири терена за бадмингтон. Поред основне просторије, игралишта, садржи свлачионице, мање сале, кафе у фоајеу који може да буде и мања сала за неке спортове. (слика 4.9.)



Слика 4.9. Локални суви спортски центар Тип 1 (лево) и спортски центар са базеном Тип 2 (десно), Извор: Energy Consumption Guide 78, [203]

---

[202] Energy Consumption Guide 78, Energy Use in Sports and Recreation Buildings, Archived Document, Best Practice Programme, part of EEBPp (Energy EfficiencyBest Practice Programme) BRECSU, Sport England, септембар 2001, стр. 9-11.

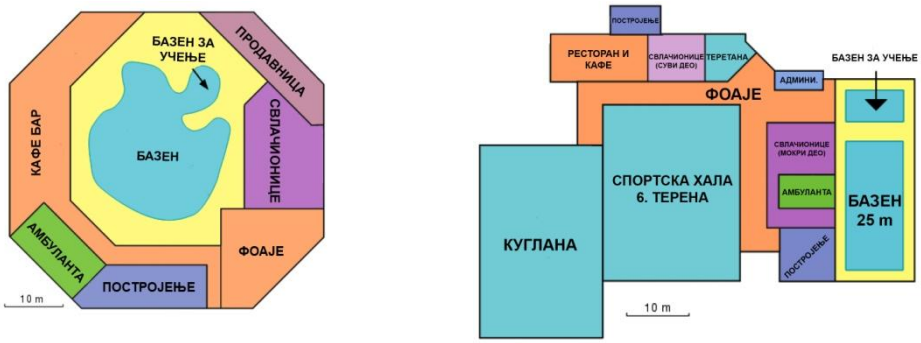
[203] Извор: Energy Consumption Guide 78, Energy Use in Sports and Recreation Buildings, Archived Document, Best Practice Programme, part of EEBPp (Energy EfficiencyBest Practice Programme) BRECSU, Sport England, септембар 2001, стр. 9-11.

Тип 2- Спортски центар са базеном од 25 m

Овај објекат поседује базен дужине 25 m са трибинама и свлачионицама уз базен (слика 4.9.).

Тип 3- Рекреативни центар са базеном

Овај тип објекта садржи базен слободног облика, сауне, базен са таласима, кафе, свлачионице (слика 4.10.).



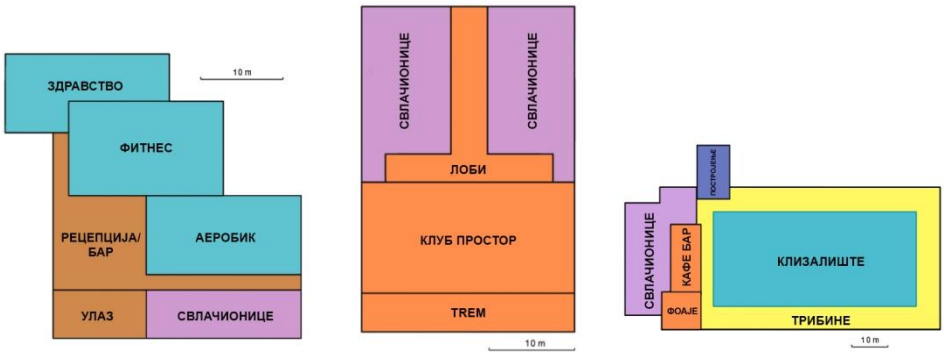
Слика 4.10. Рекреативни центар са базеном Тип 3 (лево) и комбиновани спортски центар Тип 4 (десно), Извор: Energy Consumption Guide 78

Тип 4- Комбиновани спортски центар

Објекат садржи базен 25 m дужине са пет трака за пливање. Базен за тренинге као и спортску салу са теренима за кошарку и одбојку, салу за куглање, сале за фитнес, сауну, ђакузи, свлачионице, бар (слика 4.10.).

Тип 5- Фитнес центар

Фитнес центар је организован око фитнес студија, простора за вежбање, теретане, сауне, соларијума, бара и ресторана (слика 4.11.).



Слика 4.11. Фитнес центар Тип 5 (лево) Спортски објекат уз отворени базен Тип 6 (средина) и Ледена дворана Тип 7 (десно), Извор: Energy Consumption Guide 78

Тип 6- Спортски објекат уз отворени терен

Овај објекат садржи свлачионице, тушеве, клуб простор, терасу (слика 4.11.).

Тип 7- Ледена дворана

Ледена дворана поседује главну халу- клизалиште димензија 26 x 56 m и гледалиште до 500 места, са свлачионицама, кафеом, простором за интернет. Поседује магацине неопходне за машине за одржавање леда и константне температуре у сали (слика 4.11.).

По питању енергетских перформанси сви ови типови се деле на:

1. **Типичне спортске објекте** у енергетском смислу- који подразумева просечну потрошњу енергије
2. **Спортске објекте добре праксе-** који садрже елементе доброг управљања зградом нарочито у контексту потрошње енергије.
3. **Објекте који имају вредности између типичног спортског објекта и објекта добре праксе[204]-** који подразумевају интервенцију у смислу унапређења енергетске ефикасности. [205]

[204] *Eng.* Good Practice Buildings

Табела 4.4. приказује средње вредности на основу којих су анализирани објекти сврстани у три поменуте групе. Вредности се код сваког објекта добијају дељењем тоталне годишње потрошње енергије са грејаном површином објекта и на тај начин су примењиве код сваког од седам типова.[206] Ови подаци могу дати основне смернице приликом енергетске анализе сличних објаката.

Табела 4.4. Годишња потрошња енергије код референтних типова спортских објеката Извор: BRECSU

Тип објекта		Годишња потрошња енергије	
		Електрична енергија (kWh/m^2)	Енергент (kWh/m^2)
Типичан спортски објекат	1. Локални суви спортски центар	105	343
	2. Центар са базеном од 25 m	237	1336
	3. Рекреативни центар са базеном	258	1321
	4. Комбиновани центар	152	598
	5. Фитнес центар	194	449
	6. Спортски објекат за терен на отвореном	164	216
	7. Ледена дворана	255	217
Објекат добре праксе	1. Локални суви спортски центар	64	158
	2. Центар са базеном од 25 m	152	573
	3. Рекреативни центар са базеном	164	573
	4. Комбиновани центар	96	264
	5. Фитнес центар	127	201
	6. Спортски објекат за терен на отвореном	93	141
	7. Ледена дворана	167	100

Типологија спортских објеката по питању енергетских перформанси у Србији

У Србији према Правилнику о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетској ефикасности[207] енергетски разред зграде се одређује на основу података о потрошњи енергије за грејање на годишњем нивоу, прорачунатих у складу са

[205] BRECSU

[206] Energy Consumption Guide 78, Energy Use in Sports and Recreation Buildings, Archived Document, Best Practice Programme, part of EEBPp (Energy EfficiencyBest Practice Programme) BRECSU, Sport England, Target Energy Services ltd and William Birdass Associates, under contract BRECSU, стр. 11.

[207] *Правилник о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда* „Службени гласник РС“, бр. 69/12

прописом којим се уређују енергетска својства зграда. Енергетски разред према енергетској скали може бити од А+ до Г а након санације постојећих објеката мора бити побољшан најмање за један разред.[208] Годишња потребна енергија за грејање за објекте спорта и рекреације за постојеће и нове објекте приказана је у табели 4.5.

Табела 4.5. Енергетски разреди за спортско- рекреативне објекте, Извор: Правилник РС бр. 69/12

Зграде намењене спорту и рекреацији		Нове	Постојеће
Енергетски разред	$Q_{H, nd, rel}$ [%]	$Q_{H, nd}$ kWh/(m^{2}a)	$Q_{H, nd}$ kWh/(m^{2}a)
A+	≤ 15	≤ 12	≤ 14
A	≤ 25	≤ 20	≤ 23
B	≤ 50	≤ 40	≤ 45
C	≤ 100	≤ 80	≤ 90
D	≤ 150	≤ 120	≤ 135
E	≤ 200	≤ 160	≤ 180
F	≤ 250	≤ 200	≤ 225
G	>250	>200	>225

Уколико упоредимо референтне вредности Типичног спортског објекта и вредности из табеле за енергетске разреде спортских објеката према Правилнику објекат припада разреду D (105 kWh/(m^{2}a)) док Објекат добре праксе припада разреду C (64 kWh/(m^{2}a))

Правилник о националној категоризацији спортских објеката РС

Правилник о националној категоризацији објеката даје смернице за рангирање спортских објеката од којих су наведене само неке карактеристичне узете у обзир приликом одабира репрезентативних узорка објеката исте категорије. [209]

У члану 2. Правилника јасно се описује који су критеријуми и мерила за рангирање спортских објеката и како се утврђују на основу:

- врсте спортских активности,

[208] *Ibid.* члан 10.

[209] „ Службени гласник РС“ бр. 103/2013

- техничких карактеристика објекта,
- нивоа такмичења.

Врсте спортских активности се утврђују у односу на спортске гране које су рангиране од прве до шесте категорије у складу са Правилником о националној категоризацији спортова.[210]

Техничке карактеристике објекта подразумевају испуњеност услова у односу на:

- број спортских активности које се могу одвијати у основној просторији тј. на површини спортског објекта,
- техничке услове прописане правилима међународних спортских савеза,
- намену објекта,
- површину основне просторије, игралишта,
- број спортских активности које се истовремено могу одвијати у вишефункционалном спортском објекту,
- одговарајући број фиксних места за седење у гледалишту, уколико спортске активности имају такмичарски карактер.[211]

Ниво такмичења за који одређени спортски објекат испуњава услове подразумева опремљеност за одржавање великих међународних такмичења као што су олимпијске и параолимписке игре, светска такмичења, универзијаде или остала такмичења као што су национална првенства и спортско- рекреативне игре. [212]

На основу свих ових критеријумаа спортски објекти се рангирају у три категорије. Спортски објекти прве категорије су:

- намењени искључиво за тренинге а по потреби и за такмичења националних спортских репрезентација,

[210] Члан 3
[211] Члан 4.
[212] Члан 5.

- једнофункционални који испуњавају одређене критеријуме за одржавање спортских активности различитих категорија[213], да испуњавају одређене техничке услове и имају одређени број места за гледаоце у односу на намену објекта (стадион, базени...), да број места у гледалишту буде најмање 5000 седишта,
- вишефункционални, који поред осталог испуњавају одређене техничке карактеристике и да се у основној просторији која јеодређене прописане површине могу одвијати више спортских активности и то код спортских хала више од седам а код базена више од три, да је површина основне просторије код хала најмање 2000 m^2 , а број седишта у гледалишту 5000.[214]

Спортски објекти друге категорије су:

- једнофункционални намењени одвијању спортских активности од прве до пете националне категорије спортова, да испуњавају одређене техничке карактеристике и површина основне просторије износи минимум 1000 m^2, да број седишта за гледаоце за спортске хале износи 3000,
- вишефункционални где се код спортских хала најмање пет активности могу одвијати, да је површина основне просторије минимум 1000 m^2, и број седишта за гледаоце у спортским халама је 3000.[215]

Спортски објекти треће категорије су:

- једнофункционални (специјализовани) објекти у којима се одвијају спортске активности националних категорија спорта и да имају површину основне просторије најмање 500 m^2 да у гледалишту има 1000 седишта и да се у њима могу одвијати спортска такмичења било ког нивоа,
- вишефункционални где се у њима могу одвијати неке од спортских активности националних категорија спорта и да имају више од три спортске активности да

---

[213] Према Правилнику о критеријумима за категоризацију спортова, мисаоних спортова, спортских игара и спортских вештина, извор: http://sistemsport.rs/pdf/pravilnik_o_kriterijumima_za_kategorizaciju_sportova.pdf, коришћено мај 2016. постоји 5 категорија спортова.

[214] „ Службени гласник РС“ бр. 103/2013Члан 7.

[215] Члан 8.

је површина основне просторије најмање 500 m^2 и да има најмање 1000 места у гледалишту. [216]

Универзалне спортске дворане, на основу критеријума и мерила прописаних овим Правилником припадају трећој категорији у оквиру групе вишефункционалних спортских објеката.

4.5. Спортско-рекреативни центри и дворане у Београду

Један од кључних подстрека у изградњи спортских објеката у Србији и Београду била је одлука неколико спортских савеза, а пре свега кошаркашког који је на својој скупштини у Сарајеву 1965. године одлучио да од сезоне 1967- 1968. ниједан клуб који нема дворану неће моћи да се такмичи у савезном рангу. У том тренутку ниједан кошаркашки клуб, изузев Олимпије, у Југославији није имао дворану. Став југословениских власти је био да су организација великих спортских такмичења велика промоција земље а без дворана није било могуће кандидовати се и организовати их. Управо то је навело државу да финасира изградњу дворана и спортских центара у периоду након 1965. [217]

На основу приказаних карактеристика спортских дворана уопште и оних значајних за енергетску опртимизацију може се закључити да Београд располаже са релативно великим бројем спортско- рекреативних центара поливалентне намене. Од укупно петнаест центара дванаест се налази на ужој територији града док су остала три на подручју Младеновца, Обреновца и Лазаревца (табела 4.6.).

[216] Члан 9.
[217] Милетић, А. (2013) *Џез баскет,* Београд: Лагуна

Табела 4.6.Спортско- рекреативни центри и дворане у Београду [218]

Тип и назив објекта			Година изградње	Приближна површина објекта	Капацитет седења
Универзалне спортске дворане и центри арена	*Београдска арена*[219]		2004.	48000 m^2	25000
	Спортски центар Вождовац[220] Бањица		1974.	6099 m^2 6000 m^2	2100
	Спортски центар Нови Београд[221]	СРЦ 11. Април (базени)	1968.	*око 5000 m^2*	*300*
		Хала Ранко Жеравица		5450 m^2	5000
	Спортски центар Раковица[222]		2000.	3360 m^2	2000
	Центар за културу и спорт Шумице[223]		1973.	6799 m^2 (габарит)	2000
	Градски центар за физичку културу Стари диф		1936.	2900 m^2 (габарит)	---
	Спортско- рекреативни центар Ташмајдан[224]	Дворана Александар Николић	1973.	6000 m^2	2000
		Стадион	1954.	8500 m^2	10000
		Ледена дворана	1978.	6000 m^2	2000
		Базен Таш	--	--	--
Без дворане	*Спортско- рекреативни центар Пионирски град*[225]		1976.	7500 m^2	--
Спортске дворане и базени	Културно- спортски центар Пинки		1974.	8000 m^2	1980+600
	СРЦ 11. Април		1968.	5000 m^2	300
	Спортски центар Миле Гале Мушкатировић		1973. 2011. реконстр.	Терени за тенис, базени	600
	Центар за спорт културу Врачар[226]		1970. око 3500 m^2		
	Спортско- рекреативнии центар Кошутњак		1959. изграђен, 2008. реконст. комплекс од 35 ha терена, сала, базена		
	Спортско- рекреативни центар Звездара[227]		2011. реконстр. комплекс спортских терена, базени		

Објекти који не поседују универзалне дворане приказани су италик словима и Арена

Од укупно дванаест спортско- рекреативних центара десет је изграђено у периоду од 1960. до 1980. године. Центри располажу са око 80 затворених простора за вежбање и такмичења (табела 4.7.). [228]

---

[218] Изузев дворана у приватном власништву
[219] www.arenabeograd.rs
[220] Извор: оригинална пројектна документација, архив СЦ Вождовац
[221] http://scnovibeograd.rs
[222] EnPlus пројекат енергетске опртимизације
[223] Извор: оригинална пројектна документација, архив општина Вождовац
[224] www.tasmajdan.rs
[225] www.pionirskigrad.org.rs
[226] http://srocvracar.rs/
[227] www.scolimp.rs

Табела 4.7. Врсте и број спортских капацитета у спортско-рекреативним центрима Београда, Извор: Аутор на основу Драгојевић, М. (1987)

Врсте и број објеката у спортско-рекреативним центрима Београда	
Капацитет	Укупно
Дворана са гледалиштем	9
Велика сала без гледалишта	7
Мање сале универзалне намене	14
Сале за борилачке спортове	7
Отворени базени	20
Затворени базени	14
Теретане	11
Гимнастичка сала	4
Отворено клизалиште	2
Затворено клизалиште	2
Простор за стони тенис	8 изузимајући импровизоване
Куглана	4
Трим кабинети	6
Сауна	12
Остало	10

4.5.1. Основне карактеристике универзалних спортских дворана на подручју Београда значајне за енергетску оптимизацију

Ово поглавље даје приказ основних карактеристика спортских центара и дворана у Београду које су значајне за оптимизацију енергетских перформанси. Спортске дворане су специфичне у волуметријском смислу јер се састоје из групација: зона за гледаоце, спортисте, управу и техничка одељења са магацинским просторима, као и групација за тв екипе и делегације. Ови објекти се могу сврстати у зграде са више енергетских зона јер све те групације чине засебне техничко- технолошке и

[228] Допуњена табела, извор: Аутор према Драгојевић, М. (1987) Спортско- рекреациони центри Београда, *Физичка култура Београд*, 41/87/3, Београд, стр. 195.

функционалне целине, имају различиту намену у исту сврху; одржавање спортских спектакла и унутрашња температура за поједине зоне се разликује за мин 4ºC. [229]

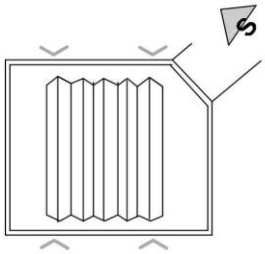
Приказ спортских објеката, центара са универзалним спортским дворанама у њиховом саставу са основним карактеристикама значајним за енергетску оптимизацију дат је у табели 4.8.

Спортски објекти у Београду изграђени у периоду од 1960. до 1980. године категорисани су према Правилнику о националној категоризацији спортских објеката, према већ поменутим референтним типовима (BRECSU) као и основним карактеристикама спортских дворана значајним за енергетску оптимизацију.

Габарити објеката приказани у табели су нацртани у произвољној размери, пропорционално, са јасном поделом дворане и остатка објекта- не би ли се добио утисак композиције основе на основу које одређујемо тип објекта. Поред габарита дата је фотографија зграде да би се увидело потпуно одсуство сличности у обликовању. Мада различити у обликовном смислу, материјализација и конструкција су углавном исте и оно што је врло значајно у успостављању методологије у оптимизацији енергетских перформанси приликом санације, јесте поседовање истих групација у оквиру зграде.[230]

[229] На основу Правилника о условима садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда, члан 2.
[230] Пројекти Енерго пројекта и предузећа Рад.

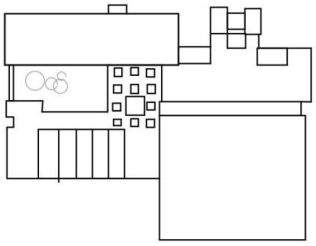
Табела 4.8. Основне карактеристике значајне за енергетску оптимизацију спортских објеката у Београду (спортски центри и дворане) изграђених у периоду од 1960- 1980. године

Основне карактеристике значајне за енергетске перформансе спортског објекта							*Спортска дворана*				Категорија[1]	ТИП[231]
Год. изградње	Локација Оријентација	Волуметрија		Конструктивно-материјалне особине		Опремљеност	Величина	Врста спорта	Подела дворане	Гледалиште		
		Габарит основе и облик	Спратност	Конструкција	Транспарентне површине на фасади							
Спортски центар Вождовац, Спортски центар Бањица												
1974.	Град ЈЗ-СЈ	Компактна основа Квадратична Моногеометријски облик призма П= 6492,0 m^2 само дворана +базен	Сут+П	Основна конструкц. челична	1/3 од укупне површине фасаде	✓	Троделна дворана са гледалиштем	Суви спортови	Поливалентна	Правоугаоно двострано	III	Тип 1 Тип 2
Спортски центар Вождовац поседује универзалну спортску дворану капацитета до 2000 места, теретану и пратеће просторе уз халу. Топлом везом је повезан са базеном али функционише у односу на њега потпуно независно. Спортски центар Бањица поседује два затворена (олимпијски и за непливаче) и два отворена базена.												
 Слика 4.12. Габарит Спортског вентра Вождовац						 Слика 4.13. Североисточна фасада, дворана, СЦ Вождовац						
Центар за културу и спорт Шумице												
1973.	Град С-Ј	Разуђена основа Квадрат Сложени геометри-	Сут+П+2	Основна конструкција АБ	1/3 од укупне површине фасаде	✓	Троделна дворана са гледалиштем	Суви спортови	Поливалентна	Правоугаоно једностранo	III	Тип 1

[231] Типови према BRECSU

		јки облик П=6966,00 m^2										

Центар за културу и спорт Шумице је окружен зеленилом, углавном листопадним дрвећем. Терен је у паду и има чисту оријентацију С-Ј. Карактеристично за основу је да поседује атријум и терен у паду је условио постојање дилатационо повезаних целина које се могу третирати као засебни објекти.



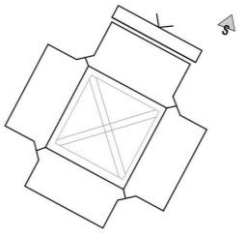
Слика 4.14. Габарит објекта, Центар за спорт и културу Шумице

Слика 4.15. Део јужне фасаде објекта и изглед главне сале

Спортски центар Нови Београд- Хала Ранко Жеравица и 11. Април

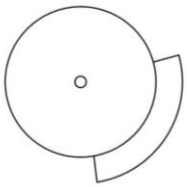
1968.	Град Хала Базен + дворане С-Ј	Хала је кружне основе . Моногеометријски облик-ваљак. Пхале= 5450,00 m^2 Базен је квадратне основе Квадратна форма Сложени геометријски облик Пбазена= 15000 m^2	Хала П+1 Базен , дворана П+1	Основна конструкција АБ	Хала 1/3 од површине фасаде Базен фасада је транспарентна са видљивом носећом конструкцијом	✓	Хала Троделна са гледалиштем кружним Хала без гледалишта код базена 11.април	Хала Суви спортови Пливање и суви спорт	Једноделна -----	Елипса тространкод хале -------	Хала III Базен	Тип 1 Тип 2

Хала Ранко Жеравица, некадашња Хала спортова поседује велику салу и три мале сале, теретану и просторе за стони тенис. Универзална дворана има 5000 места за седење. Спортски центар 11.април поседује три отворена и три затворена базена, мале сале, куглану која је претворена у универзалну дворану, стрељану и терен за боћање и одбојку на песку.



Слика 4.16. Габарит Базена 11.април

Слика 4.17. Кров- приказ зениталног осветљења на крову и главна дворана у објекту



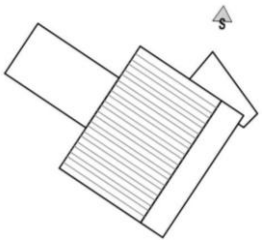
Слика 4.18. Габарит спортске дворане Ранко Жеравица

Слика 4.19. Перспективни приказ објекта и сале

Спортско рекреативни центар Ташмајдан- отворени базен Таш, хала Александар Николић и Ледена дворана

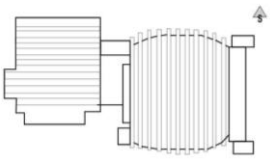
1954-1978.	Град Базен ЈЗ-СИ Хала С-Ј Лед. дворана С-Ј	Базен Хала у габариту 4900m^2 Ледена дворана П= 1800 m^2 под ледом Разуђена основа Моногеометријски облици призме	Базен П+2 Хала П+2	Конструкција АБ конструкција	Базен СИ фасада у стаклу Хала А.Н. 1/3 фасаде Дворана 1/4 фасаде	✓	Велика дворана са гледалиштем	Суви спорт	Три дела	Правоугаоно четвороструко	Кат. I Кат. II	Базен Тип 2 Хала А.Н. Тип 1 Лед. двор. Тип 7

Спортско- рекреативни центар Ташмајдан у свом саставу има стадион, отворени базен, затворени базен, универзалну дворану и ледену дворану. На Ташу се одржало прво светско првенство у пливању, ватерполу, уметничком пливању и скоковима у воду. Хала Александар Николић има капацитет седења до 5000 места, Карактеристично је да спортисти долазе до свлачионица улазом директно споља.



Слика 4.20. Габарит основе затвореног и отвореног базена

Слика 4.21. Базен Ташмајдан, спољни и унутрашњи



Слика 4.22. Габарит Ледене дворане и Дворане Александар Николић

Слика 4.23. Слике фасаде Дворане Александар Николић и Ледене дворане

Културно- спортски центар Пинки

1973.	Град СЗ	Квадратична-компактна основа Моногеометријски облик, призма са	П+2	АБ конструкција	СЗ и ЈИ Фасаде у стаклу	---	дводелна	Суви спорт Мокри спорт	Дводел. дворана	Правоугаоно двострано	Кат III	Тип 4

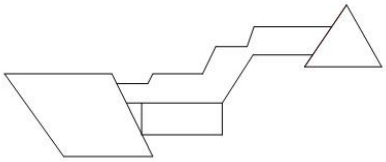
		параболичним цилиндричним кровом П= 8000м^2										
Хала Пинки подигнута на месту старог Дома културе у Земуну пружа сијасет активности. Постоји сала где је могуће тренирање дворанских спортова и базен за пливање. У Центру с еодвијају и разне друштвене активности.												

Слика 4.24. Габарит објекта, Културно спортски центар Пинки

Слика.4.25. Изглед објекта и унутрашњост главне сале

Милан Гале Мушкатировић, 25. мај

1973. Рекон ст. 2011.	Град С-Ј	Компактна основа, ромб Моногеометријски облик	П+1	АБ конструкција	Све фасаде су у стаклу	✓	дводелна	Суви спортови Мокри спортови	Два дела	Троугаоно једностарано	Кат III	Тип 4
Овај спортски комплекс поседује три спољна базена; олимпијски и рекреативне, унутрашњи олимпикјски базен, сауне, фитнес сале и теретану и салу за дворанске спортове.												

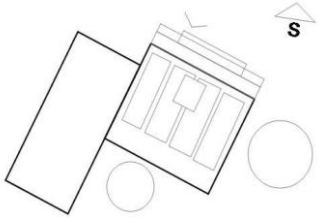


Слика 4.26. Габарит спортског центра

Слика 4.27. Изгледи Спортски центар Милан Гале Мушкатировић

Спортски центар Врачар

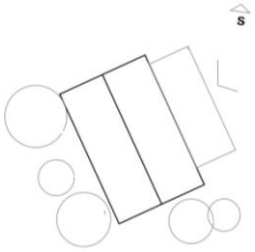
1970. -80.	Град С-Ј	Компактна основа Квадратична Моногеометријски облик	П+2	АБ конструкција	1/3 прозори	✓	Мала сала без гледалишта	Суви и мокри спортови	Једноделна	Без гледалишта	----	Тип 4
Центар поседује велику салу, салу за борилачке спортове, теретане, затворене базене и две сале за плес. У оквиру центра налази се у непосредној близини и тениски и рукометни терени и у згради до терена су само свлачионице које припадају типу 6.												



Слика 4.28. Габарит објекта Спортски центар Врачар

Слика 4.29. СРЦ Врачар, објекат споља и дворана

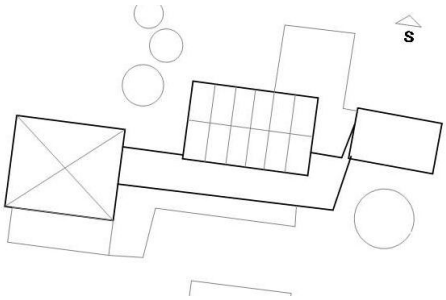
Спортско- рекреативни центар Кошутњак												
1959. - 1960.	Отворене пов.	Објекат је компактне основе Моногеометријски облик Призма На подручју од око 35ha	Објекат П+1	Конструкција АБ	Око ½ од површине фасаде	Ренов. 2007. ✓	------	-------	---------	--------	-------	Тип 6
Изградњом дела спортског центра 1959.године Кошутњак је постао спортско- рекреативни центар Београда. Спортски центар је изграђен на 35 хектара и поседује бројне објекте намењене спорту и рекреацији. Центар поседује базене (3+1) са пратећим објектима. Трибине су постављене на јужну падину и могу да приме 1500 гледалаца. Зграда за спортисте је објекат намењен искључиво активним спортистима и студентима ДИФа и садржи гардеробе, свлачионице, амбуланту, теретану, просторе за тренере и масере.												



Слика 4.30. Габарит објекта за спортисте

Слика 4.31. Отворени базен и објекат за активне спортисте

Спортско- рекреативни центар Звездара, Олимп												
2011. реконструкција	Град С	Основа квадратична Сложена геометријска форма	П+1	АБ конструкција	½ прозори	✓	Дводелна са гледалиштем	Суви и мокри спортови	Дводелна без гледалишта	------	-------	Тип 6
Спортски центар Олимп на Звездари поседује отворене базене, трим салу у приземљу, дворану димензија 18 x 30 m за дворанске спортове и вежбалишта на отвореном.												



Слика 4.32. Габарит објекта, произвољна размера

Слика 4.33. Изглед дворане и базен на отвореном

Празна поља у табели указују на немогућност примене у конкретном случају, нпр. уколико дворана није дељива или не поседује гледалиште.

5. МЕТОДОЛОГИЈА ОПТИМИЗАЦИЈЕ МЕРА ПРИЛИКОМ ЕНЕРГЕТСКЕ САНАЦИЈЕ УНИВЕРЗАЛНИХ СПОРТСКИХ ДВОРАНА

5.1. Планирање унапређења и оптимизација енергетских перформанси

Зграде су одговорне за скоро 40 % укупне глобалне потрошње енергије у Европској Унији која се углавном утроши на грејање. Уколико се постојећи објекти код којих је изражена потреба санирају на прави начин потрошња енергије може да се умањи до 90 %.[232] Са 290 милиона зграда у свету које треба санирати постигла би се значајна уштеда. [233]

Интервенције у погледу одабира локације, волуметрије, диспозиције основе и просторија тј. зонирања у смислу термике у оквиру објекта су неизводљиве када говоримо о енергетском санирању објеката. Дакле, оно што је суштинско у постизању добрих енергетских перформанси је непромењиво. Интервенције су могуће уз грађевинске радове на термичком омотачу објекта као и на термотехничким системима. Поставља се питање које би позиције најпре требало третирати појединачним или пакетом мера примењивим на свим објектима ових групација не би ли се постигло планирано унапређење. Које је планирано унапређење?

Генерално мишљење експерата из ове области је да циљ треба да се фокусира на потрошњу енергије пре него на потребу за њом. Подељена су мишљења да ли

[232] До Фактора 10 који представља дубоко реновирање, санацију са смањењем потрошње енергије до 90 % у поређењу са стањем потрошње енергије пре реновирања.
[233] https://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects/en/projects/europhit

енергетски циљ треба да се односи на примарну или финалну енергију и колика треба да је финална потрошња као апсолутни циљ у овом контексту. Према техничком извештају студије коју води Глобална мрежа перформанси зграда (The Global Buildings Performance Network, GBPN)[234] сматра се да потрошња финалне енергије треба да буде мања од 80 kWh/m^2/a. У истом извештају се дефинише санација зграда и наглашава потенцијал коришћења камене вуне приликом унапређења енергетских перформанси зграда.[235]

Три сценарија санације зграда до 2050. су развијене коришћењем модела Ecofys' Built Environment Analysis Model (BEAM²). Један сценарио представља површно реновирање где је мала примена обновљивих извора (очекивано је 32 % смањење енергије за грејање). Други развијени сценарио је површно реновирање и масовно коришћење обновљивих енергија (58 % смањење енергије за грејање) и трећи сценарио представља дубоко реновирање и масовно коришћење обновљивих извора енергије (80 % смањења потрошње енергије за грејање).[236]

Енергетски аспект санације огледа се у рационализацији потрошње енергије, очувању грађевинске супстанце и продужењу трајања зграде, побољшању топлотног комфора и коришћењу обновљивих извора енергије.[237] Управо то се настоји у мери која је прописана Правилником о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграде. Према члану 10. Правилника „енергетски разред за постојеће зграде, након извођења радова на реконструкцији, доградњи, обнови, адаптацији, санацији и енергетској санацији, мора бити побољшан

---

[234] Глобална мрежа перформанси зграда (The Global Buildings Performance Network, GBPN) је глобално организована и регионално фокусирана мрежа експерата чија је мисија да унапреди праксу која може значајно да смањи потрошњу енергије и с тим у вези емисију CO2

[235] Shnapp, S. и други (2013) What is a deep renovation definition? Technical Report Global Buildings Performance Network (GBPN), преузето са http://www.gbpn.org/reports/what-deep-renovation-definition

[236] Boermans, Th. и други (2012) *Renovation Tracks for Europe*, Eurima - European Insulation Manufacturers Association, доступно на https://www.eurima.org/uploads/ModuleXtender/Publications/90/Renovation_tracks_for_Europe_08_06_2012_FINAL.pdf

[237] Јовановић-Поповић, М. (2012) Тематско предавање Мере за унапређење енергетске ефикасности зграда, Обука за енергетску ефикасност , Инжењерска комора, Београд, новембар 2012.

најмање за један разред.“ У Прилогу истог Правилника табеларно су приказани енергетски разреди за нестамбене и зграде мешовите намене у оквиру којих су зграде намењене спорту и рекреацији.

Спортски објекти су композиционо врло комплексни. Све спортске дворане капацитета седења изнад 1000 посетилаца састоје се из различитих групација. За поједине групације услови комфора унутрашњег простора су различити. Температура ваздуха која треба да се постигне варира чак и до 8ºC. Групације у оквиру објекта представљају термичке зоне и третирамо их као такве.

Према Правилнику „зграда са више енергетских зона је зграда која има више посебних делова за које је, у складу са прописом којим се уређују енергетска својства зграда, потребно израдити посебне енергетске пасоше и то је зграда; која се састоји из делова који чине техничко технолошке и/или функционалне целине, које имају различиту намену, па сходно томе имају могућност одвојених система грејања и хлађења или се разликују по унутрашњој пројектној температури за више од 4ºC; у којој се на више од 10 % нето површине објекта друге намене одржава контролисана темшпература; чији делови зграде, који су техничко- технолошке целине, имају различите термотехничке системе и/или битно различите режиме коришћења термотехничких система.“ [238]

Имајући у виду различите услове комфора по питању термике за различите групације у оквиру објекта спортски објекат можемо поделити на зоне, третирати их засебно, унапређивати одређеним пакетима мера и увидети код којих групација унапређењем постижемо највећу уштеду енергије. Да ли су то свлачионице и тушеви[239] и да ли појединачним интервенцијама засебно за одређене групације може да се постигне жељени резултат?

Потрошњу енергије у зградама треба минимизирати до те мере да се не нарушава комфор што значи да током целе године треба одржавати термичке параметре

---

[238] *Ibid.* Члан 2. Правилника ЕЕ

[239] На основу искуства из европских пројеката, SAVE Program, Greece

унутрашњег простора, квалитет ваздуха, довољну количину санитарне топле воде и ниво осветљености. „Мере које се могу применити генерално можемо поделити у три основне групе:

- мере којима се побољшавају карактеристике објекта, попут термичке изолације, заптивености објекта, заштита од сунчевог зрачења у летњем периоду,
- мере унапређења термотехничких система, инсталација, инсталацијом опреме и уређаја са високим степеном корисности и коришћењем обновљивих извора енергије- боље искоришћење примарне енергије,[240]
- мере оптимизације експлоатације техничких система, ове мере подразумевају увођење аутоматског управљања рада инсталација у објекту (грејање, осветљење, вентилација).“[241]

Намена зграде као и тренутно стање у коме се она налази одређује које ће се појединачне или пакети мера примењивати са циљем смањене потрошње финалне енергије. Уколико је објекат грађен када није било прописа о термичкој изолацији врло често су спољни зидови, кров или под термички неизоловани. „ Такође је важно разматрати ефекте сваке примењене мере појединачно а затим збирни ефекат примењених мера у тежњи да се постигне задовољавајући период отплате инвестиције. Редослед анализе мера за унапређење енергетске ефикасности зграде је приказан по групама:

I група- побољшање термичке изолованости уз примену пасивних мера заштите од Сунчевог зрачења,[242]

II група- изолација топловода и дела цевне и каналске мреже- као резутат се добија смањење губитка у дистрибуцији топлоте,

III група- замена извора, енергента,

---

[240] Примарна енергија је енергија која није претрпела никакву трансформацију, то су ресурси у свом природном стању. Примарне енергије се дефинишу као обновљиви и необновљиви извори енергије IRES, (2016) United Nations, Energy Balances and Electric Profiles- Concepts and definitions. Преузето са https://unstats.un.org/unsd/energy/ires/IRES_Whitecover.pdf, стр. 21.

[241] Тодоровић, М. (н.д.) Енергетска ефикасност система грејања и климатизације, поглавље 5, Годишња потрошња енергије за грејање, Машински факултет, Београд, стр. 93.

[242] IPMVP, International Performance Measurements and Verification Protocol, Volume 1, стр. 17.

IV група- централна регулација система грејања, квалитативна регулација према спољној температури,

V група- локална регулација, термостатски вентили и циркулационе пумпе,

VI група- увођење CSNU система код зграда са сложеним термотехничким системима, грејање вентилација, СТВ, климатизација,

VII група- примена обновљивих извора енергије.[243]

На објектима који су одабрани као студије случаја примењиваће се мере унапређења карактеристика објеката групе I, мере унапређења термотехничких система и коришћење обновљивих извора енергије; III и VII група. Мере експлоатације техничких система као и увођење регулације је остављено за нека следећа истраживања.

У Директиви о енергетским перформансама (Energy Performance of Buildings Directive, EPBD 2010/31/EU) напомиње се да све новопројектоване зграде треба да достигну скоро нулти ниво енергије (nearly zero energy level, nZEB) до 2020. а јавни објекти након 2018. То значи да нове зграде треба да имају висок ниво енергетских перформанси постигнут углавном преко обновљивих извора енергије. Према истој Директиви за сада није неопходно за постојеће објекте да достигну nZEB ниво, већ се настојања углавном односе на новопројектоване објекте.[244] Стога, се ослањамо на Правилнике РС бр. 61/2011 и бр. 69/12 где је када су у питању реконструкције и адаптације неопходно постићи унапређење за један енергетски разред.

---

[243] *Ibid* Todorović, стр. 94.

[244] Project Step2Step, co-funded Inteligent Energy Europe Programme of the European Union- у коме учествују Бугарска, Грчка, Италија, Пољска, Потругалија, Шпанија и Шведска- које су дале своје дефиниције и смернице по питању потрошње примарне енергије код јавних објеката. Извор: Roadmap towards nearly Zero Energy Sport Buildings, Leitat, 2015.

5.2. Преглед физичких и термичких карактеристика

Пре било које интервенције у циљу унапређења енергетске ефикасности неопходно је утврдити право стање у коме се објекат налази. Анализа постојећег стања објекта подразумева утврђивање енергетског разреда зграде. Основни документ на основу којег одређујемо енергетски разред зграде; израђујемо документацију за енергетску санацију који нам је полазиште за све даље анализе, је Елаборат о енергетској ефикасности зграда. Методологија израде Елабората је дата Правилником о енергетској ефикасности. Елаборат постојеће ситуације је полазиште чији резултат поредимо са свим наредним након примене дефинисаних мера.

Након израде елабората понашање објекта услед примене појединачних или пакета мера унапређења посматра се кроз приказ динамичких симулација. Један од методолошких приступа који дефинише стандард SRPS EN ISO 13790 је метод прорачуна енергије кроз детаљну динамичку симулацију понашања објекта у термичком смислу. У раду је коришћен софтвер из пакета Integrated Envoronmental Solutions- Virtual Environment (2016) 2017 za sve симулиране услове унапређења. Софтвер су одобриле USGBC, ASHRAE, CIBSE и U.S. Department of Energy. У програму се налазе модули за обликовање *ModelIT*, анализу соларних добитака *SunCast*, анализу термике и симулацију комфорних услова *Apache*, кретање ваздуха *MacroFlo*, анализу дневног и вештачког осветљења, *RadianceIES*. Сви резултати приказују се преко модула *Vista и VistaPro*. Симулације се врше према климатским условима Београда, фајл EnergyPlus Belgrade 132720 (IWEC).

Параметри који утичу на симулације понашања објекта се могу јасно одредити међутим неке вредности се тешко дефинишу попут инфилтрације ваздуха, присуства топлотних мостова и начина коришћења простора.

Инфилтрација се врло тешко одређује самим тим што представља количину ваздуха која услед различитих атмосферских услова улази у зграду кроз пукотине и шупљине у омотачу. Зато је врло је поједностављена. Према Правилнику о енергетској

ефикасности зграда Сл. гл. 61/2011 број измена ваздуха је на основу заклоњености и класе заптивености зграде (табела 3.4.2.2.). Услед тешке квантификације вредности се узимају из табеле.

Топлотни мостови су главни разлог разлике између резултата симулација и стварног енергетског перформанса објекта. Топлотни мостови су места трансфера топлоте већег од дозвољеног кроз елементе зграде услед различитих температура спољашне и унутрашње површине зида. Зими је повећан губитак топлоте што је повезано са нижим температурама површине елемената и долази до појаве буђи. Најчешће проблеми са кондензацијом настају на осетљивим деловима где долази до прекида изолације, на спојевима зида и осталих делова конструкције (нарочито у угловима просторија)[245]. Према Cepheus техничком извештају топлотни мостови се могу избећи на неколико начина: Правилом превенције- кад је могуће не прекидати термички омотач, Првилом продора- на местима где је неизбежно прекинути топлотну изолацију топлотна отпорност изолације мора да је већа, Правилом чвора- уколико постоји укрштање елемената конструкције изолациони слојеви треба да обложе елементе а не да се прекидају, Правилом геометрије- ивице објеката би требало да су под правим углом.[246] Софтвер препознаје примену изолације а у реалности та иста изолација је део компликованих детаља услед спојева на угловима или је једноставно лоше постављена услед одређеног квалитета радова. Симулација топлотних мостова је врло захтевна. Препорука је повећање укупне површинске вредности коефицијента пролаза топлоте позиција термичког омотача за 10 % како би ефекат топлотних мостова био укључен.[247]

Још један параметар који се не може прецизно дефинисати је начин коришћења простора нарочито код спортских објеката где се спортски догађају одвијају у вечерњим сатима у зависности од потреба и жеља рекреативаца и распореда професионалних спортиста.

---

[245] Стојковић (2016)

[246] Cepheus- Project Information No. 36, Final Technical Report, Passive House Institute, Hanover, 2001, стр. 17.

[247] Стојковић (2016) према NCM (2014) National Calculation Methodology (NCM Modelling Guide) for buildings other than dwellings in England, 2013 edition

5.2.1. Основни параметри за дефинисање појединачних мера унапређења приликом санације спортских објеката

Појединачне мере унапређења и пакете мера дефинишемо на основу минималних захтеваних вредности коефицијената пролаза топлоте *U (W/m²K)* Правилника о енергетској ефикасности и *Passivhaus* стандарда.

Правилник о енергетској ефикасности зграда Службени гласник РС 61/2011

Правилник о енергетској ефикасности зграда даје преглед највећих дозвољених вредности коефицијената пролаза топлоте U_{max} (W/m^2 K) за елементе термичког омотача зграде. Према табели 3.4.1.3. Правилника вредности коефицијената топлоте су приказане за одређене групације елемената термичког омотача:

- елементи и системи који су у контакту са спољним ваздухом,
- унутрашње преградне конструкције,
- конструкције у тлу.

Ове позиције третирамо одређеним мерама унапређења које дефинишемо на основу *U* вредности приказаних у табели 5.1.

Табела 5.1. Највеће дозвољене вредности коефицијената пролаза топлоте, Umax W/(m²K), за елементе термичког омотача зграде, Извор: Правилник о ЕЕ РС

Опис елемената система	Постојеће зграде U_{max} W/(m²K)	Нове зграде U_{max} W/(m²K)
Елементи и системи у контакту са спољним ваздухом		
1. Спољни зид	0,40	0,30
2. Зидови 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 отворених 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 испод 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 у тлу	0,40	0,30
20. Укопана међуспрана конструкција	0,50	0,40

Термоизолација зидова је често најефикаснија појединачна мера унапређења енергетске ефикасности. Са више изолације коефицијент пролаза топлоте (U) се смањује а тиме и топлотни губици. Након одређене дебљине термоизолација нема значајан утицај на топлотне губитке.

Поред интервенција на зидовима и третирање транспарентних делова термичког омотача може значајно да смањи губитке топлоте. Правилном уградњом и одабиром фасадне столарије редукују се не само трансмисиони већ и вентилациони губици, постиже се боља заптивеност и боља звучна изолација.

Passivhaus стандард

Пасивхаус (Passivhaus) концепт је први пут представљен 1988. године од стране немачког физичара Волфганга Феиста (Wolfgang Feist) и белгијског професора Бо Адамсона (Bo Adamson). Феист је основао Passivhaus институт у Немачкој 1996. ради контроле и промоције примене стандарда. До данас је у Европи изграђено око 20.000 пасивних кућа.[248] Пасивне куће обезбеђују услове угодности и троше чак до 90 % мање енергије од конвенционалних кућа. Пасивне куће када је у питању специфична потребна енергија за грејање не прелазе потрошњу од 15 kWh/m^{2}a, специфичну потребну примарну енергију за хлађење, грејање, припрему санитарне топле воде и електричну енергију за све уређаје мању од 120 kWh/m^{2}a и ваздушну пропустљивост

[248] Zeller, T. (2010) Beyond Fossil Fuels: Can we build in brighter shade of green? *New York Times*, BU1

не већу од 0,6 ach за n_{50}.[249] Када су у питању постојећи објекти постоје две опције сертификације: Passivhaus сертификација и EnerPHit/ EnerPHit^{+} обнова. EnerPHit се примењује за пројекте адаптације када је економски неисплативо или из техничких разлога није могуће задовољити критеријуме пасивхаус стандарда. EnerPHit^{+} се примењује уколико више од 25 % објекта, тј. нетранспарентних површина има унутрашњу изолацију.[250]

Компарација *U* вредности из Правилника о енергетској ефикасности Службени гласник РС бр.61/2011 и EnerPHit сертификације дата је у табели. 5.2.

Табела 5.2. Компарација вредности коефицијента пролаза топлоте Правилника о ЕЕ РС и EnerPHit/EnerPHit сертификације, Извор: Стојковић (2016)[251]

Термички омотач постојећег објекта			
Опис		Србија[252]	EnerPHit/EnerPHit^{+}[253]
		U [W/m²K]/ ACH	*U [W/m²K]*
Спољни зид	Споља изолован	≤ 0,4	≤ 0,15
	Унутра изолован	≤ 0,4	≤ 0,35
Под на тлу		≤ 0,4	≤ 0,15/f[254]
Кров		≤ 0,2	≤ 0,15
Транспарентни делови фасаде		≤ 1,5	≤ 0,85
Инфилтрација ваздуха		≤ 0,5	max n_{50}≤ 1,0
Енергија			
		kWh/m²a	*kWh/m²a*
Специфична годишња потребна енергија за грејање		≤ 95	≤ 25[255]

[249] Притисак на 50 Pascal
[250] EnerPHit– the Passive House Certificate for retrofits, https://passipedia.org/certification/enerphit
[251] Стојковић, М. (2016) Енергетска оптимизација у адаптацији индустријских објеката, докторска дисертација, Универзитет у Београду, Архитектонски факултет
[252] „Службени гласник РС“, бр. 61/2011
[253] Passive House Institute
[254] Temperature factor
[255] Вредности се рачунају на основу PHPP софтвера. (Passive House Planning Package) који је креирао Feist; софтвер служи енергетском моделовању не би ли се установило који елементи побољшања утичу на енергетске перформансе, у овом случају се вредност рачуна преко IES VE програмског пакета који садржи модуле за КГХ системе и примену свих пасивних мера унапређења.

Највеће дозвољене вредности коефицијента пролаза топлоте (U) дају нам могућност постављања изолационог слоја и оптимизовање његове дебљине, у оба случаја, поштујући важеће прописе у Србији и Европи, у циљу побољшања енергетске ефикасности и унапређења за један енергетски разред.

5.2.2. Физичке и термичке карактеристике објеката који се анализирају у енергетском смислу и утврђивање енергетског разреда[256]

Неопходни подаци у контексту физичких и термичких карактеристика објеката који се анализирају приказани су у табели 5.3.

Табела 5.3. Физичке и термичке карактеристике објеката који се анализирају, СЦ-спортски центар, фактор облика зграде и удео транспарентних површина

Физичке карактеристике *СЦ*						
Површина објекта [m^2]			Површина спортске дворане [m^2] Висина грејаног дела дворане [m]			
Спратност објекта						
			Опис конструкције	Површиина m^2	Застакљење	Удео транспарентних површина [%]
Омотач објекта	m^2	Северна фасада				
		Јужна фасада				
		Западна фасада				
		Источна фасада				
		Укупно фасада				
		Кров				
Термички омотач			*Детаљан опис у табели.....*			
Површина термичког омотача објекта		A [m^2]				
Нето површина грејаног дела зграде		A_f [m^2]				
Запремина грејаног дела		V [m^3]				
Фактор облика зграде		f_0 [m^{-1}]				

[256] Из Елабората енергетске ефикасности објеката, Инжењерска комора Србије, новембар 2012. Полагање за лиценцу енергетске ефикасности 381

Поред наведених вредности потребно је дефинисати и унутрашње топлотне добитке и основне параметре вентилирања. Површински трансмисиони губици су дати табелом 5.4. Методологија је прописана Правилником о ЕЕ, С. Гласник 61/2011. (табела 6.5 према SRPS EN ISO 13790).

Табела 5.4. Површински трансмисиони губици H_{TS} [W/K][257]

Опис грађ.елемента	Ознака	U (W/m^2K)	A (m^2)	F_x	U x A x F_x
Спољни зид					
Међуспратна конструкција испод негрејаног простора					
Под на тлу, паркет					
Под на тлу, керамика					
Прозори, балконска врата грејаних просторија					
Улазна врата					
Укупно			ΣA		Σ H_{TS}

Линијски трансмисиони губици H_{TB} [W/K] се рачунају на следећи начин:

$$H_{TB} = 0.1 \times \Sigma A$$

где је ΣA неумањена површина термичког омотача зграде.

Укупни трансмисиони губици H_T [W/K] се добијају на основу формуле:

$$H_T = \Sigma H_{TS} + H_{TB}$$

где су H_{TS} површински трансмисиони губици.

Специфични трансмисиони губитак топлоте зграде H'_T [W/(m^2K)][258] представља вредност

[257] Преузета тебала из Елабората о ЕЕ, Инжењерска комора Србије, Полагање испита за лиценцу одговорног пројектанта ЕЕ- L381

[258] Одређује се према одељку 3.4.2.3. Правилника о енергетској ефикасности.

$H_T' = H_T / A$

где су H_T трансмисиони губици топлоте зграде.

H_T' [W/(m^{2}K)]	$H_T'_{max}$ [W/(m^{2}K)][259]	Испуњено ДА / НЕ

Вентилациони губици топлоте објекта H_v *[W/K]* се рачунају на следећи начин:

$H_v = 0.33 \times V \times n$ [W/K]

где је V [m^3] нето запремина грејаног простора и n [h^{-1}] број измена ваздуха.

Значајно је имати податак о волумену, запремини грејаног простора и дефинисати број измене ваздуха због што прецизнијих података у динамичким симулацијама.

Улазни подаци за прорачун добитака топлоте од унутрашњих извора дати су у табели 5.5.

Табела 5.5. Улазни подаци за прорачун добитака топлоте од унутрашњих извора[260] за одабране објекте

Опис		СЦ1	СЦ2
Одавање топлоте од људи Q_{lj}	[W/m^2]		
Добици од уређаја q_{el}	[kWh/m^2] W/m^2		
Присутност током дана	[h]		
Добици од осветљења	W/m^2		

Анализа података о термотехничким системима дата је у табели 5.6.

[259] Максималне дозвољене вредности специфичног трансмисионог губитка топлоте згреде или дела зграде H'_T [W/(m^{2}K)] дате су у табели 3.4.2.3.1. Правилнка о енергетској ефикасности зграда

[260] Подаци за прорачун добитака топлоте од унутрашњих извора дати су у табели 6.5. Правилника о енергетској ефикасности

Табела 5.6. Подаци о термотехничким системима у згради[261]

Подаци о термотехничким системима у згради	
Систем за грејање (локални, етажни, централни, даљински)	
Топлотни извор	
Систем за припрему СТВ (локални, централни, даљински)	
Топлотни извор за СТВ	
Систем за хлађење (локални, етажни, централни, даљински)	
Извор енергије који се користи за хлађење	
Вентилација (природна, механичка, механичка са рекуперацијом)	
Извор енергије за вентилацију	
Врста и начин коришћења система са обновљивим изворима	

Годишња потребна финална енергија за грејање се прорачунава на следећи начин:

$Q_{H,nd}$- годишња потребна топлота за грејање

$\eta_{H,g}$= 0,98 за средње тешки тип градње

$Q_{H,nd}= Q_{H,ht}-\eta_{H,gn} \times (Q_{sol} + Q_{int})$

$Q_{H,nd}= Q_{H,ht}-\eta_{H,gn} \times (Q_{sol} + Q_{int})$

$q_{h,nd}= Q_{H,nd} / A_f$ [kWh/(m^2 a)]

$Q_{H,nd,\,real}= (q_{h,nd} / Q_{H,nd\,max}) \times 100$

На основу релативне вредности годишње потрошње финалне енергије за грејање [%] која представља процентуални однос специфичне годишње потребне топлоте за грејање $Q_{H,nd}$ [kWh/m^{2}a] и максимално дозвољене $Q_{H,nd,max}$ [kWh/m^{2}a] за одређену категорију зграда одређујемо енергетски разред зграде. [262]

[261] Преузета табела из Елабората о ЕЕ, Инжењерска комора Србије, Полагање испита за лиценцу одговорног пројектанта ЕЕ- L381

[262]„ Службени гласник РС“, бр. 61/2011, члан 2.“Службени гласник РС“, бр. 69/12 прилог Енергетски разреди зграда у зависности од категорије, Зграде намењене спорту и рекреацији

5.3. Методологија унапређења референтних модела

Створена су два сценарија у оквиру којих постоји неколико фаза интервенција у циљу унапређења енергетске ефикасноти и добијања жељених резултата. Свака појединачна мера се валоризује након чега се све наредне примењене мере сумирају да би се коначно проверио ефекат њихових примена по питању потрошње енергије и услова комфора.

Сама комплексност и величина спортских објеката, њихова различитост али истовремено постојање истих групација простора наводи нас на могућност стварања општег обрасца у методолошком процесу. Објекат је подељен на две термичке зоне; главну спортску дворану и остатак објекта. Стварају се два основна сценарија, С1П и С2П.

У првом основном сценарију (С1П), објекат се посматра без спортске сале- издваја се њен волумен од осталог дела објекта. У другом основном сценарију (С2П), третирамо само главну спортску дворану.

Претпоставља се могућност да се жељено унапређење уз одређени пакет мера може постићи унапређењем термичког омотача само једне групације- универзалне спортске дворане у оквиру објекта или објекта без дворане у његовом саставу.

Сви остали дефинисани сценарији (СТ, СА...) су анализирани засебно и у комбинацијама са поменута два основна сценарија.

Сценарио С1П

Процес оптимизације енергетских перформанси применом пасивних система са акцентом на природне потенцијале темперирања, вентилирања и осветљавања простора ***Сценарија С1П*** се састоји из неколико фаза:

1. утврђивање тренутног стања у коме се објекат налази- подразумева анализу физичких и термичких својстава објеката пре унапређења,
2. идентификација елемената термичког омотача објекта које треба санирати - објекат у *Сценарију С1П* посматрамо без спортске дворане,
3. дефинисање појединачних и пакета мера за идентификоване елементе термичког омотача подразумева:
   3.1. дефинисање појединачних мера- интервенција којима се испуњавају **минимални услови прописани Правилником о енергетској ефикасности Сл. Гласник РС 61/2011** (*U* вредности на основу података датих у табели 3.4.1.3. Правилника) *А- испуњени минимални услови прописани Правилником),*
   3.2. дефинисање појединачних мера- интервенција којима се испуњавају **услови прописани EnerPHit/ EnetrPHit**$^{+}$обновом (*U вредности*)[263] Б ознака у табелама,
   3.3. дефинисање пакета мера који представљају кумулативне мере из ставке 3.1. и засебно 3.2. за све дефинисане позиције (зидови, кров, под и отвори).
4. анализа учинка појединачних и пакета мера унапређења енергетске ефикасности- параметри на основу којих се оцењује подобност примењене мере су: добијена вредност енергетског разреда, годишња потребна енергија за грејање $Q_{H,\ nd}$ [kWh/m^{2}a] и постигнути комфор (ваљало би узети у обзир и исплативост инвестиције, период отплате што подразумева детаљну анализу тог сегмента али то није предмет овог рада- оставља се свесно по страни за нека даља истраживања),
5. селекција финалног предлога мера- на основу добијених резултата из ставке 4.

[263] U вредности дате у табели 5.2. упоредне вредности из Правилника о енергетској ефикасности Сл. Гласник бр. 61/2011 и EnerPHit/ EnetrPHit^{+}обновом

Сценарио С2П

У другом случају код основног ***Сценарија С2П*** где се објекат посматра кроз две целине, спортска дворана и остали део објекта (разлика у жељеној температури од 8º С даје нам могућност поделе објекта на термичке зоне) процес оптимизације се такође састоји из поменутих фаза:

1. идентификација групација у оквиру објекта (зона универзалне дворане и остатка објекта),
2. идентификација термичког омотача појединих зона и позиције које се третирају,
3. дефинисање појединачних и пакета мера за идентификоване елементе термичког омотача у оквиру групације у свему исто као код Сценарија С1П,
4. анализа учинка појединачних и пакета мера унапређења енергетске ефикасности кроз различите поменуте опције,
5. селекција финалног предлога мера.

Сценарио С1П+С2П

Сценарио С1П+С2П представља примену поменутих мера унапређења (тачка 3. код оба сценарија) за читав објекат- посматрамо га као целину **С1П+С2П (А+Б).**

Сценарио СТ

Процес оптимизације енергетских перформанси одабиром одговарајућих мера санације термичког омотача унапређењем термотехничких система *Сценарија СТ* се састоји из неколико фаза по поступку методолошки у свему истом као код *Сценарија С1П и С2П.*

1. утврђивање стања у коме се објекат налази,
2. идентификација термотехничких система на којима треба интервенисати,

3. дефинисање појединачних и пакета мера за унапређење термотехничких система;
   3.1. унапређење само термотехничких система у читавом објекту,
   3.2. унапређење термотехничких система уз сценарио С1П (А и Б),
   3.3. унапређење термотехничких система уз сценарио С2П (А и Б),
   3.4. унапређење термотехничких система уз сценарио С1П+С2П (А и Б),
4. анализа учинка свих поменутих мера унапређења,
5. селекција финалног пакета мера.

Сценарио СА

Сценарио СА представља примену активних система, ПВ панела. Процес је следећи:

1. утврђивање стања у коме се објекат налази,
2. идентификација и анализа позиције на којој се интервенише,
3. анализа учинка постављања панела,
4. анализа учинка примене панела + С1П (А и Б),
5. анализа учинка примене панела + С2П (А и Б),
6. анализа учинка примене панела + С1П+С2П (А и Б),
7. компарација свих поменутих мера унапређења,
8. селекција финалног пакета мера.

Сценарио + специјалне мере

Специјалне мере се дефинишу на основу специфичности самог објекта. У овом случају симулирани су услови и испитиван учинак након постављања зеленог зида и јужног прозора код модела СЦ1 и зенитално осветљење код модела СЦ2.

Имајући у виду да се специјалне мере, пасивни системи, односе на универзалну дворану, испитиван је учинак уз основни сценарио С2П (А и Б) за сваку меру посебно.

6. ОПТИМИЗАЦИЈА ЕНЕРГЕТСКИХ ПЕРФОРМАНСИ ПРИЛИКОМ САНАЦИЈЕ РЕПРЕЗЕНТАТИВНИХ МОДЕЛА СПОРТСКИХ ОБЈЕКАТА ИЗГРАЂЕНИХ У ПЕРИОДУ ОД 1960. ДО 1980. ГОДИНЕ

6.1. Критеријуми за одабир референтних модела

На основу анализираних карактеристика спортских центара у Београду одабрана су два објекта који представљају репрезентативне моделе, Центар за спорт и културу Шумице, СЦ1 и Спортски центар Вождовац, СЦ2.

Објекти су изграђени у периоду од 1972. до 1974. године. Центар за спорт и културу Шумице се налази у Устаничкој 125, у насељу Шумице. Одговорни пројектанти су архитекте бироа Спортпројекат; Милан Илић и Ђорђе Нешић.[264] Спортски центар Вождовац је у Улици Црнотравска 4 на Бањици. Објекат су пројектовали Игор Палавицини и Петар Кочовић, пројектанти пројектног бироа Криваја.[265]

Објекти припадају истој категорији објеката, исте су старости, приближно истог стања у коме се налазе, припадају истом типу објекта (табела 6.1.). Величина игралишта главне сале, универзалне спортске дворане, у оквиру објекта је иста и намењена је истим спортовима (табела 6.1.).

Одабрани спортски објекти су квадратне форме, сложене геометрије са поливалентним игралиштем. СЦ1 је разуђене а СЦ2 компактне форме (табела 6.2.). Суштинска разлика је у волуметрији и положају универзалне дворане у оквиру центра. Код једног је главна дворана у средишњем делу објекта без спољних зидова у

[264] Из оригиналне пројектне документације, архив општина Вождовац
[265] Из главног пројекта, архив Спортски центар Вождовац

контакту са спољним ваздухом а код другог је дворана на углу са готово три зида у контакту са спољним ваздухом.

Табела 6.1. Критеријуми и мерила за рангирање спортских објеката у Србији

Спортски објекат	Врста спортова	Техничке карактеристике					Ниво такмичења	Категорија објекта
		Бр.сп. активности	*Бр.сп. активности у исто време*	*Намена објекта*	*Гледалиште- бр. фиксних места*	*Површина игралишта*		
сц1 *сц2*	Кошарка Рукомет Одбојка Мали фудбал Стони тенис Борилачки спортови Остало-куглање	6	3	Спортски центри Вишефункционалне дворане за националне категорије спортова	СЦ1 правоугаоно једнострано СЦ2 Правоугаоно двострано 1000-2000	Мин.500 m^2 СЦ1 20 x 40 m СЦ2 20 x 40 m Поливалентно игралиште	Нац. првенства Универзијаде	III

Табела 6.2. Основни параметри на основу којих се сагледава сличност и разлика одабраних референтних модела

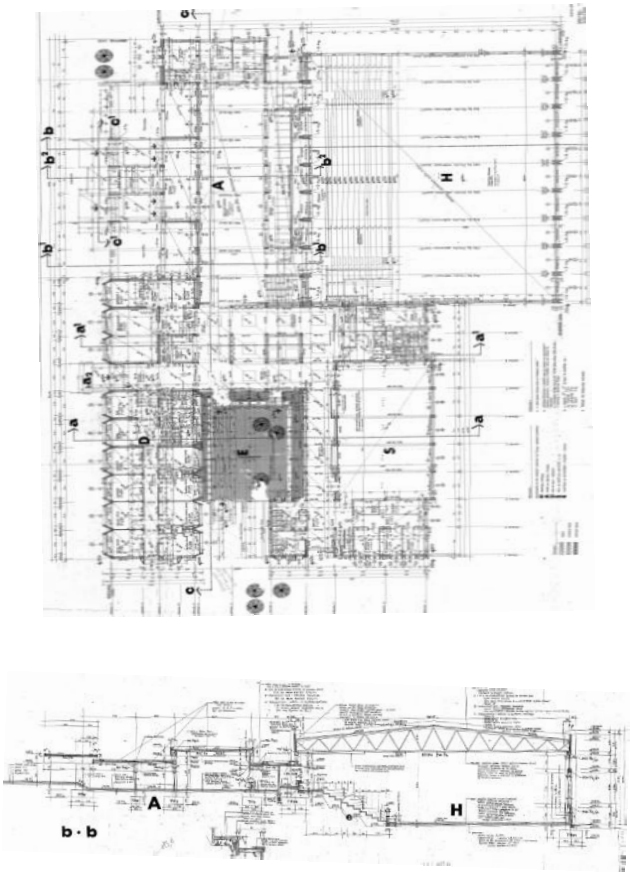
Спортске дворане	Урбанистички параметри		Грађевинско- архитектонски параметри			Потребе корисника	
	Локација	*Урбанистичка сталност*	*Волуметрија*	*Решење основе, габарит*	*Конструкт. склоп*	*Рекреативци*	*Професионални спортисти*
сц1 *сц2*	Објекти у грађевинским зонама предвиђеним за спорт и рекреацију	Објекти сталног карактера	Затворене хале	Објекти квадратне форме	АБ у комбинацији са челичним елементима Челична конструкција	Спортске активности макс. пет	Објекти за такмичарски спорт

Сличности и разлике универзалне дворане у спортским центрима и компарација оба модела по питању форме приказана је у табели 6.3.

Табела 6.3. Форма објеката, модела сц1 (Спортско- рекреативни центар) и сц2 (Спортски центар- дворана)

Објекат	Обликовност[266]			
	Габарит, разуђеност основе	*Дворана у центру*	*Моногеометрија*	*Сложена геометријска структура*
сц1	*разуђен*	*призма*	*не*	*да*
сц2	*компактан*	*призма*	*да*	*да*

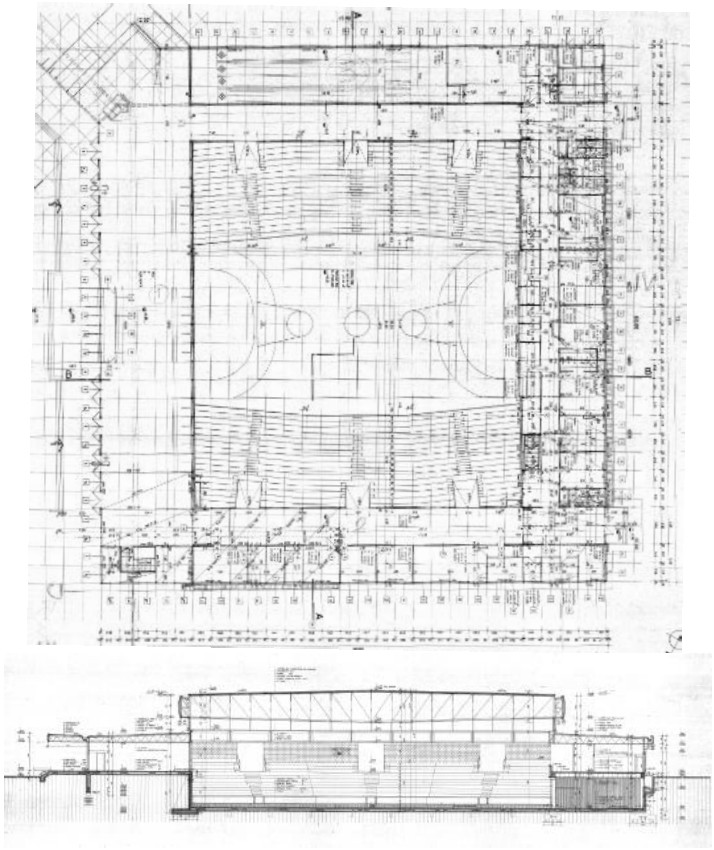
На основу анализе решења основе објеката, приказаних на сликама 6.1. и 6.2., спортски центри СЦ1 и СЦ2 припадају групи Типу 1- локалном сувом центру. [267]



Слика 6.1. Основа приземља и пресек Центра за културу и спорт Шумице, СЦ1, Извор: Архив општине Вождовац

[266] Више у делу о спортским дворанама

[267] Типологија спортских објеката према ЕЕВРр програму (Energy Efficiency Best Practice Programme) BRECSU, Guide 078, Energy Use in Sports and Recreational Buildings

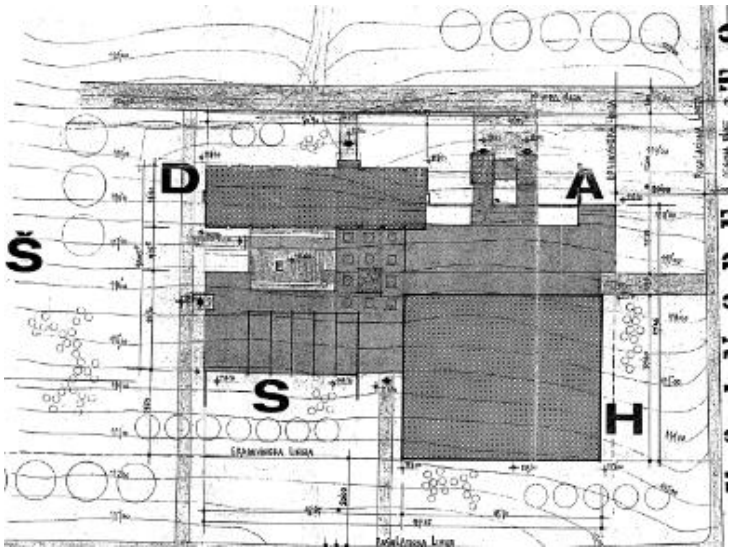


Слика 6.2. Основа приземља и пресек Спортског центра Вождовац, СЦ2, Извор: Архив Спортског центра Вождовац

6.2. Анализа постојећег стања референтних модела

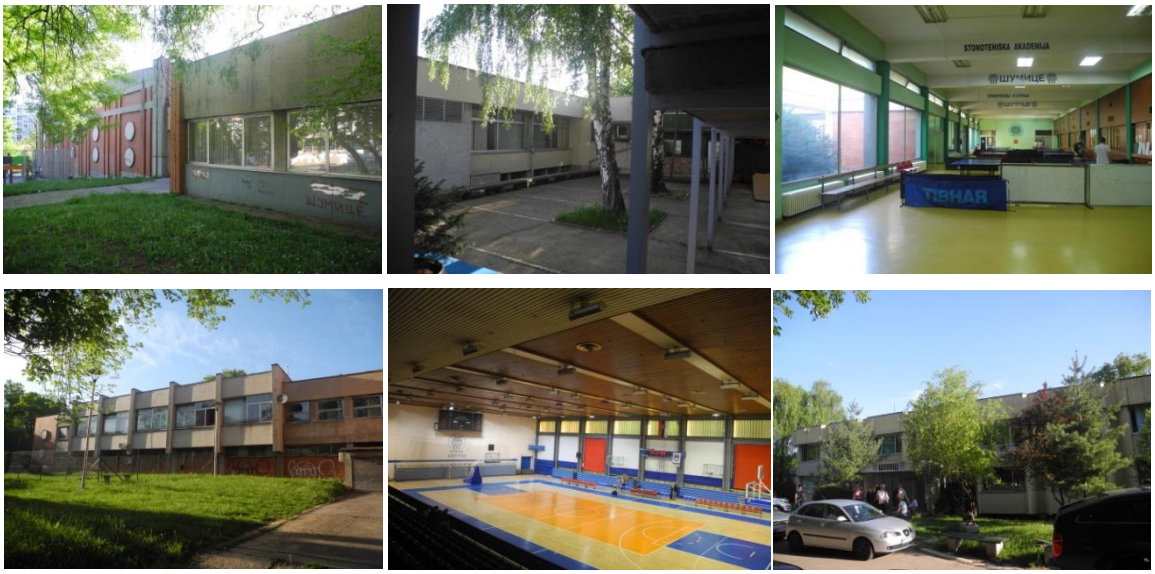
6.2.1. Анализа композиције основе Центра за културу и спорт Шумице СЦ1

Конфигурација терена на коме је изграђен Центар за културу и спорт Шумице је предодредила габарит и диспозиционо решење зграде која се састоји из дилатационо одвојених објеката које чине засебне целине. На ситуацији су засебне целине приказане са A, H, S и D (слика 6.3.).



Слика 6.3. Ситуационо решење Центра за културу и спорт Шумице, Извор: Архив општине Вождовац

Слике 6.4. дају приказ изгледа објекта.



Слика 6.4. Фотографије екстеријера и ентеријера спортског објекта

Програмски садржај групација у оквиру објекта као и њихово димензионисање дато је у табели 6.4.

Табела 6.4. Програмски садржаји основних групација СЦ1, Х, А, С и Д[268]

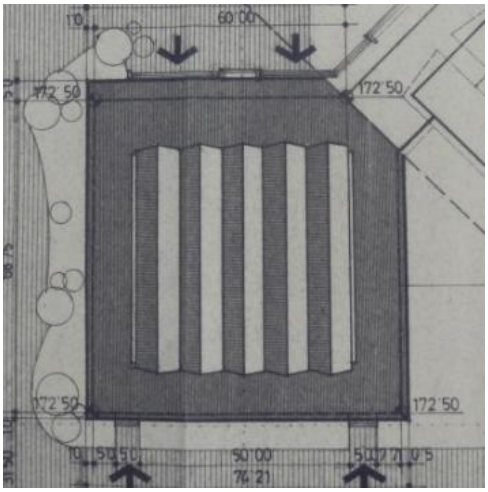
Програмски садржаји основних групација простора *Центра за културу и спорт Шумице , сц1*					
Група	Садржај групација	Конструкција	Површине и димензионисање групација у односу на спортску зграду		
			Обрада пода Површине и волумен просторија	Површина групације и спратност	Процентуални однос групација у односу на објекат
Део Х (хала)	Спортска дворана Гледалиште	АБ конструкција. Кровна челична решетка	Под: паркет на ел.подл Р игралишта= 1050,00 m^2 Р са гледалиштем и променоаром= 1784,7 m^2 V= 14331,2 m^3	Приземље и сутерен игралиште = 2494,4 m^2 16919,6 m^3	28,8 %
	Ложа		Под: мозаик керамика P= 125,0 m^2 V= 377,1m^3		
	Степениште за сутерен		Под: керамика P= 25,0 m^2 V= 75,0 m^3		
	Трафостаница		Под: керамика P= 25,0 m^2 V= 75,0 m^3		
Део А (анекс уз халу)	Хол (стони тенис данас)		Под: керамика P= 352,0 m^2 V= 1409,9 m^3		7,85 %
	Канцеларије уз стони тенис		Под: теписон P= 106,8 m^2 V= 427,2 m^3		
	Улазна партија		Под: керамика P= 74,7 m^2 V= 224,1 m^3		
Део С (свлачионице и мала сала)	Сала за друштвене активности		Под: керамика P= 344,0 m^2 V= 1376,0 m^3	Приземље= 1172,3 m^2 V= 4360,4 m^3	33,6 %
	Хол са клуб бифеом		Под: керамика P= 646,9 m^2 V= 2259,2 m^3		
	Тоалети и канцеларије уз малу салу		Под: керамика P= 143,8 m^2 V= 575,2 m^3		
	Свлачионице и тушеви, техничке просторије		Под: керамика P= 1110,7 m^2 V= 4442,8 m^3	Сутерен P= 1110,7 m^2 V= 4442,8 m^3	

[268] Аутор према подацима из оригиналне пројектне документације; Архив, Општина Вождовац

Део Д	Управа и секције са просторијама за активности деце и омладине		Под: керамика Сутерен P= 523,1 m^2 V= 1569,4 m^3 Приземље 749,3 m^2 V=2248,0 m^3 Спрат 749,3 m^2 V=2248,0 m^3	P= 2021,8 V= 6065,5	29,7 %
Део Е	Атријум		Под: камене плоче П= 262,5 m^2	П= 262,50 m^2	
Приземље= 2631,3 m^2					Робјекта= 6799,2 m^2
Спрат=749,3 m^2					
Сутерен=3418,5 m^2					

6.2.2. Анализа композиције основе Спортског центра Вождовац, СЦ2

Спортски центар Вождовац је компактне основе (слика 6.5.). Тренутно стање изгледа објеката и неки од детаља ентеријера приказани су на сликама 6.6.



Слика 6.5. Габарит спортског центра Вождовац, ситуационо решење, Извор: Архив Спортског центра Вождовац

Објекат спортског центра је повезан топлом везом са базенима Бањица али функционишу засебно као два одвојена објекта и као такве их третирамо. Веза је занемарена приликом симулирања понашања објекта услед различитих ситуација-сем засенчења које ствара суседни објекат.

Слика 6.6. Ентеријер и екстеријер Спортског центра Вождовац

Програмски садржај и основне физичке карактеристике Спортског центра Вождовац дате су у табели 6.5.[269]

Табела 6.5. Програмски садржај и основне физичке карактеристике СЦ2

Програмски садржај са основним димензијама и обрадама површина пода различитих групација у Спортском центру Вождовац					
Група	Садржај групација	Конструкција	Површине и димензионисање групација у односу на спортску зграду		
			Обрада пода и Површине просторија	Површина групације	Процентуални однос групација у односу на објекат
Део Х (хала)	Спортска дворана Гледалиште са обе стране борилишта	АБ Челична	Под: храстов паркет Ригралишта= 1050,00 m^2 P = 2395,4 m^2 V= 21747,5 m^3	Приземље P=2786,0 m^2	Дворана 39,3% Групација Х 45,7 %
	Свлачионице и тушеви судије и суве свлачионице са коридором		Под: керамика P = 390,6 m^2 V= 1367,2 m^3		
Део А (анекс уз	Хол (стони тенис) и улаз у халу		Под: керамика P = 571,0 m^2	Приземље P= 1052,1 m^2	20,5 %

[269] На основу оригиналне пројектне документације, Извор: Архив, Спортски центар Вождовац

халу)		конструкција	V= 1998,4 m^3	Сутерен P = 198,4 m^2	
	Кафе Деветка	Испуна опека	Под: керамика P = 219,2 m^2 V= 767,1 m^3		
	Кочовић теретана	Кровна челична решетка	Под: керамика P =261,9 m^2 V= 1018,6 m^3		
	Кочовић сала за пилатес, пратећи простори		Под керамика P = 198,4 m^2 V= 853,1 m^3		
Део Д Службени део	Канцеларије са просторима за издавање		Под: таписон , керамика P = 774,9 m^2 V= 2870,9 m^3	Приземље P = 774,9 m^2	14,7 %
Део Е Куглана	Куглана и пратећи простори		Под: керамика P = 490,4 m^2 V= 1716,3 m^3	Приземље P= 490,4 m^2	8 %
Део С Сутерен уз главну салу	Мала сала 1		Под: паркет P = 239,1 m^2 V= 992,1m^3	Сутерен P= 635,2 m^2	10,4 %
	Простор уз малу салу		Под: паркет P = 84,4 m^2 V= 350,2m^3		
	Карате сала		Под: паркет P = 86,2 m^2 V= 357,9 m^3		
	Пратећи простори		Под: керамика P = 46,9 m^2 V= 194,5 m^3		
				P сутерена= 3558,5 m^2 P приземља= 2527,8 m^2	P= 6098,9 m^2

6.2.3. Основне карактеристике Центра за културу и спорт Шумице (СЦ1) и Спортског центра Вождовац (СЦ2) значајне за енергетску оптимизацију

Основне карактеристике Центра за културу и спорт (СЦ1) и Спортског центра Вождовац (СЦ2) значајне за енергетску оптимизацију приказане су у табели 6.6. Дата је упоредна анализа оба објекта са јединственим карактеристикама приказујући постојећу ситуацију у смислу величине, локације, типологије и комплексности инсталиране опреме и операционих система.

Оно што је врло значајно у смислу енергетских перформанси читавог објекта је волуметрија главне дворане у оквиру објекта. Спортске хале грађене пре 1980. године су махом неизоловане, опремљење једноставним централним системима грејања за свлачионице и канцеларије али не и са системима вентилације. Оба објекта имају исту величину борилишта а значајно је да је код једног борилиште делом укопано и *изоловано* са свих страна помоћним просторима, дакле борилиште је у централном делу објекта (СЦ2) а други објекат има главну салу са спољним зидовима у контакту са спољним ваздухом, такође неизолованим.

Визуелном идентификацијом, анализом пројекта и интервјуисањем одговорних прикупљени су подаци не би ли се створила слика свих релевантних података; архитектонских карактеристика, конструктивних и електромеханичких система. Идентификовани су потенцијални проблеми и дефинисани приоритети приликом санације. (анкетни лист Прилог 5).

Табела 6.6. Архитектонске и конструкцијске карактеристике значајне за енергетску оптимизацију одабраних спортских центара, СЦ1 и СЦ2 приказане кроз постојеће стање

АК карактеристике	СЦ 1 (Центар за културу и спорт Шумице)	СЦ 2 (Спортски центар Вождовац)	
Локација	Град Београд Општина Вождовац урбано окружење, зеленило, високо растиње доминира, терен у паду	Град Београд Општина Вождовац урбано окружење, зеленило, ниско растиње доминира, раван терен	✓ ✓ ✓ ~ ~

	нема засенчења од околних објеката, има од листопадног дрвећа		делимично засенчење од околних објеката и зеленила		~
Спратност	Сут+П+1		Сут+П		
Година изградње	1973-1974.		1972-1973.		✓
Површина објекта	6799,18 m^2		6098,86 m^2		
Капацитети	Центар поседује: • Улазни хол је простор за стони тенис • Спортска дворана за мале спортове Одбојка, кошарка, рукомет • Свлачионице и тушеви • Сале за друштвене активности за 150-200 особа • Клубски простор са бифеом • Просторије за активности деце • Службене просторе	*Површине групација, % у односу на објекат* • Хала 20 x 40 m + 2 m са свих страна Трибине са једне стране игралишта Р целе сале= 1784,7 m^2 28,8 % Пратећи простори у делу X 7,85 % Хол и канцеларије 33,6 % Мала сала и пратећи простори Свлачионице и технички простори и друш. активности Управа и технички простори 29,7 %	Центар поседује: • Улазни хол Који је подељен на теретану, простор за стони тенис и кафе • Спортска дворана за мале спортове Одбојка, кошарка, рукомет • Свлачионице и тушеве • Сале за друштвене активности за 150-200 особа, карате салу • Клубски простор са бифеом и кугланом • Службени део	*Површине групација % у односу на објекат* • Хала 20 x 40 m + 2 m са свих страна Трибине са две стране игралишта Р целе сале= 2395,4 m^2 39,3 % Свлачионице и тушеви 6,4 % Хол (стони тенис) и изнајмљени простори 20,5 % Куглана и пратећи простори 8 % Мале сале уз велику дворану и пратећи простори 10,4 %	✓ ✓ ~ ~ ~
Број места гледалиште	1250 гледалаца		2000 гледалаца		~
Конструкција	Све носеће конструкције су армиранобетонске- испуна од опеке или аб плоча. Кровна конструкција је челична решетка[270] Кров: сипорекс 15 cm Транспарентне застакљене површине на фасади- Р= 1069,6 m^2 Пфасаде= 4164,2 m^2 Застакљене површине 25,7%		Основна носећа контрукција је челична. Сви зидови и стропови су од армираног бетона Зидови анекса су од фасадне опеке. Кров челична конструкција, дурисол 10 cm Транспарентне површине на фасади прозори једноструки у челичном раму и двоструки у челичном раму. Прозори на великој хали су фиксно застакљени, транслуцентни, у челичним рамовима. Транспарентне површине на фасади- Р= 945,3 m^2		~

[270] *Више у делу* Термички омотач објекта

		Пфасаде= 2635,6 m^2 Застакљене површине 35,8 %	
Режим рада објеката	Различити режими рада за дворану и пратеће просторе и административни део центра • Дворана- 8- 23 h, сваким даном сем 01.01. • Администрација 8-16 h, сем викендом и празницима У зимском периоду: 16 h дневно. У просеку пет званичних утакмица недељно са малом посетом- 200-300 гледалаца. Званичне утакмице посећене викендом у пуном капацитету. У летњем периоду рад 12 h дневно.	Различити режими рада за дворану и пратеће просторе и административни део центра • Дворана- 8- 23h, сваким даном сем 01.01. • Администрација 7-15 h, сем викендом и празницима У зимском периоду: 16 h дневно. У просеку 3 званичне утакмица недељно са малом посетом- 200-300 гледалаца. Званичне утакмице посећене викендом у пуном капацитету. У летњем периоду рад 12 h дневно. У току недеље користи се сваки дан.	✓
КГХ систем	Подстаница се налази у сутерену објекта и напаја се из централне топлане Коњарник и садржи размењивач топлоте, разделник и сабирник топле и вреле воде. У објекту постоје ливени топлотни радијатори, термик 88-IV, 680-IV и 430-IV.различитих висина због различитих парапета. Разводна грејна мрежа се дели на четири гране од топлотне подстанице и иде у плафон сутерена а где нема сутерена бетонским каналом. Вентилациона комора за улазну партију садржи бојлер од 2000 l у којој се припрема потрошна топла вода.[271]	У објекту се налазе три подстанице (једна у сутерену на западу- са комором за грејање и вентилацију велике сале и припрему санитарне топле воде од 5000m^2 Друга у јужном делу са клима комором за грејање и вентилацију велике сале и још две мале клима коморе за малу салу и свлачионице. Трећа подстаница није у функцији. Објекат има индивидуалне клима сплит уређаје накнадно уграђене. Радијаторско грејање.	~
Осветљење	Осветљење хола предвиђено флуоросцентним сијалицама. Канцеларије и ходници су оптремљени инкадесцентним сијалицама и флуо сијалицама. Сала је осветљена рефлекторима око 30 ком. +15 A2 mini hit de 400 W. Инкадесцентне сијалице и флуо сијалице су у канцелријаским просторима и холу.	Осветљење сале се састоји из око 350 светиљки типа ELKO, Maribor, Živina, IC 121-1 400 W. У функцији је око 70 % светиљки Максимални интензитет вештачке осветљености износи око 1000 lux. Канцеларије и ходници су опремљени инкадесцентним сијалицама и флуо светиљкама са магнетским пригушивачима.[272]	~

Површина универзалне спортске дворане заузима приближно 30 % од површине читавог објекта у оба случаја.

[271] Из главног машинског пројекта централног грејања и потрошне топле воде објекта Центра за децу и омладину Шумице (Центра за културу и спорт Шумице), Инкотехна, 1971. Архив општине Вождовац

[272] Из пројекта Студије енергетске оптимизације СЦ Вождовац, инг. маш. Ранко Божовић, EnPlus

6.2.4. Идентификација елемената термичког омотача модела СЦ1 и СЦ2

Утврђивање постојећег стања модела СЦ1 и СЦ2 подразумева анализу физичких и термичких својстава објеката.

МОДЕЛ 1

Центар за културу и спорт Шумице

Губици топлоте[273]

Фактор облика зграде и удео транспарентних површина

Карактеристике модела СЦ1 по питању природне вентилације и инфилтрације дате су табели 6.7.

Табела 6.7. Карактеристике СЦ1 везане за природну вентилацију и инфилтрацију[274]

Објекат	Време отварања прозора	Површина отвора (% од површине пода)	Инфилтрација ваздуха
	8-16h	15,7	0,8
Дворана у објекту	-	6,8	0,5

Табела 6.8. даје преглед анализе термичког омотача модела СЦ1 и термичког омотача универзалне спортске дворане у њему.

[273] Прорачун према Правилнику о енергетској ефикасности зграда

[274] Према табели 3.4.2.1. за зграде са више станова, Правилника о Е Е зграда Сл. Гл. 61/2011

Табела 6.8. Термички омотач СЦ1- Центра за културу и спорт Шумице

Позиција термичког омотача **Објекта** као целине		Постојеће стање пре унапређења					
		Опис	U W/m²K	Површина A (m²)	Фактор корекције темп.F_x	Површински т.губици UxAxF$_x$	Удео %
Спољни зид керамички мозаик, приземље и спрат		Бели керамички мозаик 0,8 cm Бетонска плоча 12 cm Таролит 7,5 cm Малтер 1,2 cm	0,368	1789,56	1,0	658,56	19,82
Спољни зид сутерен		Шљунак 15 cm Заштита хидроизолације зид од пола опеке Хидроизолација 0,5 cm (битумен алуфолија) Бетон 25 cm Малтер 1,2 cm	1,159	933,26	0,6	648,99	19,53
Спољни зид дворане, само део		Опека 38 cm Малтер 1,2 cm	1,858	1051,52	1,0	1953,72	58,81
Транспарентни делови објекта	Прозори	Алуминијуски оквири са прозирним и орнамент стаклом, једноструким	Uf укључујући оквир = 3,201 Ug само стакло = 3,201 g EN 410= 0,707	947,74	0,7	663,42	19,91
	Врата	Алуминијумски оквири са прозирним и орнамент стаклом, једноструким	Uf укључујући оквир = 3,201 Ug само стакло = 3,201 g EN 410= 0,707		0,7		
Транспарентни делови код дворане	Прозори	Ал. профили са једноструким профилит стаклом	Uf укључујући оквир = 2,857 Ug само стакло = 2,856 g EN 410= 0,608	121,88	0,7	243,79	7,33
	Врата	Дрвена врата	2,194	45,0	1,0	98,73	
Раван кров изнад грејаног простора, без дворане		Слој шљунка 4 cm Хидроизолација и заштита од сунчевог зрачења Парозаптивни слој и топлотна изолација, полиуретан 4 cm Мршави бетон за пад 4-24 cm слој за изједначавање притиска АБ плоча 15 cm Малтер 1,25 cm	0,467	2631,29	1,0	1228,81	36,99

Кров дворане	Хидроизолација и заштита од сунчевог зрачења, вулкапрен фолија у алуминијум боји Топлотна изолација, полиуретан 4 cm Слој за изједначавање притиска Парозаптивни слој Сипорекс 15 cm Решетка- ваздушни слој до 220 cm Храстове дашчице 2 cm	0,302	1784,69	1,0	542,55	16,33
Под на тлу објекта без дворане	Шљунак 15 cm Бетон МБ160 8cm Хидроизолација 1 хартија 2 премаза Бетон МБ110 6 cm Цементни малтер 3 cm Мозаик 2/2 cm	1,291	2631,29	0,5	1698,49	51,12
Под дворане укључујући трибине	Шљунак 15 cm Бетон МБ160 8 cm Хидроизолација 1 хартија 2 премаза Бетон МБ110 6 cm Храстов паркет на еластичнној подлози висине 16 cm	0,509	1784,69	0,5	454,20	13,67
Термички омотач целог објекта			∑A= 12615,29		Hts= 8191,26	
Удео транспарентних површина 8,48 %						
Позиција термичког омотача само **спортске дворане**	Постојеће стање пре унапређења					
	Опис- споља ка унутра	U W/m^{2}K	Површина A (m^2)	Фактор корекције темп.F_x	UxAxF_x	Удео %
Спољни зид	до висине 2,40 m бетон у рендисаној оплати *од 2,40- 5,80 фугована опека 38cm малтер 1,25 cm* од 5,80- 8,20 профилит стакло назидак бетон у рендисаној оплати	1,858	1051,52	1,0	1953,72	54,89
Зид ка унутрашњем простору ка грејаном делу	Малтер 1,3 Опека 10,5 Малтер 1,3	1,764	303,98	0,8	428,98	12,05
Отвори – Прозори	Алуминијумски профили са једноструким профилит стаклом	Uf укључујући оквир = 3,0 Ug само стакло = 2,856 g EN 410= 0,608	121,9	0,7	243,70	8,94
Отвори – Врата	Дрвена врата	2,194	45,0	1,0	98,73	
Кров изнад грејаног простора	Хидроизолација и заштита од	0,302	1784 ,7	1,0	538,98	15,15

	сунчевог зрачења, вулкапрен фолија у алуминијум боји Топлотна изолација, полиуретан 4 cm Слој за изједначавање притиска Парозаптивни слој Сипорекс 15 cm Решетка- ваздушни слој до 220 cm Храстове дашчице 2 cm					
Под на тлу	Шљунак 15 cm Бетон МБ160 8 cm Хидроизолација 1 хартија 2 премаза Бетон МБ110 6 cm Храстов паркет на еластичнној подлози висине 16 cm	0,509	1784,7	0,5	454,21	12,76
			∑A= 5091,8		Hts= 3718,41	

Удео транспарентних површина 2,39 %		
Површина термичког омотача дворане	A [m^2]	5091,8
Површина термичког омотача целог објекта	A [m^2]	12615,29
Нето површина грејаног дела дворане	A_f [m^2]	1784,69
Нето површина грејаног дела целог објекта	A_f [m^2]	6799,18
Запремина грејаног дела дворане	V [m^3]	14331,18
Запремина грејаног дела целог објекта	V [m^3]	31788,24
Фактор облика дворане	f_0 [m^{-1}]	0,355
Фактор облика целог објекта	f_0 [m^{-1}]	0,397

Објекат као целина СЦ1

Линијски трансмисиони губици H_{TB} [W/K]

H_{TB} = 0,1 x ΣA = 0,1 x 12615,29= 1261,53

Укупни трансмисиони губици H_T [W/K]

$H_T = H_{TS} + H_{TB=}$ = 8191,26+1261,53= 9452,79

Специфични трансмисиони губиткак топлоте зграде H'_T [W/(m^2K)][275]

$H_T' = H_T / A$= 0,749

[275] Одређује се према одељку 3.4.2.3. Правилника о енергетској ефикасности.

H_T' [W/(m^{2}K)]	$H_{T'max}$ [W/(m^{2}K)][276]	Испуњено ДА / НЕ
0,759	*0,68*	*не*

Табела 6.9. Вентилациони губици H_v [W/K] H_v = 0.33 x V x n

Запремина грејаног простора целог објекта *V* [m^3]	31788,24
Заптивеност прозора	средња
Број измена ваздуха *n* [h^{-1}]	0,8
Коефицијент вентилационог губитка [kW/K]	8392,1

Улазни подаци за прорачун добитака топлоте од унутрашњих извора приказани су у табели 6.10.

Табела 6.10. Улазни подаци за прорачун добитака топлоте од унутрашњих извора за објекат СЦ1[277]

Опис		**СЦ1 објекат**
Унутрашња пројектна темп. лети	ºC	26
Унутрашња пројектна темп. зими	ºC	18
Одавање топлоте по особи Q_{lj}	[W/per]	100
Одавање топлоте по јед. површине	[W/m^2]	5,0
Добици од уређаја q_{el}	[kWh/m^2]	10
Присутност током дана	[h]	6
Проток свежег ваздуха по особи	m^3 / (h.per)	14
Проток свежег ваздуха по јед. површине грејаног простора	m^3 / (h.per)	0,7

Улазни подаци за прорачун добитака од сунчевог зрачења дати су у табели 6.11.

[276] Максималне дозвољене вредности специфичног трансмисионог губитка топлоте згреде или дела зграде H'_T [W/(m^{2}K)] дате су у табели 3.4.2.3.1. Правилнка о енергетској ефикасности зграда

[277] Подаци за прорачун добитака топлоте од унутрашњих извора дати су у табели 6.5. Правилника о енергетској ефикасности РС SRPS EN ISO 13790

Табела 6.11. Улазни подаци за прорачун добитака од сунчевог зрачења, Извор: Елаборат ЕЕ

Фактор осенчености F_{sh}	0,9
Фактор пропустљивости сунчевог зрачења за стакло g	0,83
Емисивност спољне површине зида	0,9
Отпор прелазу топлоте за спољну страну зида R	0,04

Спортска дворана у објекту СЦ1

Линијски трансмисиони губици H_{TB} [W/K]

H_{TB} = 0,1 x ΣA = 509,18

Укупни трансмисиони губици H_T [W/K]

$H_T = H_{TS} + H_{TB}$= 3718,41+509,18= 4227,59

Специфични трансмисиони губитак топлоте зграде H'_T [W/(m^{2}K)][278]

$H_T' = H_T / A$= 0,830

H_T' [W/(m^{2}K)]	$H_{T'max}$ [W/(m^{2}K)][279]	Испуњено ДА / НЕ
0,830	0,68	не

Табела 6.12. Вентилациони губици H_v [W/K] H_v = 0.33 x V x n, *Извор: Елаборат ЕЕ, Инжењерска комора Србије*

Запремина грејаног простора *V* [m^3]	14331,18
Заптивеност прозора	средња
Број измена ваздуха *n* [h^{-1}]	0,6
Коефицијент вентилационог губитка [kW/K]	2837,57

Улазни подаци за прорачун добитака топлоте од унутрашњих извора дати су у табели 6.13.

[278] Одређује се према одељку 3.4.2.3. Правилника о енергетској ефикасности.

[279] Максималне дозвољене вредности специфичног трансмисионог губитка топлоте згреде или дела зграде H'_T [W/(m^{2}K)] дате су у табели 3.4.2.3.1. Правилника о енергетској ефикасности зграда

Табела 6.13. Улазни подаци за прорачун добитака топлоте од унутрашњих извора[280]

Опис		СЦ1 дворана
Унутрашња пројектна темп. лети	ºC	20[281]
Унутрашња пројектна темп. зими	ºC	16[282]
Одавање топлоте по особи Q_{lj}	[W/per]	100
Одавање топлоте по јед. површине	[W/m^2]	5,0
Добици од уређаја q_{el}	[kWh/m^2]	10
Присутност током дана	[h]	6
Проток свежег ваздуха по особи	m^3 / (h.per)	14
Проток свежег ваздуха по јед. Површине грејаног простора	m^3 / (h.per)	0,7

Улазни подаци за прорачун добитака од сунчевог зрачења приказани су у табели 6.14.

Табела 6.14.Улазни подаци за прорачун добитака од сунчевог зрачењ, Извор: Елаборат ЕЕ

Фактор осенчености F_{sh}	0,9
Фактор пропустљивости сунчевог зрачења за стакло g	0,83
1. Емисивност спољне површине зида	0,9
2. Отпор прелазу топлоте за спољну страну зида R	0,04

1.2.вредности преузете из софтвера IES VE

[280] Подаци за прорачун добитака топлоте од унутрашњих извора дати су у табели 6.5. Правилника о Енергетској ефикасности РС

[281] Према Правилнику о ЕЕ РС износи 18-26ºC за спортске центре, није одвојена дворана

[282] табела 2.8.

МОДЕЛ 2

Спортски центар Вождовац, СЦ2

Губици топлоте[283]

Фактор облика зграде и удео транспарентних површина

Својства СЦ2 када је у питању природна вентилација и инфилтрација приказани су у табели 6.15.

Табела 6.15. Карактеристике СЦ2 везане за природну вентилацију и инфилтрацију[284]

Објекат	Време отварања прозора	Површина отвора (% од површине пода) Удео застакљења према површини пода	Инфилтрација ваздуха
	7-15h	15,5	0,6
Дворана у објекту	-	19,2	0,5

Карактеристике термичког омотача значајне за енергетску оптимизацију дате су у табели 6.16.

Табела 6.16. Термички омотач СЦ2- Спортски центар Вождовац

Позиције термичког омотача **објекта** као целине	Постојеће стање пре унапређења					
	Опис, споља ка унутра	U W/m^2K	Површина A (m^2)	Фактор корекције темп.F_x	$UxAxF_x$	Удео %
Спољни зид	Опека 38 cm Малтер 1,3 cm	2,006	947,96	1,0	1901,61	57,24
Сутеренски зид	Шљунак 15 cm Заштита хидроизолације, зид од пола опеке Хидроизолација 5 mm Бетон 25 cm	1,132	803,63	0,6	578,61	17,42

[283] Прорачун према Правилнику о енергетској ефикасности зграда

[284] Према табели 3.4.2.1. за зграде са више станова, Правилника о ЕЕ зграда Сл. Гл. 61/2011

		Малтер 1,3 cm					
Транспарентни делови објекта без дворане	Прозори	Челични рамови- једноструко и двоструко застакљење	Са оквиром 2,86 само стакло 2,94 g= 0,59	945,31	0,7	1892,51	53,18
	Врата	Челични рамови- једноструко застакљење	Са оквиром 2,86 само стакло 2,94 g= 0,59				
Транспарентни делови дворане	Прозори	Челични рам профилит стакло двоструко фиксно	Са рамом 3,20 Само стакло 3,21 g= 0,61	285,0	0,7	638,4	17,93
Кров изнад грејаног простора објекта без дворане		Завршни слој са ал.љуском Гилсоматик слој Виапол 4 mm Хладни премаз Дурасол кровне плоче 10 cm Р носач ваздушни слој 60 cm Гредице Јелова жалузина 22 mm	1,29	2527,8	1,0	3260,9	91,63
Кров изнад грејаног простора дворане		Завршни слој са ал.љуском Гилсоматик слој Виапол 4 mm Хладни премаз Дурасол кровне плоче 10 cm Р носач ваздушни слој 240 cm Гредице Јелова жалузина 22 mm	1,20	2395,4	1,0	2874,49	80,77
Под на тлу објекта без пода дворане		Кер.плоче и цементни малтер 40mm Слој за изравнање 0,2 Бетонска плоча 0,8 Тампон слој 150 cm	1,31	2527,8	0,5	1655,73	46,53
Под на тлу дворане		Јасенов паркет 22 mm Перфориране подпатоснице Гумене пакне 10 Изолација вандекс Бетонска плоча 80+20 Тампон 150	0,77	2395,4	0,5	922,23	25,91
Термички омота целог објекта				∑A= 12482,		Hts= 13724,48	

				17			
Удео транспарентних површина 9,85%							
Позиција термичког омотача само **спортске дворане**		Постојеће стање пре унапређења					
		Опис	U W/m²K	Површина A (m²)	Фактор корекције темп.F_x	UxAxF_x	Удео %
Спољни зид		Гипсани малтер 1,25 cm Пуна опека 22 cm	1,82	884,09	0,8	1284,24	36,17
Зид ка унутрашњем простору- ка грејаном делу							
Транспарентни делови	Прозо-ри	Транслуцентно двоструко профилит стакло у челичном раму	3,2	285,0	0,7	638,4	17,94
	Врата	----------					
Кров изнад грејаног простора		Завршни слој са ал. љуском Гилсоматик слој Виапол 4 mm Хладни премаз Дурасол кровне плоче 10 cm Р носач Гредице Јелова жалузина	1,20	2395,41	1,0	2874,49	80,77
Под на тлу		Јасенов паркет 22 mm Перфориране подпатоснице Гумене пакне 10 Изолација вандекс Бетонска плоча 80+20 Тампон 150	0,77	2395,41	0,5	922,23	25,91
Термички омотач дворане				∑A= 5674,92		Hts= 5719,36	
Удео транспарентних површина 5,02 %							

Површина термичког омотача дворане	A [m²]	5674,92
Површина термичког омотача целог објекта	A [m²]	12482,17
Нето површина грејаног дела дворане	A_f [m²]	2395,41
Нето површина грејаног дела целог објекта	A_f [m²]	6098,85
Запремина грејаног дела дворане	V [m³]	21747,46
Запремина грејаног дела целог објекта	V [m³]	35529,56
Фактор облика дворане	f_0 [m⁻¹]	0,26
Фактор облика објекта	f_0 [m⁻¹]	0,35

Објекат као целина СЦ2

Линијски трансмисиони губици H_{TB} [W/K]

H_{TB} = 0,1 x ΣA = 0,1 x 12482,17= 1248,22

Укупни трансмисиони губици H_T [W/K]

$H_T = H_{TS} + H_{TB=}$ = 13724,48 + 1248,22= 14972,7

Специфични трансмисиони губитак топлоте зграде H'_T [W/(m^{2}K)][285]

$H_T' = H_T / A$= 1,285

H_T' [W/(m^{2}K)]	$H_{T'max}$ [W/(m^{2}K)][286]	Испуњено ДА / НЕ
1,199	*0,68*	*не*

Табела 6.17. Вентилациони губици H_v [W/K] $H_v = 0.33 \times V \times n$

Запремина грејаног простора *V* [m^3]	35529,56
Заптивеност прозора	средња
Број измена ваздуха *n* [h^{-1}]	0,8
Коефицијент вентилационог губитка [kW/K]	9379,8

Улазни подаци за прорачун добитака топлоте од унутрашњих извора приказани су у табели 6.18.

[285] Одређује се према одељку 3.4.2.3. Правилника о енергетској ефикасности.
[286] Максималне дозвољене вредности специфичног трансмисионог губитка топлоте згреде или дела зграде H'_T [W/(m^{2}K)] дате су у табели 3.4.2.3.1. Правилнка о енергетској ефикасности зграда

Табела 6.18. Улазни подаци за прорачун добитака топлоте од унутрашњих извора у објекту СЦ2 [287]

Опис		СЦ2 објекат
Унутрашња пројектна темп. лети	ºC	26
Унутрашња пројектна темп. зими	ºC	18
Одавање топлоте по особи Q_{lj}	[W/per]	100
Одавање топлоте по јед. површине	[W/m^2]	5,0
Добици од уређаја q_{el}	[kWh/m^2] W/m^2	10
Присутност током дана	[h]	6
Проток свежег ваздуха по особи	m^3 / (h.per)	14
Проток свежег ваздуха по јед. површине грејаног простора	m^3 / (h.per)	0,7

Улазни подаци за прорачун добитака од сунчевог зрачења налазе се у табели 6.19.

Табела 6.19.Улазни подаци за прорачун добитака од сунчевог зрачења

Фактор осенчености F_{sh}	0,9
Фактор пропустљивости сунчевог зрачења за стакло g	0,6
Емисивност спољне површине зида	0,9
Отпор прелазу топлоте за спољну страну зида R	0,04

Спортска дворана у објекту СЦ2

Линијски трансмисиони губици H_{TB} [W/K]

H_{TB} = 0,1 x ΣA = 567,4

Укупни трансмисиони губици H_T [W/K]

$H_T = H_{TS} + H_{TB}$= 5719,36+567,4= 6286,76

Специфични трансмисиони губиткак топлоте зграде H'_T [W/(m^{2}K)][288]

$H_T' = H_T / A$= 1,108

[287] Подаци за прорачун добитака топлоте од унутрашњих извора дати су у табели 6.5. Правилника о енергетској ефикасности РС

[288] Одређује се према одељку 3.4.2.3. Правилника о енергетској ефикасности РС

H_T' [W/(m^{2}K)]	$H_{T'max}$ [W/(m^{2}K)][289]	Испуњено ДА / НЕ
1,108	0,80	не

Табела 6.20. Вентилациони губици H_v [W/K] $H_v = 0.33 \times V \times n$

Запремина грејаног простора V [m^3]	21747,46
Заптивеност прозора	средња
Број измена ваздуха n [h^{-1}]	0,6
Коефицијент вентилационог губитка [kW/K]	4305,99

Улазни подаци за прорачун добитака топлоте од унутрашњих извора дати су табеларно (табела 6.21.).

Табела 6.21. Улазни подаци за прорачун добитака топлоте од унутрашњих извора[290]

Опис		СЦ2 дворана
Унутрашња пројектна темп. лети	ºC	20
Унутрашња пројектна темп. зими	ºC	16
Одавање топлоте по особи Q_{lj}	[W/per]	100
Одавање топлоте по јед. површине	[W/m^2]	5,0
Добици од уређаја q_{el}	[kWh/m^2]	10
Присутност током дана	[h]	6
Проток свежег ваздуха по особи	m^3 / (h.per)	14
Проток свежег ваздуха по јед. површине грејаног простора	m^3 / (h.per)	0,7

Улазни подаци за прорачун добитака од сунчевог зрачења дати су у табели 6.22.

[289] Максималне дозвољене вредности специфичног трансмисионог губитка топлоте згреде или дела зграде H'_T [W/(m^{2}K)] дате су у табели 3.4.2.3.1. Правилнка о енергетској ефикасности зграда РС

[290] Подаци за прорачун добитака топлоте од унутрашњих извора дати су у табели 6.5. Правилника о енергетској ефикасности

Табела 6.22. Улазни подаци за прорачун добитака од сунчевог зрачења

Фактор осенчености F_{sh}	0,9
Фактор пропустљивости сунчевог зрачења за стакло g	0,83
Фактор рама Ff= Af/(Af+Ag)	---[291]
Емисивност спољне површине зида	0,9
Отпор прелазу топлоте за спољну страну зида R	0,04

Термичке карактеристике модела 1 и 2, СЦ1 и СЦ2 су приказани у табели 6.23.

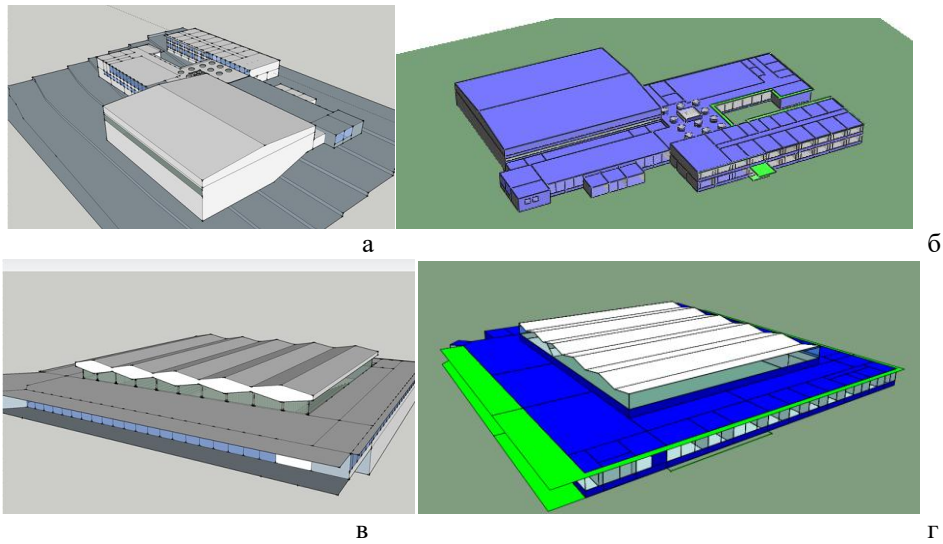
Табела 6.23. Упоредна анализа термичких карактеристика модела СЦ1 и СЦ2, постојеће стање

Опис	МОДЕЛ1 СЦ1		МОДЕЛ 2 СЦ2	
	Објекат	Дворана	Објекат	Дворана
Нето површина грејаног дела зграде A_f [m^2]	6799,18	1784,69	6098,85	2395,41
Запремина грејаног дела зграде V [m^3]	31788,24	14331,18	35529,56	21747,46
Површина термичког омотача A [m^2]	12615,29	5091,8	12482,17	5674,92
Фактор облика f_0 [m^{-1}]	0,397	0,355	0,35	0,26
Трансмисиони губици	8191,26	3718,41	13724,48	5719,36
Удео транспарентних површина %	8,48	2,39	9,85	5,02
Линијски трансмисиони губици Htb [W/K]	1261,53	509,18	1248,22	567,4
Укупни трансмисиони губици Ht [W/K]	9452,79	4227,59	14972,7	6286,76
Специфични трансмисиони губици [W/m^{2}K]	0,749	0,830	1,285	1,108
Дозвољени трансмисиони губици [W/K]	0,68	0,68	0,68	0,80
Вентилациони губици [W/K]	8392,1	2837,6	9379,8	4305,9

6.2.5. Динамичке симулације објеката СЦ1 И СЦ2

Модели зграда[292] урађени у програмском пакету Integrated Environmental Solution, Virtual Environment IES VE 2016 приказују постојеће стање објеката (слика 6.7.).

[291] Одређује се у софтверу након дефинисања материјала
[292] Моделовани у SketchUp 2016 и преко IES VE SketchUp plug-in модула увезени у програм IES VE.



Слика 6.7. Модели спортских центара Центар за културу и спорт Шумице (а,б) и Спортски центар Вождовац (в, г) израђени у софтверу SketchUp, IES VE 2016

Детаљи конструкције су урађени на основу оригиналне пројектне документације а режими функционисања на основу детаљне евиденције рада. Параметри унутрашњег комфора су усвојени из домаће и иностране праксе и иностране регулативе у недостатку података у домаћим правилницима о овој врсти објеката. Режими рада објекта могу да се поделе на режим окупираности корисника, режим рада електроопреме и осветљења, режим рада грејања и вентилације као и режим коришћења топле воде. Профил коришћења вештачког осветљења је повезан са окупираношћу корисника.

Узима се најнеповољнија ситуација када су у питању технички системи- дворане су у погону до касних вечерњих сати (СЦ1 од 08.00- 24.00- рекреативци и СЦ2 од 07.00- 23.00). Спортски догађају се одвијају и викендом, што значи да се енергија троши и у свлачионицама и гардеробним просторима. Остали део зграде је у режиму рада од 8.00 до 16.00 часова за СЦ1 и од 07.00 до 14.00 часова за СЦ2 што је радно време администрације и помоћног особља у току радне недеље уз занемарљиве изузетке. Ови подаци су узети у обзир приликом израде модела постојећег стања објеката и израде симулација за различите групације зграда. Због различих режима

окупираности и садржаја опреме требало би симулирати услове комфора за следеће значајно различите просторе: канцеларија на северу, свлачионице у сутеренском делу, главна дворана и мала сала на југу за СЦ1 и канцеларије, свлачионице и тушеве, дворану, мале сале и ходнике за СЦ2. Због обимности рада и симулирања услова комфора по питању термичког, визуелног и хигијенског комфора симулирају се услови само за универзалну спортску дворану и остатак објекта- који представља канцеларијски простор и код СЦ1 и СЦ2. Неопходност поделе објекта на две зоне; спортску дворану и административни део- проузроковали су потпуно различити режими рада, структуралне карактеристике и услови комфора као и активности који се у овим просторима одвијају.[293]

Треба поменути да су у постојећем стању у објектима код оба модела задата оптерећења од људи који у одређеним просторима бораве и одају топлоту, затим оптерећења од осветљења и елекроопреме. Програмски пакет на основу задатих вредности инсталиране опреме прорачунава остваране добитке заједно са оствареним соларним добицима за одређено подручје, у овом случају Београд.

6.2.5.1. Енергетски разреди модела СЦ1 и СЦ2

Познато је да се енергетски разред објеката одређује на основу годишње потрошње примарне енергије, у Србији међутим, Правилник о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда[294] дефинише енергетске разреде зграда на основу релативне вредности годишње потрошње финалне енергије за грејање [%], која је однос специфичне годишње потрошње енергије за грејање $Q_{H,nd}$ [kWh/m^{2}a] и максималне дозвољене енергије за грејање $q_{H,nd,max}$ [kWh/m^{2}a] која за зграде намењене спорту и рекреацији износи 90 kWh/m^{2}a за С енергетски разред.

---

[293] Треба поменути да оба модела поред главне имају и мање сале за обављање спортских активности.
[294] „Службени гласник РС“, бр. 69/12

$Q_{H, nd, rel} = (q_{H, nd} / q_{h, nd, max})$ x 100 %

Приликом израде модела узето је да су сви постојећи технички системи у функцији.[295]

Модел СЦ1, Центар за културу и спорт Шумице

Потрошња електричне енергије према вредностима добијеним у динамичким симулацијама износи 185,5 MWh годишње што се уклапа са стварном потрошњом уз неслагање од 3-4 %.

Укупна потрошња енергије за грејање на основу добијених резултата након динамичких симулација постојећег стања износи:

$Q_{H, nd}$= 1037,54 MWh/a

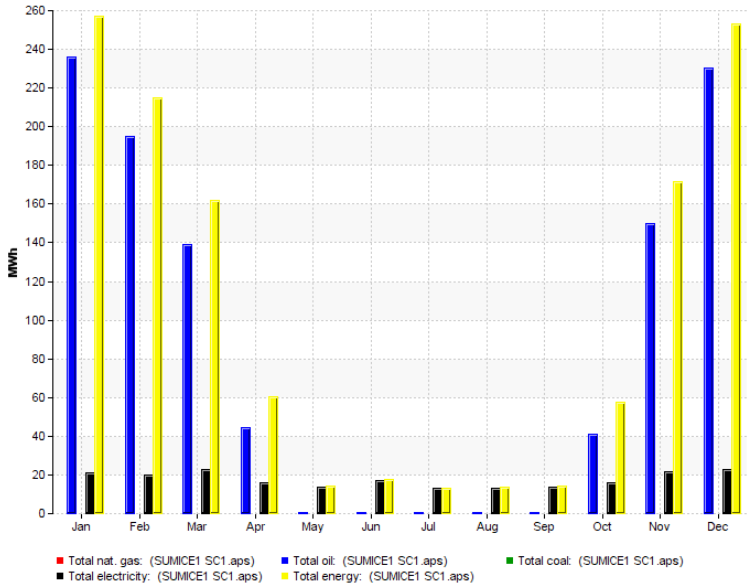
$q_{h, nd}= Q_{H, nd}/A_f$= 1037,54/ 6690,5 MWh/m^2a [296]= 155,1 kWh/m^2a

$Q_{H, nd, rel}$= (155,1/90) x 100= 172,3 %

$Q_{H, nd, rel} \leq$ 200 за зграде намењене спорту и рекреацији што представља разред E.

Дијаграм показује годишњу потрошњу финалне енергије у објекту СЦ1 (слика 6.8.) израчунату путем софтверског пакета IES VE 2016, Apache, VistaPro.[297]

[295] Тренутно системи вентилације за тушеве и кабине, вишенаменски систем као и вентилациони ситеми за куглану нису у функцији у СЦ2.
[296] Грејна површина је мања од укупне површине зграде.
[297] DHW користи централни систем.



Total nat. gas- потрошња природног гаса, Total electricity- укупна потрошња електричне енергије, Total oil- укупна потрошња енергије за грејање; мазут, Total energy- укупна потрошња енергије, Total coal- укупна потрошња енергије за грејање; угаљ.

Слика 6.8. Годишња потрошња финалне енергије за модел СЦ1

Модел СЦ2, Спортски центар Вождовац

Дијаграм приказује резултате симулираних услова, потрошња енергије, основног случаја- постојећег стања пре унапређења (слика 6.9.).
Након динамичких симулација дошло се до следећих вредности:

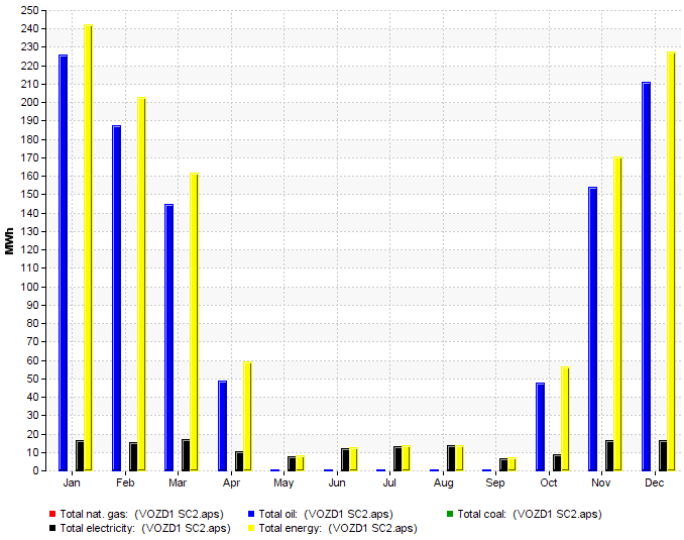
$Q_{H, nd}$= 1021,69 MWh/a

$q_{h, nd}= Q_{H, nd}/A_f$= 1021,69/6098,85 MWh/m^{2}a= 0,168 MWh/m^{2}a

$Q_{H, nd, rel}$= (168/90) x 100= 186,7 %

$Q_{H, nd, rel} \leq$ 200 за зграде намењене спорту и рекреацији што представља разред Е.

Дијаграм приказује годишњу потрошњу тоталне енергије објекта СЦ1 (слика 6.9.) израчунату путем софтверског пакета IES VE, модула Apache, VistaPro.



Total gas- потрошња гаса, Total electricity- укупна потрошња електричне енергије, Total oil- укупна потрошња енергије за грејање; мазут, Total energy- укупна потрошња енергије, Total coal- укупна потрошња енергије за грејање; угаљ.

Слика 6.9. Годишња потрошња финалне енергије у моделу СЦ2

На основу рачуна потрошња електричне енергије износи 156000 kWh годишње-симуларни услови су дали потрошњу од 154,35 MWh на годишњем нивоу што се сматра врло задовољавајућим одступањем.

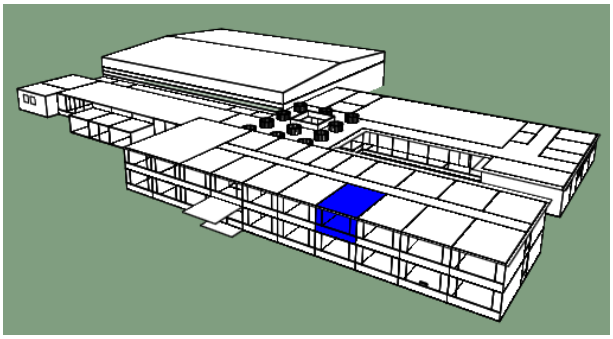
6.2.5.2. Постојећи услови комфора модела СЦ1

Услови комфора по питању темперирања, осветљења и вентилирања анализирају се за канцеларијски простор и универзалну дворану код оба модела у постојећем стању и након примене свих накнадно дефинисаних појединачних и пакета мера. Канцеларијски простор и универзална дворана имају различите услове за осећај угодности и припадају различитим термичким зонама на основу које се темељи методолошки процес.[298]

[298] Више у делу о комфору, поглавље 2.3.

КАНЦЕЛАРИЈА

Положај канцеларије у спортској згради за коју се испитују услови комфора приказан је на слици 6.10. (модул ModelIT). Налази се на северу. Површина просторије је 34,8 m^2. Запремина простора је 104,5 m^3. Површина спољног зида је 15,0 m^2 од чега је 10,5 m^2 застакљено (2/3 зида је транспарентно).



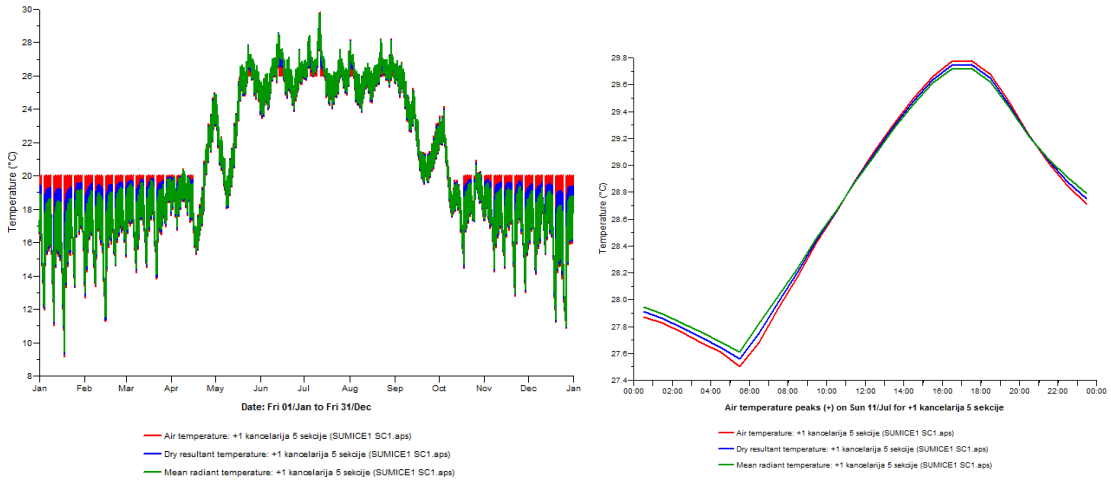
Слика 6.10. Положај канцеларије на северу у моделу СЦ1

Грејање и хлађење

Симулације су показале да канцеларија на северу достиже максималну температуру 11. јула од 29,78ºC што не задовољава постављене услове од максималних 26ºC за канцеларијске просторе у оквиру спортске зграде. Највиша температура је ван радног времена тако да се постигнути максимум занемарује. Минимална достигнута температура је 18. јануара у 7.30. Термички комфор се сматра задовољавајућим уколико у току летњег периода до 10 % сати боравка људи у простору температура ваздуха не прелази 25ºC (27 % од укупног броја сати окупираности простора T је већа од 25ºC). [299] У случају канцеларијских простора код модела СЦ1 максимална

[299] Passive House requirements, лимит је 25° C. http://passiv.de/en/03_certification/02_certification_buildings/08_energy_standards/08_energy_standards.html

дозвољена температура је 26ºC. Симулације су показале да је 2,4 % од укупног броја сати боравка људи у простору температура задовољавајућа (табеле IES VE, modul VistaPro у Прилогу 6). Слика 6.11. показује температуру ваздуха у канцеларији на северу за период од годину дана и кретање температуре у току дана за најтоплији дан у години, 11. јул. Вредности су израчунате путем софтверског пакета IES VE, модул Apache, VistaPro.

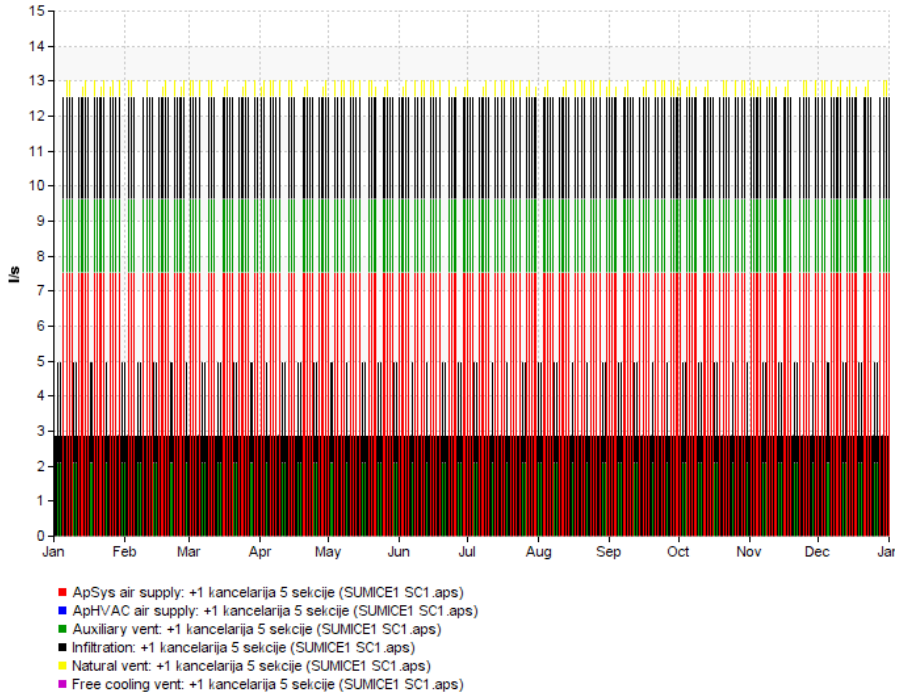


Air temperature- температура ваздуха, Dry resultant temperature- унутрашња резултујућа температура, Mean radiant temperature- средња радијантна температура

Слика 6.11. Темпартаура ваздуха, радијантна и резултантна температура у канцеларији на северу модела СЦ1 за период од годину дана (лево) и температура ваздуха за најтоплији дан у години (десно)

Вентилирање

Канцеларија у постојећем стању према добијеним вредностима помоћне вентилације *(Auxilary ventilation у софтверу)* од 2,1 l/s per припада групи IDA4[300] што сматрамо неповољним имајући у виду да вредност треба да је у опсегу од 8 до 13 l/s за јавне објекте. Природна вентилација, на основу постављених параметара у реалном стању је максималних 0,5 l/s а инфилтрација у канцеларији износи 2,9 l/s у зимском периоду. По питању вентилирања канцеларија не задовољава прописана услове (слика 6.12.). (детаљније у Прилогу 6)



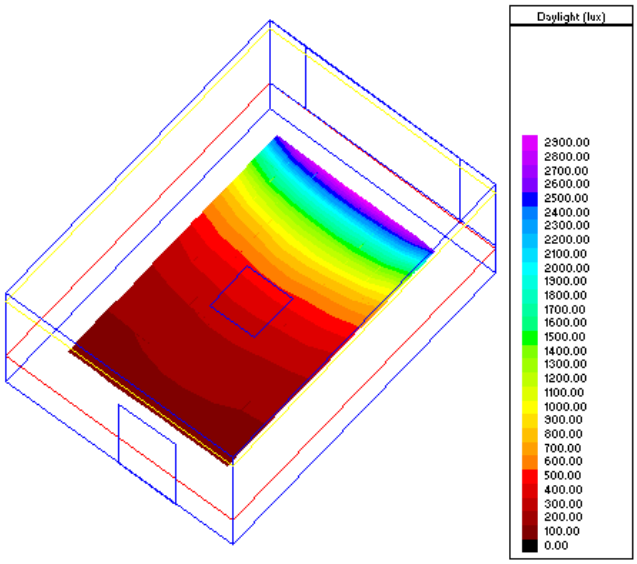
ApSyS air supply- системско снабдевање, ApHVAC air supply- КГХ снабдевање, Auxilary vent- помоћна вентилација, Infiltration- инфилтрација, Natural ventilation- природна вентилација, Free cooling vent- хлађење

Слика 6.12. Параметри вентилирања канцеларије на северу у току године, СЦ1 на основу IES VE, Modul Apache, VistaPro; Ventilation

[300] BS EN 13779

Природно осветљење

Резултати симулација су показали да канцеларијски простор не задовољава услове визуелног комфора где је минимални дневни осветљај 61,02 lux док је максимални 2902,78 lux и у току радног дана је присутан у 1/3 просторије. Слика 6.13. приказује симулиране услове постојећег стања за 11. јул (Детаљније у Прилогу 6).

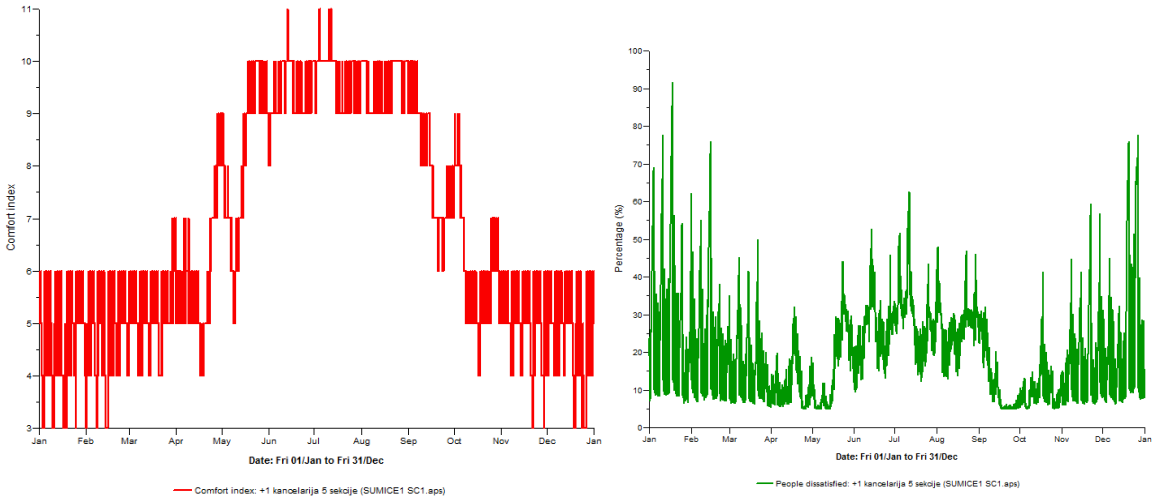


Слика 6.13. Дневно осветљење канцеларије на северу 11. јула у подне (лево) и вредности приказане на слици у lux (десно) на основу IES VE, RadianceIES, and FlucsDL Day lighting analysis

Индекс комфора

Слика 6.14. приказује вредности индекса комфора у канцеларијском простору на северу за период од једне године. У канцеларији је запослено двоје радника. Полазна тачка за симулације је ниво активности за послове администрације- 69,8 *(activity level)*, одевеност 1,0 *(clothing index)*[301] за типичан канцеларијски посао. Симулације су показале приличан број сати незадовољних у простору у летњем периоду.

[301] IES VE, Comfort Index



Comfort index-индекс комфора, people dissatisfied- PPD

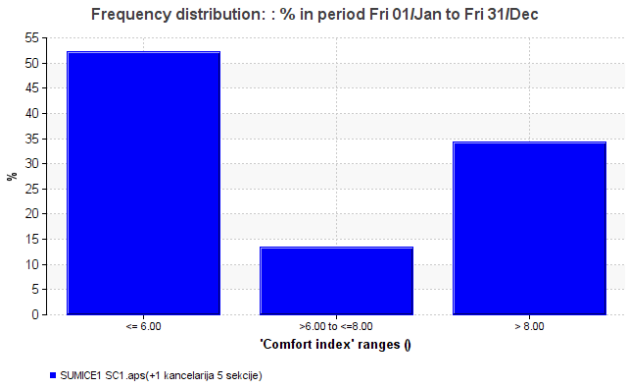
Слика 6.14. Индекс комфора (лево) и PPD (десно) за канцеларијски простор за период од годину дана у СЦ1 на основу модула VistaPro, Comfort Index and People Dissatisfied, IES VE

PPD је од 10-20 % у току радног времена у зимском периоду за вредност PMV од 0.5-1,0 (неутрално и делимично хладно). У летњем периоду PPD је 25 % док PMV износи 1 (делимично топло). Индекс комфора у периоду грејања у канцеларијским просторима у 90 % времена боравка у простору се креће од 5 до 6 [302]- што је врло прихватљиво. У летњем периоду индекс комфора је у интервалу од 9 до 10- што је опет веома прихватљиво.[303] Најугоднији је боравак у канцеларији у прелазном периоду (мај, јун као и септ. и октобар) када се индекс комфора креће од 6-8 (угодан осећај).[304] (табела са вредностима индекса комфора и изводи из програма IES VE налазе се у Прилогу 7)

Индекс комфора у канцеларијском простору у интервалу од 6-8 је у 13,4 % времена боравка у простору.[305] Мањи од 6 је у 52,5 % времена и већи од 8 у 34,1 % времена

[302] Slightly cool- acceptable
[303] Warm- acceptable
[304] Comfortable
[305] У току радног времена администрације

(слика 6.15.). Вредности индекса комфора су израчунате питем софтверског пакета IES VE, модула VistaPro, Comfort.

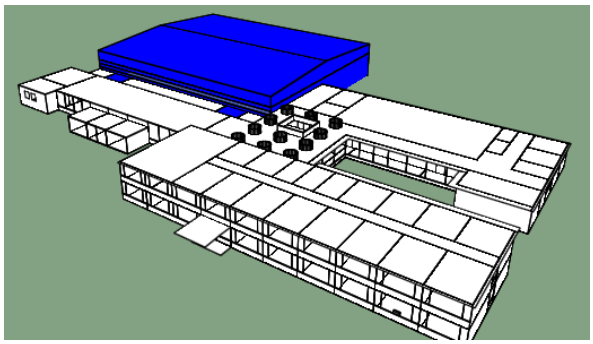


Comfort index ranges- Индекс комфора, опсег

Слика 6.15. Процентуално приказане вредности индекса комфора у току радног времена администрације за канцеларију на северу за период од годину дана

УНИВЕРЗАЛНА СПОРТСКА ДВОРАНА

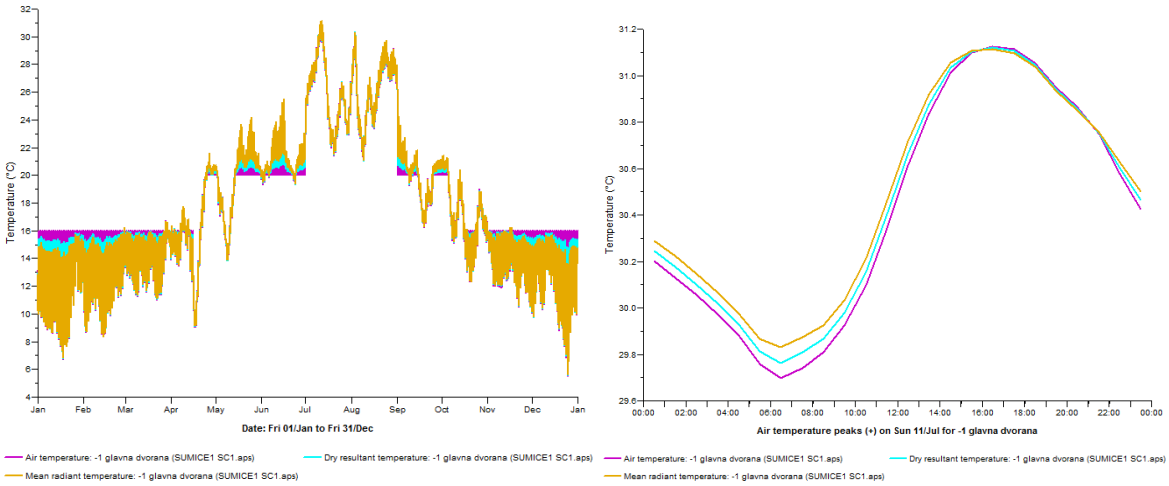
Универзална спортска дворана у оквиру Центра оријентисана је дужом страном ка југу са готово три зида у контакту са спољним ваздухом. Површина дворане са трибинама је 1784,7 m^2. Запремина дворане је 14331,2 m^3. Површина спољног зида износи 1036,9 m^2 а отвора на спољном зиду је 121,9 m^2. Положај дворане у центру је приказан на слици 6.16.



Слика 6.16. Положај универзалне спортске дворане у моделу СЦ1

Грејање и хлађење

Максимална температура ваздуха у дворани је 11. јула и износи 31.1ºC док је минимална 25. фебруара и износи 5.5ºC у раним јутарњим сатима. Температура виша од 20ºC у летњем периоду је 27 % од укупног броја сати боравка у дворани- што је врло неповољно док је у току зимског периода 22 % времена температура ваздуха нижа од условљених 16ºC. (Прилог 6) Температура ваздуха у универзалној дворани у току најтоплијег дана у години, 11. јула приказана је на слици 6.17.



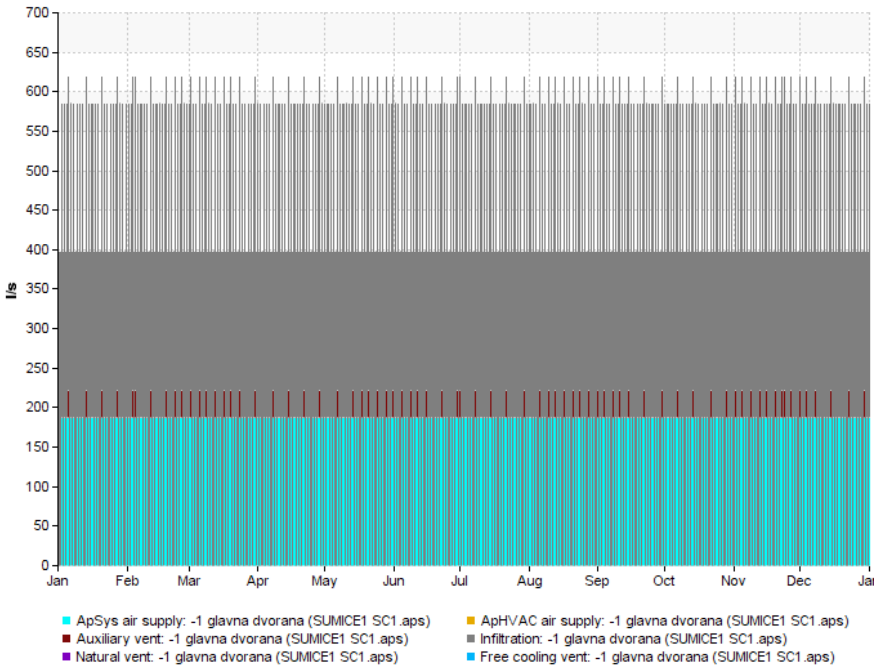
Air temperature- температура ваздуха, Dry resultant temperature- унутрашња резултујућа температура, Mean radiant temperature- средња радијантна температура

Слика 6.17. Температура ваздуха универзалне спортске дворане у моделу СЦ1 за период од једне године (лево), температура ваздуха у току најтоплијег дана у години (десно), на основу IES VE, modul Apache, VistaPro

Вентилирање

Иако природна вентилација може да се подели на две категорије; контролисана или постојање могућности отварања прозора и неконтролисана или инфилтрација, за дворану кажемо да нема природну вентилацију мислећи на немогућност отварања прозора како је и спецификовано у софтверу *(natural ventilation)*. Према симулираним постојећим условима у којима се налази дворана вентилација износи 4,18 l/s, (IDA 4)

(узета је средња вредност, *mean*) што представља низак стандард квалитета унутрашњег простора. Инфилтрација достиже изузетно велику вредност (слика 6.18). (детаљније у Прилогу 6)



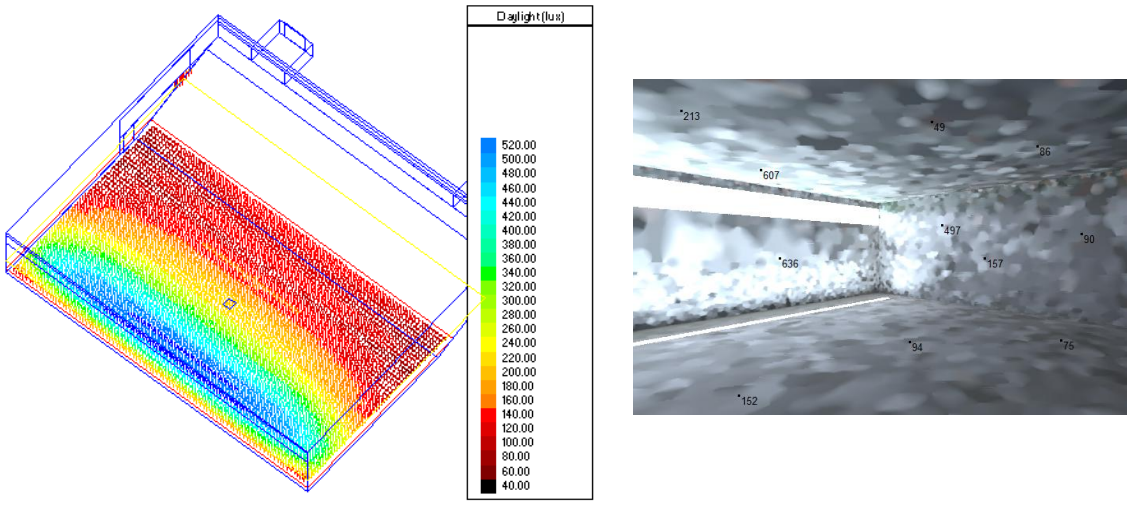
ApSyS air supply- системско снабдевање, ApHVAC air supply- КГХ снабдевање, Auxilary vent- помоћна вентилација, Infiltration- инфилтрација, Natural ventilation- природна вентилација, Free cooling vent- хлађење

Слика 6.18. Вентилација универзалне спортске дворане у моделу СЦ1 за период од годину дана[306]

Природно осветљење

Од укупне површине игралишта спортске дворане (1096,21 m^2) 5 % има осветљење веће од 500 lux.[307] Минимално осветљење је у делу поред трибина и износи 57,04 lux. Неповољни осветљај је у 20 % простора сале (слика 6.19.).

[306] Због специфичности приказа, дијаграм изгледа као равна линија иако постоје промене у току године (детаљније у прилозима)
[307] Извештај у Прилогу 6



а б в

Слика 6.19. Осветљење универзалне спортске дворане у центру СЦ1, а) интензитет осветљења у 3д пројекцији RadianceIES, б) дневно осветљење (lux), FlucsDL, day lighting analysis, в) дневно осветљење дворане, Day lighting and electric lighting simulations

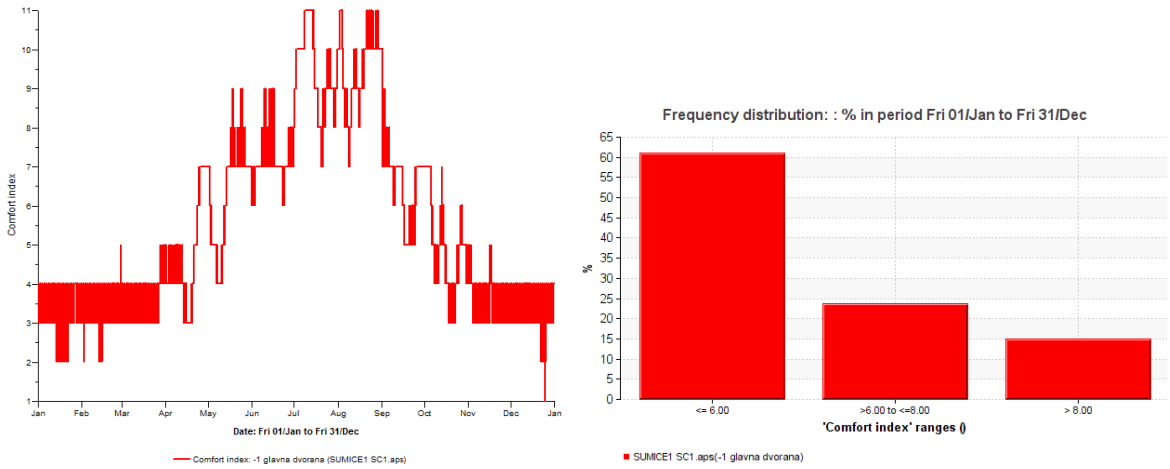
Индекс комфора

Полазни параметри на основу којих је урађена симулација која приказује услове комфора су: спортске активности, 350[308] *(vigorous sport/ very hard work, веома тежак посао)*, ниво активности *(activity level, sportswear, спортско облачење)* износи 0,2. [309] Имајући у виду исте спортске активности у простору параметри су исти код модела СЦ1 и СЦ2.

Симулације, када је у питању универзална дворана у постојећем стању, приказују вредности индекса комфора од 6 до 8, када је угодан боравак и одвијање спортских активности, у 23,8 % времена боравка у простору. Индекс комфора је мањи од 6 у 61 % боравка у простору и већи од 8 у 15 % времена боравка у дворани. У летњем периоду индекс комфора има вредност од 7 до 9 (што се сматра прихватљивим-

[308] Вредност преузета из софтвера
[309] Вредности узете из софтвера, детаљније о термичком комфору у делу Термички комфор

максимална вредност 9 је у току летњих одмора када се сала не користи). У зимском периоду индекс комфора је у опсегу од 3 до 4 (од непријатног осећаја до прихватљивог). Непријатан осећај је у току ноћи док су у току дана када су системи у погону услови боравка у простору прихватљиви. PPD је од 50-60 % у току времена коришћења дворане у зимском периоду. У летњем периоду PPD је 50 %. Слика 6.20. приказује вредности индекса комфора и проценат незадовољних у току године и дана када је PPD достигао максималну вредност (25. децембар).



Index comfort ranges- опсег индекса комфора

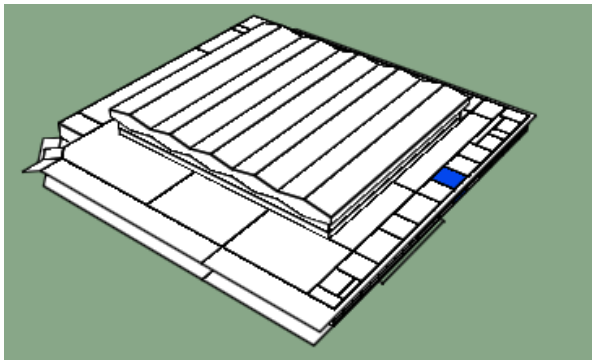
Слика 6.20. Индекс комфора за универзалну дворану модела СЦ1 за период од годину дана (слика лево) и индекс комфора у опсегу од 6-8 (слика десно)

Индекс комфора и проценат незадовољних достиже максималну негативну вредност у току ноћи када су искључени системи грејања и климатизације, 25.децембра. (слике у Прилогу 6) У току радног дана када су системи у погону индекс комфора је 4 што је за спортске активности у дворани врло прихватљиво *(cool acceptable).*

6.2.5.3. Постојећи услови комфора модела СЦ2

КАНЦЕЛАРИЈА

Положај канцеларије у објекту је приказан на слици 6.21. Налази се на северозападу. Површина канцеларије је 25 m^2, запремина простора је 87,5 m^3, површина спољног зида износи 17,5 m^2 а површина отвора 12,5 m^2.

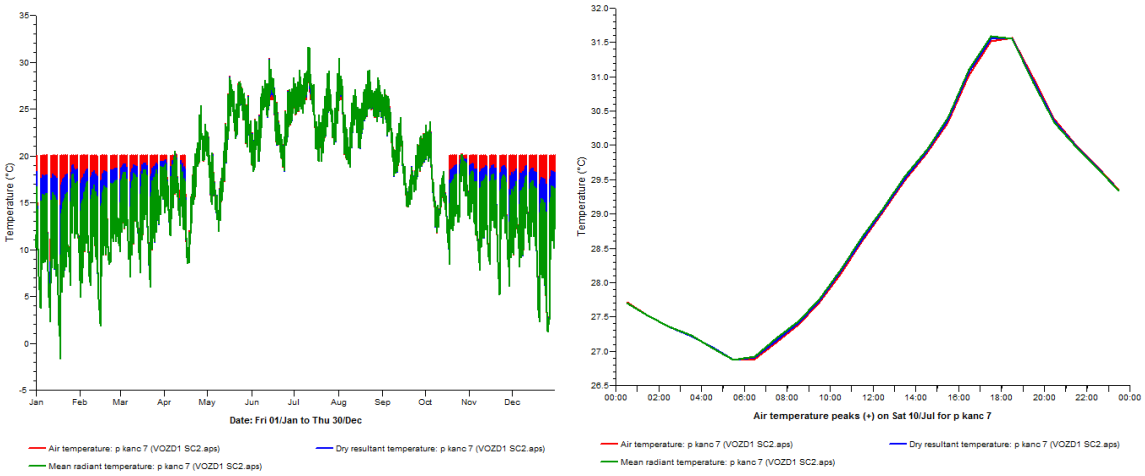


Слика 6.21. Положај канцеларије на северозападу модела СЦ2

Грејање и хлађење

Канцеларија на северозападу достиже максималну температуру од 31,6ºC 10. јула (18.30) што не задовољава постављене услове од максималних 26ºC за канцеларијске просторе у оквиру спортске зграде. Минимална температура ваздуха у простору је у минусу 18. јануара (у 06.30, непосредно пре почетка грејања). У току летњег периода само 6,5 % од укупног броја сати боравка у просторији температура је виша од 26ºC, што је врло задовољавајуће.

Слика 6.22. даје преглед кретања температуре ваздуха у простору канцеларије за период од годину дана (лево) и температуру за најтоплији дан у години, 10. јул (слика десно).



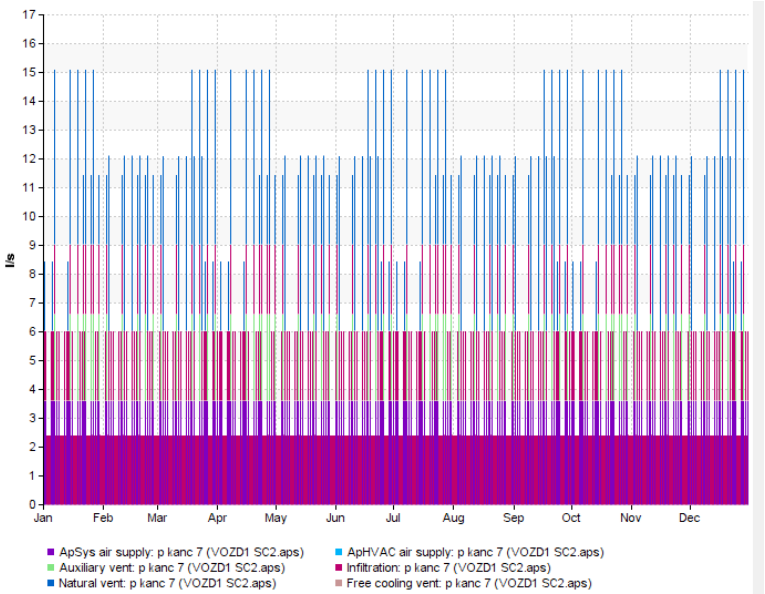
Air temperature- температура ваздуха, Dry resultant temperature- унутрашња резултујућа температура, Mean radiant temperature- средња радијантна температура

Слика 6.22. Температура ваздуха канцеларије на северозападу модела СЦ2 за период од годину дана (лево) и дана када Т достиже највишу вредност (десно)

Вентилирање

Канцеларија има природну вентилацију.[310] У постојећем стању према добијеним вредностима вентилације од 3 l/s per припада групи IDA4[311] што представља низак стандард квалитета унутрашњег ваздуха- вредност мања од 6 l/s представља лош квалитет ваздуха. Природна вентилација износи 6 l/s а инфилтрација у канцеларији износи 2,4 l/s. По питању вентилирања канцеларија не задовољава прописана услове. (детаљније у Прилогу 6)

[310] Мисли се на постојање контролисаног отварања прозора.
[311] BS EN 13779

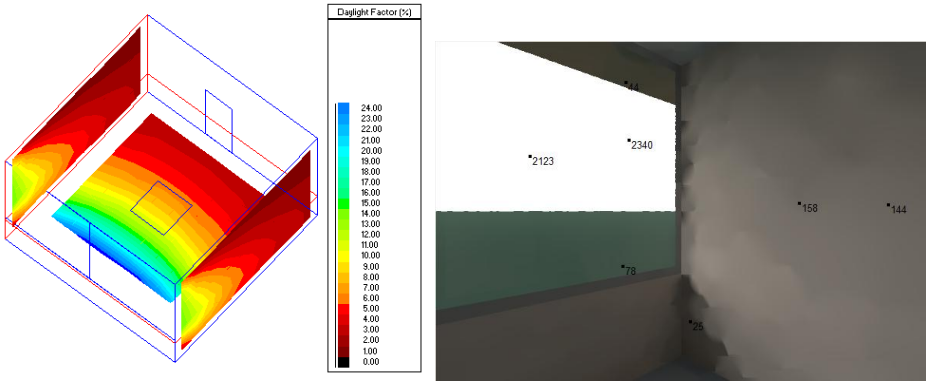


ApSyS air supply- системско снабдевање, ApHVAC air supply- КГХ снабдевање, Auxilary vent- помоћна вентилација, Infiltration- инфилтрација, Natural ventilation- природна вентилација, Free cooling vent- хлађење

Слика 6.23. Вентилационе стопе за канцеларију на северозападу у моделу СЦ2

Природно осветљење

У посматраном простору минимална вредност осветљења је 264,2 lux док је максимална 3000 lux (слика 6.24.). Неопходни су застори који су већ постављени. (детаљније у прилогу 6)

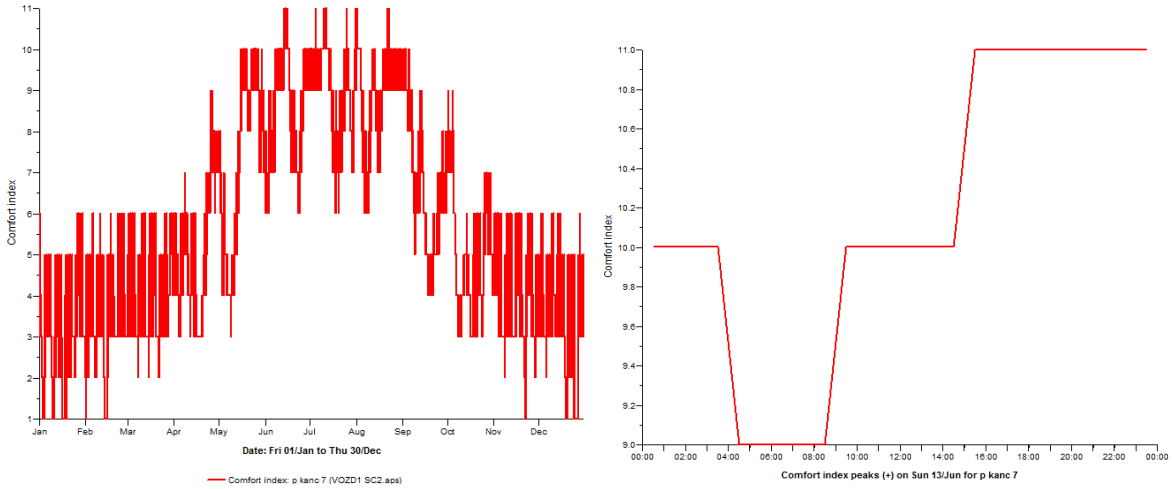


а б в

Слика 6.24. Осветљење канцеларије у моделу СЦ2, а) осветљење у току дана, б) вредности DF, FlucsDL, в) дневно осветљење у перспективи, day lighting analysis, RadianceIES, IES VE

Индекс комфора

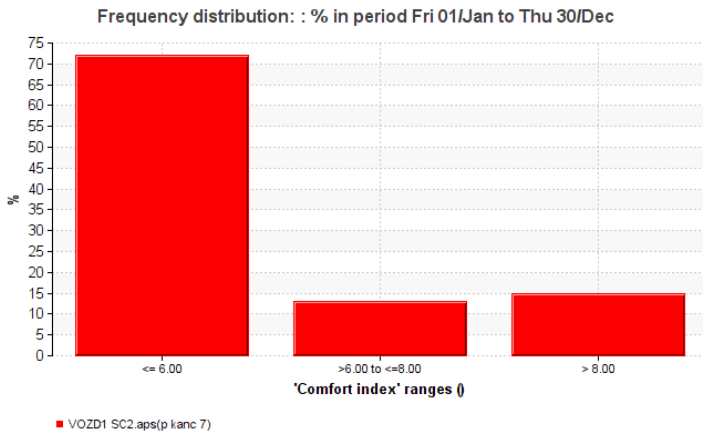
Индекс комфора у зимском периоду у току радног времена администрације постиже вредност од 4-5 (прихватљиво хладно); 72 % од укупног броја сати проведених у простору у току зиме индекс комфора је испод 6 док је у току лета у опсегу од 7-10 (7, 8- угодно, 9,10- прихватљиво топло); 14,8 % времена проведеног у канцеларији индекс комфора је већи од 8. На слици 6.25. приказана су варирања индекса за период од годину (лево) и вредности индекса за најнеповољнији дан у години (десно).



Comfort index- индекс комфора

Слика 6.25. Индекс комфора за канцеларију модела СЦ1 за период од годину дана (лево) и индекс комфора у току радног дана (десно)

Процентуално приказан индекс комфора у опсегу 6-8 (најповољнија ситуација) за период од годину дана приказан је на слици 6.26.

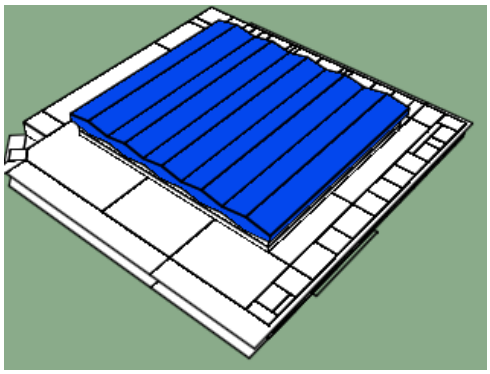


Comfort index- индекс комфора

Слика 6.26. Процентуално приказане вредности индекса комфора за период од годину дана

УНИВЕРЗАЛНА СПОРТСКА ДВОРАНА

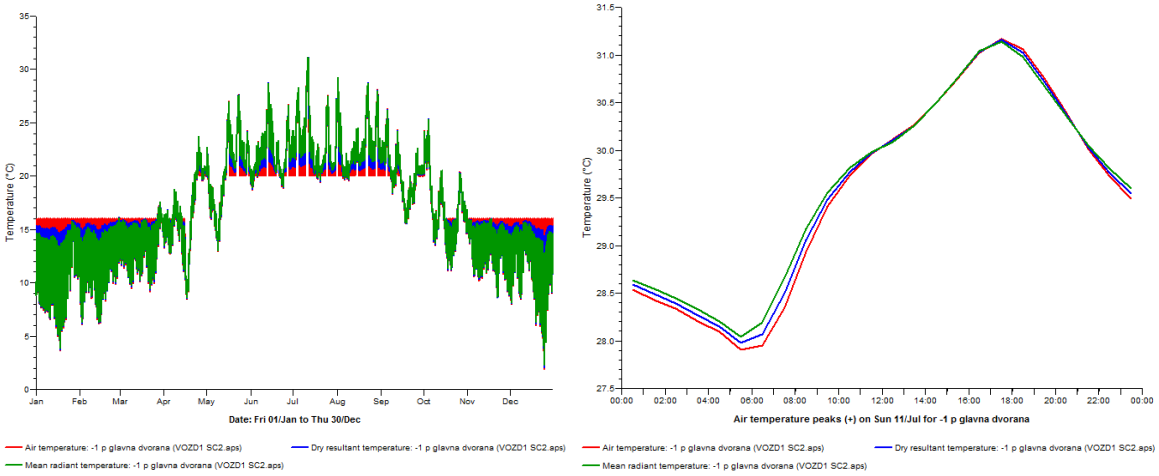
Положај дворане у објекту приказан је на слици 6.27. Површина дворане је 2395,4 m^2, запремина простора је 21747,5 m^3, површина спољног зида је 884,1 m^2 а површина отвора износи 460,4 m^2.



Слика 6.27. Положај универзалне спортске дворане у моделу СЦ2

Грејање и хлађење

Универзална спортска дворана у моделу СЦ2 достиже максималну температуру 11. јула у 17.30 часова од 31,1ºC, 41 % од укупног броја сати окупираности дворане температура ваздуха је виша од 16ºC, што је постављено као доњи лимит у симулирању услова боравка у периоду грејања. Сматра се врло неповољним за спортске активности. Најнижу температуру од 2ºC достиже 25. децембра (слика 6.28.). (детаљније у Прилогу 6)



Air temperature- температура ваздуха, Dry resultant temperature- унутрашња резултујућа температура, Mean radiant temperature- средња радијантна температура

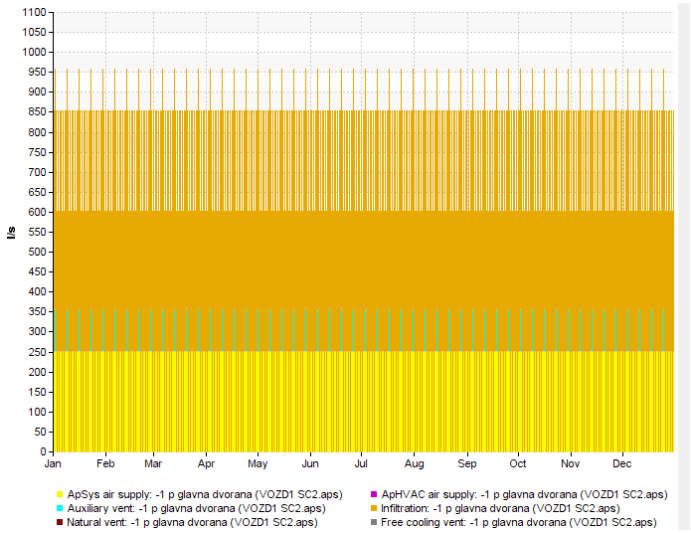
Слика 6.28. Температура ваздуха универзалне спортске дворане модела СЦ1 за период од годину дана (лево) и температура ваздуха за 11. јул (десно), на основу модула Apache, VistaPro, IES VE

Вентилирање

Дворана поседује прозоре без могућности отварања. Вентилација износи 4,38 l/s, (IDA 4) (*mean value*) што представља низак ниво стандарда квалитета унутрашњег простора.[312] Инфилтрација достиже максималну вредност у зимском периоду и не узима се у обзир јер у постојећем стању улази у дворану (има их четири)

[312] BS EN 13779

представљају отворе без постојања преграде, врата. (табеле са вредностима вентилационих система преузете из софтвера IES VE су у Прилогу 6)

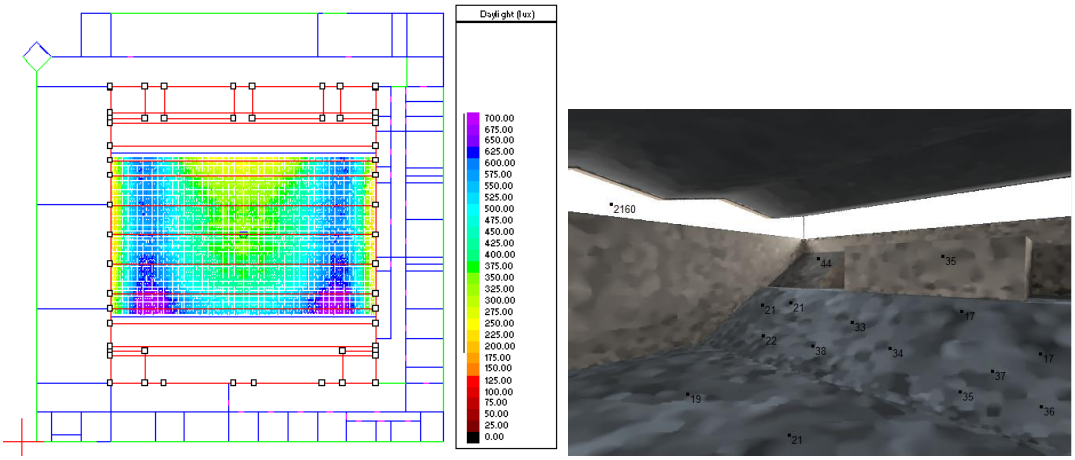


ApSyS air supply- системско снабдевање, ApHVAC air supply- КГХ снабдевање, Auxilary vent- помоћна вентилација, Infiltration- инфилтрација, Natural ventilation- природна вентилација, Free cooling vent- хлађење

Слика 6.29. Вентилационе стопе за универзалну спортску дворану модела СЦ2, на основу модула Apache, VistaPro, IES VE, Ventilation

Природно осветљење

Код универзалне спортске дворане у Центру СЦ2 готово цео простор игралишта има осветљење од 300-500 lux што је идеално за рекреационо и професионално бављење спортом. Максимално осветљење је 700 lux по ободу игралишта (слика 6.30.). (Извештај у Прилогу 6)

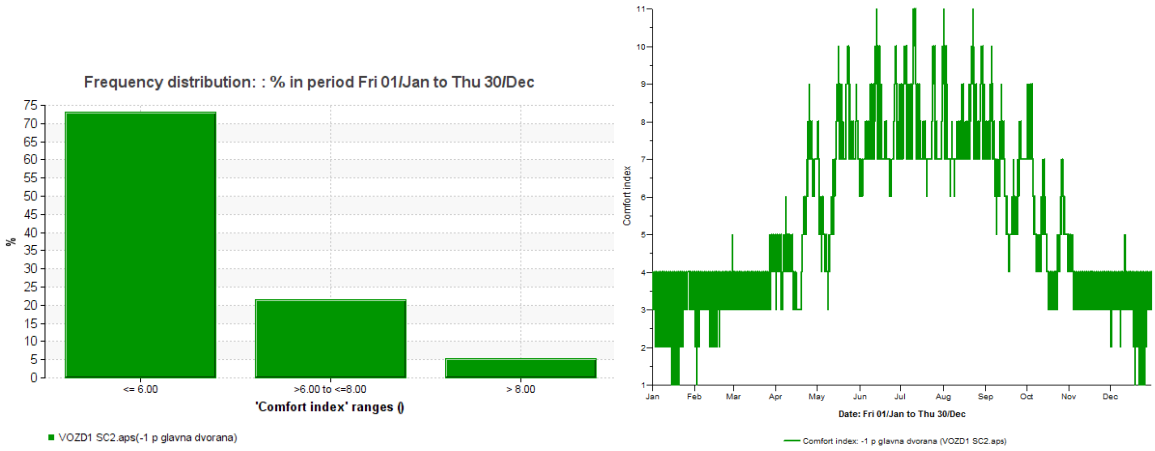


а *б* *в*

Слика 6.30. Осветљење универзалне спортске дворане у центру СЦ2, а) дневно осветљење DF, б) вредности lux, RadianceIES, IES VE, в) перспективни приказ са вредностима дневног осветљаја, Day lighting and electric lighting simulations

Индекс комфора

Индекс комфора у зимском периоду је у опсегу од 3-4 % (од непријатно хладног до пријатно хладног) док је у летњем периоду од 7-9 (од пријатног до умерено топлог); 73,2 % времена боравка у простору дворане индекс комфора је мањи од 6, 21,4 % од укупног броја сати угодно је боравити у дворани док је у летњем периоду само 8 % времена умерено топло (слика 6.31.). Индекс комфора је већи од 8 у 5,4 % од укупног броја сати боравка у простору.



Comfort index- индекс комфора

Слика 6.31. Индекс комфора у току године (лево) и максимална вредност у току најхладнијег дана у јануару (десно)

6.2.5.4. Упоредни приказ и дискусија добијених резултата услова комфора постојећег стања за дефинисане просторе модела СЦ1 и СЦ2

Табела 6.24. сумира добијене резултате приказаних симулација постојећег стања административног и спортског дела центра. Ситуација на терену је умногоме слична добијеним резултатима, нарочито по питању осећаја угодности.[313]

[313] На основу анкетирања десетине запослених и рекреативаца код оба модела

Табела 6.24. Добијени резултати по питању термичког, хигијенског и визуелног комфора након симулирања постојећег стања, на основу IES VE, модули Apache, Vista Pro, Radiance, FlucsDL

Простор	Темперирање *°C*			Вентилирање *l/s per*		Осветљење *DF/ lux*			Индекс комфора		Коментар
Администрација											угодност
Вредности min/max	max	min	%	стандард	вредност	max	min	% негативно	< 6	>8	6-8
Канцеларија SC1	29,78 17.30 11.јул	9,14 07:30 18.јан.	24 % > 26° 5,5 % < 20°	ИДА 4	1,05	2902	61	35 %	52,5 %	34,1 %	13,4 %
Канцеларија SC2	31,6 18:30 11.јул	-1,6 06:30 18.јан.	6,5 % > 26° 58,9 % < 20°	ИДА 4	3,0	3006	264	60 %	72 %	14,8 %	13,1 %
Универзална дворана											угодност
Универзална дворана СЦ1	31,1 16:30 11.јул	5,5 07:30 25.дец	22 % < 16° 27 % > 20°	ИДА 4	4,18	532,3	57,0	20 %	61 %	15 %	23,8 %
Универзална дворана СЦ2	31,2 17:30 11.јул	1,9 06:30 25.дец	41 % <16° 25,2 % > 20°	ИДА 4	4,38	718,6	209,8	20 %	67,5 %	5,4 %	21,4 %

На основу анализе добијених резултата препоруке за унапређење пасивним системима подразумевају следеће интервенције: постављање топлотне изолације, постављање јужног прозора код дворане модела СЦ1, зениталног осветљења код дворане модела СЦ2.

6.3. Дефинисање појединачних и пакета мера за идентификоване елементе термичког омотача за моделе СЦ1 и СЦ2- креирање сценарија унапређења

Стратегија првобитног унапређења подразумева побољшање топлотне изолације како у материјалу тако и у одређеној дебљини.[314] Термоизолација је најефикаснија појединачна мера унапређења енергетске ефикасности објекта. Приликом утврђивања дебљине термоизолационог слоја треба поменути да губитак топлоте јесте пропорционалан њеној дебљини. Термоизолација која може да се постави са спољне стране је минерална вуна, експандирани перлит EPB, екструдирани полистирен XPS, експандирани полистирен EPS, полиуретанске табле, фенол, дрвена вуна, плоче од плуте и друге.[315] Са унутрашње стране могуће је поставити минералне пене, силикатне плоче, вакум изолационе панеле. (детаљније у Прилогу 8) При одабиру топлотне изолације требало би водити рачуна о топлотној проводљивости λ; дебљини изолације којом би се постигла одговарајућа U вредност (којима се испуњавају услови прописани Правилником о ЕЕ РС 61/2011 или EnerPHIt/EnerPHIt^{+} обновом). Термичке карактеристике спољних зидова унапређујемо постављањем изолације са спољне или унутрашње стране зида.

Модел СЦ1, Центар за културу и спорт Шумице поседује отворе на главној хали са алуминијумским профилима и једноструким профилит стаклом. Остали део објекта такође има прозоре и врата од алуминијумских профила са прозирним и орнамент стаклима. Модел СЦ2, Спортски центар Вождовац има прозоре са челичним рамовима, једноструким и двоструким застакљењем и на главној дворани је осветљење постигнуто прозорима челичних рамова са фиксним профилит стаклом. Стратегија унапређења подразумева постављање нових прозора и врата уколико постоји потреба. Према Институту за пасивне куће предлаже се замена прозора и

[314] Структура спољних зидова је дата је у табелама 6.8. и 6.16.
[315] Стојковић (2016)

стакала троструким стаклима које је врло тешко, око 30 kg/m, и врло дебело, око 50 mm што нам говори о немогућности употребе на великим површинама попут отвора на дворанама, имајући у виду сигурност великог броја посетилаца. [316]

У зависности од саме композиције решења предлажу се специјална унапређења; повећање отвора на јужној фасади дворане, зенитално осветљење, зеленило на фасади које примењујемо у циљу спречавања прегревања у току лета.

Дефинисање појединачних и пакета мера унапређења

Појединачне мере категорије А представљају постављање топлотноизолационог материјала са унутрашње стране објекта у дебљини од 5 cm где су испуњени услови прописани Правилником о енергетској ефикасности зграда РС. Појединачне мере за селектоване позиције термичког омотача у категорији Б представљају постављање топлотне изолације, камене вуне[317] у дебљини од 15 cm. [318]

Пакет мера за обе категорије представља кумулативне мере свих појединачних претходно наведених ставки (табела 6.26.). Исте појединачне, А и Б мере, и пакети мера се примењују у сценаријима код оба модела, СЦ1 и СЦ2.

Преглед примене и појашњење ознака за сваки примењени сценарио дат је у табели 6.25.

[316] Troi i Bastijan, (2015)

[317] Камена вуна- негорив материјал, класа А1 (материјали из класе А1 не доприносе пожару ни у једној фази укључујући и развијени пожар) звучни изолатор, еколошки и здравствено исправан материјал, тачка топљења већа од 1000°C, извор: http://www.knaufinsulation.rs/sr/kamena-vuna/fkd-s-thermal

[318] Оптимизована дебљина термоизолационог слоја у оба случаја, категорије А и Б, којима се испуњавају постављени услови сходно регулативама је проистекла из анализе и резултата динамичких симулација за дебљине од 5 cm, 10 cm, 15 cm и 20 cm за све селектоване позиције.

Табела 6.25. Преглед, примена и појашњење сценарија

Ознака			Објашњење сценарија	Примена	
				Објекат без дворане Термичка зона 1	Универзална дворана Термичка зона 2
Примена пасивних система	*Пасивни системи- основна унапређења*				
	С1П	**С1П А**	Унапређење термичког омотача објекта без дворане мерама А прописаних Правилником о ЕЕ	Објекат без дворане	----------
		С1П Б	Унапређење термичког омотача објекта без дворане мерама Б прописаних EnerPHIt/EnerPHIt^{+} обновом	Објекат без дворане	----------
	С2П	**С2П А**	Унапређење термичког омотача само универзалне дворане мерама А прописаних Правилником о ЕЕ	----------	Универзална дворана
		С2П Б	Унапређење термичког омотача објекта без дворане мерама Б прописаних EnerPHIt/EnerPHIt^{+} обновом	----------	Универзална дворана
	С1П+С2П	**С1П+С2П А**	Унапређење термичког омотача читавог објекта мерама А прописаних Правилником о ЕЕ	Цео објекат	
		С1П+С2П Б	Унапређење термичког омотача читавог објекта мерама Б прописаних EnerPHIt/EnerPHIt^{+} обновом	Цео објекат	
	Пасивни системи- специјална унапређења				
	С2П ЈП	**А** Правилник о ЕЕ	Унапређење термичког омотача само универзалне дворане+постављање јужног прозора мерама према Правилнику о ЕЕ	----------	Универзална дворана
		Б EnerPHIt/EnerPHIt^{+}	Унапређење термичког омотача само универзалне дворане+ постављање јужног прозора мерама према EnerPHIt/EnerPHIt^{+}	----------	Универзална дворана
	С2П З1	**А** Правилник о ЕЕ	Унапређење термичког омотача само универзалне дворане+директно вертикално озелењавање	----------	Универзална дворана
		Б EnerPHIt/EnerPHIt^{+}	Унапређење термичког омотача само универзалне дворане+директно вертикално озелењавање	----------	Универзална дворана
	С2П З2	**А** Правилник о ЕЕ	Унапређење термичког омотача само универзалне дворане+ индиректно вертикално озелењавање	----------	Универзална дворана
		Б EnerPHIt/EnerPHIt^{+}	Унапређење термичког омотача само универзалне дворане+индиректно вертикално озелењавање	----------	Универзална дворана
КГХ	**СТ С1П**	**СТ С1П А**	Унапређење термотехничких система уз С1П и мере А према Правилнику о ЕЕ	Цео објекат	
		СТ С1П Б	Унапређење термотехничких система уз С1П и мере Б према EnerPHIt/EnerPHIt^{+}	Цео објекат	

	СТ С2П	**СТ С2П А**	Унапређење термотехничких система уз С2П и мере А према Правилнику о ЕЕ	Цео објекат
		СТ С2П Б	Унапређење термотехничких система уз С2П и мере Б према EnerPHIt/EnerPHIt^{+}	Цео објекат
Активни системи	**СА**		Постављање фотонапонских панела	Цео објекат
	СА КГХ		Постављање фотонапонских панела и унапређење КГХ система	Цео објекат
	СА С1П	**СА С1П А**	Постављање фотонапонских панела уз С1П и мере А према Правилнику о ЕЕ	Цео објекат
		СА С1П Б	Постављање фотонапонских панела уз С1П и мере Б према EnerPHIt/EnerPHIt^{+}	Цео објекат
	СА С2П	**СА С2П А**	Постављање фотонапонских панела уз С2П и мере А према Правилнику о ЕЕ	Цео објекат
		СА С2П Б	Постављање фотонапонских панела уз С1П и мере Б према EnerPHIt/EnerPHIt^{+}	Цео објекат

6.3.1. Модел СЦ1

6.3.1.1. Примена пасивних мера унапређења

СЦЕНАРИО С1П

Резултати симулација након примене претходно дефинисаних појединачних и пакета мера су приказани у табели 6.26.

Табела 6.26. Сценарио С1П- Мере унапређења термичког омотача модела СЦ1; термички омотач објекта без дворане- темперирање

Објекат без универзалне дворане СЦ1							
Позиција термичког омотача	Постојеће стање пре унапређења и мах. U вредности					Појединачне мере унапређења селектованих позиција	
	$U_{постојеће}$	U_{max}[319]	U_{max}[320]	A (површ)	Hts	A	Б
	W/m²K	W/m²K	W/m²K	m²	W/K	Камена вуна (5 cm) U [W/m²K]	Камена вуна (15 cm) U [W/m²K]
Спољни зид у контакту са спољним ваздухом *(тералит 7,5ст са унутрашње стране)*	0,37	0,4	0,15	1789,56	658,56	0,24	0,14
Испуњени услови термичког комфора у објекту (канцеларија П+1) [%]					13,4 % радног времена у току године индекс комфора је 6-8	13,5 % времена у току године индекс комфора је 6-8	13,4 % радног времена у току године индекс комфора је 6-8
$Q_{H,nd}$ [kWh/m²][321]					1037,5	1022,2	1010,2
Енергетски разред , $Q_{H, nd, rel} \leq 180$					$Q_{H, nd, rel}$= 172,3 % E	$Q_{H, nd, rel}$= 169 % E	$Q_{H, nd, rel}$= 167,7 % E
Уштеда енергије након примене појединачних мера [%]						1,5 %	2,6 %
Спољни зид (укопан)	1,19	0,5	0,35	933,26	648,99	Камена вуна (5 cm) U [W/m²K] 0,4	Камена вуна (15 cm) U [W/m²K] 0,2
Испуњени услови термичког комфора у објекту (канцеларија у сутерену) [%]					18 % радног времена у години индекс комфора је 6-8	17,8 % времена у години индекс комфора од 6-8	18 % радног времена у години индекс комфора је 6-8
$Q_{H,nd}$ [kWh/m²]					1037,5	1020,1	1014,7
Енергетски разред					$Q_{H, nd, rel}$= 172,3 % E	$Q_{H, nd, rel}$= 169 % E	$Q_{H, nd, rel}$= 168,6 % E
Уштеда енергије након примене појединачних мера [%]						1,5%	2,2%
Под	1,32	0,4	0,15	2631,29	1698,49	XPS (5 cm) U [W/m²K] 0,4	XPS (15 cm) U [W/m²K] 0,19
Испуњени услови термичког комфора у објекту (канцеларија					13,4 % радног	13,5 % времена у	13,6 % радног

[319] Правилник о енергетској ефикасноти „Службени гласник РС“, бр. 61/2011
[320] EnerPHIt сертификација
[321] MWh/a детаљније у делу Енергетски разреди модела СЦ1 и СЦ2

П+1) [%]						времена у току године индекс комфора је 6-8	току године индекс комфора 6-8	времена у току године индекс комфора је 6-8
$Q_{H,nd}$ [kWh/m^2]						1037,5	831,4	771,1
Енергетски разред , $Q_{H,\ nd,\ rel} \leq 180$						$Q_{H,\ nd,\ rel}$ = 172,3 % E	$Q_{H,\ nd,\ rel}$ = 138,1 % E	$Q_{H,\ nd,\ rel}$ = 128,1 % D
Уштеда енергије након примене појединачних мера [%]							19,8 %	25,7 %
Раван кров, шљунак	0,47	0,2	0,15	2631,29	1228,81		XPS (5 cm) U [W/m^{2}K] 0,28	XPS (15 cm) U [W/m^{2}K] 0,15
Испуњени услови термичког комфора у објекту (канцеларија 5) [%]						13,4 % времена у току године индекс комфора је 6-8	13,7 % времена у току године индекс комфора је 6-8	14 % радног времена у току године индекс комфора је 6-8
$Q_{H,nd}$ [kWh/m^2]						1037,5	982,9	957,5
Енергетски разред , $Q_{H,\ nd,\ rel} \leq 180$						$Q_{H,\ nd,\ rel}$ = 172,3 % E	$Q_{H,\ nd,\ rel}$ = 163,2 % E	$Q_{H,\ nd,\ rel}$ = 159 % E
Уштеда енергије након примене појединачних мера [%]							5,3%	7,7%
Спољни прозори објекта	3,21	1,5	0,85	1069,6	663,42		Al U [W/m^{2}K] 1,54 само стакло 1,15	Б1 U [W/m^{2}K] 1,16 само стакло 0,9
Испуњени услови термичког комфора у објекту (канцеларија) [%]						13,4 % времена у току године индекс комфора је 6-8	14,3 % времена у току године индекс комфора 6-8	14,6 % радног времена времена у току године индекс комфора 6-8
$Q_{H,nd}$ [kWh/m^2]						1037,5	978,5	954,9
Енергетски разред , $Q_{H,\ nd,\ rel} \leq 180$						$Q_{H,\ nd,\ rel}$ = 172,3 % E	$Q_{H,\ nd,\ rel}$ = 162,5 % E	$Q_{H,\ nd,\ rel}$ = 158,5 % E
Уштеда енергије након примене појединачних мера [%]							5,7%	7%
Резултати симулација након примене пакета мера (збир свих поменутих појединачних мера)								
Испуњени услови термичког комфора у објекту (канцеларија) [%]						13,4 % времена у току године индекс комфора је 6-8	15,9 % времена у току године индекс комфора 6-8	12,8 % времена у току године индекс комфора 6-8
$Q_{H,nd}$ [kWh/m^2]						1037,5	679,6	531,4
Енергетски разред , $Q_{H,\ nd,\ rel} \leq 180$						$Q_{H,\ nd,\ rel}$ = 172,3 % E	$Q_{H,\ nd,\ rel}$ = 112,86 % D	$Q_{H,\ nd,\ rel}$ = 88,2 % C
Уштеда енергије након примене пакета мера [%]							34,5 %	48,7 %

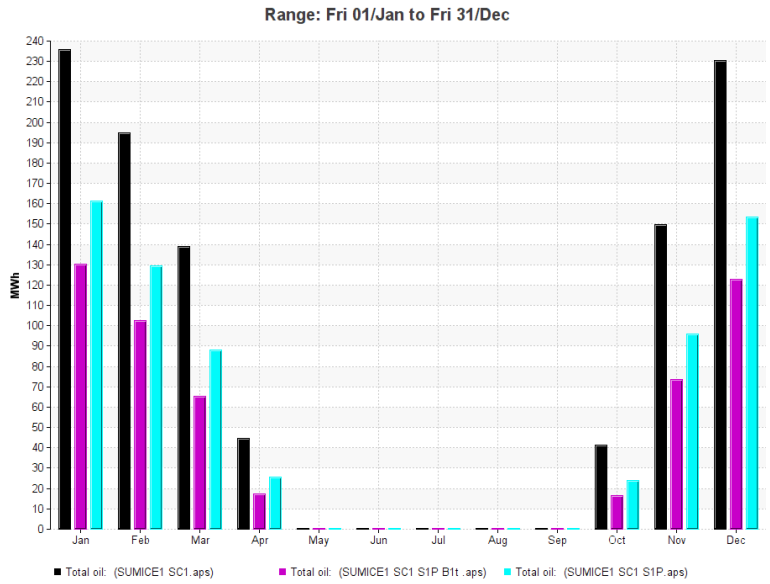
А- *Интервенције којима се испуњавају услови прописани Правилником о енергетској ефикасности зграда (испуњавање минималних услова датих табелом 3.4.1.3. Правилника о ЕЕ РС)*
Б- *интервенција којима се испуњавају услови прописани EnerPHIt/EnerPHIt$^+$ обновом*
Уштеда енергије*= [(потрошња енергије пре интервенције- потрошња енергије после интервенције)/потрошња енергије пре интервенције]x100*
А1- Спољни прозор дворане- А1=Low E Triple Glazing SC=6, U= 1,45 W/m^{2}K само стакло 1,27 W/m^{2}K
Б1=Low E Triple Glazing argon SC=6, U= 1,17 W/m^{2}K само стакло 0,89 W/m^{2}K

На основу добијених резултата може се констатовати да након примене појединачних мера А и Б категорије без универзалне дворане, сценаријом С1П могу се остварити значајне уштеде у потрошњи енергије за грејање до 26 %.

Применом поменутих појединачних мера А код сценарија С1П уштеде енергије којима се испуњавају минимални услови прописани Правилником о енергетској ефикасности зграда остварује се уштеда енергије до 20 %. Применом пакета мера остварује се уштеда од 34,5 % што доводи објекат до енергетског разреда Д и сматра се задовољавајућим унапређењем имајући у виду да је објекат достигао побољшање за један енергетски разред. Услови комфора су побољшани где је од 13,4 % времена угодности корисника у простору канцеларије на првом спрату повећан на 15,9 %.

Применом мера којима се остварују минимални услови прописани EnerPHit сертификацијом можемо констатовати да се могу остварити значајне уштеде у потрошњи енергије за грејање до 50 %. Применом пакета мера за све селектоване позиције објекат постиже Ц енергетски разред уз остварену уштеду од готово 50 %. (48,7 %). Комфорни услови у канцеларији на првом спрату су погоршани. (процентуално од 13,4 % времена угдности смањени на 12,8 %) то се може објаснити прегревањем лети.

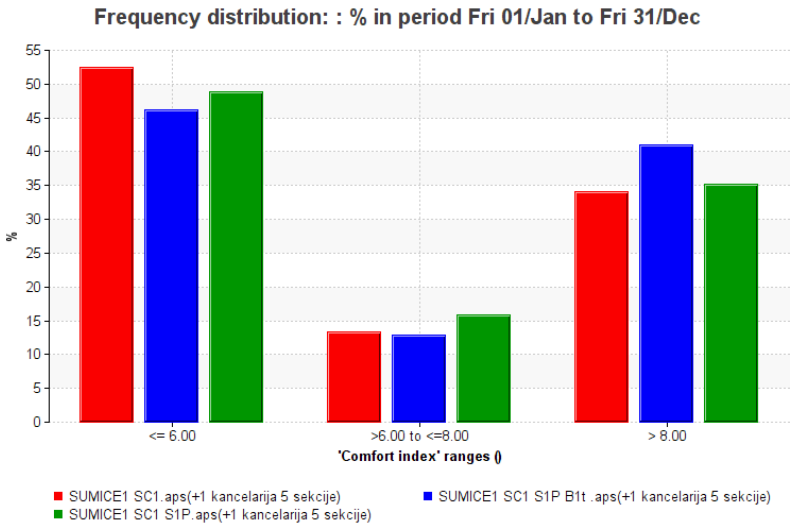
Упоредна анализа потрошње енергије за грејање за период од годину дана пре и након примене пакета мера из категорије А и Б приказана је на слици 6.32.



Total oil- укупна утрошена енергија за грејање- мазут

Слика 6.32.Упоредна анализа потрошње енергије за грејање постојећег стања (SC1) и сценарија С1П, примена мера А (S1P) и Б (S1P B1t)

Индекс комфора постојећег и стања након примене пакета мера из категорије А и Б за канцеларијски простор приказан је на слици 6.33.



Comfort index- индекс комфора

Слика 6.33. Упоредна анализа вредности индекса комфора за канцеларију модела СЦ1 постојећег стања и сценарија С1П, примена мера А (S1P) и Б (S1P B1t)

СЦЕНАРИО С2П

Табела 6.27. приказује унапређење селектованих позиција само термичког омотача универзалне дворане у спортском центру- остатак зграде је остављен у постојећем стању.

Табела 6.27. Унапређење термичког омотача универзалне спортске дворане модела СЦ1, темперирање, сценарио С2П

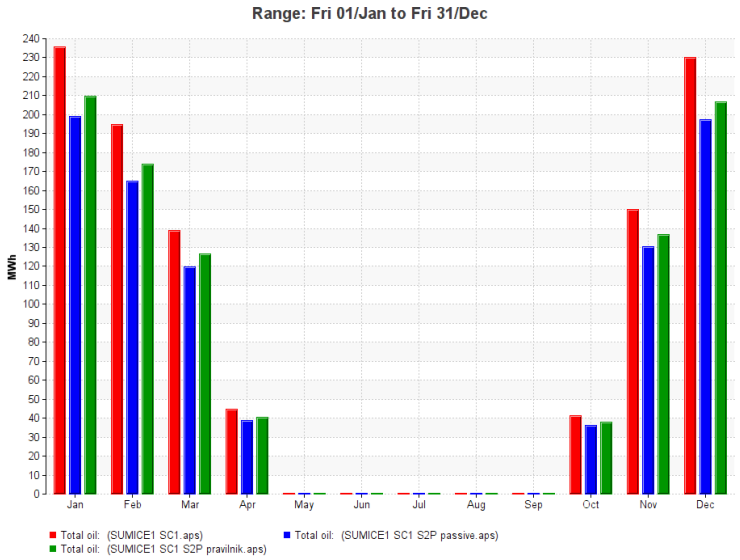
Универзална дворана модела СЦ1							
Позиција термичког омотача	Постојеће стање пре унапређења и мах. U вредности					Појединачне мере унапређења селектованих позиција U *након термоизолације* [W/m^{2}K]	
	$U_{постојеће}$	U_{max}[322]	U_{max}[323]	А (пов.)	Hts	А	Б
	W/m^{2}K	W/m^{2}K	W/m^{2}K	m^2	W/K	Камена вуна (5 cm) U [W/m^{2}K]	Камена вуна (15 cm) U [W/m^{2}K]
Спољни зид у контакту са спољним ваздухом	1,9	0,4	0,15	1051,5	1953,7	0,5	0,2
Испуњени услови термичког комфора у дворани [%]					23,8 % времена боравка у дворани индекс комфора је 6-8	22,7 % времена боравка у дворани индекс комфора је 6-8	22,6 % времена боравка у дворани индекс комфора је 6-8
$Q_{H,nd}$ [kWh/m^2]					1037,5	957,4	939,3
Енергетски разред , $Q_{H, nd, rel} \leq 180$					$Q_{H, nd, rel}$= 172,3 % E	$Q_{H, nd, rel}$= 159 % E	$Q_{H, nd, rel}$= 156 % E
Уштеда енергије након примене појединачних мера [%]						7,7 %	9,5 %
Зид ка грејаном делу објекта	1,8	0,9	0,35	303,98	428,9	Камена вуна (5 cm) U [W/m^{2}K] 0,5	Камена вуна (15 cm) U [W/m^{2}K] 0,2
Испуњени услови термичког комфора у дворани [%]					23,8 % времена боравка у дворани индекс комфора је 6-8	24 % времена боравка у дворани индекс комфора је 6-8	24 % времена боравка у дворани индекс комфора је 6-8
$Q_{H,nd}$ [kWh/m^2]					1037,5	1036,8	1036,8
Енергетски разред					$Q_{H, nd, rel}$= 172,3 % E	$Q_{H, nd, rel}$= 172,1 % E	$Q_{H, nd, rel}$= 172,1 % E

[322] Правилник о Енергетској ефикасности Службени гласник Р.С. бр. 61/2011
[323] EnerPHIt сертификација

Уштеда енергије након примене појединачних мера [%]						0,07 %	0,07 %
Под игралишта	0,51	0,4	0,15	1784,7	454,2	XPS (5 cm) U [W/m^{2}K] 0,3	XPS (15 cm) U [W/m^{2}K] 0,16
Испуњени услови термичког комфора у дворани [ºC]					23,8 % времена боравка у дворани индекс комфора је 6-8	23 % времена боравка у дворани индекс комфора је 6-8	23 % времена боравка у дворани индекс комфора је 6-8
$Q_{H,nd}$ [kWh/m^2]					1037,5	1025,1	1018,3
Енергетски разред , $Q_{H, nd, rel} \leq 180$					$Q_{H, nd, rel}$= 172,3 % E	$Q_{H, nd, rel}$= 170,2 % E	$Q_{H, nd, rel}$= 169,4 % E
Уштеда енергије након примене појединачне мере [%]						1,2%	1,9%
Кров дворане	0,3	0,2	0,15	1784,7	538,9	XPS (5 cm) U [W/m^{2}K] 0,2	XPS (15 cm) U [W/m^{2}K] 0,13
Испуњени услови термичког комфора у дворани [%]					23,8 % времена боравка у дворани индекс комфора је 6-8	23,7 % времена боравка у дворани индекс комфора је 6-8	24,1 % времена боравка у дворани индекс комфора је 6-8
$Q_{H,nd}$ [kWh/m^2]					1037,5	1033,0	1028,6
Енергетски разред , $Q_{H, nd, rel} \leq 180$					$Q_{H, nd, rel}$= 172,3 % E	$Q_{H\ nd, rel}$= 171,6 % E	$Q_{H, nd, rel}$= 170,7 % E
Уштеда енергије након примене појединачне мере [%]						0,4 %	0,9 %
Спољни прозори на дворани	2,9	1,5	0,85	121,9	243,8	А1 U [W/m^{2}K] 1,45 само стакло 1,27	Б1 U [W/m^{2}K] 1,17 само стакло 0,9
Испуњени услови термичког комфора у дворани [%]					23,8 % времена боравка у дворани индекс комфора је 6-8	24,7 % времена боравка у дворани индекс комфора је 6-8	23,6 % времена боравка у дворани индекс комфора је 6-8
$Q_{H,nd}$ [kWh/m^2]					1037,5	1033,4	1022,9
Енергетски разред , $Q_{H\ nd, rel} \leq 180$					$Q_{H, nd, rel}$= 172,3 % E	$Q_{H, nd, rel}$= 172,3 % E	$Q_{H, nd, rel}$= 169,8 % E
Уштеда енергије након примене појединачне мере [%]						0,4 %	1,4 %
Резултати симулација након примене пакета мера (свих поменутих појединачних мера)							
Испуњени услови термичког комфора у дворани [%]					23,8 % времена боравка у дворани индекс комфора је 6-8	23,3 % времена боравка у дворани индекс комфора је 6-8	20,8 % времена боравка у дворани индекс комфора је 6-8
$Q_{H,nd}$ [kWh/m^2]					1037,5	934,0	888,2
Енергетски разред , $Q_{H, nd, rel} \leq 180$					$Q_{H\ nd, rel}$= 172,3 % E	$Q_{H, nd, rel}$= 155,1 % E	$Q_{H, nd, rel}$= 147,5 % D
Уштеда енергије након примене пакета мера						9,98 %	14,4 %

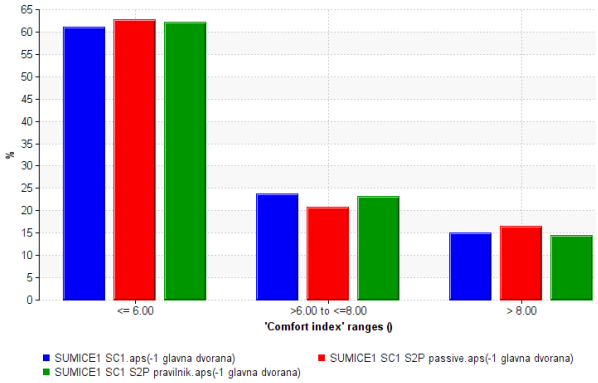
Спољни прозор дворана- А1=Low E Triple Glazing SC=6, U= 1,45 W/m^{2}K само стакло 1,27 W/m^{2}K, Б1 =Low E Triple Glazing argon SC=6, U= 1,17 W/m^{2}K само стакло 0,89 W/m^{2}K

Уколико се примене поменуте мере унапређења само за универзалну дворану у објекту, посматрајући је као засебну термичку зону, може се постићи унапређење читавог објекта за један енергетски разред пакетом мера групе Б. Упоредна анализа добијених резултата по питању енергије за грејање и услова комфора за дворану након примене мера сценарија С2П приказана је на сликама 6.34. и 6.35.



Total oil- укупна утрошена енергија за грејање- мазут

Слика 6.34. Упоредна анализа потрошње енергије за грејање постојећег стања (SC1) и сценарија С2П, примена мера А (pravilnik) и Б (passive)



Comfort index- индекс комфора

Слика 6.35. Упоредна анализа вредности индекса комфора за дворану постојећег стања (SC1) и након сценарија С2П, примена мера А (pravilnik) и Б (passive)

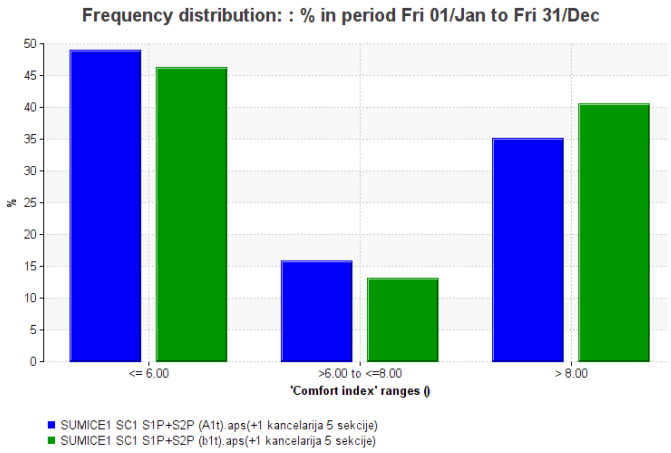
СЦЕНАРИО С1П+С2П

Сценарио С1П+С2П представља примену пакета мера категорије А и Б на читавом објекту. Резултати динамичких симулација су приказани у табели 6.28.

Табела 6.28. Приказ резултата након унапређења читавог објекта, модела СЦ1 применом пакета мера А и Б

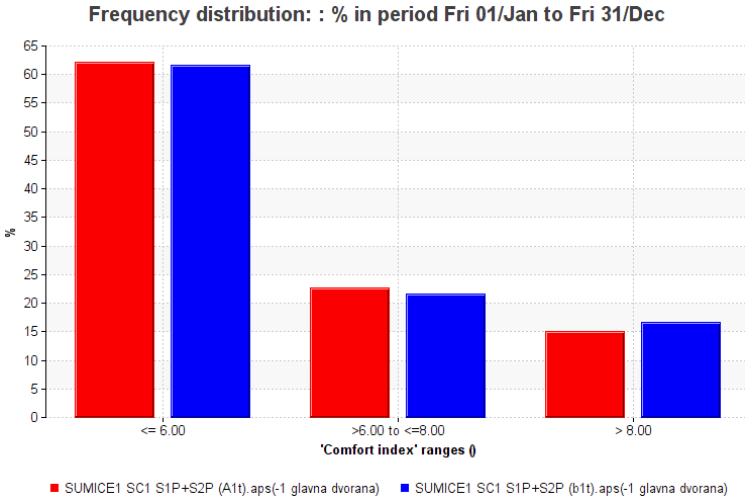
Резултати симулација за модел СЦ1	**Постојеће стање**	**Сценарио (С1П+С2П) А** ***Правилник о ЕЕ***	**Сценарио (С1П+С2П) Б** ***EnerPHIt/EnerPHIt+***
Испуњени услови термичког комфора дворана (6-8)	23,8 %	22,7 %	21,6 %
Испуњени услови термичког комфора канцеларија (6-8)	13,4 %	15,9 %	13,1 %
$Q_{H,nd}$ [kWh/m^2]	1037,5	569,4	382,2
Енергетски разред , $Q_{H, nd, rel}$	$Q_{H, nd, rel}$= 172,3 E	$Q_{H, nd, rel}$= 94,6 % C	$Q_{H, nd, rel}$= 63,47 % C
Уштеда енергије [%]		45,1 %	63,2 %

Уколико се унапреди објекат као целина, тј. не дели објекат на две термичке зоне, применом пакета мера сходно Правилнику о ЕЕ РС (А) постиже се унапређење за два енергетска разреда и уштеду енергије за грејање од 45,1 %. Применом пакета мера којима се испуњавају услови EnerPHIt/EnerPHIt$^+$ сертификацијом (Б) постиже се унапређење за два енергетска разреда и достиже разред С уз уштеду од 63,2 %. По питању комфора, целокупан утисак за поједине анализиране просторе а на основу добијених резултата симулација применом пасивних мера унапређења, је да је повољније унапређење применом пакета мера А. Упоредна анализа резултата по питању комфора постојећег стања и након примене поменутог сценарија С1П+С2П за просторе које анализирамо, канцеларију и универзалну спортску дворану, дата је на сликама 6.36. и 6.37.



Comfort index- индекс комфора

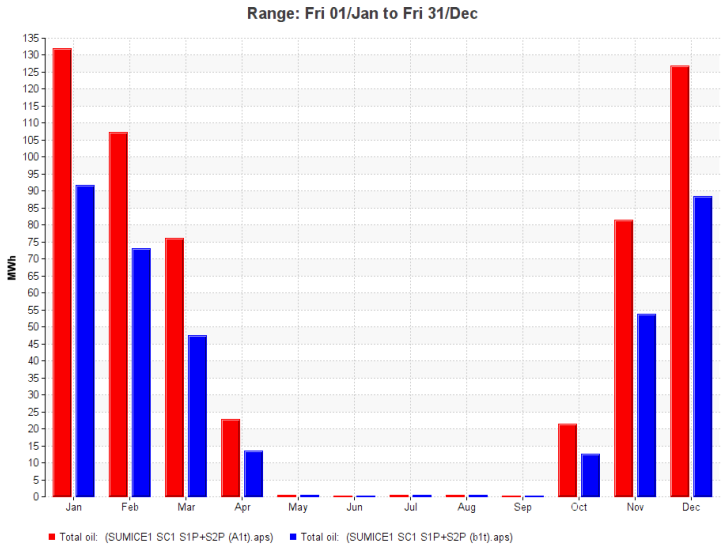
Слика 6.36. Упоредна анализа вредности индекса комфора за канцеларију модела СЦ1- сценарија С1П+С2П, примена мера А и Б (A1t и b1t)



Comfort index- индекс комфора

Слика 6.37. Упоредна анализа вредности индекса комфора за универзалну дворану- сценарија С1П+С2П, примена мера А и Б (A1t и b1t)

Упоредна анализа потрошње енергије за грејање за период од годину дана по месецима након примене сценарија (С1П+С2П) А и (С1П+С2П) Б приказана је на слици 6.38.



Total oil- укупна утрошена енергија за грејање- мазут

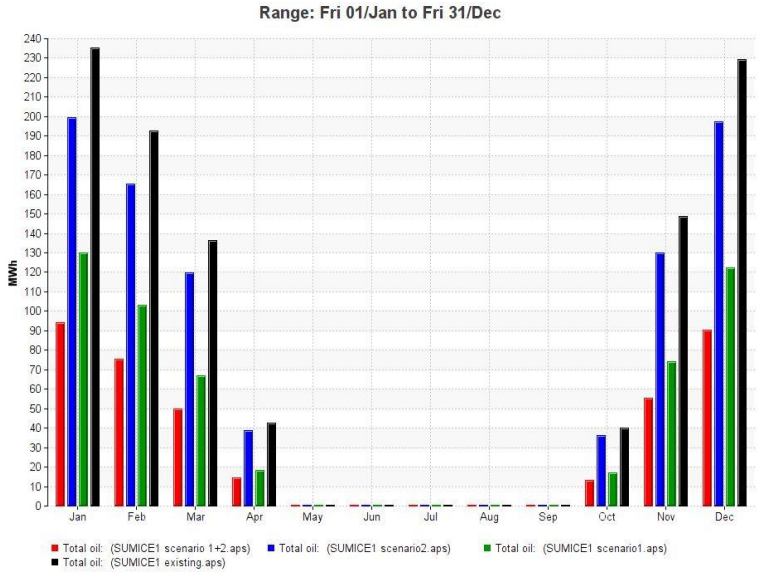
Слика 6.38. Упоредна анализа резултата потрошње енергије за грејање сценарија С1П+С2П, примена мера А (А1t) и Б (b1t)

Упоредна анализа резултата динамичких симулација по питању темперирања постојећег стања, сценарија С1П и С2П након примењених пакета мера категорије А и Б и применом мера сценарија С1П+С2П, А и Б приказана је у табели 6.29.

Табела 6.29. Упоредна анализа резултата након унапређења модела СЦ1 за сценарио С1П, С2П и С1П+С2П

Резултати симулација за модел СЦ1	**Постоје ће стање**	**Сценарио С1П** ***објекат без дворане***		**Сценарио С2П** ***дворана***		**Сценарио С1П+С2П** ***Правилн. ЕЕ***	**Сценарио С1П+С2П** ***EnerPHIt/ EnerPHIt⁺***
		А	Б	А	Б		
$Q_{H,nd}$ [kWh/m^2]	1037,5	679,6	531,4	934,0	888,2	569,4	382,2
Енергетски разред $Q_{H, nd, rel}$	E	D	C	E	D	C	C
Уштеда енергије након примене пакета мера [%]		34,5	48,7	9,98	14,4	45,1	63,2
Индекс комфора за поједине просторе, удобност у току боравка људи							
Испуњени услови термичког комфора (канцеларија) , индекс комфора 6-8	13,4 % времена боравка	15,9	12,8	-	-	15,9 %	13,1 %
Испуњени услови термичког комфора (дворана) индекс комфора 6-8	23,8 % времена боравка	-	-	23,3	20,8	22,7 %	21,6 %

На основу добијених резултата може се констатовати да уколико је циљ примене мера унапређење објекта за један енергетски разред нема потребе примењивати мере унапређења на универзалној спортској дворани већ само на осталом делу објекта (сценарио С1П). Слика 6.39. приказује резултате из табеле 6.29.



Total oil- укупна утрошена енергија за грејање, мазут

Слика 6.39. Упоредна анализа резултата потрошње енергије за грејање постојећег стања (existing) и примењених сценарија, С1П (scenario 1), С2П (scenario 2), С1П+С2П (scenario 1+2)

СЦЕНАРИО С2П ЈП

Сценарио С2П ЈП (сценарио С2П+ прозор на југу) представља специјална унапређења- унапређење енергетске ефикасности применом пасивних соларних система на универзалној спортској дворани.

Чиста оријентација у правцу север- југ по дужој страни универзалне спортске дворане наводи на примену мере унапређења енергетске ефикасности по питању темперирања- постављања прозора оријентисаног ка југу (према Правилнику ЕЕ РС U=1,27 W/m^{2}K $U_{само\ стакло}$= 1,14 W/m^{2}K g=0,39, према EnerPHIt/EnerPHIt$^+$ U= 1,23 W/m^{2}K $U_{само\ стакло}$= 0,85 W/m^{2}K g=0,33).

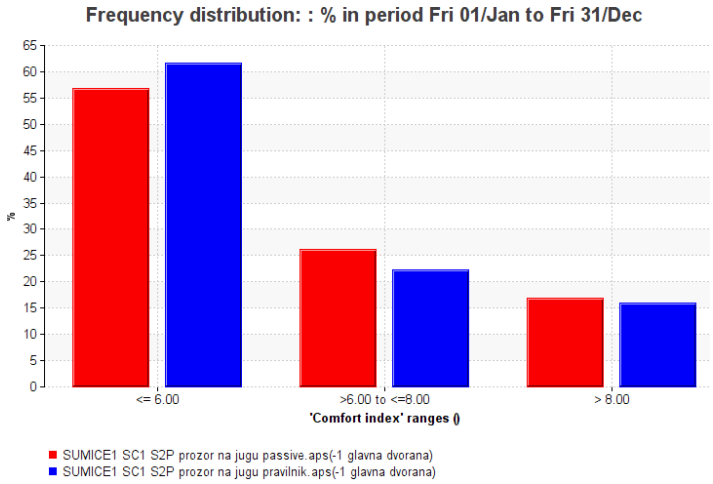
Постигнути резултати у уштеди енергије и индексу комфора за универзалну дворану постављањем прозора на јужној страни спортске дворане (површине парапетног зида 306,95 m^2) у комбинацији са применом пакета мера унапређења сценарија С2П према Правилнику ЕЕ РС и С2П према EnerPHIt/EnerPHIt$^+$ сертификацији приказани су у табели 6.30.

Табела 6.30. Резултати симулација након сценарија С2П ЈП

Резултати	***С2П Правилник ЕЕ***	***С2П Правилник ЕЕ + јужни прозор***	***С2П* EnerPHIt/EnerPHIt$^+$**	***С2П* EnerPHIt/EnerPHIt$^+$ *+ јужни прозор***
$Q_{H,nd}$ [kWh/m^2]	934,0	935,7	888,2	867,0
Енергетски разред $Q_{H, nd, rel}$	E	E	D	D
Уштеда енергије [%]	9,98	9,9	14,4	16,4
Индекс комфора % од 6-8	23,3	22,3	20,8	26,2

Резултати су показали да значајнија уштеда у потрошњи енергије за грејање као и побољшање комфора може да се постигне конструкцијом јужног прозора перформанси прописаних према EnerPHIt/EnerPHIt$^+$ сертификацији (уштеда од 16,4 %) у односу на прозор који испуњава минимум услова прописаних Правилником о ЕЕ (РС 61/2011) (уштеда од 9,9 %). Уколико се упореди примењени сценарио С2П (Правилник о ЕЕ) и сценарио С2П (Правилник о ЕЕ) ЈП не увиђа се значајна промена и побољшање. Уколико унапредимо дворану мерама дефинисаним сценаријом С2П (EnerPHIt/EnerPHIt$^+$) ЈП штеди се енергија 2 % више од сценарија С2П (EnerPHIt/EnerPHIt$^+$) што се сматра значајном уштедом и побољшањем комфора. (табела 6.30.)

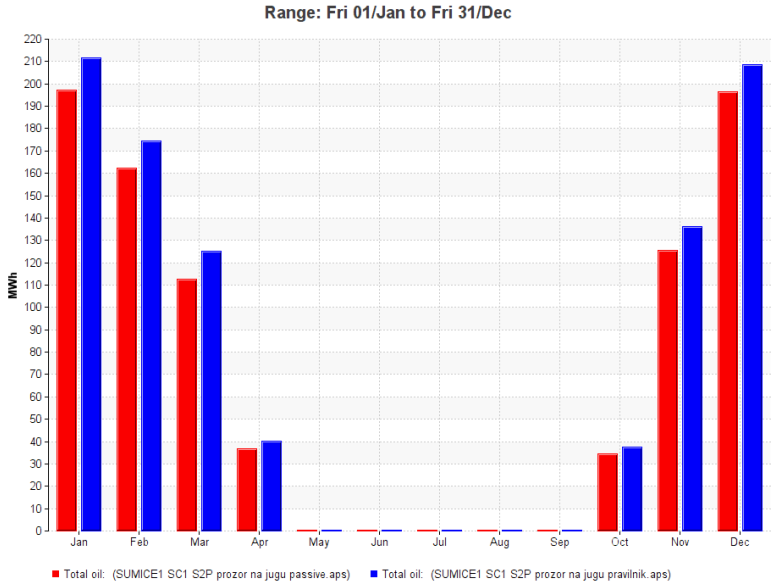
Слика 6.40. даје преглед добијених резултата индекса комфора у дворани након примене сценарија С2П ЈП.



Comfort index- индекс комфора

Слика 6.40. Упоредна анализа индекса комфора у време боравка у дворани С2П ЈП Правилник ЕЕ (S2P prozor na jugu pravilnik) и С2П ЈП EnerPHIt/EnerPHIt^{+} (S2P prozor na jugu passive)

Дијаграм на слици 6.41. приказује потрошњу енергије након примењених сценарија С2П ЈП по месецима за период од годину дана.

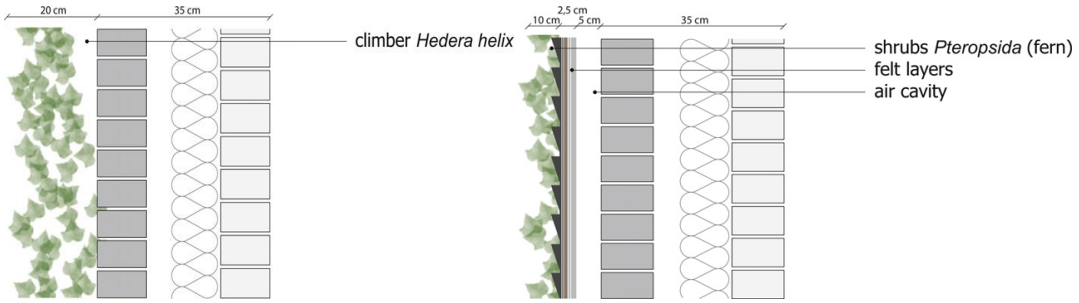


Total oil- потрошња енергије за грејање, мазут

Слика 6.41. Упоредна анализа резултата симулација сценарија С2П ЈП- унапређење по Правилнику (S2P prozor na jugu pravilnik) и унапређење С2П ЈП EnerPHIt/EnerPHIt^{+}(S2P prozor na jugu passive)

СЦЕНАРИО С2П З

Сценарио С2П З представља комбинацију сценарија С2П и конструкцију зеленог зида на јужној страни дворане. Посматрана су два случаја примене зеленог зида; директно озелењавање које подразумева директно постављање зеленог слоја (биљка *hedera helix*) у дебљини од 20 cm на новоизоловани зид (сценарио С2П З1) и индиректно озелењавање тј. постављање зеленила од 10 cm биљке након слоја ваздуха у дебљини од 5cm на новоизоловани јужни зид (сценарио С2П З2) (слика 6.42.). Детаљније о зеленим зидовима у Прилогу 3.



Climber hedera helix- пењалица, shrubs Pteropsida- грм , felt layer- филц, air cavity- слој ваздуха

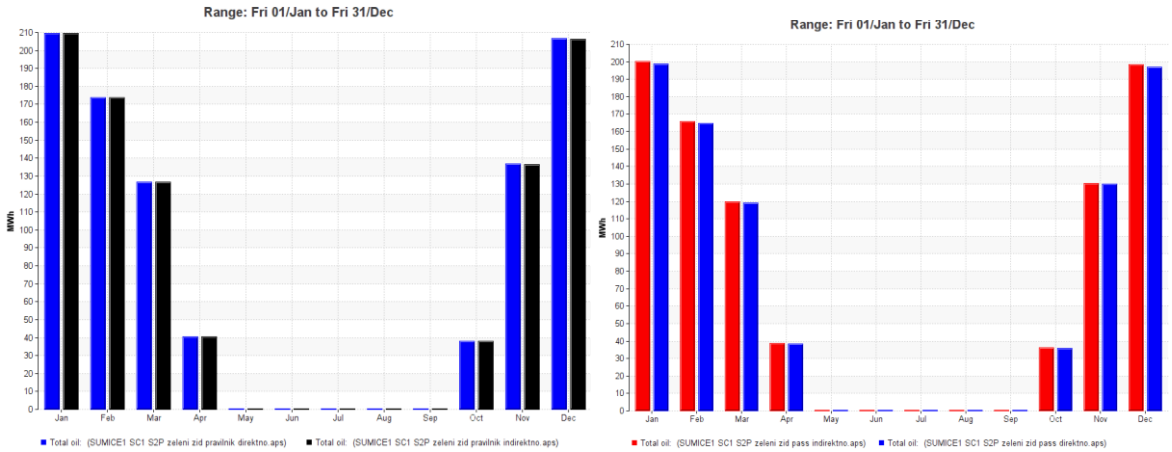
Слика 6.42. Директно озелењавање (лево) и индиректно озелењавање (десно), Извор : Ottele, M., и други (2011)[324]

Постигнути резултати су приказани у табели 6.31.

[324] Ottele, M. и остали (2011) Comparative life cycle analysis for green facades and living wall systems, *Energy and Buildings*, Elsevier, стр. 3421.

Табела 6.31. Резултати симулација С2П+ зелени зид, директно 31 и индиректно озелењавање 32

Директно озелењавање 31	***С2П Правилник ЕЕ***	***С2П Правилник ЕЕ +31***	***С2П EnerPHIt/EnerPHIt⁺***	***С2П EnerPHIt/EnerPHIt⁺ +31***
$Q_{H,nd}$ [kWh/m^2]	934,0	933,8	888,2	887,7
Енергетски разред $Q_{H,\,nd,\,rel}$	E	E	D	D
Уштеда енергије [%]	9,98	9,99	14,4	14,4
Индекс комфора % од 6-8	23,3	23,2	20,8	21,4
Индиректно озелењавање 32	***С2П Правилник ЕЕ***	***С2П Правилник ЕЕ +32***	***С2П EnerPHIt/EnerPHIt⁺***	***С2П EnerPHIt/EnerPHIt⁺ +32***
$Q_{H,nd}$ [kWh/m^2]	934,0	932,9	888,2	885,7
Енергетски разред $Q_{H,\,nd,\,rel}$	E	E	D	D
Уштеда енергије [%]	9,98	10,1	14,4	14,6
Индекс комфора % од 6-8	23,3	22,7	20,8	21,4



Total oil- укупна потрошња енергије за грејање, мазут

Слика 6.43. Упоредна анализа резултата симулација сценарија С2П 31 и 32 унапређење по Правилнику ЕЕ (лево) и С2П 31 и 32 унапређење по EnerPHIt/EnerPHIt⁺(десно)

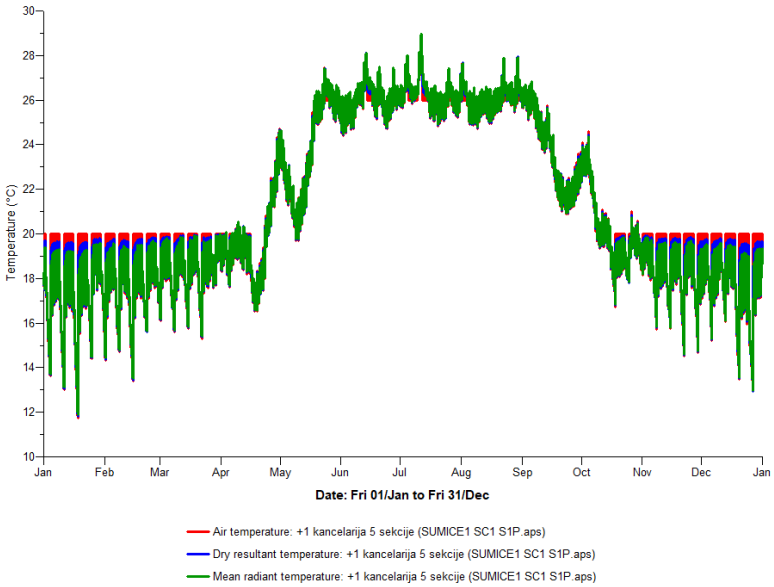
Симулације су показале да вертикално озелењавање по питању уштеде енергије не даје значајне резултате (слика 6.43. и табела 6.31.). Услови комфора су непромењени.

6.3.1.2. Оцена комфора након примене дефинисаних сценарија

СЦЕНАРИО С1П

Канцеларија у моделу СЦ1

Након примене сценарија С1П А (мере дефинисане Правилником о ЕЕ) упоређени су резултати по питању термичког кофора у канцеларијском простору на северу. Максимална температура ваздуха је 11. јула износила 29,78ºC и смањена је на 28,97 ºC. У зимском периоду температура ваздуха у простору канцеларије је повећана за 2,6 ºC што сматрамо врло задовољавајућим (слика 6.44.).

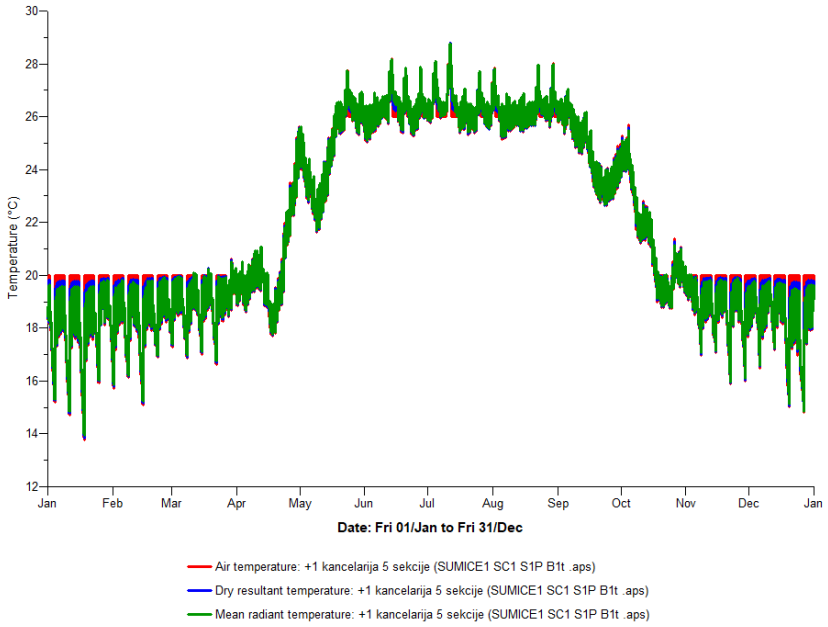


Air temperature- температура ваздуха, Dry resultant temperature- резултантна температура ваздуха, Mean radiant temperature- средња радијантна температура

Слика 6.44. Резултати симулација- температура у простору након интервенција, Сценарио С1П А, за период од годину дана

У канцеларији на северу након примене пакета мера дефинисаних сценаријом С1П Б (EnerPHIt/EnerPHIt^{+}) уочено је смањење температуре ваздуха за 1ºC у односу на постојеће стање али незнатно у поређењу са применом сценарија С1П А. У зимском

периоду за најхладнији дан повећана је температура ваздуха у простору канцеларије за 2°C и износи 13,7ºC (слика 6.45.). (детаљније у Прилогу 9)

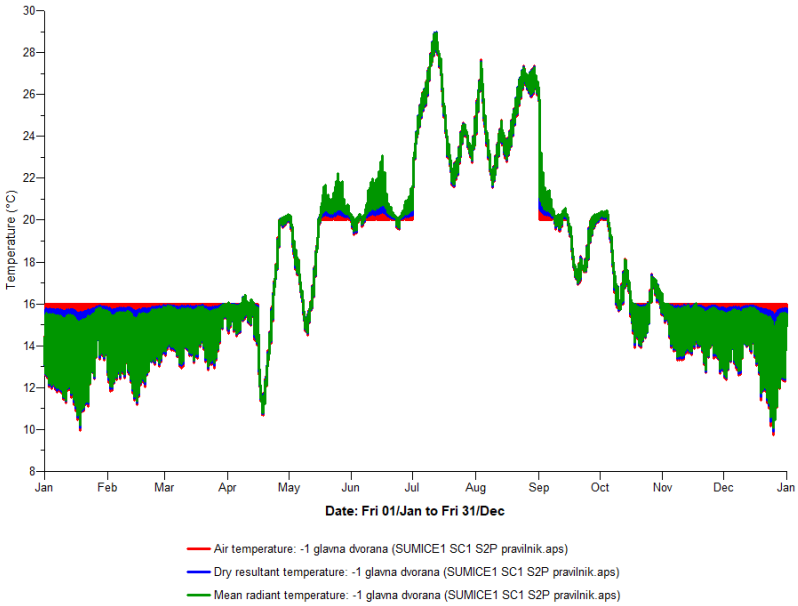


Air temperature- температура ваздуха, Dry resultant temperature- резултантна температура ваздуха, Mean radiant temperature- средња радијантна температура

Слика 6.45. Температура ваздуха у канцеларији на северу након примене сценарија С1П Б (S1P B1t)

Универзална спортска дворана модела СЦ1

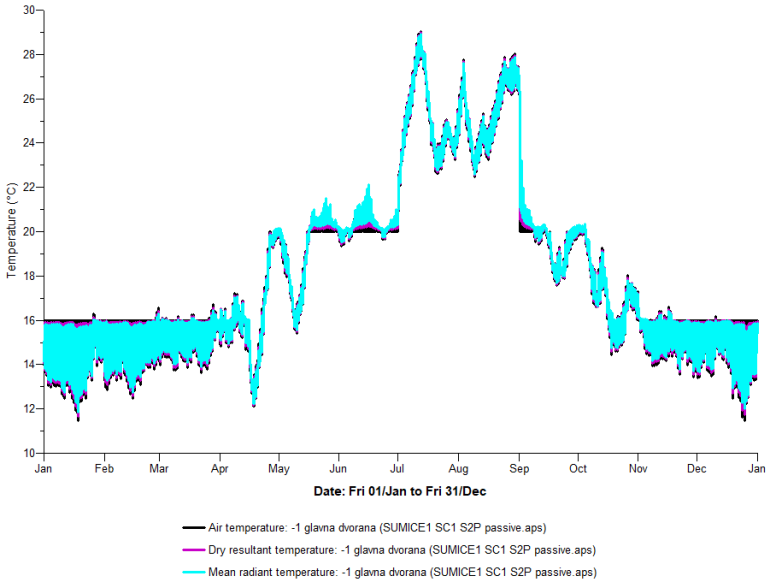
Температура ваздуха у универзалној дворани након примене сценарија С2П А дата је на слици 6.46. Од некадашњих 31,12ºC у току најтоплијег дана за дворану 12. јула пасивним мерама А групе температура ваздуха је спуштена на 28,99ºC. У зимском периоду је температура ваздуха повећана за 4,23ºC. (табеле у Прилогу 9)



Air temperature- температура ваздуха, Dry resultant temperature- резултантна температура ваздуха, Mean radiant temperature- средња радијантна температура

Слика 6.46. Температура ваздуха у универзалној дворани након примене сценарија С2П А (S2P pravilnik) за период од годину дана

Температура ваздуха у универзалној дворани након примене сценарија С2П Б дата је на слици 6.47. Од некадашњих 31,12ºC у току најтоплијег дана за дворану 12. јула пасивним мерама Б групе температура ваздуха је спуштена на 29,04ºC. У зимском периоду је температура ваздуха повећана за приближно 6ºC (табела у Прилогу 9).



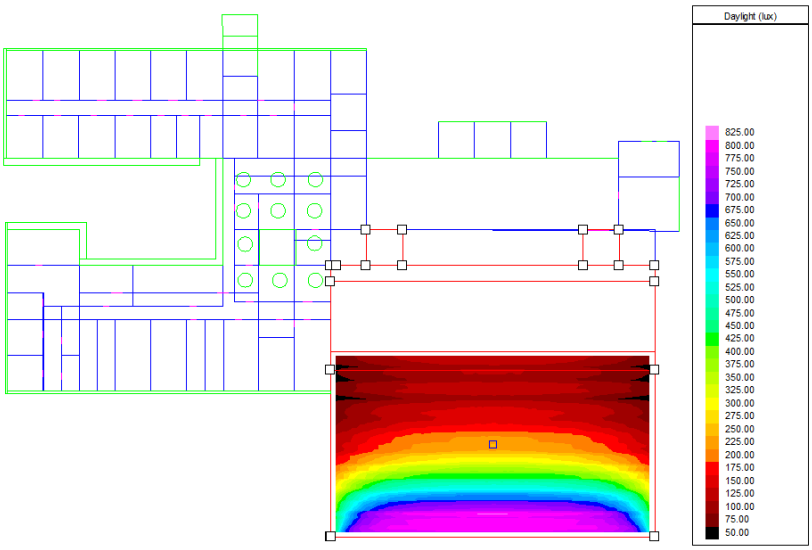
Air temperature- температура ваздуха, Dry resultant temperature- резултантна температура ваздуха, Mean radiant temperature- средња радијантна температура

Слика 6.47. Температура ваздуха у универзалној дворани након примене сценарија С2П Б (S2P passive)

СЦЕНАРИО С2П+ пасивне стратегије

Осветљење универзалне спортске дворане

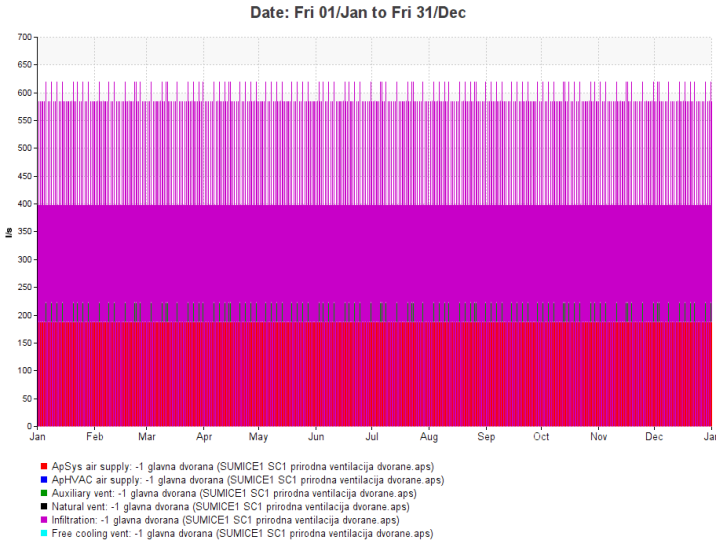
Симулирани су услови након примене Сценарија С2П ЈП. Само 5 % дворане има осветљење од 300 односно 600 lux, што је најповољније осветљење које се препоручује за дворанске спортове, рекреативце и такмичења на професионалном нивоу. Јужни прозор не утиче повољно на визуелни комфор (слика 6.48.).



Слика 6.48. Осветљење у дворани након постављања прозора на југу, сценарио С2П ЛП (лево) и вредности у lux (десно)

Вентилирање простора

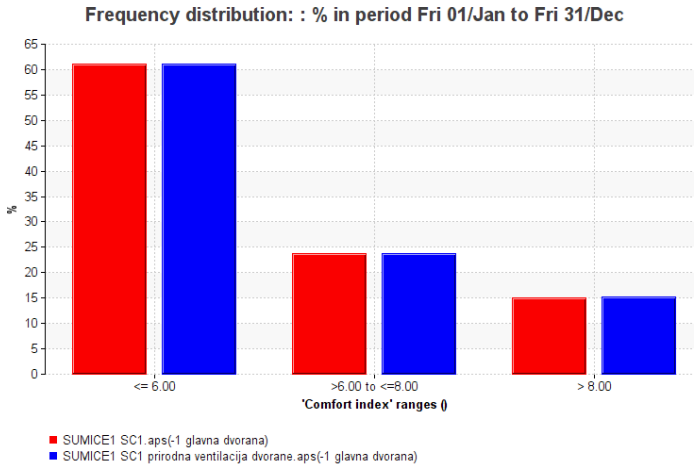
Када је у питању вентилација симулирани су услови након интервенција на вентилационим системима (унапређење КГХ система). Сценарио С1П и С2П не утичу на вентилирање простора дворане и канцеларије у спортском центру. Акценат је на природној вентилацији. Сви простори, укључујући и сутерен имају природну вентилацију. Универзална спортска дворана у постојећем стању нема природну вентилацију. Симулирани су услови након природног вентилирања тог простора (слика 6.49.).



ApSyS air supply- системско снабдевање, ApHVAC air supply- КГХ снабдевање, Auxilary vent- помоћна вентилација, Infiltration- инфилтрација, Natural ventilation- природна вентилација, Free cooling vent- хлађење

Слика 6.49. Вентилација универзалне спортске дворане у моделу СЦ1 уз природно вентилирање простора универзалне дворане

Услови комфора у дворани након природног вентилирања у току боравка људи су приказани дијаграмом на слици 6.50. Непромењени су. Услови комфора су задовољавајући у 23,7 % од укупног времена боравка у дворани.



Comfort index- индекс комфора

Слика 6.50. Услови комфора у дворани пре и након природног вентилирања дворане

6.3.1.3. Унапређење термотехничких система

Када су у питању КГХ системи модела СЦ1 посматране су интервенције само на КГХ системима чиме је креиран сценарио СТ. Постојеће стање и интервенције у постојећим системима вентилације и грејања као и вештачком осветљењу су приказане у табели 6.32.

Табела 6.32. Параметри за КГХ системе, постојеће и унапређено стање, Извор: Аутор према IES VE, Apache Modul[325]

Систем	Постојеће стање	Унапређено стање
Грејање	*Централно радијаторско (водно)*	*VAV dual duct*
	Котао- мазут	*Природни гас*
	Seasonal efficiency 0,89 (сезонска ефикасност)	*0,9*
	ScoP kW/kW 0,57	*0,7*
Хлађење	*Расхладни агрегат до 600 kW (100 kW)*	
	Ваздушно хлађени РА	
	Nominal EER (kW/kW) 3,0 (номинални EER)	*2,90*
	COP	*3,0*
	Seasonal EER (kW/kW) 1,5 ESEER Сезонски EER	*3,0*
	Operation: Mechanical ventilation Механичка вентилација	*Mechanical механичка*
	Pump and Fan power: 10 % Снага пумпе и вентилатора	*5 %*
СТВ	*DHW served by Apache HVAC boiler СТВ опслужена КГХ бојлером*	
	Mean cold water temperature 10°C Средња температура хладне воде	*16°C*
	Hot water supply temperature 60°C Топла вода	*60°C*
	Circulation losses (W/m) 21 Циркулациони губици	*12*
	Pump power kW 1,5 Снага пумпе	*1,0*
	Storage system unisulated Складишни систем неизолован	*Insulated Изолован*

[325] Уз консултације са маш. инг. Ранком Божовићем, EnPlus Београд и Правилник о ЕЕ РС 61/2011

Вентилација	*Fixed OA* *Фиксни ОА*	*Variable OA* *Промењиви ОА*
	Инфилтрација 0,1 ach	*0,5 ach*
	Ventilacija- on continuosly *Вентилација- константна*	*During the presence of people- у току присуства људи*
	Flow rate 0,35 l/s/m² *Проток ваздуха*	*7l/s/person*
Осветљење	*Fluoroscent lightning 20 W/m²* *Флуоросцентне сијалице*	*Led lightning 7 W/m²* *Лед сијалице*

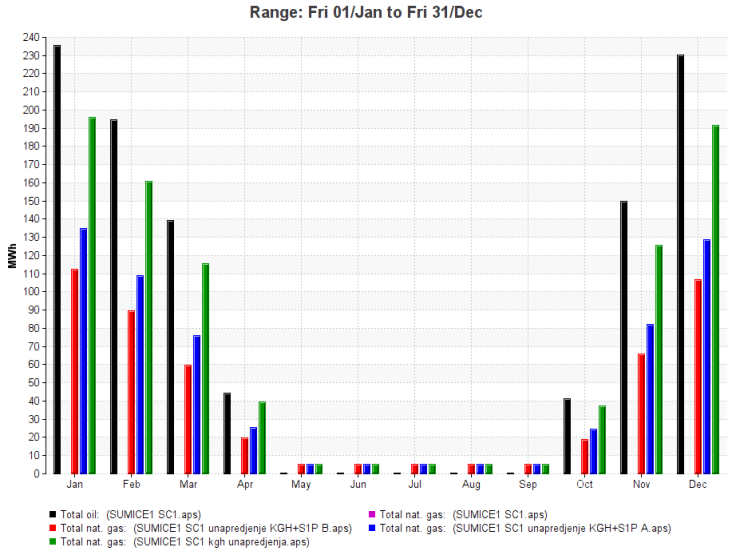
VAV dual duct- двоцевни систем ваздушног грејања и хлађења са промењивим протоком

На основу приложених параметара мера унапређења постојећих система у згради симулацијом су постигнути резултати приказани у табели 6.33.

Табела 6.33. Упоредна анализа резултата унапређења КГХ система, Сценарио СТ, Сценарио СТ +С1П Сценарио СТ +С2П

	Постојеће стање	**СТ (КГХ)**	**СТ +С1П**		**СТ +С2П**	
			А	**Б**	**А**	**Б**
$Q_{H,nd}$ [kWh/m²]	1037,5	892,9	607,3	499,1	813,9	776,6
Енергетски разред $Q_{H, nd, rel}$	E	148 D	110,6 D	90,9 C	148,3 D	141,5 D
Уштеда енергије [%]		13,9	41,5	51,9	21,6	25,1
Индекс комфора, канцеларија, од 6-8 [%]	13,4	13,4	15,9	15,3	13,4	13,4
Индекс комфора, дворана, од 6-8 [%]	23,8	23,7	23,7	23,7	24,4	22,5
Електрична енергија [kWh]	211,3	196,9				
Уштеда енергије [%]		6,8				

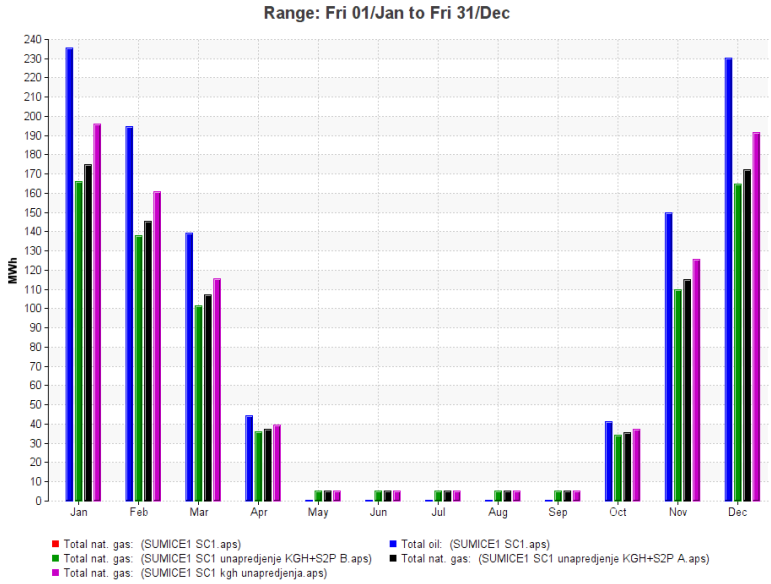
Дијаграм на слици 6.51. приказује потрошњу енергије по месецима за период од годину дана након примене сценарија СТ, СТ+С1П А и СТ+С1П Б.



Total oil- потрошња енергије за грејање; мазут, Total nat.gas- потрошња енергије за грејање; природни гас

Слика 6.51. Упоредна анализа резултата потрошње енергије постојећег стања (SC1) и сценарија СТ (KGH unapredjenja), СТ+С1П А (KGH+S1P A), СТ+С1П Б (KGH+S1P B)

Дијаграм на слици 6.52. приказује потрошњу енергије за грејање за период од годину дана након примене пакета мера сценарија СТ, СТ+С2П А и СТ+С2П Б.

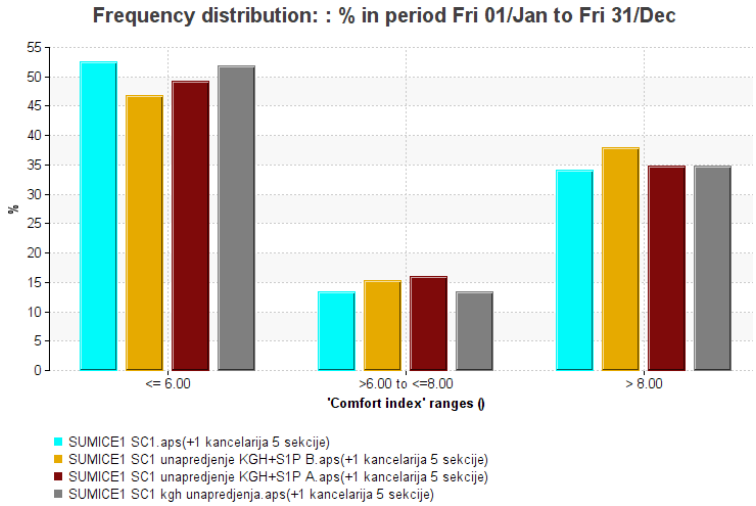


Total oil- потрошња енергије за грејање; мазут, Total nat.gas- потрошња енергије за грејање; природни гас

Слика 6.52. Упоредна анализа резултата потрошње енергије постојећег стања и сценарија СТ, (KGH unapredjenja), СТ+С2П А (KGH+S2P A), СТ+С1П Б (KGH+S2P B)

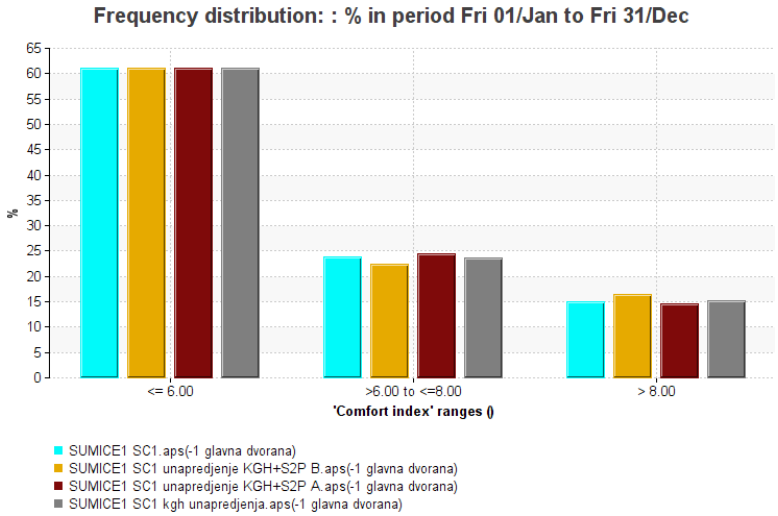
Унапређењем термотехничких система постиже се уштеда енергије од 13,9 % (табела 6.33). Услови комфора су непромењени. Уштеда у потрошњи електричне енергије је 6 %. Унапређењем само термотехничких система симулације су показале да се може унапредити објекат за један енергетски разред. Сценаријом СТ С1П Б може се постићи Ц енергетски разред. Уз сценарио СТ С2П групе А и Б такође се може постићи унапређење за један енергетски разред.

Индекс комфора постојећег стања за анализиране просторе дефинисаних сценарија из табеле 6.33. приказан је на сликама 6.53. и 6.54.



Comfort index ranges- опсег индекса комфора

Слика 6.53. Индекс комфора постојећег и унапређеног стања за канцеларијски простор у СЦ1, постојећег стања и сценарија СТ (KGH unapredjenja), СТ+С1П А (KGH+S1P A), СТ+С1П Б (KGH+S1P B)



Comfort index ranges- опсег индекса комфора

Слика 6.54. Индекс комфора постојећег и унапређеног стања за универзалну дворану у СЦ1, постојећег стања и сценарија СТ (KGH unapredjenja), СТ+С2П А (KGH+ S2P A), СТ+С2П Б (KGH+S2P B)

6.3.1.4. Интеграција обновљивих извора енергије

Конструкција соларних фотонапонских панела представља сценарио СА. Уколико се поставе фотонапонски, стандардни, панели (PV- photovoltaic, ефикасности 15 %, кристални силицијум)[326] на кров универзалне дворане[327] снаге 250 W, димензија 1650 x 990 x 38 mm, напона 30,60 V и 18,5 kg тежине на површини од приближно половине површине крова (800 m^2) под углом једнаким географској ширини подручја на коме се налазе 44,8º (Београд) долази се до уштеде енергије и комфорних услова приказаних у табели 6.34.

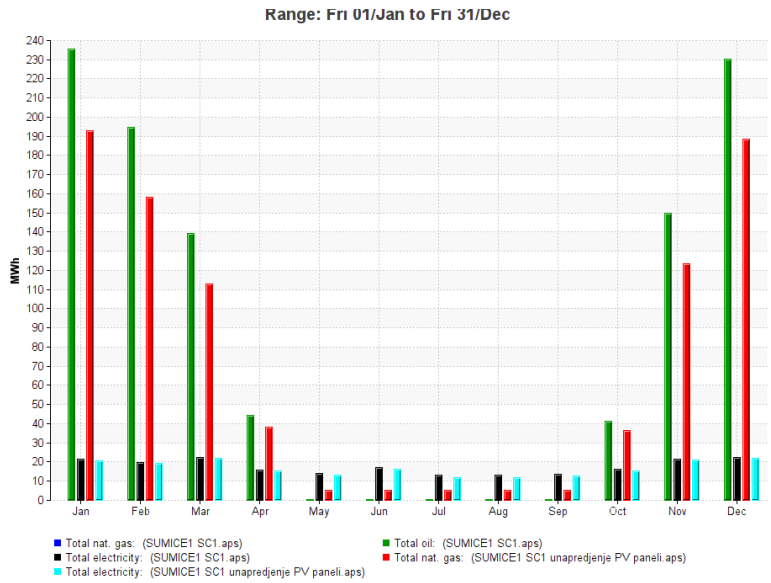
[326] Sharp, тип Polikristal, извор: https://www.parenasunce.com/solarni-paneli/ Исти се користе и за СЦ2.
[327] Тежина панела и сигурност конструкције су посебна проблематика која се у овом случају не узима у обзир.

Табела 6.34. Потрошња енергије и услови комфора за модел СЦ1, сценарио СА (постојеће стање +ФН панели), СА+КГХ (унапређење КГХ система+ ФН панели), СА+С1П, СА+С2П

СЦ1	**Постојеће стање**	**СА**	**СА+КГХ**	**СА+С1П**		**СА+С2П**	
				А	**Б**	**А**	**Б**
$Q_{H,nd}$ [kWh/m^2]	1037,5	1002,3	877,5	650,4	520,3	902,5	854,3
Енергетски разред $Q_{H,\ nd,\ rel}$	E	166,5 E	145,7 D	108,0 D	86,4 C	150 D	141,9 D
Уштеда енергије [%]		3,4	15,4	37,3	50	13,01	17,7
Индекс комфора, канцеларија, од 6-8 [%]	13,4	13,4	13,4	15,9	15,3	13,4	13,4
Индекс комфора, дворана, од 6-8 [%]	23,8	24,5	24,5	24,7	24,9	24,2	22,3

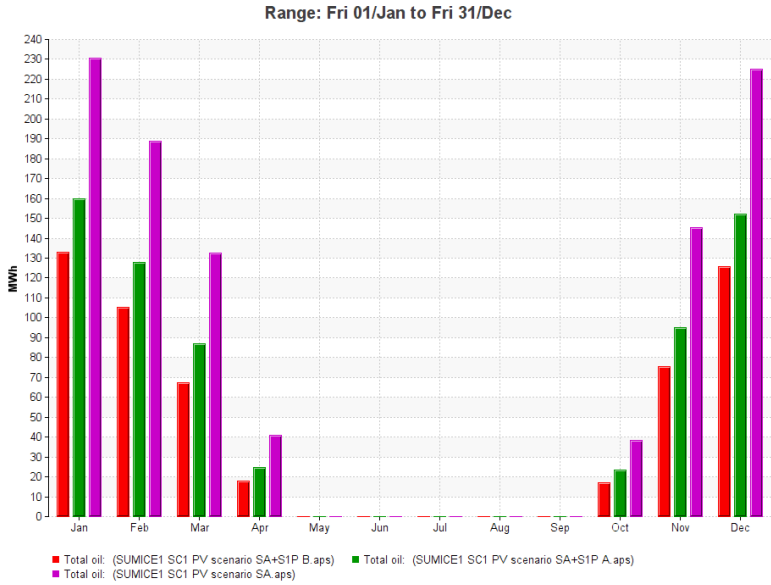
Унапређење од једног енергетског разреда може се постићи уз сценарио СА+С1П А. Унапређење од два енергетска разреда може се постићи уз сценарио СА+С1П Б. Уколико се унапреди само универзална дворана мерама дефинисаним сценаријом С2П А и Б и уколико се поставе ФН панели може се постићи унапређење од једног енергетског разреда. У том случају уштеде у енергији за грејање су прилично велике имајући у виду велику потрошњу ове врсте објеката (од 13 до 17,7 %). Услови комфора у дворани су непромењени.

Слика 6.55. приказује постигнуте резултате по питању потрошње енергије из табеле 6.34. сценарија СА, СА+КГХ. Слике 6.56. и 6.57. приказују постигнуте резултате сценарија СА, СА+С1П А, СА+С1П Б и СА, СА+С2П А, СА+С2П Б.



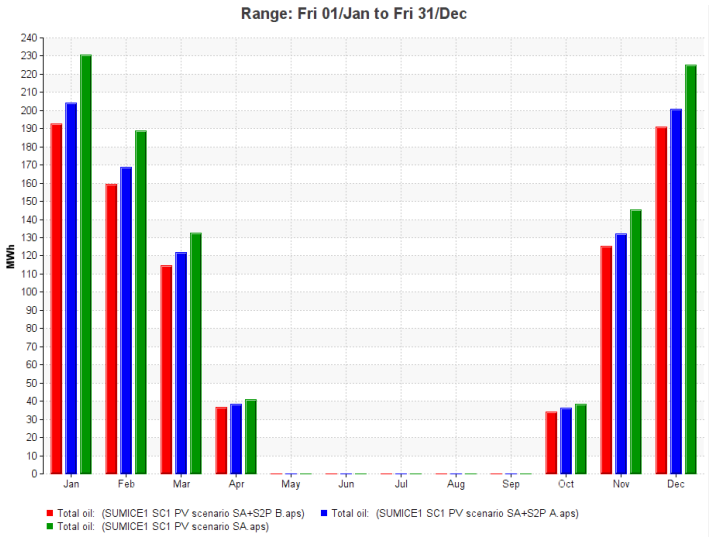
Total oil- потрошња енергије за грејање; мазут, Total nat.gas- потрошња енергије за грејање; природни гас, Total electricity- укупна потрошња електричне енергије

Слика 6.55. Потрошња енергије након унапређења КГХ система и постављених фотонапонских панела, сценарио СА+КГХ (unapredjenje PV paneli)



Total oil- потрошња енергије за грејање; мазут

Слика 6.56. Потрошња енергије сценарио СА (PV scenario SA), СА+С1П А (PV scenario SA+S1P A) и СА+С1П Б (PV Scenario SA+S1P B)



Total oil- потрошња енергије за грејање; мазут

Слика 6.57. Потрошња енергије сценарио СА (PV scenario SA), СА+С2П А (PV scenario SA+S2P A) и СА+С2П Б (PV Scenario SA+S2P B)

6.3.2. Модел СЦ2

6.3.2.1. Примена пасивних мера унапређења

Примењене су мере у свему једнаке као код модела СЦ1 (поглавље 6.3.1.1.).

СЦЕНАРИО С1П

Сценарио С1П представља унапређење објекта не третирајући универзалну спортску дворану. Резултати су приказани у табели 6.35.

Табела 6.35. Сценарио С1П за модел СЦ2, унапређење објекта изузимајући универзалну спортску дворану

Објекат без универзалне спортске дворане СЦ2		
Позиција термичког омотача	Постојеће стање пре унапређења и max. U вредности	Појединачне мере унапређења селектованих позиција

	Uпостојеће	Umax[328]	Umax[329]	A	Hts	A	Б
	W/m²K	W/m²K	W/m²K	m²	W/K	Камена вуна (5 cm) U [W/m²K]	Камена вуна (15 cm) U [W/m²K]
Спољни зид у контакту са спољним ваздухом	2,0	0,4	0,15	947,96	1901,61	0,5[330]	0,2
Испуњени услови термичког комфора у објекту (канцеларија 7) [%]					13,1 % времена боравка у простору индекс комфора је од 6-8	12,4 % времена боравка у простору индекс комфора је од 6-8	12,4 % времена боравка у простору индекс комфора је од 6-8
$Q_{H,nd}$ [kWh/m²]					1021,7	971,9	964,8
Енергетски разред , $Q_{H, nd, rel} \leq 180$					186,7 % E	177,1 % E	175,8 % E
Уштеда енергије наконо примене појединачних мера [%]						4,9	5,6
Спољни зид (укопан)	1,13	0,5	0,35	803,6	578,6	Камена вуна (5 cm) U [W/m²K] 0,4	Камена вуна (15 cm) U [W/m²K] 0,2
Испуњени услови термичког комфора у објекту (Кочовић сала за пилатес у сутерену) [%]					20,5 % времена боравка у простору индекс комфора је од 6-8	20,5 % времена боравка у простору индекс комфора је од 6-8	20,5 % времена боравка у простору индекс комфора је од 6-8
$Q_{H,nd}$ [kWh/m²]					1021,7	989,7	982,3
Енергетски разред					186,7 % E	180 % E	178,9 % E
Уштеда енергије наконо примене појединачних мера [%]						3,13	3,9
Под	1,31	0,4	0,15	2527,8	1655,73	XPS (5 cm) U [W/m²K] 0,4	XPS (15 cm) U [W/m²K] 0,18
Испуњени услови термичког комфора у објекту (канцеларија 7) [%]					13,1% времена боравка у простору индекс комфора је од 6-8	10,4% времена боравка у простору индекс комфора је од 6-8	10,8 времена боравка у простору индекс комфора је од 6-8
$Q_{H,nd}$ [kWh/m²]					1021,7	861,9	822,8
Енергетски разред , $Q_{H, nd, rel} \leq 180$					186,7 % E	157 % E	150 % D
Уштеда енергије наконо примене појединачних мера [%]						15,6	19,5
Кров објекта	1,29	0,2	0,15	2527,8	3260,9	XPS (5 cm) U [W/m²K] 0,4	XPS (15 cm) U [W/m²K] 0,18
Испуњени услови термичког комфора у објекту (канцеларија 5)					13,1 % времена	13,6 % времена	13,8 % времена

[328] Правилник о енергетској ефикасности „Службени гласник РС“, бр. 61/2011
[329] EnerPHit^{+} сертификација
[330] Незнатно одступање у односу на максималну дозвољену U вредност када је у питању спољни зид на објекту.

[%]						боравка у простору индекс комфора је од 6-8	боравка у простору индекс комфора је од 6-8	боравка у простору индекс комфора је од 6-8
$Q_{H,nd}$ [kWh/m^2]						1021,7	907,9	872,5
Енергетски разред , $Q_{H,\ nd,\ rel} \leq 180$						186,7 % E	165,4 % E	158,9 % E
Уштеда енергије након примене појединачних мера [%]							11,1	14,6
Спољни прозори објекта	2,86	1,5	0,85	945,31	1892,51		Al U [W/m^{2}K] 1,58 само стакло 1,41 g= 0,4	Б1 U [W/m^{2}K] 1,19 само стакло 0,9 g= 0,37
Испуњени услови термичког комфора у објекту (канцеларија) [%]						13,1 % времена боравка у простору индекс комфора је од 6-8	12,6 % времена боравка у простору индекс комфора је од 6-8	12,7 % времена боравка у простору индекс комфора је од 6-8
$Q_{H,nd}$ [kWh/m^2]						1021,7	984,9	976,7
Енергетски разред, $Q_{H,\ nd,\ rel} \leq 180$						186,7 % E	179,4 % E	177,9 % E
Уштеда енергије % након примене појединачних мера [%]							3,6	4,4
Резултати симулација након примене пакета мера (свих поменутих појединачних мера)								
Испуњени услови термичког комфора у објекту (канцеларија) [%]						13,1 % времена боравка у простору индекс комфора је од 6-8	11,0 % времена боравка у простору индекс комфора је од 6-8	15,5 % времена боравка у простору индекс комфора је од 6-8
$Q_{H,nd}$ [kWh/m^2]						1021,7	656,5	494,3
Енергетски разред, $Q_{H,\ nd,\ rel} \leq 180$						186,7 % E	119,6 % D	90,05 % C
Уштеда енергије након примене пакета мера [%]							35,7	51,6

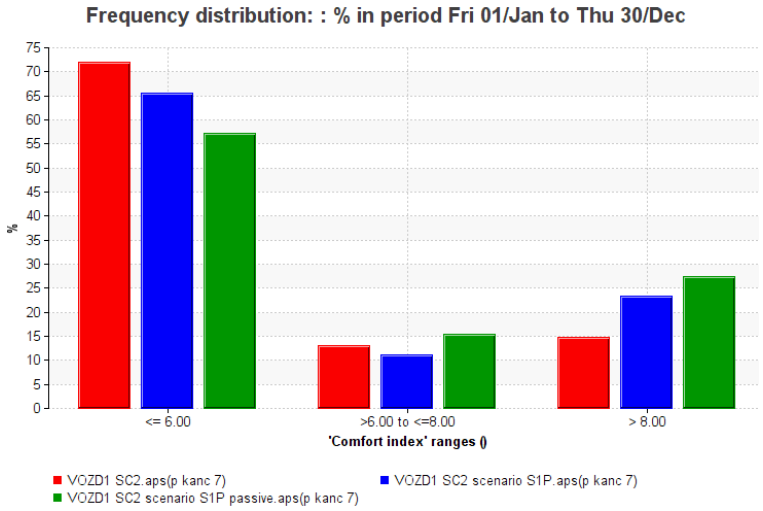
A1- Low-E Triple Glazing, argon SC=0.65 g=0.4

На основу добијених резултата може се констатовати да након примене пакета мера групе Б не третирајући универзалну спортску дворану у објекту, примењујући сценарио С1П могу се остварити значајне уштеде у потрошњи енергије за грејање до 52 %.

Применом поменутих појединачних мера А код сценарија С1П којима се испуњавају минимални услови прописани Правилником о енергетској ефикасноси зграда РС остварује се уштеда енергије до 15 % и објекат се једино појединачном мером групе Б за позицију пода унапређује за један енергетски разред. Применом пакета мера А остварује се уштеда од 35,7 % што доводи објекат до енергетског разреда D и сматра се задовољавајућим унапређењем имајући у виду да је објекат достигао побољшање

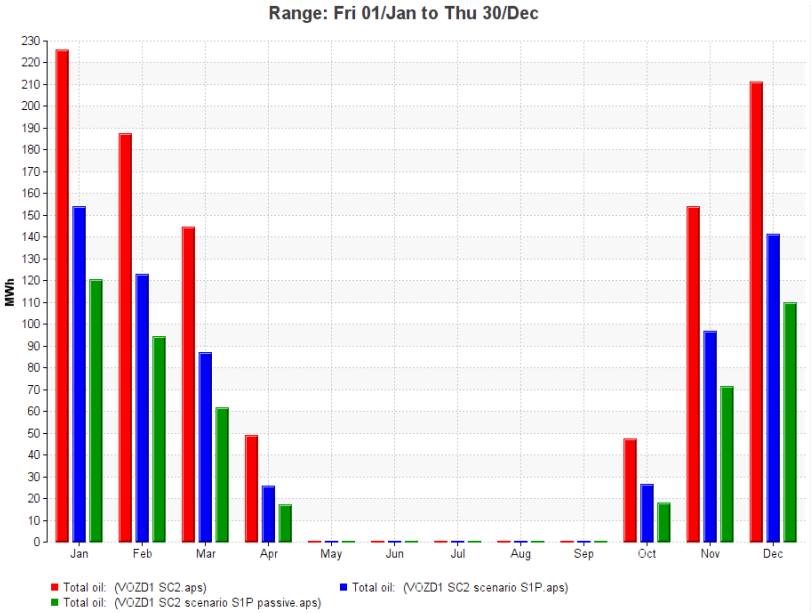
за један енергетски разред. Проценат угодног времена у току боравка у канцеларији је умањен; од 13,1 % на 11 %.

Применом мера којима се остварују минимални услови прописани EnerPHit сертификацијом може се констатовати да се могу остварити значајне уштеде у потрошњи енергије за грејање и износе 51,6 %. Применом пакета мера за све селектоване позиције објекат постиже C енергетски разред. Комфорни услови у канцеларији су побољшани; процентуално од 13,1 % времена угодности увећани су на 15,5 %. Резултати и њихова упоредна анализа приказани су на сликама 6.58. и 6.59.



Index comfort ranges- опсег индекса комфора

Слика 6.58. Упоредна анализа вредности индекса комфора за канцеларију у приземљу - постојећег стања (SC2), сценарија C1П (унапређење Правилник) и C1П passive (унапређење EnerPHIt/EnerPHIt^{+})



Total oil- потрошња енергије за грејање; мазут

Слика 6.59. Упоредна анализа потрошње енергије за грејање постојећег стања (SC2) и сценарија С1П, примена мера А (S1P) и Б (S1P passive)

СЦЕНАРИО С2П

Табела 6.36. приказује унапређење селектованих позиција термичког омотача универзалне дворане у спортском центру док је остатак зграде у постојећем стању.

Табела 6.36. Унапређење термичког омотача универзалне спортске дворане модела СЦ2, сценарио С2П

Универзална дворана модела СЦ2							
Позиција термичког омотача	Постојеће стање пре унапређења и мах. U вредности					Појединачне мере унапређења селектованих позиција U *након термоизолације* [W/m^{2}K]	
	Uпостојеће	Umax[331]	Umax[332]	A	Hts	A	Б
	W/m^{2}K	W/m^{2}K	W/m^{2}K	m^2	W/K	Камена вуна (5 cm) U [W/m^{2}K]	Камена вуна (15 cm) U [W/m^{2}K]
Спољни зид- ка	1,82	0,9	0,35	884,09	1284,24	0,48	0,2

[331] Правилник о Енергетској ефикасности „Службени гласник РС“, бр. 61/2011
[332] EnerPHIt$^+$ сертификација

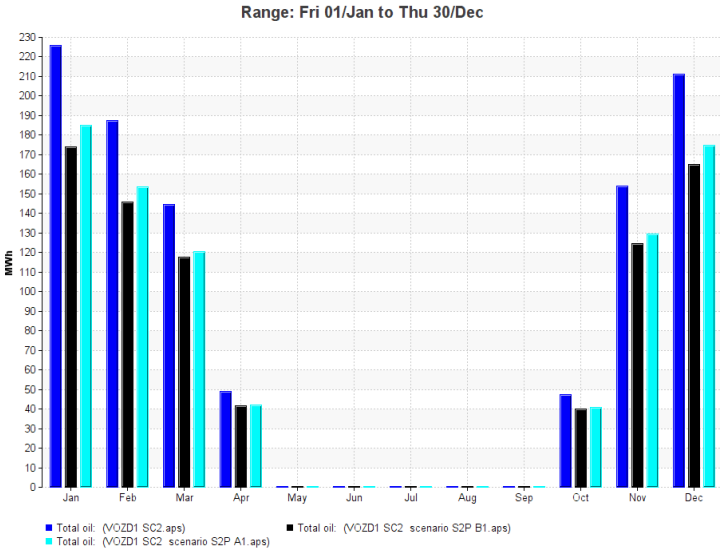
грејаном делу објекта							
Испуњени услови термичког комфора у дворани [%]					21,4 % времена боравка у простору индекс комфора је од 6-8	21,9 % времена боравка у дворани индекс комфора је 6-8	21,8 % времена боравка у дворани индекс комфора је 6-8
$Q_{H,nd}$ [kWh/m^2]					1021,7	952,6	946,8
Енергетски разред ($Q_{H, nd, rel} \leq 180$ је E)					186,7% E	173,5% E	172,5% E
Уштеда енергије након примене појединачних мера [%]						6,8	7,3
Под игралишта	0,77	0,4	0,15	2395,41	922,23	XPS (5 cm) U [W/m^{2}K] 0,36	XPS (15 cm) U [W/m^{2}K] 0,17
Испуњени услови термичког комфора у дворани [%]					21,4% времена боравка у дворани индекс комфора је 6-8	22% времена боравка у дворани индекс комфора је 6-8	21,9% времена боравка у дворани индекс комфора је 6-8
$Q_{H,nd}$ [kWh/m^2]					1021,7	965,7	957,3
Енергетски разред , $Q_{H, nd, rel} \leq 180$ E					186,7 % E	175,9 % E	174,4 % E
Уштеда енергије након примене појединачне мере [%]						5,5	6,3
Кров дворане	1,20	0,2	0,15	2395,41	2874,49	XPS (5 cm) U [W/m^{2}K] 0,4	XPS (15 cm) U [W/m^{2}K] 0,19
Испуњени услови термичког комфора у дворани [%]					21,4 % времена боравка у дворани индекс комфора је 6-8	22 % времена боравка у дворани индекс комфора је 6-8	22,3 % времена боравка у дворани индекс комфора је 6-8
$Q_{H,nd}$ [kWh/m^2]					1021,7	939,5	919,9
Енергетски разред , $Q_{H, nd, rel} \leq 180$					186,7 % E	171,2 % E	167,6 % E
Уштеда енергије након примене појединачне мере[%]						8,0	9,9
Спољни прозори на дворани	3,2	1,5	0,85	285,0	638,4	А1 U [W/m^{2}K] 1,45 само стакло 1,2 g=0,5	Б1 U [W/m^{2}K] 1,01 само стакло 0,78 g=0,36
Испуњени услови термичког комфора у дворани [%]					21,4 % времена боравка у дворани индекс комфора је 6-8	22,3 % времена боравка у дворани индекс комфора је 6-8	22,5 % времена боравка у дворани индекс комфора је 6-8
$Q_{H,nd}$ [kWh/m^2]					1021,7	945,3	950,9
Енергетски разред , $Q_{H, nd, rel} \leq 180$					186,7 % E	172,2 % E	173,2 % E
Уштеда енергије након примене појединачне мере [%]						7,4	6,9
Резултати симулација након примене пакета мера (свих поменутих појединачних мера)							
Испуњени услови термичког комфора у дворани [%]					21,4 % времена боравка у дворани индекс комфора је	22,6 % времена боравка у дворани индекс	23,7 % времена боравка у дворани индекс

	6-8	комфора је 6-8	комфора је 6-8
$Q_{H,nd}$ [kWh/m^2]	1021,7	847,9	810,5
Енергетски разред , $Q_{H,\ nd,\ rel} \leq 180$	186,7 % E	154,5 % E	147,7 % D
Уштеда енергије након примене пакета мера		17,0	20,7

Спољни прозор на дворани- унапређење - A1=Low E Triple Glazing SC=6, U= 1,45 W/m^{2}K само стакло 1,27 W/m^{2}K, Б 1=Low E Triple Glazing argon SC=6,5

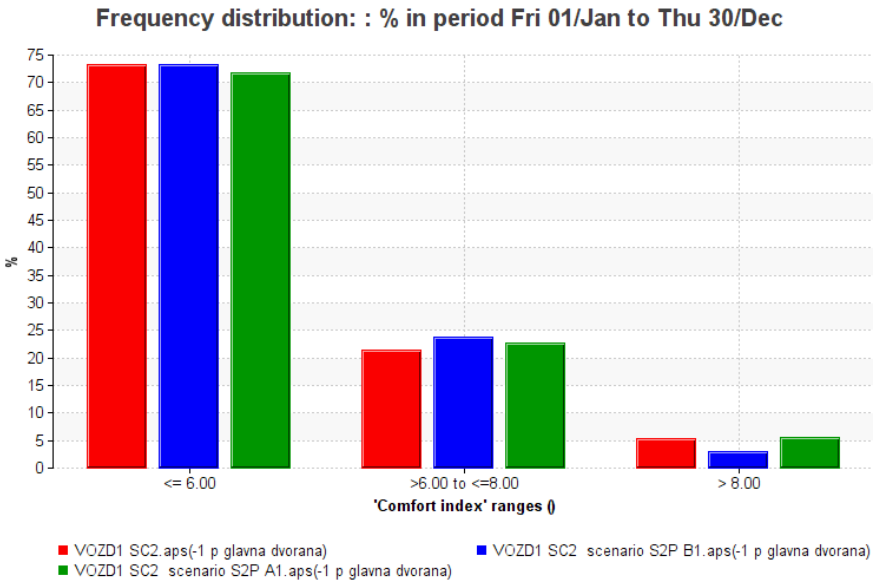
Уколико се примене поменуте мере унапређења само за универзалну дворану у објекту, посматрајући је као засебну термичку зону, може се постићи унапређење читавог објекта за један енергетски разред применом пакета мера групе Б. Уштеда енергије, уколико се примене мере А износи 17 % што представља 173,8 MWh уштеде. Уколико се примене мере Б уштеда енергије је 20 % или 211,2 MWh.

Упоредна анализа добијених резултата по питању енергије за грејање и услова комфора за дворану након примене мера сценарија С2П приказана је на сликама 6.60. и 6.61.



Total oil- потрошња енергије за грејање; мазут

Слика 6.60. Упоредна анализа потрошње енергије за грејање постојећег стања (SC2) и сценарија С2П, примена мера А (S2P A1) и Б (S2P B1)



Comfort index ranges- опсег индекса комфора

Слика 6.61. Упоредна анализа вредности индекса комфора за универзалну дворану- постојећег стања (SC2) и сценарија С2П, примена мера А (S2P A1) и Б (S2P B1)

Применом пакета мера сценарија С2П групе А услови комфора индекса 6-8 (осећај угодности) су процентуално увећани од 21,4 % до 22,6 % у односу на укупан број сати боравка у дворани. Применом пакета мера С2П Б увећавају се до 23,7 %.

СЦЕНАРИО С1П+С2П

Сценарио С1П+С2П подразумева унапређење омотача читавог објекта. Универзална спортска дворана се посматра као део целине.

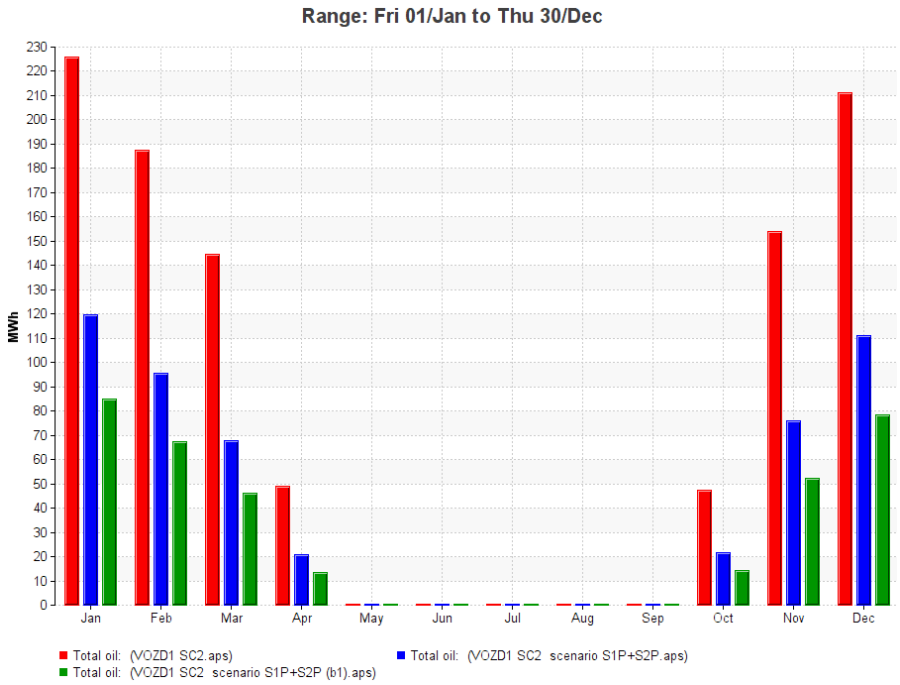
Табела 6.37. приказује резултате симулација након унапређења читавог објекта Сценарио С1П+С2П.

Табела 6.37. Приказ резултата након унапређења читавог објекта модела СЦ2

Резултати симулација за модел СЦ2	**Постојеће стање**	**Сценарио С1П+С2П** ***Правилник о ЕЕ***	**Сценарио С1П+С2П** ***EnerPHIt/EnerPHIt^{+}***
Испуњени услови термичког комфора дворана [%] (6-8)	21,4	22,9	24,6
Испуњени услови термичког комфора канцеларија [%]	13,1	11,4	15,5
$Q_{H,nd}$ [kWh/m^2]	1021,7	514,4	358,5
Енергетски разред, $Q_{H,\ nd,\ rel}$	186,7 % E	93,7 % C	65,3 % C
Уштеда енергије [%]		49,7	64,9

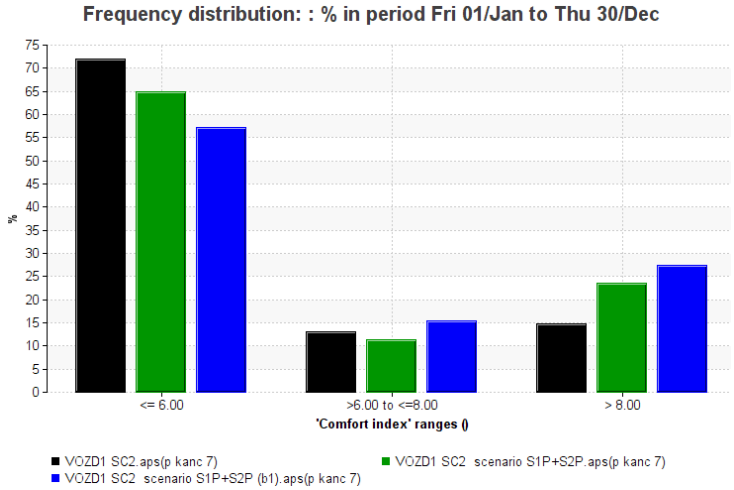
Уколико се унапреди објекат као целина, тј. не дели објекат на две термичке зоне сходно Правилнику о ЕЕ РС постиже се унапређење за два енергетска разреда и уштеда енергије за грејање од 49,7 % (С1П+С2П). Применом пакета мера (С1П+С2П) којима се испуњавају услови EnerPHIt/EnerPHIt^{+} сертификацијом постиже се унапређење за такође два енергетска разреда и достиже се разред Ц уз уштеду од 64,9 %. По питању комфора, целокупан утисак за поједине анализиране просторе а на основу добијених резултата симулација- применом пасивних мера унапређења, је да се постижу повољнија унапређења применом пакета мера Б.

Упоредна анализа резултата по питању енергије за грејање приказана је дијаграмом на слици 6.62. и комфора у канцеларијском и простору дворане на сликама 6.63. и 6.64.



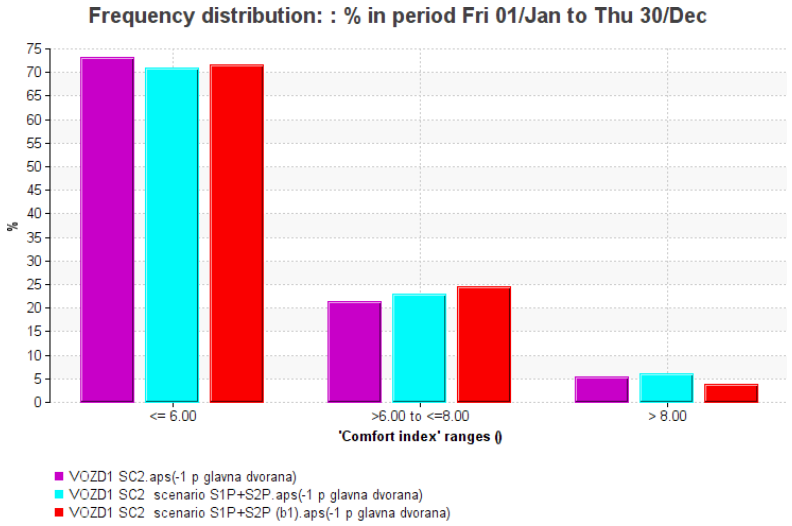
Total oil- потрошња енергије за грејање; мазут

Слика 6.62. Упоредна анализа потрошње енергије за грејање за модел СЦ2, постојећег стања, сценарија С1П+С2П (примена мера А) и сценарија С1П+С2П (б1) (примена мера Б)



Comfort index ranges- опсег индекса комфора

Слика 6.63. Упоредна анализа вредности индекса комфора за канцеларију у моделу СЦ2- сценарија С1П+С2П, примена мера А (S1P+S2P) и Б (S1P+S2P b1)



Comfort index ranges- опсег индекса комфора

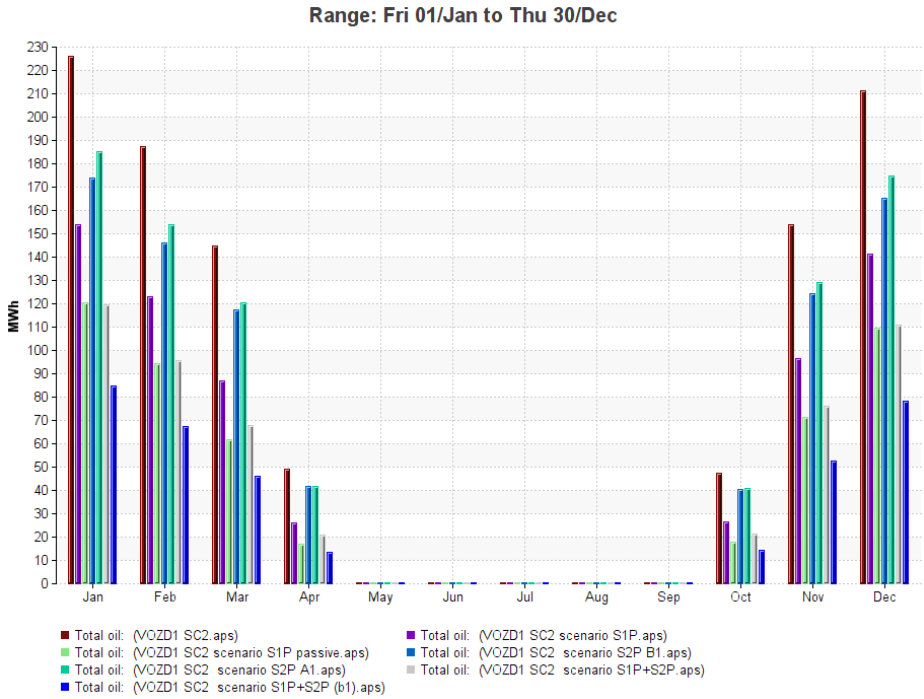
Слика 6.64. Упоредна анализа вредности индекса комфора за универзалну дворану- постојеће стање (СЦ2) и сценарија С1П+С2П, примена мера А и сценарија С1П+С2П (б1) примена мера Б

Упоредна анализа резултата симулација по питању грејања и комфора постојећег стања, сценарија С1П и С2П након примењених појединачних и пакета мера А и Б приказана је у табели 6.38.

Табела 6.38. Упоредна анализа резултата унапређења модела СЦ2 за сценарио С1П и С2П

Резултати симулација за модел СЦ1	**Постоје ће стање**	**Сценарио С1П** *објекат без дворане*		**Сценарио С2П** *дворана*		**Сценарио С1П+С2П** *Правилни к о ЕЕ*	**Сценарио С1П+С2П** *EnerPHIt/ EnerPHIt+*
		А	Б	А	Б		
$Q_{H,nd}$ [kWh/m^2]	1021,7	656,5	494,3	847,9	810,5	514,4	358,5
Енергетски разред $Q_{H, nd, rel}$	E	D	C	E	D	C	C
Уштеда енергије након примене пакета мера [%]		35,7	51,6	17,0	20,7	49,7	64,9
Индекс комфора за поједине просторе, удобност у току боравка људи							
Испуњени услови термичког комфора *канцеларија* , индекс комфора 6-8	13,1 % времена боравка	11,0	15,5	-	-	11,4	15,5
Испуњени услови термичког комфора *дворана* индекс комфора 6-8	21,4 % времена боравка	-	-	22,6	23,7	22.9	24,6

На основу добијених резултата може се констатовати да уколико је циљ примене мера унапређење објекта за један енергетски разред нема потребе примењивати мере унапређења на универзалној спортској дворани већ само на осталом делу објекта (сценарио С1П А). Применом мера унапређења само на универзалној дворани на конкретном примеру Е енергетског разреда такође се може постићи унапређење за један енергетски разред (пакет мера Б). Слика 6.65. приказује резултате из табеле 6.38.



Total oil- потрошња енергије за грејање; мазут

Слика 6.65. Упоредна анализа резултата потрошње енергије за грејање постојећег стања (SC2) и примењених сценарија, С1П (S1P), С2П (S2P A1 B1), С1П+С2П (S1P+S2P и S1P+S2P b1)

СЦЕНАРИО С2П+ зенитално осветљење

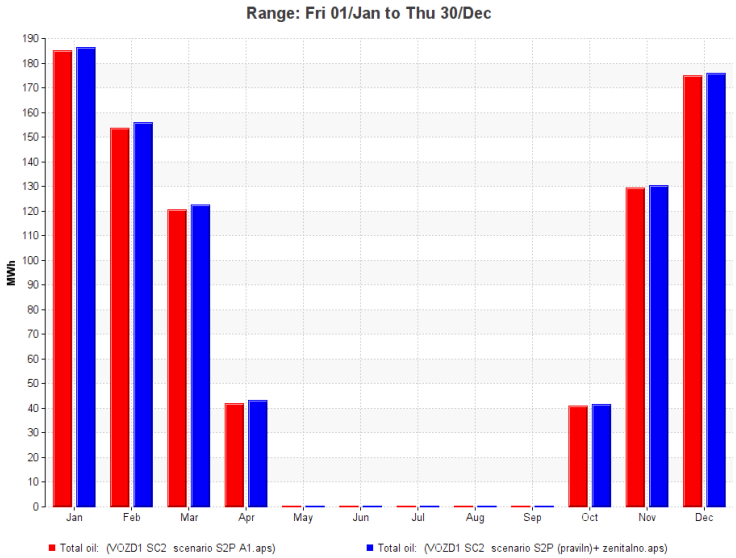
Положај универзалне дворане у средишњем делу објекта даје нам могућност унапређења светлосног комфора само са крова. У току сунчаних дана интензитет

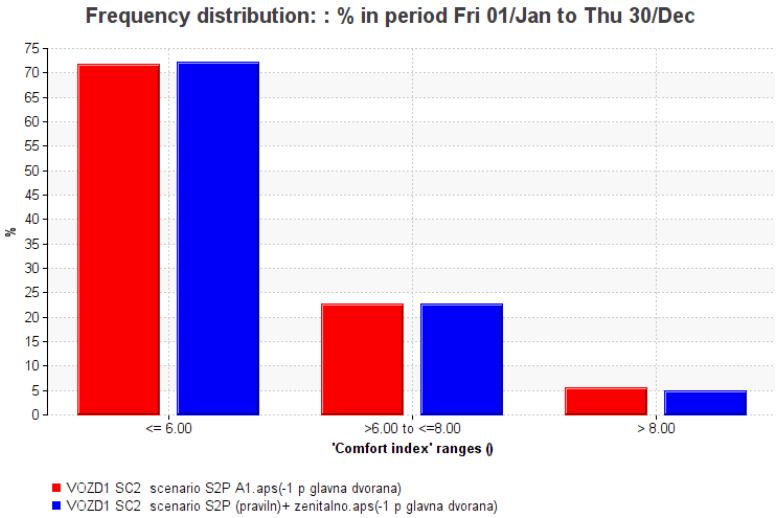
дневне светлости у универзалној дворани је задовољавајући. Уколико је облачно интензитет дневне светлости је побољшан зениталним осветљењем за који су урађене симулације. Након симулирања услова у дворани за отворе на крову од 2 x 45 m, 3 x 45 m и 4 x 45 m показало се да је најоптималније решење величине зениталног осветљења на крову дворане од 2 x 45 m. Постављено је двоструко стакло пуњено аргоном са једним нискоемисионим слојем (према Правилнику ЕЕ РС U=1,27 W/m^{2}K $U_{само\ стакло}$= 1,14 W/m^{2}K g=0,5, према EnerPHIt/EnerPHIt$^+$ U= 1,0 W/m^{2}K $U_{само\ стакло}$= 0,79 W/m^{2}K g=0,3). Постигнути резултати у потрошњи енергије и индексу комфора за универзалну дворану применом мера унапређења увођења зениталног осветљења и сценарија С2П применом мера по Правилнику ЕЕ РС и С2П према EnerPHIt/EnerPHIt$^+$ сертификацији приказани су у табели 6.39.

Табела 6.39. Резултати симулација након примене сценарија С2П+ зенитално осветљење

Резултати	***С2П Правилник ЕЕ***	***С2П Правилник ЕЕ + зенитално светло***	***С2П* EnerPHIt/EnerPHIt$^+$**	***С2П* EnerPHIt/EnerPHIt$^+$ *+ зенитално светло***
$Q_{H,nd}$ [kWh/m^2]	847,9	858,1	810,5	820,4
Енергетски разред $Q_{H,\ nd,\ rel}$	E	E	D	D
Уштеда енергије у односу на постојеће стање [%]	17,0	16,0	20,7	19,7
Индекс комфора од 6-8	22,6	22,8	23,7	23,4

Резултати су показали да уштеда у потрошњи енергије за грејање као и побољшање комфора (незнатно побољшање за сценарио С2П Правилник ЕЕ+ зенитално осветљење) не могу да се постигну конструкцијом зениталног прозора перформанси прописаних Правилником о ЕЕ РС (слика 6.66) као ни према параметрима прописаним EnerPHIt/EnerPHIt$^+$ сертификацијом (слика 6.67.).



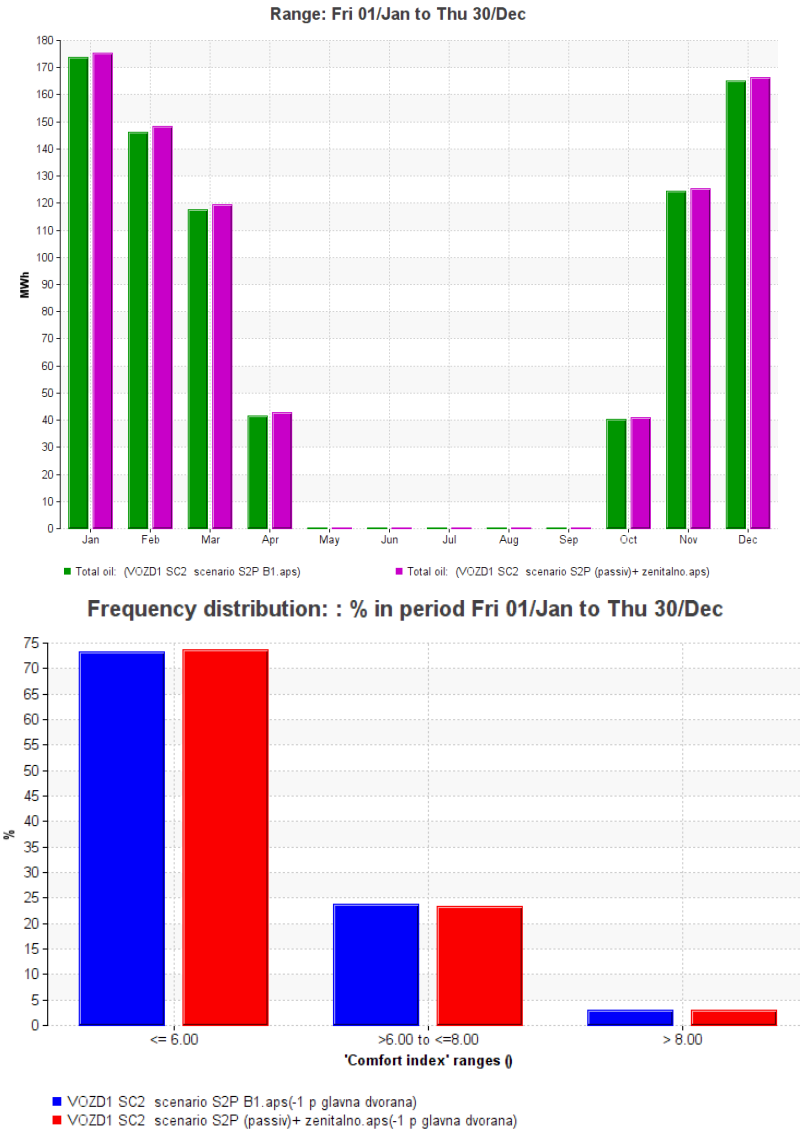


Total oil- потрошња енергије за грејање; мазут

Comfort index ranges- опсег индекса комфора

Слика 6.66. Упоредна анализа резултата симулација потрошња енергије (горе) и индекс комфора (доле) сценарија С2П+зенитално осветљење, унапређење по Правилнику

Резултати динамичких симулација за сценарио С2П+ зенитално осветљење уз мере групе Б приказани су на слици 6.67.



Total oil- потрошња енергије за грејање; мазут

Comfort index ranges- опсег индекса комфора

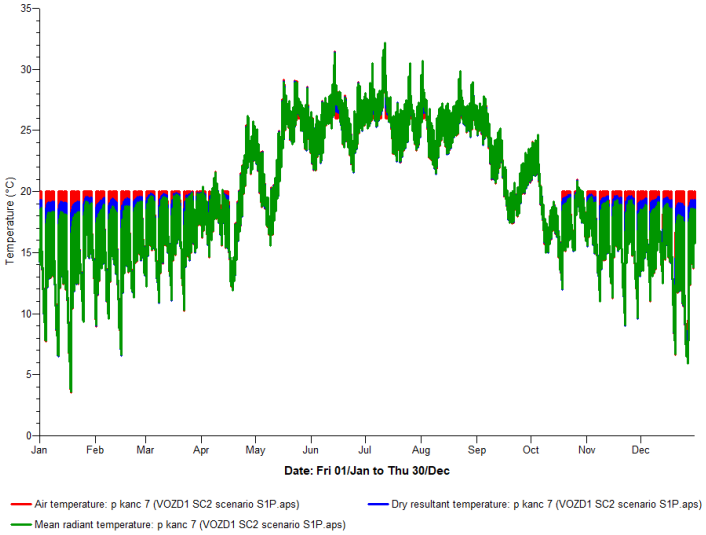
Слика 6.67. Упоредна анализа индекса комфора (доле) и потрошње енергије за грејање (горе) за сценарио С2П Б (S2P B1) и С2П Б+ зенитално светло у време боравка у дворани СЦ2 унапређење EnerPHIt/EnerPHIt^{+}(passiv)

6.3.2.2. Оцена комфора након примене дефинисаних сценарија

СЦЕНАРИО С1П

Канцеларија у моделу СЦ2

Након примене сценарија С1П А упоређени су резултати по питању термичког комфора у канцеларији на северозападу објекта постојећег и унапређеног стања. Максимална температура ваздуха је 10. јула износила 31,6ºC и повећана је на 32,12ºC у послеподневним часовима, након радног времена администрације. У зимском периоду температура ваздуха у простору канцеларије је повећана за 1,9 ºC ван радног времена, пре укључивања грејања у 7.00 (слика 6.68.). (детаљније у Прилогу 9)

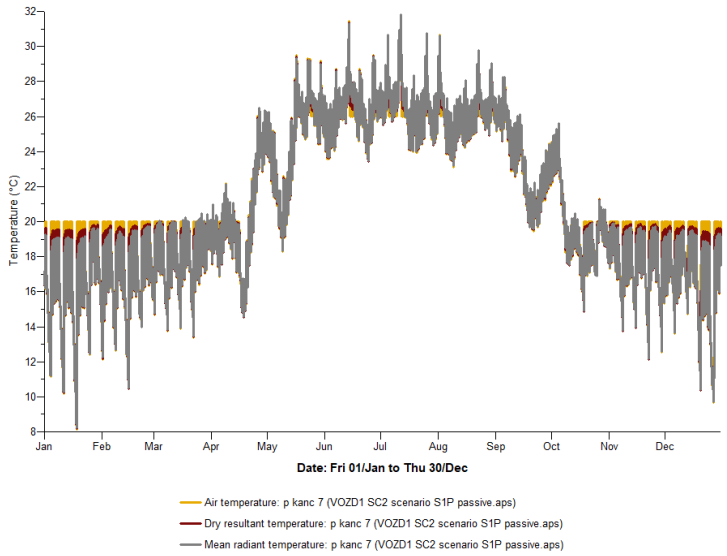


Air temperature- температура ваздуха, Dry resultant temperature- резултантна температура ваздуха, Mean radiant temperature- средња радијантна температура

Слика 6.68. Резултати динамичких симулација, температура ваздуха за канцеларију, након интервенција по сценарију С1П А

У простору канцеларије на северозападу наком примене пакета мера дефинисаних сценаријом С1П Б одржана је постојећа температура ваздуха у односу на постојеће

стање (слика 6.69.). У зимском периоду за најхладнији дан повећана је температура ваздуха у простору канцеларије за 9,8°C и износи 8,1°C. (детаљније у Прилогу 9)



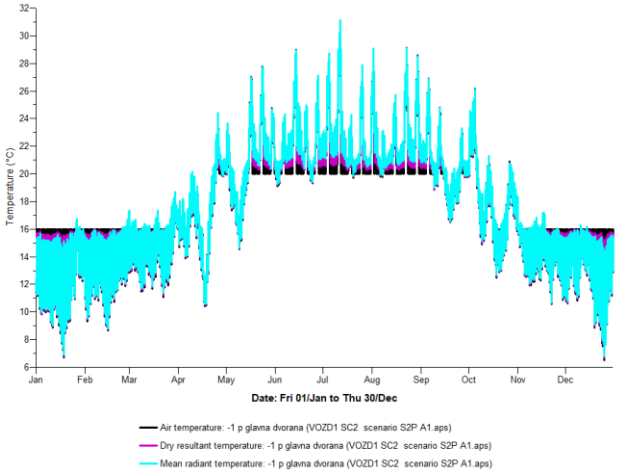
Air temperature- температура ваздуха, Dry resultant temperature- резултантна температура ваздуха, Mean radiant temperature- средња радијантна температура

Слика 6.69. Температура ваздуха у канцеларији СЦ2 након примене сценарија С1П Б (S1P passive)

СЦЕНАРИО С2П

Универзална дворана модела СЦ2

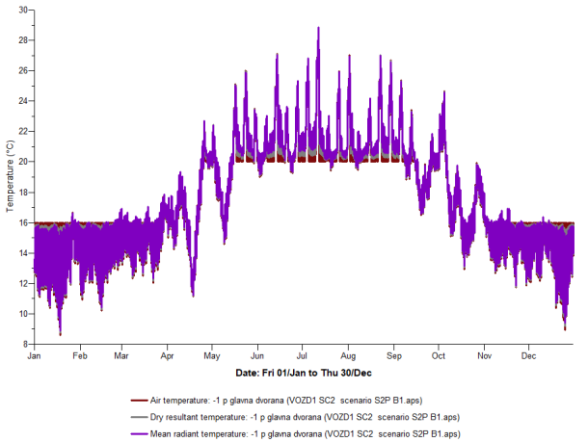
Температура ваздуха у универзалној дворани након примене сценарија С2П А приказана је на слици 6.70. Од некадашњих 31,17ºC у току најтоплијег дана за дворану 11. јула пасивним мерама А групе температура ваздуха је незнатно умањена на 31,12ºC. У зимском периоду температура ваздуха је повећана за 4,57ºC и износи 6,49ºC непосредно пре почетка грејања.



Air temperature- температура ваздуха, Dry resultant temperature- резултантна температура ваздуха, Mean radiant temperature- средња радијантна температура

Слика 6.70. Температура ваздуха у универзалној дворани након примене сценарија С2П А (S2P A1)

Температура ваздуха у универзалној дворани након примене сценарија С2П Б приказана је на слици 6.71. Од некадашњих 31,17ºC у току најтоплијег дана за дворану 11. јула пасивним мерама Б групе температура ваздуха је умањена и износи 28,87ºC. У зимском периоду, 18. јануара температура ваздуха је увећана за 6,7ºC и износи 8,61ºC.

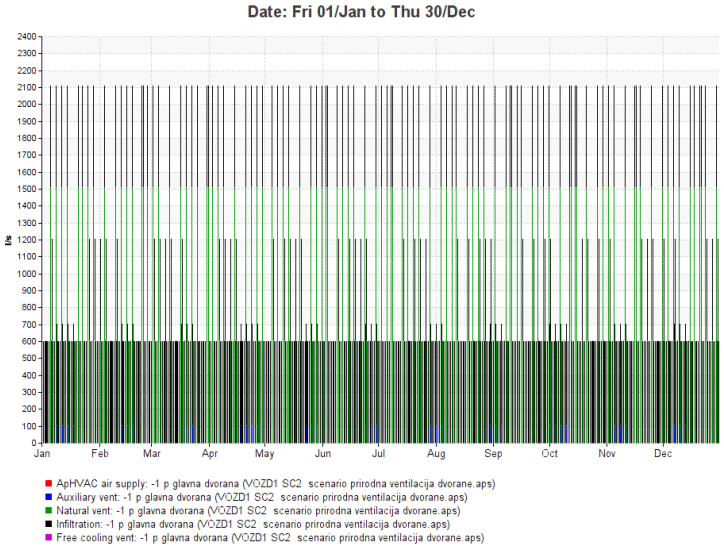


Air temperature- температура ваздуха, Dry resultant temperature- резултантна температура ваздуха, Mean radiant temperature- средња радијантна температура

Слика 6.71. Температура ваздуха у универзалној дворани након примене сценарија С2П Б (S2P B1)

Природна вентилација дворане

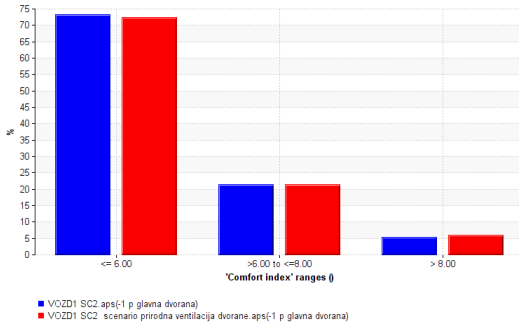
Сценарио С1П и С2П не утичу на вентилирање простора универзалне спортске дворане и канцеларије у спортском центру. Акценат је на природној вентилацији. Сви простори, осим универзалне спортске дворане у Центру, укључујући и сутерен (мале сале и карате сала) имају природну вентилацију. Универзална спортска дворана у постојећем стању нема природну вентилацију. Симулирани су услови након природног вентилирања тог простора.



ApSyS air supply- системско снабдевање, ApHVAC air supply- КГХ снабдевање, Auxilary vent- помоћна вентилација, Infiltration- инфилтрација, Natural ventilation- природна вентилација, Free cooling vent- хлађење

Слика 6.72. Вентилација универзалне спортске дворане у моделу СЦ2 постојећа вентилација уз природно вентилирање простора универзалне дворане

Услови комфора у дворани након природног вентилирања у току коришћења простора приказани су на слици 6.73.



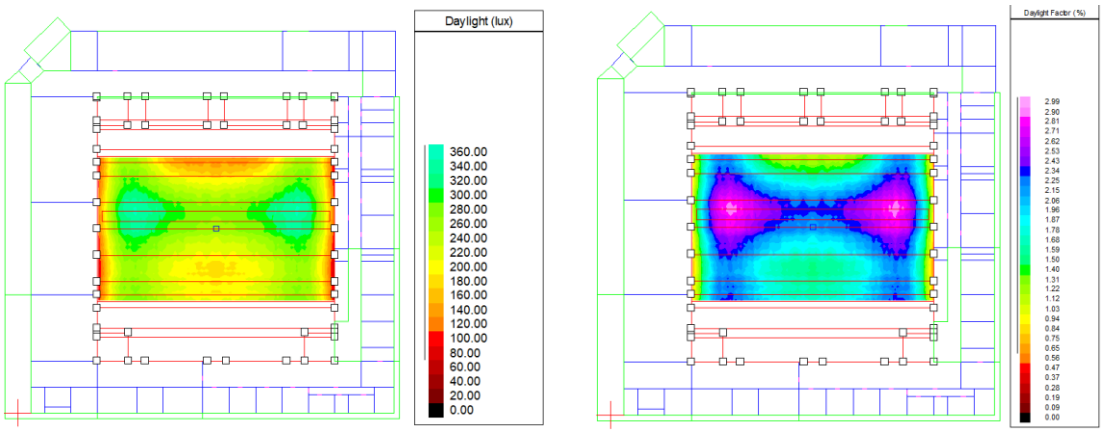
Index comfort ranges- опсег индекса комфора

Слика 6.73. Услови комфора у дворани након природног вентилирања дворане

Комфор је непромењен. Постојећих 21,4 % времена боравка у условима угодности (индекс комфора у опсегу од 6 до 8 %) повећано је на 21,5 % (слика 6.73.).

СЦЕНАРИО С2П+ пасивне стратегије

Симулирани су услови након примене специјалних унапређења, пасивних система дефинисаних услед специфичности решења основе и обликовности. Код модела СЦ2, природно осветљење универзалне дворане у облачним данима је побољшано зениталним осветљењем. Слика приказује осветљеност дворане након примене мера унапређења сценарија С2П+ зенитално осветљење (слика 6.74.)



Daylight- дневни осветљај, Daylight factor- фактор дневне светлости

Слика 6.74. Природно осветљење универзалне дворане након примене сценарија С2П+ зенитално осветљење, приказано у lux (лево) и DF % (десно)

Уколико поставимо зенитално осветљење у дворани се постиже повољно осветљење за рекреативно бављење спортом. Просечно осветљење дворане је 249,01 lux што је врло повољно. Професионално бављење спортом је у последподневним и вечерњим сатима а тада је примарно вештачко осветљење.

6.3.2.3. Унапређење термотехничких система

СЦЕНАРИО СТ

Постојеће стање и интервенције у постојећим системима вентилације, грејања и вештачком осветљењу приказане су у табели 6.40.

Табела 6.40. Параметри за КГХ системе, постојеће и унапређено стање, IES VE, Apache Modul, Извор: Аутор према Правилнику ЕЕ РС, Прилог 7 и подацима EnPlus Београд

Систем	Постојеће стање	Унапређено стање
Грејање	*Централно радијаторско (водно)*	*VAV dual duct*
	Котао- мазут	*Природни гас*
	Seasonal efficiency 0,89 (сезонска ефикасност)	*0,9*
	ScoP kW/kW 0,57	*0,7*
Хлађење	*Расхладни агрегат до 600 kW (100 kW)*	
	Ваздушно хлађени РА	
	Nominal EER (kW/kW) 3,0 (номинални EER)	*2,90*
	COP	*3,0*
	Seasonal EER (kW/kW) 1,5 ESEER Сезонски EER	*3,0*
	Operation: Mechanical ventilation Механичка вентилација	*Mechanical механичка*
	Pump and Fan power: 10 % Снага пумпе и вентилатора	*5 %*
СТВ	*DHW served by Apache HVAC boiler СТВ опслужена КГХ бојлером*	
	Mean cold water temperature 10°C Средња температура хладне воде	*16°C*
	Hot water supply temperature 60°C Топла вода	*60°C*

	Circulation losses (W/m) 21 *Циркулациони губици*	*12*
	Pump power kW 1,5 *Снага пумпе*	*1,0*
	Storage system unisulated *Складишни систем неизолован*	*Insulated* *Изолован*
Вентилација	*Fixed OA* *Фиксни ОА*	*Variable OA* *Промењиви ОА*
	Инфилтрација 0,1 ach	*0,5 ach*
	Ventilacija- on continuosly *Вентилација- константна*	*During the presence of people- у току присуства људи*
	Flow rate 0,35 l/s/m² *Проток ваздуха*	*7 l/s/person*
Осветљење	*Fluoroscent lightning 20 W/m²* *Флуоросцентне сијалице*	*Led lightning 7 W/m²* *Лед сијалице*

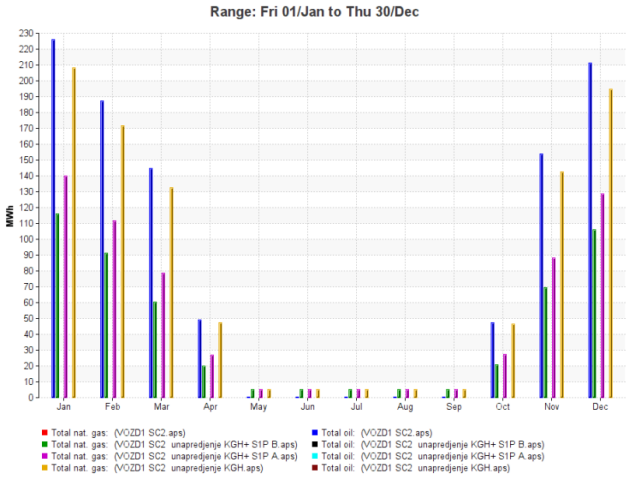
VAV dual duct- двоцевни систем ваздушног грејања и хлађења са промењивим преносом

На основу приложених параметара мера унапређења постојећих система у згради симулацијом су постигнути резултати приказани у табели 6.41. Симулирани су услови након унапређења објекта без универзалне дворане и унапређења термотехничких система, чиме је креиран сценарио СТ+С1П, затим само унапређење дворане и унапређење термотехничких система, чиме је креиран сценарио СТ+С2П.

Табела 6.41. Упоредна анализа резултата унапређења КГХ система модела СЦ2, Сценарио СТ, СТ+С1П и СТ+С2П

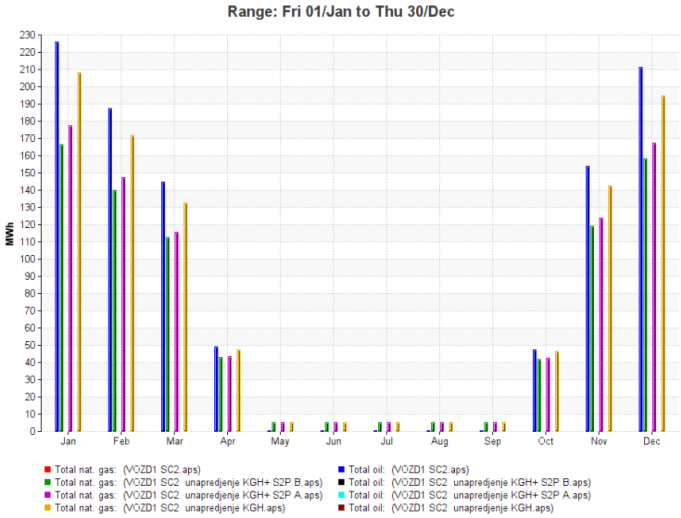
Постојеће стање		**Сценарио СТ (КГХ)**	**Сценарио СТ +С1П**		**Сценарио СТ +С2П**	
			А	**Б**	**А**	**Б**
$Q_{H,nd}$ [kWh/m²]	1021,7	969,9	627,8	490,1	843,8	807,5
Енергетски разред $Q_{H,nd,rel}$	E	176,6 E	114,4 D	89,3 C	153,7 E	147,1 D
Уштеда енергије [%]		5,1	38,6	52,03	17,4	21,0
Индекс комфора, канцеларија, од 6-8 [%]	13,1	12,3	11,8	16,2	12,3	12,4
Индекс комфора, дворана, од 6-8 [%]	21,4	21,5	21,7	21,9	22,2	23,7
Електрична енергија [MWh]	154,4	140,5				
Уштеда енергије [%]		9,0				

Унапређењем КГХ система постиже се уштеда енергије од 5,1 %. Услови комфора су непромењени. Уштеда у потрошњи електричне енергије је 9,0 %. Унапређењем само термотехничких система симулације су показале да се објекат не може унапредити за један енергетски разред. Однос постојећег стања и унапређења након сценарија СТ, СТ+С1П и СТ+С2П приказан је на следећим сликама.



Total oil- потрошња енергије за грејање; мазут, Total nat.gas- потрошња енергије за грејање; природни гас

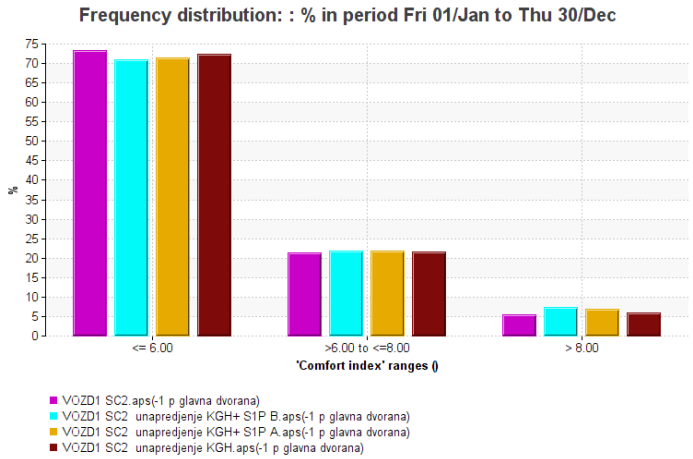
Слика 6.75. Упоредна анализа резултата потрошње енергије постојећег стања модела СЦ2 и након сценарија СТ, СТ+С1П А (KGH+ S1P A), СТ+С1П Б (KGH+ S1P B)



Total oil- потрошња енергије за грејање; мазут, Total nat.gas- потрошња енергије за грејање; природни гас

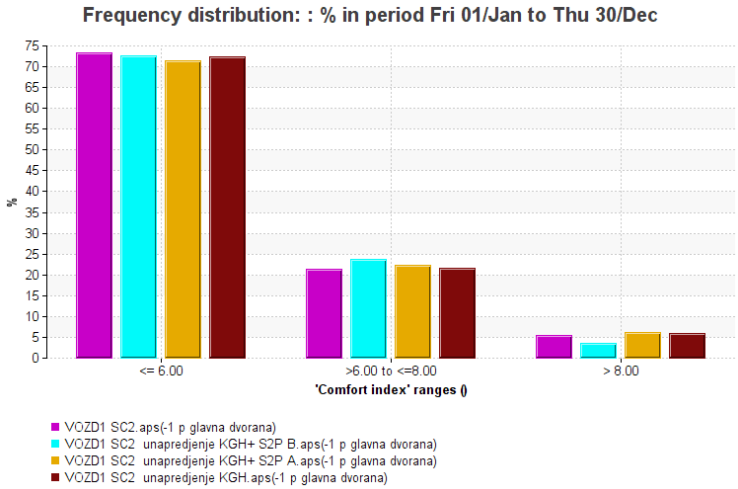
Слика 6.76. Упоредна анализа резултата потрошње енергије постојећег стања модела СЦ2 и након сценарија СТ (KGH), СТ+С2П А (KGH+ S2P A), СТ+С2П Б (KGH+S2P B)

Услови комфора у универзалној дворани постојећег стања и након дефинисаних сценарија приказани су на следећим дијаграмима (слика 6.77. и 6.78.).



Index comfort ranges- опсег индекса комфора

Слика 6.77. Индекс комфора постојећег и унапређеног стања СТ (KGH), СТ+С1П А (KGH+S1P A), СТ+С1П Б (KGH+S1P B) за универзалну дворану у СЦ2



Index comfort ranges- опсег индекса комфора

Слика 6.78. Индекс комфора постојећег и унапређеног стања, СТ (KGH), СТ+С2П А (KGH+S2P A), СТ+С2П Б (KGH+S2P B) за универзалну дворану у СЦ2

6.3.2.4. Интеграција обновљивих извора енергије

СЦЕНАРИО СА

Уколико се поставе стандардни фотонапонски панели, кристални силицијум ефикасности 15 % под углом једнаким географској ширини подручја на коме се налазе 44,8º (Београд) долази се до уштеде енергије и комфорних услова приказаних у табели 6.42.

Табела 6.42. Потрошња енергије и услови комфора за модел СЦ2, сценарио СА (постојеће стање+ ФН панели), СА+КГХ (унапређење КГХ система+ ФН панели), СА+С1П, СА+С2П

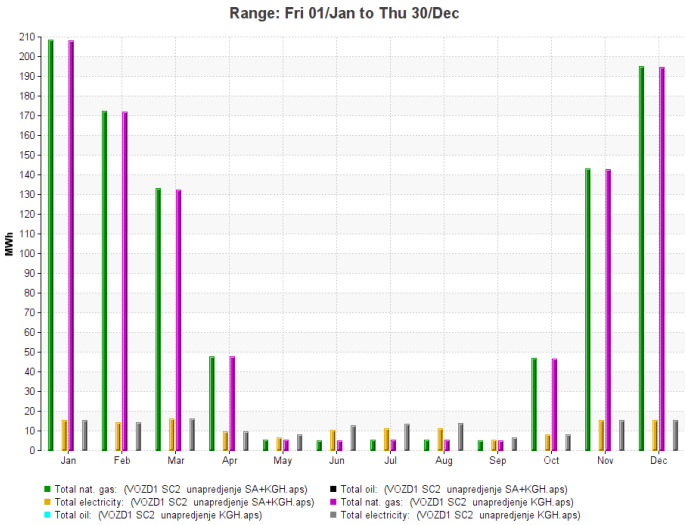
СЦ1	Постојеће стање	СА	СА+КГХ	СА+С1П		СА+С2П	
				А	Б	А	Б
$Q_{H,nd}$ [kWh/m^2]	1021,7	984,5	955,1	620,6	485,3	830,2	801,3
Енергетски разред $Q_{H,\ nd,\ rel}$	F	179,4 E	174 E	113,1 D	88,4 C	151,2 E	145,9 D
Уштеда енергије [%]		3,6	6,5	39,2	52,5	18,7	21,5
Индекс комфора, канцеларија, од 6-8 [%]	13,1	12,4	12,3	11,3	15,5	12,6	12,5
Индекс комфора, дворана, од 6-8 [%]	21,4	21,9	21,8	21,9	22,1	22,6	23,8

Постављањем соларних фотонапонских панела (сценарио СА) након симулација показало се да је могуће постићи уштеду енергије од 3,6 %. Унапређењем термотехничких система и постављањем ПВ панела симулације су показале уштеду од 6,5 %.

Комбинацијом СА и С1П сценарија (мере групе А) постигла се уштеда од 39,2 %. Применом мера групе Б за исту комбинацију сценарија показала се уштеда енергије од 52,5 %.

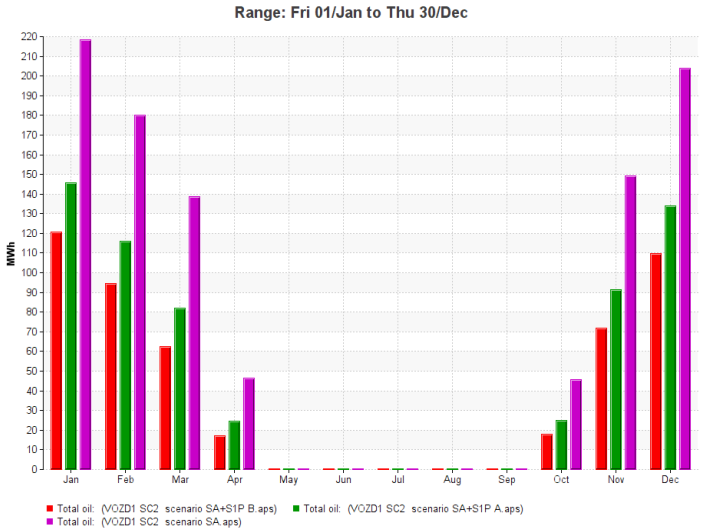
Комбинацијом СА и С2П сценарија (мере групе А) постигнута је уштеда од 18,7 % док је применом мера групе Б за исти сценарио уштеда енергије за грејање 21,5 %.

Дијаграми на сликама 6.79., 6.80. и 6.81. приказују однос потрошње енергије за грејање и електричне енергије постојећег стања и стања након примене соларних фотонапонских панела у комбинацијама са сценаријима приказаним у табели 6.42.



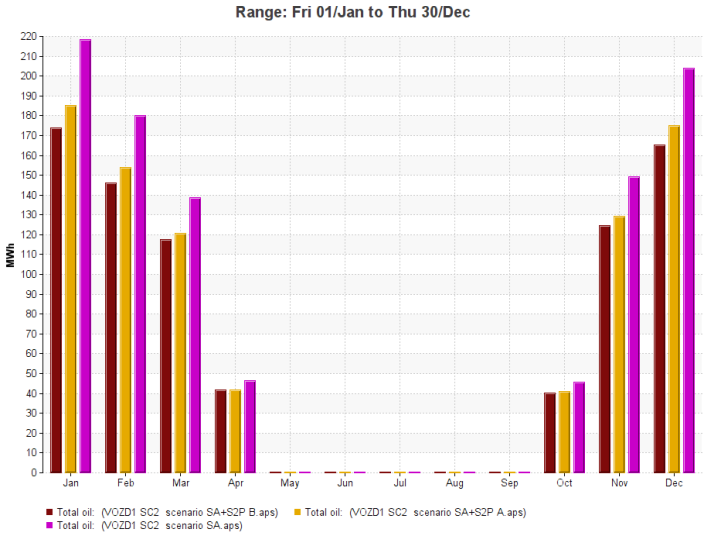
Total oil- потрошња енергије за грејање; мазут, Total nat.gas- потрошња енергије за грејање; природни гас, Total electricity- укупна потрошња електричне енергије

Слика 6.79. Упоредна анализа потрошње енергије за грејање и осветљење након примене соларних фотонапонских панела СА и уз сценарио СТ (KGH на слици)



Total oil- потрошња енергије за грејање; мазут

Слика 6.80. Упоредна анализа потрошње енергије за грејање, примена соларних фотонапонских панела уз сценарио С1П, пакет мера А и Б (SA+ S1P A) (SA+ S1P B)



Total oil- потрошња енергије за грејање; мазут

Слика 6.81. Упоредна анализа потрошње енергије за грејање, примена соларних фотонапонских панела уз сценарио С2П, пакет мера А и Б (SA+ S2P A) (SA+S2P B)

6.4. Упоредна анализа остварених резултата оптимизације енергетских перформанси приликом санације Модела СЦ1 и СЦ2

Анализом унапређења елемената термичког омотача референтних модела СЦ1 и СЦ2, кроз два основна сценарија С1П и С2П, применом различитих појединачних и пакета мера ради унапређења темперирања, осветљавања и вентилирања простора, сагледане су појединачне и збирне стратегије енергетске оптимизације референтних модела спортских објеката у Београду. Анализом унапређења термотехничких система и унапређење истих система у комбинацији са претходно дефинисаним сценаријима С1П и С2П, по питању смањења енергије за грејање, електричне енергије и постизања услова угодности испитани су претходно дефинисани пасивни и активни системи у смислу унапређења енергетске ефикасности ових објеката.

У овом поглављу ће се анализирати укупни ефекти поменутих различитих комбинација приказани кроз потрошњу енергије и услове комфора у селектованим

просторима. Поредиће се постигнути енергетски разред зграде базиран на специфичној годишњој потрошњи енергије за грејање. Укупна емисија CO_2, као и трошкови инвестиције, као врло битан сегмент рада, су препорука за даља разматрања и због обимности рада нису анализирани.

За сваки модел појединачно пореди се потрошња енергије за грејање и услови комфора постојећег стања и стања након примене сценарија С1П и С2П где је:

- С1П: унапређење термичког омотача објекта изузимајући универзалну спортску дворану иако се налази у његовом саставу,
- С2П: унапређење термичког омотача само универзалне спортске дворане у објекту не третирајући остатак објекта.

Дељење објекта на две термичке зоне омогућавају различити услови комфора у спортској дворани и остатку објекта где се налазе администрација, свлачионице и остали простори са сличним условима комфора.

У оквиру сценарија С1П и С2П карактеристике омотача су усклађене са минималним вредностима коефицијента пролаза топлоте прописаних Правилником о енергетској ефикасности зграда (Сл. Гласник РС, бр. 61/2011) и представљају мере А групе. У оба сценарија С1П и С2П карактеристике омотача усклађене са захтевима *EnerPHit* система сертификације[333] представљају мере унапређења групе Б.

Преглед постојећег стања када је у питању потрошња енергије за грејање и услови комфора за моделе СЦ1 и СЦ2 дат је у табели 6.43.

Табела 6.43. Потрошња енергије за грејање и услови комфора пре санације референтних модела СЦ1 и СЦ2

Модели	**Постојеће стање**				
	Енергија за грејање			Осветљење *lux*	Вентилација *l/s per*
	$Q_{H,nd}$ [kWh/m^2]	Е.разред	Индекс комфора %		
СЦ1	1037,5	Е (172,3 %)	13,4 канцеларија 23,8 дворана	61-2902 264-3006	ИДА4
СЦ2	1021,7	Е (186,7 %)	13,1 канцеларија 21,4дворана	57-532 210-719	ИДА 4

[333] Passive House Institute, 2012.

Упоредна анализа остварених резултата оптимизације енергетских перформанси након санације модела СЦ1 и СЦ2 по питању енергије и комфорних услова применом мера унапређења А и Б групе за сценарија С1П и С2П дата је у табели 6.44.

Табела 6.44. Упоредна анализа резултата добијених динамичким симулацијама по питању потрошње енергије за грејање и топлотног комфора за моделе СЦ1 и СЦ2 након С1П и С2П сценарија

Модели	С1П							
	А				Б			
	Темперирање				Темперирање			
	$Q_{H,nd}$ [kWh/m^2]	Е.разред	Уштеда енергије %	Индекс комфора %	$Q_{H,nd}$ [kWh/m^2]	Енергетски разред	Уштеда енергије %	Индекс комфора %
СЦ1	679,6	D	34,5	15,9	531,4	C	48,7	12,8
СЦ2	656,5	D	35,7	11,0	494,3	C	51,6	15,5
Модели	С2П							
	А				Б			
	Темперирање				Темперирање			
	$Q_{H,nd}$ [kWh/m^2]	Е.разред	Уштеда енергије %	Индекс комфора %	$Q_{H,nd}$ [kWh/m^2]	Енергетски разред %	Уштеда енергије %	Индекс комфора
СЦ1	934,0	E	9,98	23,3	888,2	D	14,4	20,8
СЦ2	847,9	E	17,0	22.6	810.5	D	20,7	23,7

С1П

Применом мера унапређења групе А сценарија С1П постижемо унапређења оба објекта, СЦ1 и СЦ2 за један енергетски разред, из Е у D и уштеду енергије за грејање од 35 % (за објекат СЦ1 34,5 % и објекат СЦ2 35,7 %). Услови комфора су готово непромењени.

Уколико применимо мере унапређења групе Б за исти сценарио С1П, оба објекта, модели СЦ1 и СЦ2, су унапређени за два енергетска разреда (у оба случаја С енергетски разред) и постигнута је уштеда енергије од 50 % (за модел СЦ1 48,7 % и СЦ2 51,6 %).

С2П

Применом мера унапређења групе А за сценарио С2П ни код једног објекта, модели СЦ1 и СЦ2, није постигуто унапређење за енергетски разред иако је значајна уштеда енергије за грејање (за модел СЦ1 10 % и за модел СЦ2 17 %).

Применом мера унапређења групе Б за сценарио С2П код оба објекта постигнуто је унапређење за један енергетски разред. Уштеда енергије је значајна имајући у виду велику потрошњу енергије за грејање код ове врсте објекта (модел СЦ1 уштеда од 14 % а СЦ2 уштеда од 21 %).

Услови комфора су незначајно промењени.

С1П+С2П

Према извршеним нумеричким симулацијама уколико се унапреде објекти као целине, објединимо С1П и С2П, применом мера А и Б групе добијамо резултате приказане у табели 6.45.

Табела 6.45. Упоредна анализа унапређења објекта као целине, Модел СЦ1 и СЦ2, сценарио СЦ1+СЦ2

Модели	С1П+С2П							
	А				Б			
	Темперирање				Темперирање			
	$Q_{H,nd}$ [kWh/m^2]	Е. разред %	Уштеда енергије %	Индекс комфора	$Q_{H,nd}$ [kWh/m^2]	Е.разред %	Уштеда енергије %	Индекс комфора
СЦ1	569,4	С	45,1	15,9 к. 22,7 д.	382,2	С	63,2	13,1 к. 21,6 д.
СЦ2	514,4	С	49,7	11,4 к. 22,9 д.	358,5	С	64,9	15,5 к. 24,6 д..

Применом мера групе А за сценарио С1П+С2П код оба објекта, модела СЦ1 и СЦ2, постигнуто је унапређење за два енергетска разреда, С разред и уштеду енергије за грејање простора од приближно 50 %. (СЦ1 уштеда од 45,1 % и СЦ2 уштеда од 49,7 %). Услови комфора су незначајно промењени.

Применом мера групе Б за сценарио С1П+С2П код оба објекта, модели СЦ1 и СЦ2 постигла се уштеда енергије за грејање од приближно 65 % (СЦ1 уштеда од 63,2 % и СЦ2 64,9 %). Објекти су достигли С енергетски разред.

СТ

Након извршених нумеричких симулација применом дефинисаних мера унапређења термотехничких система, сценарио СТ, као и комбинацијом унапређења термотехничких система и сценарија С1П и С2П постигла се уштеда у потрошњи енергије за грејање и енергија и услови комфора су приказани у табелама 6.46. и 6.47.

Табела 6.46.Унапређење термотехничких система и комбинација сценарија С1П са унапређењем термотехничких система

СТ												
Модели	СТ				СТ+С1П							
					А				Б			
	$Q_{H,nd}$ [kWh/m^2]	Е.разред	Уштеда е. %	Комфор %	$Q_{H,nd}$ [kWh/m^2]	Е.разред	Уштеда е. %	Комфор %	$Q_{H,nd}$ [kWh/m^2]	Е.разред	Уштеда е. %	Комфор %
СЦ1	892,9	D	13,9	13,4 к. 23,7 д.	607,3	D	41,5	15,9 к. 23,7 д.	499,1	C	51,9	15,3 к. 23,7 д..
СЦ2	969,9	E	5,1	12,3 к. 21,5 д.	627,8	D	38,6	11,8 к. 21,7 д.	490,1	C	52,03	16,2 к. 21,9 д.

Табела 6.47. Унапређење термотехничких система и комбинација сценарија С2П са унапређењем термотехничких система

СТ								
Модели	СТ+С2П							
	А				Б			
	$Q_{H,nd}$ [kWh/m^2]	Е.разред	Уштеда е. %	Комфор %	$Q_{H,nd}$ [kWh/m^2]	Е.разред	Уштеда е. %	Комфор %
СЦ1	813,9	D	21,6	13,4 к. 24,4 д.	776,6	D	25,1	13,4 к. 22,5 д.
СЦ2	843,8	E	17,4	12,3 к. 22,2 д.	807,5	E	21,0	12,4 к. 23,7 д.

Уколико се унапреде само термотехнички системи у објектима, моделима СЦ1 и СЦ2, постиже се унапређење објекта за један енергетски разред код СЦ1. Уштеда у потрошњи енергије за грејање је 13,9 % за модел СЦ1 и 5,1 % за модел СЦ2.

Комбинацијом мера унапређења термотехничких система и сценарија С1П, применом мера групе А код оба објекта се постиже унапређење за један енергетски разред и уштеда енергије од приближно 40 % (модел СЦ1 41,5 и модел СЦ2 38,6 %).
Имплементацијом сценарија СТ (унапређење термотехничких система) и сценарија С1П пакет мера Б постиже се унапређење за два енергетска разреда за оба објекта. Уштеда енергије је 52 % (51,9 % и 52,03 %) за оба модела.
Комбинацијом мера унапређења термотехничких система уз примену мера сценарија С2П из групе А или Б постижемо унапређење објекта за један енергетски разред (модел СЦ1, уштеда енергије за грејање је око 20 % у оба случаја).
Услови комфора су безначајно промењени у свим испитиваним комбинацијама.

СА

Резултати симулација након примене обновљивих извора енергије, сценарио СА, СА уз сценарио С1П и С2П приказани су у табелама 6.48. и 6.49.

Табела 6.48. Резултати симулација након примене обновљивих извора енергије уз сценарио С1П

СА												
Модели	СА				СА+С1П							
					А				Б			
	$Q_{H,nd}$ [kWh/m^2]	Е.разред	Уштеда е. %	Комфор %	$Q_{H,nd}$ [kWh/m^2]	Е. разред	Уштеда е. %	Комфор %	$Q_{H,nd}$ [kWh/m^2]	Е.разред	Уштеда е. %	Комфор %
СЦ1	1002,3	Е	3,4	13,4 к. 24,5 д.	650,4	D	37,3	15,9 к. 24,7 д.	520,3	С	50	15,3 к. 24,9 д.
СЦ2	984,5	Е	3,6	12,4 к. 21,9 д.	620,6	D	39,2	11,3 к. 21,9 д	485,3	С	52,5	15,5 к. 22,1 д.

Табела 6.49. Резултати симулација након примене обновљивих извора енергије уз сценарио С2П

СА								
Модели	СА+С2П							
	А				Б			
	$Q_{H,nd}$ [kWh/m^2]	Е.разред	Уштеда е. %	Комфор %	$Q_{H,nd}$ [kWh/m^2]	Е.разред	Уштеда е. %	Комфор %
СЦ1	902,5	D	13,01	13,4 к. 24,2 д.	854,3	D	17,7	13,4 к. 22,3 д.
СЦ2	830,2	Е	18,7	12,6 к. 22,6 д.	801,3	D	21,5	12,5 к. 23,8 д.

Применом обновљивих извора енергије (сценарио СА) није постигнуто унапређење објекта за један енергетски разред. Уштеда енергије је око 3,5 % у оба случаја (СЦ1 3,4 % и СЦ2 3,6 %).

У комбинацији примене обновљивих извора енергије и сценарија С1П (СА+С1П) групе мера А постигнуто је унапређење од једног енергетског разреда и уштеда енергије за грејање од приближно 40 % (модел СЦ1 37,3 % и модел СЦ2 39,2 %).

Сценаријом СА+С1П применом пакета мера групе Б постижемо унапређење за два енергетска разреда и унапређење од 50 % (модел СЦ1 50 % и модел СЦ2 52,5 %).

Сценаријом СА+С2П применом пакета мера групе Б постижемо унапређење за један енергетски разред.

Услови комфора су готово непромењени за селектоване просторе.

Све поменуте појединачне мере и пакети мера не утичу на побољшање комфора у универзалној дворани у спортском центру. То можемо објаснити постојањем две врсте корисника у једном простору: гледаоце на трибинама и спортисте на игралишту. Обе групе захтевају потпуно различите услове а симулације су обједињене у једну за простор који физички није подељен.

С2П+ специјална унапређења

Табела 6.50 приказује резултате симулација по питању осветљености и вентилирања простора након примене специјалних унапређења код универзалне спортске дворане. Услови комфора су непромењени.

Табела 6.50. Резултати симулација након примене специјалних мера уз сценарио С2П

Универзална дворана	**С2П+ јужни прозор СЦ1 С2П+ зенитално осветљење СЦ2**			**С2П+ природна вентилација**
	Осветљење *lux*			Вентилирање *l/s per*
	max	min	негативно %	Комфор 6-8 %
СЦ1	827,5	64	30	23,7
СЦ2	366	81	38	21,5

7. ЗАКЉУЧНА РАЗМАТРАЊА

Овај рад представља истраживање енергетских перформанси спортских објеката у Београду изграђених у периоду од 1960. до 1980. године и оптималних могућности примене мера у њиховој енергетској санацији приказаних кроз санацију референтних модела. У раду је дат преглед постојећих концепата и техника за енергетску оптимизацију и развијена је методологија за оцену примењених мера кроз различите сценарије.

Идентификоване су карактеристике постојећих спортских објеката које су релевантне за енергетску санацију, дефинисани су референтни модели на којима су примењене дефинисане најповољније појединачне и пакети мера у циљу остваривања енергетске оптимизације за климатске услове Београда. Дате су смернице и препоруке за остваривање оптимизације енергетских перформанси у процесима енергетске санације ових објеката. Креирана је специфична методологија као препорука приликом санирања универзалних спортских дворана са циљем уштеде енергије за грејање чиме су постигнути очекивани научни доприноси истраживања.

Методолошки процес

Основни методолошки принцип којим се руководило, подела објекта на две термичке зоне, и закључци након симулирања новопостављених услова дефинишу препоруке за планирање и пројектовање енергетски ефикаснијих спортских објеката у климатским условима Београда. Дефинисане су најповољније појединачне мере унапређења као и пакет мера у циљу остваривања оптимизације енергетских перформанси.

Након одабира референтних модела за истраживање перформанси објекта за примену различитих појединачних и пакета мера коришћене су нумеричке симулације преко IES VE симулационе платформе. Мере енергетске оптимизације су тестиране на појединачним елементима термичког омотача зграде у целини, само у делу администрације и само у делу универзалне дворане у центру. Оптимизоване мере су примењиване у сва три случаја (сценарио С1П- унапређење термичког омотача

објекта без дворане иако је у његовом саставу, сценарио С2П- унапређење само омотача универзалне дворане не третирајући остатак објекта и сценарио С1П+ С2П- унапређење објекта у целости).

Мере укључују повећање или постављање изолације објекта, замену прозора, промену фактора пропустљивости сунчевог зрачења, природно осветљење и вентилацију. Изолација објекта у сва три случаја је камена вуна или XPS у дебљини којом се испуњавају минимални услови прописани Правилником о енергетској ефикасности зграда РС (Сл. Гласник 61/2011) која код оба објекта износи 5 cm за сваку позицију и представља мере групе А. Мерама групе Б (камена вуна и XPS од 15 cm) испуњавају се минимални услови *EnerPHit*$^{+}$ стандарда Института за пасивне куће.

Након изолације објекта симулирани су услови комфора и потрошња енергије за грејање за случај унапређења термотехничких система, интеграцију обновљивих извора енергије- соларних фотонапонских панела, појединачно и у комбинацији са три основна сценарија (С1П, С2П и С1П+С2П).

Специфичност у структури и обликовању спортских зграда довела је до примене специјалних унапређења, као пасивних стратегија, повећање отвора и природно вентилирање простора након којих су симулирани услови термичког, визуелног и хигијенског комфора. Урађене су динамичке симулације појединачно уз примену специјалних мера и у комбинацији са три основна дефинисана сценарија.

Иако се енергетски разред у европским земљама одређује на основу потребне годишње примарне енергије у Србији га, како је више пута поменуто одређује релативна вредност годишње потрошње финалне енергије за грејање [%], и представља процентуални однос специфичне годишње потребне топлоте за грејање $Q_{H,nd}$ [kWh/m^{2}a] и максимално дозвољене $Q_{H,nd,max}$ [kWh/m^{2}a] за одређену категорију зграда.

У раду је указано да подела спортских објеката на две термичке зоне, подручје објекта и подручје универзалне дворане, и стварање два сценарија унапређења, С1П и С2П значајно редукује обим интервенција са истим циљем- уштедом енергије и побољшањем енергетског разреда зграде. Применом сценарија С1П , било да су мере

унапређења групе А или Б објекат у целости буде унапређен за један, односно два енергетска разреда. Унапређењем термичког омотача само универзалне дворане мерама групе Б такође се постиже унапређење енергетског разреда објекта. Свакако да је уштеда енергије већа уколико се третира омотач читавог објекта али уколико је циљ унапређење за један енергетски разред може се третирати само објекат без дворане или само дворана у поменутом случају.

Примена појединачних и пакета мера

Основни резултати се могу свести на следеће:

- Симулацијама примене пакета мера за оптимизацију енергетских перформанси код оба модела закључено је да би се енергетски разред спортског објекта у целости могао побољшати за један енергетски разред уколико се примени сценарио С1П пакет мера групе А- постиже се уштеда енергије од 35 % (табела 6.44.).
- Уколико се примени исти сценарио С1П и пакет мера групе Б код оба модела објекат се унапређује за два енергетска разреда- постиже се уштеда енергије око 50 % (табела 6.44.).
- Применом сценарија С2П који представља унапређење термичког омотача само спортске дворане у центру, применом мера групе А не може се унапредити објекат за један енергетски разред- уштеда енергије је значајна и износи 20 % (табела 6.44.). Мерама групе Б постиже се унапређење.
- Применом сценарија С1П+С2П и пакета мера А код оба референтна модела унапређујемо објекат за два енергетска разреда- постиже се уштеда енергије до 50 % (табела 6.45). Применом истог сценарија и пакета мера Б групе унапређујемо објекат за два енергетска разреда у оба анализирана случаја- постиже се уштеда енергије до 65 % (табела 6.45.).

Примена неколико специфичних пасивних стратегија уз поменуте сценарије које подразумевају термичку изолацију и унапређење транспарентних делова омотача, озелењавање зидова на дворани и повећање отвора на јужној страни не утиче на промену енергетског разреда и незнатно утичу на промену комфорних услова унутар простора где се одвијају спортске активности. Природна вентилација је једна од

основних пасивних стратегија смањења температуре унутрашњег ваздуха у летњем периоду али се услед специфичности простора не препоручује код спортских дворана.

За сценарио С2П применом мере јужнооријентисани прозор код модела СЦ1 уз пакет мера групе А и Б постиже се уштеда енергије од 10-15 % (табела 6.30) и мере вертикално озелењавање уз пакет мера групе А и Б постиже се уштеда енергије за грејање од 10-15 % (табела 6.31) али се не постиже унапређење објекта за један енергетски разред. Применом пакета мера А и Б сценарија С2П и зениталног осветљења као сцецијалне мере код модела СЦ2 не постиже се уштеда енергије за грејање (табела 6.39).

Обликовање и одабир референтних модела

Предложени метод је примењив на објекте разуђење и компактне форме са универзалном двораном у средишњем делу, без спољних зидова или са зидовима у контакту са спољним ваздухом. Површина универзалне дворане у спортском центру треба да је 1/3 у односу на површину читавог објекта што се не сматра општом препоруком али се свакако треба узети у обзир јер су третирани објекти композиционо такви и метод је на њима валидан.

Циљеви и задатак истраживања

Приказани циљеви истраживања су у потпуности испуњени:

- *прикупљање информација о утицају спортских објеката на потрошњу енергије и загађење животне средине,*
- *преглед актуелне домаће и иностране легислативе у вези са питањима енергетске ефикасности и начином издавања сертификата о енергетским својствима спортских објеката,*
- *проучавање услова комфора и потрошње енергије спортских објеката,*
- *анализа резултата експерименталних пројеката енергетске оптимизације спортских објеката; одабир два објекта на подручју Београда као студије случаја, исте категорије за анализирање,*
- *формирање типологије спортских дворана одабраног капацитета базиране на концептима примене природних потенцијала (пасивних система) за*

темперирање простора (грејање), осветљавање и вентилирање и употпуњавање стручног и научног знања о томе,

- *дефинисање референтних модела универзалних спортских дворана са енергетског аспекта за климатске услове Београда на основу којих ће се вршити одабир најповољнијих мера унапређења,*
- *формирање препорука за остваривање енергетске оптимизације у процесима санације универзалних спортских дворана у оквиру спортских објеката на територији Београда.*

Основни задатак истраживања је приказивање могућности и значаја санације спортских објеката у оквиру којих су спортске дворане одређене категорије базиране на концептима примене пасивних мера за темперирање, осветљавање и вентилирање простора и формирање типологије спортских објеката и препорука за пројектовање енергетски ефикасних универзалних спортских дворана у оквиру спортских центара.

Испуњење циљева и задатака овог истраживања заокружено је предлозима за унапређење енергетских карактеристика модела и препорука за пројектовање енергетски ефикасних спортских зграда. Предлаже се одређени ниво за саниране објекте исказан кроз коефицијент пролаза топлоте за одређене позиције термичког омотача које су у контакту са спољним ваздухом и тлом (табела 6.51.). Добијене вредности су средње вредности за све испитиване позиције након оптимизовања дебљине изолације.

Табела 6.51. Предлог највећих дозвољених вредности коефицијента пролаза топлоте за спортске објекте након санације Umax [W/(m^{2}K)]

Елементи термичког омотача	**Постојећи објекти** *Правилник о ЕЕ РС 61/2011 Umax*	**Постојећи објекти** *EnerPHit стандард Umax*	**Санирани објекти** *Umax*
Спољни зид	0,4	0,15	**0,2**
Спољни зид укопан	0,5	0,35	**0,4**
Кров, раван и коси	0,2	0,15	**0,25**
Под на тлу	0,4	0,15	**0,4**
Транспарентни елементи	1,5	0,85	**1,0**
Унапређење енергетског разреда			**За један ниво**
Унапређење комфорних услова			**За 1-1,5%**

Хипотезе

Уколико применимо само сценарио С2П остварује се значајна уштеда у потрошњи енергије за грејање (до 20 %), не нарушава се осећај угодности и објекат се може унапредити за један енергетски разред што није било иницијално полазиште.

Овиме је потврђена полазна хипотеза: *Одабиром одговарајућих мера унапређења омотача, одређеним пасивним системима са акцентом на природне потенцијале вентилирања, темперирања и осветљавања простора код универзалних спортских дворана остварила би се значајна уштеда енергије уз постизање оптималног комфора.*

Унапређењем термотехничких система уз примену дефинисаних основних сценарија и оптималну дебљину термоизолационог слоја као мере санације термичког омотача универзалних спортских дворана могуће је остварити уштеду од 30 % с тим што унапређење термотехничких система није неопходна мера. Жељена уштеда се постиже и без унапређења термотехничких система. Постављањем соларних фотонапонских панела такође. Тиме је доказана и помоћна хипотеза која гласи: *Одабиром одговарајућих мера санације термичког омотача универзалних спортских дворана, применом обновљивих извора енергије и унапређењем термотехничких система као неопходне мере могуће је остварити уштеду енергије од 30% уз стварање адекватних услова унутрашње климе.*

Приказана методологија унапређења спортских објеката је примењива на све спортске центре који у свом саставу поседују универзалну спортску дворану површине приближно 1/3 у односу на површину читавог објекта. Већ је поменуто да су се обликовност и положај дворане у објекту показали ирелевантним. Тиме је потврђена и помоћна хипотеза да *У раду успостављена методологија и критеријуми оцене и процене мера енергетске санације омогућавају одређивање типова спортских објеката који су најподобнији за примену предложених мера унапређења.*

Научни допринос рада лежи у идентификацији карактеристика постојећих спортских објеката релевантних за оптимизацију енергетских перформанси. Ово укључује карактеристике локације, оријентацију, карактеристике омотача, површину отвора

док искључује студију облика зграде као и положај универзалне спортске дворане у њој.

7.1. Препоруке и правци даљих истраживања

Анализом тренутног стања референтних модела закључено је да ови објекти имају велике потребе за грејањем простора, нарочито дворана које представљају 1/3 од укупне развијене површине објекта. Велика запремина простора (од 14.000 m^3 до 21.000 m^3 у случају изабраних модела) и непостојање термичке изолације доводи до великих губитака топлоте и велике потребе за грејањем у зимским и хлађењем у летњим месецима. Приликом санације ових простора треба тежити постављању термоизолационог слоја са унутрашње стране зида имајући у виду да код ових простора због специфичности активности треба брзо загревати ваздух. Унутрашња позиција термоизолације би могла да створи потенцијалне топлотне мостове који захтевају посебан приступ у решавању те врсте проблема.

Спортски објекти се могу поделити на две термичке зоне услед разлике у захтеваној температури ваздуха простора дворане и остатка објекта, администрација, ходници и свлачионице. Селектовани референтни модели су разуђене и компактне форме. Иако код разуђеног објекта (модел СЦ1) имамо веће губитке топлоте услед веће површине термичког омотача фактор облика се показао као потпуно ирелевантан. Добијени резултати симулација су изненађујуће слични и код компактног и код модела разуђене основе.

Модели СЦ1 и СЦ2 су поред разуђености основе одабрани и услед положаја универзалне дворане у основи. СЦ1 поседује дворану са три зида у контакту са спољним ваздухом док СЦ2 поседује дворану са спољним зидовима у контакту само са унутрашњим ваздухом. Положај дворане у центру се такође показао као потпуно ирелевантан уколико одвојимо објекат на две термичке зоне које третирамо према дефинисаним сценаријима као засебне целине.

Количина дневне светлости која продире у унутрашњост објекта зависи од карактеристика постављених прозора, величине отвора, оквира и избора стакла. Оквири отвора имају виши коефицијент пролаза топлоте од стакла, повећавају

потребу за енергијом за грејање, смањују ниво осветљености те их треба свести на минимум.

Природно осветљење је стратегија која је од значаја за уштеду енергије за осветљење, уједно има утицаја и на хлађење. То је у случају административног дела зграде врло значајно. Природно осветљење је, иако врло значајно, секундарно код универзалних дворана. Поред величине и положаја отвора због неометаног одигравања мечева квалитет стакла и заштита од сунчевог зрачења су врло битни. Данас на тржишту постоје стакла високе трансмисије видљиве светлости и ниског фактора пропустљивости сунчевог зрачења што би представљало врло ефикасну стратегију унапређења. Инсталирање спољашњих или унутрашњих сенила, застора и ролетни за заштиту од бљеска треба свакако имати у виду када је у питању светлосни комфор.

Природна вентилација је присутна у административном делу зграда. Универзалне дворане углавном немају природну вентилацију простора. Симулације су показале да услед природне вентилације не постижемо уштеду у енергији нити побољшање услова комфора. Велики отвори доприносе смањењу осећаја угодности и стварање промаје у простору која може да омета кретање реквизита услед одигравања мечева.

Методологија коришћена у раду је примењива на спортске центре али је значајно поменути да се може применити и код школских зграда које по својој структури простора могу да се поделе на две термичке зоне- фискултурну салу и остатак зграде где су смештене учионице, администрација и помоћни простори. Анализе и испитивања у овом правцу представљаће правац даљих истраживања.

Претпоставка је да се метод интервенција може применити и на објекте кружне форме у габариту са призматичном салом у њиховом саставу. Објекти ове форме нису били предмет рада и остају као препорука за даља истраживања.

ЛИТЕРАТУРА И ИЗВОРИ

Анђелковић, А. С. и други (2015) The developmenet of single calculation model for energy performance of double skin facades, *Thermal Science,* 16, Supp 1, 1, стр. C251-C267.

Ammon, R. Jr. Southall, R. Blair, D. (2004) Sport Facility management: Organizing Events and Mitigating Risks, *Fitness Information Tecnology Inc.* Morgantown, USA

Antonelli, V. и други (1993) Sports Facility Management, *Spaziosport no3*, CONI, Roma, стр. 43-144.

Artuso, P. Santiangeli, A. (2008) Energy solutions for sports facilities, *International Journal of Hydrogen Energy*, Volume 33, Issue 12, јун 2008, стр. 3182–3187.

ASHRAE (2009) American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, *Handbook: Fundamentals*, Inch-Pound Edition.

Associazione Impianti Spotivi, (Асоцијација спортских објеката- енергетски ефикасне зграде), доступно на www.ais-it.org

Baker, N. Steemers, K. (2002) Daylight Design of Buildings, London: James & James Science Publishers.

Baker, N. (2009) *A Handbook of Sustainable Refurbishment: Non-Domestic Buildings*. Earthscan, London.

Baker, N. (2007) Adaptive thermal comfort standards for building refurbishment. Revival Technical Monograph 2, доступно на www.revival-eu.net

Best Practice Programme (2000) Energy Consumption Guide 19. Energy Use in Offices, BRE publications

Boussabaine, A.H. (2001) A comparative approach for modelling the cost of energy in sport facilities, *Facilities,* Vol. 19 Iss: 5/6, стр.194 – 203.

Boussabaine, A.H. Kirkham, R.J. Grew, R.J. (1999) Modelling total energy costs of sport centres, *Facilities*, Vol. 17, Iss: 12/13, стр. 452 – 461.

Бошковић, Б. Бошковић, П. (1992) *Технологија пословања и одржавања спортских објеката*, Нови Сад: ПП ДР Бошковић

Boermans, Th. и други (2012) *Renovation Tracks for Europe***,** Eurima - European Insulation Manufacturers Association, коришћено јун 2017. доступно на https://www.eurima.org/uploads/ModuleXtender/Publications/90/Renovation_tracks_for_Europe_08_06_2012_FINAL.pdf

Ventilation, Rates of outdoor supply air, коришћено јун 2017. доступно на http://www.engineeringtoolbox.com/ventilation-air-flow-rate-d_115.html

Geraint, J. Heard, H. (ed) (1981) *Handbook of sports and recreational building design*. Vol. 2, Indoor sports, London: Architectural Press

Генерални план Београда (2003) „Службени лист града Београда", бр. 27/2003, Београд: Урбанистички завод

Dall'O', G. Speccher, A. Bruni, E. (2012) The green energy audit, a new procedure for the sustainable auditing of existing buildings integrated with the LEED protocols. *Sustain. Cities Soc.*, 3, стр. 54–65.

Golic, K. Kosoric, V. Krstic-Furundzic, A. (2011) General model of solar water heating system integration in residential building refurbishment - Potential energy savings and environmental impact", *Renewable&Sustainable Energy Reviews*, Volume 15, Issue 3, April 2011, Elsevier, стр. 1533-1544.

Group of Authors, Energy conservation strategies for sports centers: Part B. Swimming pools, *Energy and Buildings*, Volume 27, Issue 2, April 1998, стр. 109–122.

Guardian (2010) Public Private Partnership- the basics, део: Society. Коришћено 03.01.2010. са http://www.society.guardian.co.uk/ppp/0,10537,509342,00.html

Geothermal Energy Association, доступно на www.geo-energy.org

DECISION No 20101021MC-EnC of 24 September 2010 OF THE MINISTERIAL COUNCIL OF THE ENERGY COMMUNITY amending Decision 2009/05/MC-EnC of 18 December 2009 on the implementation of certain Directives on Energy Efficiency

DECISION OF THE MINISTERIAL COUNCIL OF THE ENERGY COMMUNITY

D/2009/05/MC-EnC of 18 December 2009on the implementation of certain Directives on Energy Efficiency

Dick, G. (2007) Green building basics. Коришћено са http://ciwmb.ca.gov/GreenBUilding/Basics.htm.

Dietrich, F. (1975) *Hallenbäder und Hallenfreibäder* , München: g. D. W. Callwey

DIRECTIVE 2002/91/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 16 December 2002 on the energy performance of buildings

DIRECTIVE 2010/31/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast)

Domínguez, S. Sendra, J.J. León, A.L. (2012) Towards energy demand reduction in social housing. *Energies 5*, стр. 2263–2287.

Драгојевић, М. (1987) Спортско- рекреациони центри Београда, *Физичка култура Београд* 41/87/3, Београд

Ђурђевић, Н. (2004) *Улога локалних заједница у области спорта,* Крагујевац: Управа за спорт Министарства просвете и спорта Републике Србије

El-Wahab, A. El Kadi, A. Fanny, M. (2003) Architectural designs and thermal performances of school sports-halls, *Applied Energy,* Vol. 76, Issues 1–3, стр. 289–303.

EMPA (Swiss Federal Laboratories for Material Testing and Research), ZAE- Bayern (Bavarian Centre for Applied Energy Research) and other, (2005) Vacuum Insulation Panels, Study on VIP Components and Panels for Service Life Prediction of VIP in Building Architecture, коришћено август 2012. са http://www.ecbcs.org/docs/Annex_39_Report_Subtask-A.pdf

EnerPHit – the Passive House Certificate for retrofits, коришћено априла 2017. са https://passipedia.org/certification/enerphit

Engineering toolbox, доступно на: http://www.engineeringtoolbox.com/ventilation-systems-t_37.html

Energy Consumption Guide, ECG 078- Energy use in sports and recreation buildings, BRECSU - UK, 2001, доступно на : http://www.carbontrust.co.uk/Publications/pages/publicationdetail.aspx?id=ECG078

ENERGY EFFICIENCY IN BUILDING PLATFORM, доступно на: http://www.e2b-ei.eu

EN 1177:1997 Impact absorbing playground surfacing- Safety requirements and test methods

EnRiMa Energy Efficiency and Risk Management in Public Buildings, доступно на: http://enrima-project.eu

Енергетски профил Србије, коришћено јул 2016, са http://www.see-institute.org/srpski/energetski-profil-rs

EpLabel пројекат, доступан на: www.eplabel.org

ECG078 - Energy use in sports and recreation buildings, BRECSU - UK, 2001, доступно на: http://www.carbontrust.co.uk/Publications/pages/publicationdetail.aspx?id=ECG078

ECTP, доступно на: http://www.ectp.org/

European Commission SAVE programme 2005 report, доступно на http://ec.europa.eu/energy/evaluations/doc/2005_save.pdf

European Commission (2011) *A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050*. Brussels.

European Environment Agency. (2012) *Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012*. Copenhagen.

European Environment Agency. (2012) *Environmental indicator report 2012*. Copenhagen.

EU evaluation report, доступно на http://iet.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency/sites/energyefficiency/files/Catalogue_GB_July2011-August_2012.pdf

European Commission. (2018) Improving the energy performance of step-by-step refurbishment and integration of renewable energies (EUROPHIT) доступно на: https://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects/en/projects/europhit

Eurostat statistički podaci Evropske unije, доступно на: http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/product_details/publication?p_product_code=KS-PC-08-001

European Photovoltaic Industry Association (2012). "Market Report 2011", доступно на: http://www.epia.org/index.php?eID=tx_nawsecuredl&u=0&file=fileadmin/EPIA_doc

s/publications/epia/EPIA-marketreport-2011.pdf&t=1328788255&hash=e3fbc35fd185fa8102cad6c987fbb2ed.

Efficiency Valuation Organization.(2007) *International Performance Measurement and Verification Protocol*; Efficiency Valuation Organization, Washington, USA.

Закон о планирању и изградњи Службени гласник РС, бр. 72/2009, 81/2009, 64/2010, 24/ 2011

Закон о енергетској ефикасности Службени гласник РС бр. 59/2013

Закон о спорту Службени гласник РС, бр. 24/2011 і 99/2011

Зековић, С. Вујошевић, В. (2009) Политика грађевинског земљишта, *Студија за израду Стратегије просторног развоја Србије*. Београд: ИАУС

Zold, A. Szalay, Zs. (2007) What is missing from the concept of the new European Building Directive?, *Building and Environment,* vol. 42, стр. 1761-1769.

Zhiqiang, Y. Mohamed, M. Mankibi, Y. (2015) Review of Natural Ventilation Models, *Energy Procedia*, vol. 78, стр. 2700-2705.

Ilić, S. (1998) *Sportski objekti*, Beograd: Slobodan N. Ilić

Indeks komfora, Извор: http://www.iesve.com/support/faq/pdf/comfortcalc.pdf

International Energy Agency (2012) "Energy Technology Perspectives 2012". доступно на http://www.iea.org/Textbase/npsum/ETP2012SUM.pdf.

Intergovernmental Panel on Climate Change. *Climate Change 2007: Synthesis Report*; IPCC

IPCC (1990). *First assessment report.* Cambridge: University Press.

IPMVP, International Performance Measurements and Verification Protocol, Concepts and options for energy and water saving, Vol. 1, доступно на; http://www.eeperformance.org/uploads/8/6/5/0/8650231/ipmvp_volume_i__2012.pdf

ICT4 energy efficiency in building forum, доступно на http://www.ict4e2b.eu/wikiforum

Innovation in Insulation, , коришћено августа 2012. са http://www.plasticsportal.net/wa/plasticsEU~en_GB/function/conversions:/publish/common/upload/foams/Neopor_Wall_insulation_HR.pdf

Извештај ISIAQ-CIB Task Group TG 42 Performance criteria of buildings for health and comfort CIB number 292, 2004.

Извештај са 85. Консултативног састанка, одржаног 21.03.- 22.03. 1974. у Београду на Одсеку за студије и истраживања, тема: Изградња спортских објеката у Београду, Југословенски грађевински центар, Београд

IRES (2016) United Nations, Energy Balances and Electric Profiles—Concepts and definitions, доступно на: https://unstats.un.org/unsd/energy/ires/IRES_Whitecover.pdf

Jenšterle, J. (2011) Future trends of sport, lesure and infrastructure, SPOFA 2011, International Congress for Sport Facilities, Current Possition and Perspectives, University of Belgrade, Faculty of Sport and Physical Education, стр.111-120.

Јовановић-Поповић, М. и други (2003) *Енергетска оптимизација зграда у контексту одрживе архитектуре - део 1: Анализа структуре грађевинског фонда*, Архитектонски факултет Универзитета у Београду

Јовановић-Поповић, М. и други (2005) *Енергетска оптимизација зграда у контексту одрживе архитектуре - део 2: Могућности унапређења енергетских карактеристика грађевинског фонда*, Архитектонски факултет Универзитета у Београду

Јовановић-Поповић, М. Игњатовић, Д. (2003) Концепт методологије структуирања грађевинског фонда са аспекта енергетске оптимизације, поглавље у *Енергетска оптимизација зграда у контексту одрживе архитектуре,* Научно истраживачки пројекат, фаза 1, Београд: Чигоја штампа, стр. 1-23.

Complexo Deportivo Santa Maria de Lamas, Португалија, коришћено април 2016, са http://complexo.colegiodelamas.com/

Класификација врсте грађевина, методологије и стандарди, Републички завод за статистику Србије, Београд, 2005.

Konya, A. (ed) (1986) *Sports buildings, briefing and design guide*, London : The Architectural Press

Knaak, U. и други (2007) *Facades, Principles of construction*, Berlin: Birkhausen

Кнауф Србија, Топлотна изолација, доступно на: http://www.knaufinsulation.rs/sr/kamena-vuna/fkd-s-thermal

Krstic, A. Rajcic, A. (2000) *Improvement of thermal performances of external walls aimed to produce energy rational buildings*. Proceedings of The 3 International Conference for Teachers of Architecture, School of Architecture, Oxford Brookes University, Oxford, 2000, стр. 7.04.

Krstic, A. (1999) Ekološki pristup u izgradnji novih I obnovi postojećih stambenih gradskih zona (Ecology approach to building of new and refurbishment of existing urban dwelling areas). У *Održivost I grad*. Arhitektonski fakultet Univeziteta u Beogradu. Beograd. стр. 31-39.

Krstic-Furundzic, A. Kosoric, V. Golic, K. (2012) Potential for reduction of CO_2 emissions by integration of solar water heating systems on student dormitories through building refurbishment, *Sustainable Cities and Society*, Editor: Prof. Saffa Riffat, Volume 2, Issue 1, *Elsevier*, стр. 50-62.

Krstic-Furundzic, A. (2012) *Energy efficiency*, chapter of the monograph "Suburbanscapes", COST Action TU0701, edited by Roberto Di Giulio, Universita di Ferrara, Dipartimento di Architettura, Alinea Editrice, Florence, Italy, стр. 31-36.

Lienhard, John H. V. (2008) *A heat transfer textbook*, Phlogiston Press, Cambridge Massachusetts

Manso, M. Joao, C. (2015) Green wall systems: A rewiew of their characteristics, *Renewable and Sustainable energy Reviews 41*, стр. 863-871.

Министарство омладине и спорта (2009) *Информатор о раду Министарства омладине и спорта*, Београд: Сектор за пројекте

Miletic, M. (2013) *Use of transparent insulation materials as one of the measures of improving the energy efficiency of structures*, The sixth international exergy, energy and environment symposium, IEEES6, by Recep Tayyip Erdogan University (RTEU**),** Session: Energy and Environmental Issues-II**,** Rize, Turkey, July 1-4. 2013. Conference proceedings ISBN: 978-605-85878-0-9 стр. 379-386.

Miletic, M. Arsic, N. (2018) *Energy Flows and Energy Cycle: From Resources to End Users*, chapter of the Book Series. Energy Resources and Building performance, KLABS for Sustainable and Resilient Environment, Co-founded by Erasmus+ Programme of the European Union, ур. Thaleia Konstantinou, Nataša Ćuković

Ignjatović i Martina Zbašnik-Senegačnik, TU Delft Open, ISBN 978-94-6366-034-1, стр. 20-42.

Милетић, А. (2013) *Цез баскет,* Београд: Лагуна

Министарство омладине и спорта (2002). *Спортски објекти у Србији*. Београд: Управа за спорт

Митровић, С. Николић-Топаловић, М. Ћировић, Г. (2011) *ETFE, the new textile covering for roofs and facades of sports buildings*, Conference proceedings Standardization and trends, стр. 59-70.

Митровић, Д. Ћировић, Г. (2008) *Функционисање спотских центара- Приручник*, Београд: Асоцијација спортских центара Србије

Мотика, Д. Цинцар, Н. Поповић, Б. (н.д.) Електрично осветљење и његов значај, доступно на: http://www.bas.gov.ba/images/upload/glasnik/clanak1_1_2_15.pdf

Национална стратегија одрживог развоја, "Службени гласник РС" бр. 57/2008

NCM (2014) National Calculation Methodology (NCM Modelling Guide) for buildings other than dwellings in England, 2013 edition.

Ottele, M. и други (2011) Comparative life cycle analysis for green facades and living wall systems, Energy and Buildings, *Elsevier*, стр. 3419- 3429.

Paree, P. и други (2008) Enefcomplex, *Best Practices, Bulgaria, Denmark, Germany, Italy and the Netherlands*, Work Package III (draft) Deliverable 3.5, February 2008.

Passive House requirements , доступно на: http://passiv.de/en/03_certification/02_certification_buildings/08_energy_standards/08_energy_standards.html

Polideportivo Municipal De Exterbarri, Шпанија, коришћено април 2016. са www.piscinasetxebarri.com

Полимери у градитељству, коришћено августа 2010. са http://static.oglasnik.hr/nekretnine/clanak/polimeri-u-graditeljstvu,428

Petrović, B. (2011) *Categorization of Sports Facilities*, SPOFA 2011, International Congress for Sport Facilities, Current Possition and Perspectives, University of Belgrade, Faculty of Sport and Physical Education, стр. 171-175.

Петровић, З. (1993) *Објекти физичке културе Школски објекти*, Београд: Факултет физичке културе, Универзитет у Београду

Peters, S. (2011) *Material Revoultion Sustainable and Multi purpose Materials for Design and Architecture.* Базел: Birkhauser.

Perechuda, K. (2000) Restructuring and privatization of sports organizations. *Human Movement*, vol.2. коришћено јануара .2010. са http://www.awf.wroc.pl/hum_mov/english/02/papers/art05.htm

Perez, G. и други (2011) Green vertical systems for buildings as passive systems for energy savings, *Applied Energy,* Elsevier, стр. 4854- 4859.

Pisello, A. Bobker, M. Cotana, F. (2012) A Building Energy Efficiency Optimization Method byEvaluating the Effective Thermal Zones Occupancy, *Energies 2012,* 5, 5257-5278; doi:10.3390/en5125257 ISSN 1996-1073, доступно на: www.mdpi.com/journal/energies

Правилник о енергетској ефикасности зграда, Службени гласник РС бр. 61/2011

Правилник о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетскимсвојствима зграда, Службени гласник РС бр. 69/12

Правилник о утврђивању ближих критеријума за утврђивање општег интереса у области спорта Сл. гласник РС, бр. 39/2006

Правилник о условима за обављање спортских активности Сл. гласник РС, бр. 30/99

Правилник о националној категоризацији спортских објеката, Службени гласник РС, бр. 103/2013

Правилник о критеријумима за категоризацију спортова, мисаоних спортова, спортских игара и спортских вештина, извор: http://sistemsport.rs/pdf/pravilnik_o_kriterijumima_za_kategorizaciju_sportova.pdf, коришћено мај 2016.

Racionalno korišćenje energije u funkciji razvoja lokalnih zajednica, коришћено новембра 2013. са http://www.palgo.org/files/knjige/racionalno%20koriscenje%20energije%20-%20E%20format.pdf

REN21 (2011) "Renewables 2011: Global Status Report" http://www.ren21.net/Portals/97/documents/GSR/GSR2011_Master18.pdf;

Reknagel, Šprenger, Šramek, Čeperković (2002) *Grejanje i klimatizacija sa pripremom tople vode I rashladnom tehnikom*, 2002, V издање, Vrnjačka Banja: Interklima.

Rodrigues, L. (2010) *An investigation into the use of thermal mass to improve comfort in British housing.* PhD thesis, University of Nottingham, доступно на: http://etheses.nottingham.ac.uk/1872/

Santamouris, M. и други (2003) *Solar Thermal Technologies for Buildings*, London: James & James Publishers.

Shnapp, S. и други (2013) What is a deep renovation definition? Technical Report Global Buildings Performance Network (GBPN), доступно на http://www.gbpn.org/reports/what-deep-renovation-definition

Stamenkovic, M. Miletic, M. Kosanovic, S. Vuckovic, G. Glisovic, S. (2017) The impact of a building shape on space cooling energy performance in the green roof concept implementation, *Thermal Science*, . https://doi.org/10.2298/TSCI170425205S.

Stevanović, Ž. (2012) Energetski pregled sistema grejanja i merenja pri energetskim pregledima, tematsko poglavlje 11.1, Inženjerska komora Srbije, Beograd

Szokolay, S. (2004) *Introduction to Architectural Science, The basis of sustainable design*, London: Architectural Press.

Smith, P. F. (2005) *Architecture in a Climate of Change: A Guide to Sustainable Design*, Elsevier, London: Architectural Press

Sports halls, Design and layouts, коришћено јула 2012, доступно на: https://www.sportengland.org/media/4330/sports-halls-design-and-layouts-2012.pdf

Sport Industry Directory, доступно на www.sportindustry.com

SportE^2. 2018, „Performance Criteria and Requirements.“ Energy Efficiency for European Sport Facilities, доступно на: https://cordis.europa.eu/docs/projects/cnect/4/260124/080/deliverables/001-ARES296619D11GA260124.pdf

Спортски објекти у Србији: евиденција спортских објеката у Србији / [приредио] Институт за трансфер технологије, инжењеринг и маркетинг, Београд : Министарство просвете и спорта Републике Србије, Управа за спорт, 2002.

Спортски центри и хале, доступно на: http://www.beograd.rs/cms/view.php?id=1756

SRPS EN 15251, https://www.iss.rs/rs/standard/?natstandard_document_id=26065

SRPS EN ISO 7730: Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of PMV and PPD indices and local thermal criteria

SRPS EN ISO 7726: Ergonomics of the thermal environment – Instruments for measuring physical quantities

Стандард SRPS ISO 9001 тачка 6.

Стандард SRPS ISO 9001:2-000 (2001) тачка 7.2.1.

Стандард SRPS ISO/TC 83 Опрема за спорт и рекреацију

Стандард CEN/TC 136/ SC Playground equipment for school children

Статистички годишњак Србије (2007) Завод за статистику Србије, Београд

Stamenić, Lj. (2009) *Korišćenje solarne fotonaponske energije su Srbiji*, Jefferson Institute

Стратегија развоја спорта У Републици Србији за период 2009.-2013. (Сл. Гласник РС бр. 110/08)

Стојковић, М. (2016) *Енергетска оптимизација у адаптацији индустријских објеката*, докторска дисертација, Универзитет у Београду, Архитектонски факултет

Sun, P. Wang, R. Xu, Y. (2011) Analysis of indoor environmental conditions and heat pump energy supply systems in indoor swimming pools, *Energy and Buildings.* Issue 5, стр. 1071-1080.

Тодоровић, М. (н.д.) *Енергетска ефикасност система грејања и климатизације,* поглавље 5, Годишња потрошња енергије за грејање, Машински факултет, Београд

Томић, М. (2001) *Менаџмент у спорту*, Друго издање, Београд: ИП Астимбо

Trianti, E. и други (1998) Energy conservation strategies for sports Centres: Part A. Sports Halls, *Energy and Buildings,* 27, стр. 109-122.

Ћехајић, Н. (2013) Пасивно коришћење сунчеве енергије у зградарству, Тромбов зид, *Технички гласник* 7, стр. 363-370.

Ћировић, Г. (2010) Техничко-технолошке основе класификације, категоризације и стандардизације спортских објеката, *Изградња,* 3/4, стр. 170-184.

UK GBC (2008) *Definition of Zero Carbon Report*, GBC Report, Z.C.T.G. Report, London

U.S. Green Building Council, доступно на: http://www.usgbc.org/Default.aspx

Fried, G. (2005) Managing sport facilities, Human Kinetics, Champaign, IL.

Understanding Daylighting of Sports Halls, коришћено са http://www.sportscotland.org.uk/documents/resources/understandingdaylightsc.pdf. април 2016.

Fanchi, J. R. (2013). *Energy In The 21st Century* (3rd Edition). Singapore: World Scientific.

Fidia Sports Complex, http://www.fidiaroma.it/

Fourth Assessment Report; IPCC: Geneva, Switzerland, 2007; No. 104, доступно на: http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_synthesis_report.htm (коришћено 2012).

Fundamentals of HVAC control systems. Ross Montgomery , Robert Mc Dowall Schneider Electric Technical Documentation

Hechong, L. (1999) *Thermal delight in architecture*, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts

Carbon Trust, доступно на http://www.carbontrust.co.uk/

Central Product Classification- CPC, (1991) United Nations

Цекић, Н. (2004) Спортски објекти, Предавања, Грађевинско архитектонски факултет, Ниш

CIBSE Guide A: Environmental design, January 2006 (7th edition) The Chartered Institution of Building Services Engineers London, ISBN-10: 1-903287-66-9

CR 1752: Ventilation for Buildings: Design Criteria for the Indoor Environment

Classification of types of construction- CC, final version, (1997), Eurostat, доступно на

http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained/index.php/Http:/epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained/index.php/Glossary:Classification_of_types_of_construction_(CC)/fr

Council of the European Union (2008) *Energy and climate package - elements of the final compromise agreed by the European Council.* Brussels.

Chen, S. Huang, J. (2012) A Smart green building: An environmental health control design. *Energies 5*, стр. 1648–1663.

Chwieduk, D. (2003) Towards sustainable-energy buildings. *Appl. Energy 76*, стр. 211–217.

Cuce, E. (2017) Thermal regulation impact of green walls: An experimental and numerical investigation, *Applied Energy,* 194, стр. 247–254.

Шупут, Д. (2009) Модалитети власништва на спортским објектима. У Шупут, Д. *Спорт и приватизација*, Београд: Институт за упоредно право и спортски фонд Цептер, стр. 97-105.

WHO (2009) World Health and United Nations Millennium Goals. Коришћено децембра 2010. са http://www.who.int/mdg/en/

WHO, FIMS (1995) Declaration on Common Attitudes about Public Health. Гранада: WHO. FIMS

Weather data: https://energyplus.net/weather-location/europe_wmo_region_6/SRB//SRB_Belgrade.132720_IWEC

ПРИЛОГ 1

Клима У Србији

ПРИЛОГ 1: Клима У Србији

Климатске промене у свету и клима у Србији

Извештај о климатским променама са описом тренутне ситуације заснива се на појединачним извештајима три радне групе међувладиних панела о климатским променама (Intergovernmental Panel on Climate Change , IPCC) [334], који укључује и релевантне специјалне извештаје и даје приказ, процену климатских промена и очекивања у будућности у односу на ситуацију у којој се налазимо. Констатовано је да је емисија штетних гасова знатно увећана од преиндусттријске ере, услед пораста популације и економије. Концентрација карбон диоксида, метана и азот оксида је достигла максимум.[335]

Према Оквирној конвенцији УН о климатским променама (United Nations Framework Convention on Climate Change- UNFCCC) „промена климе је директно или индиректно условљена људским активностима које изазивају промене у саставу глобалне атмосфере и која је суперпонирана на природна колебања климе осмотрена током упоредивих временских периода.“ Људске активности су антропогени фактор који сноси одговорност за глобално загревање и промену климе условивши увећан допринос ефекта стаклене баште. [336] У другој половини 2013. године Европска Унија је донела Седми акциони програм по питању околине (7th EAP, Environmental Action Programme) који промовише дугорочну визију доброг живота уз ограничења наше планете. Конкретно, предвиђа се да Европа до 2050. буде место где се просперитет заснива на природним ресурсима уз очување биоразноликости.[337]

---

[334] IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 стр.

[335] IPCC, 2014, Узроци климатских промена, стр. 4.

[336] У питању је природни ефекат где практично сва енергија у климатском систему потиче од Сунца. Земља емитује дуготаласно зрачење кроз атмосферу у васиону ради одржавања радиационог биланса. Поједини гасови као што су угљендиоксид, водена пара, метан имају способност да земљино дуготаласно зрачење апсорбују, део емитују у васиону а део врате ка земљиној површини.

[337] European Environment Agency (2012) *Environmental indicator report 2012,* Copenhagen.

Европска комисија се обавезала у редуковању емисије штетних гасова од 80-90% у односу на емисију из деведесетих година прошлог века до 2050. године, што нас доводи до циља да глобално загревање не прелази 2ºC на годишњем нивоу. Постављени циљеви до 2020. су: редукција емисије штетних гасова за 20 %, повећање коришћења обновљиве енергије за 20 % и повећање енергетске ефикасности за 20 %. Након анализе установљено је да је ЕУ на добром путу да постигне први циљ али да тренутна политика није довољна за постизање осталих циљева у погледу енергетске ефикасности.[338]

Према Извештају који је 2007. објавио IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) главни узрочник климатских промена је управо људска активност, у ствари индустријски развој у последњих 200 година који је утицао на раст концентрације штетних гасова у ваздуху, нарочито угљен- диоксида и метана чија се концентрација удвостручила. Исти извештај наглашава значај контроле температуре ваздуха чији би раст ваљало контролисати у оквирима +2ºC у односу на 2000. годину.

У последње две деценије у Србији је забележено чак 15 година са температурама већих од нормалних (мерених у периоду од 1960. – 1980.).[339]

Годишња температура у Србији од 1951- 2000. године варирала је између -0,7ºC /100 година (у Лесковцу) до +1,7ºC/100 година (измерена у Палићу). Највећи пораст температуре је забележен на северу Војводине и Београду где је последњих 55 година температура порасла за више од 1,4ºC/100 година.

Србија припада југоисточном европском подрегиону у коме се предвиђа већи пораст температуре него на глобалном нивоу- пораст температуре ће се кретати од 2,2 до 5,1ºC до краја 21 века, нарочито и току летњих месеци.[340] Влажност ваздуха ће се смањити на годишњем нивоу што ће довести до пораста ризика од летњих суша. Остале прогнозе на пољу климатских промена у региону па и код нас такође нису

---

[338] European Commission (2011).*A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050*, Brussels.
http://www.postcarbonpathways.net.au/transition-strategies/european-commission-roadmap-2050/#.VhZB8cJyqP8

[339] Управо у том периоду су изграђении објекти које узимамо као студије случаја

[340] Ђукић, А. Ступар, А. (2011) А и У, вол. 32, стр. 35-48.

оптимистичне- очекује се смањење водних резерви, повећање ризика од поплава, ерозије и настанка мочвара, бара и површинске воде. (IPCC, 2007)

Имајући у виду овакав сценарио јасно је да се треба прилагодити климатским променама и различитим конкретним акцијама настојати ублажити њихово деловање. [341]

[341] Ђукић, А. Ступар, А. (2011) Архитектура и Урбанизам, вол. 32, стр. 35-48.

ПРИЛОГ 2

Ваздушни комфор

ПРИЛОГ 2: Ваздушни комфор

Табела приказује вредности концентрације TVOC и у односу на количину честица осећај и стање који се код испитаника јавља.

Табела 1. Европски захтеви по питању вентилације (European ventilation requirement guidelines)

	Comfort	Target	Discomfort	toxic
TVOC	mg/ m^3	mg/ m^3	mg/ m^3	mg/ m^3
	0,2	0,3	3	25

Према стандарду CEN CR 1752 (European design criteria) постоје две категорије зграда; са малом концентрацијом загађења од материјала и већом концентрацијом. Те две категорије су дефинисане на основу процента незадовољних људи. Зграде са малим загађењем би требало да имају највише материјала из категорије M1 са емисијом мањом од 0,2 mg/m^3h , мање материјала из категорије M2 са емисијом мањом од 0,4 mg/m^3h , и да не садрже материјале из групе M3 са емисијом већом од 0,4 mg/m^3h.

Америчка асоцијација (American Protection Agency) EPA је саставила базу података са материјалима и канцеларијском опремом која дозвољава дозвољене границе емисије TVOC.

Табела 2. даје преглед неких полутаната у ваздуху и њихових дозвољених количина као и извора за преузете референтне вредности.

Табела 2. Референтне вредности за неке загађиваче ваздуха[342]

Полутант	*Вредности*	*Референце*
Carbon monoxide	10 (8h) 30 (1h) 60 (30min) 100 (15min)	WHO,2000
Nitrogen dioxide	0,2 (1h) 0,04 (annual)	
Честице	PM / PM_{10} 0,05(annual)	WHO, 2000 US EPA, 1996

[342] Извор: Извештај ISIAQ-CIB Task Group TG 42Performance criteria of buildings for health and comfort CIB number 292, 2004.

	0,15 (24h) $PM_{2,5}$ 0,015 (annual) 0,06 (24h)	US EPA, 1996
Озон	0,12 (8h)	WHO, 2000
VOCs	Toluene 0,26 (week) Benzene UR:$6x10^{-6}$ TVOC 0,3	WHO, 2000 WHO, 2000
Formaldehyde	0,1 (30min)	WHO, 2000

ПРИЛОГ 3

Пасивни соларни системи и зелени зидови

ПРИЛОГ 3: Пасивни соларни системи и зелени зидови

Пасивни соларни системи

Елементе пасивног соларног грејања би требало:

- правилно оријентисати ка југу- где читаве године долази највећа количина сунчевог зрачења, затим треба:
- да се користе прозори и стакла од посебних материјала премазани разним слојевима које пружа данашња технологија за што већу акумулацију топлотне енергије,
- да се акумулира енергија у термалним масама- то су грађевински материјали великог капацитета складиштења топлоте; цигле, бетон, земља и вода,
- правилно дизајнирати системе за дистрибуцију топлотне енергије кроз објекат
- правилно поставити заштитне елементе који спречавају загревање објеката током лета,
- треба водити рачуна о материјалима који се уграђују и њиховој токсичности.[343]

Пасивно соларно грејање не мора бити довољно за грејање читавог објекта али може смањити трошкове додатног загревања и тиме смањити употребу необновљивих фосилних горива.[344]

Основни елементи пасивног соларног система су:
соларни отвори,
складиште топлоте и
грејани простор.
Соларни отвори се састоје из различитих прозора чији нагиб и орјентација треба да обезбеде максималне добитке топлоте зими и да спрече прегревање лети.

---

[343] Еко куће, Извор: http://www.ekokuce.com/arhitektura/principi/pasivno-solarno-grejanje
[344] Извор: http://www.ekokuce.com/arhitektura/principi/pasivno-solarno-grejanje

Термичка маса су елементи зграде са великим топлотним капацитетом: подови, зидови и таванице и треба да је добро изолована да би грејала собу зрачењем и конвекцијом. На транспарентне преграде може се поставити покретна изолација, застори, не би ли се спречили претерани топлотни губици у току ноћи.

Поред прозора користе се и други јужно орјентисани отвори као стакленици, Тромбов[345] или водени зид.

Пракса је показала да комбиновање више пасивних система на објекту даје најбоље резултате.

Поред стакленика и Тромбовог зида као пасивних соларних система двострука фасада представља активну конструкцију омотача зграде која је састављена из спољашњег и унутрашњег интегрисаног слоја, са међупростором кроз који струји ваздух.[346]

Стакленик

Стакленик је веома важан елемент пасивне соларне и биоклиматске архитектуре помоћу кога захватамо и користимо сунчеву енергију. Зелена башта стакленика својом специфичном микроклимом побољшава термички, визуелни, звучни и естетски комфор. Основни принцип пројектовања зграде са стаклеником је да се она постави на локацији где може да захвати што више сунчеве енергије. У вишеспратним објектима то је најчешће застакљена лођа. Део енергије коју прикупља стакленик може се ускладиштити у зидове објекта. Стакленик се обично формира на јужној страни објекта испред једне или више просторија као саставни или придодати део објекта. Функционисање стакленика заснива се на максималном захватању сунчевог зрачења које захваљујући транспарентним стакленим

[345] Француски научник Феликс Тромб је 1956. Саградио у принејима соларну кућу која је на јужној страни имала масивни зид, застакљен и обојен црном бојом који је представљао соларни колектор, акумулатор топлоте и уређај за грејање. Зид је био масиван да би сачувао енергију. Ћехајић, Н. (2013) Пасивно коришћење сунчеве енергије у зградарству, Тромбов зид, *Технички гласник* 7, стр. 363-370.

[346] Анђелковић, А. С. и други. (2015) The developmenet of single calculation model for energy performance of double skin facades, Thermal Science, 16, Supp 1, 1, стр. C251-C267.

површинама доспева до зидова или пода који су апсорбери топлоте. За акумулацију енергије у стакленицима поставља се таман под, најчешће од керамичких плочица или тамног шљунка, масивни или Тромбов зид, резервоари за воду. Зграда са стакленником не захтева посебне колекторе већ се делови објекта користе за сакупљање енергије тако да зграда сама постаје соларни колектор. Соларним грејањем се може подмирити 30- 60 % потребне топлотне енергије.

Основни елементи стакленика су:

- отвор- велика стаклена површина окренута ка југу,
- апсорбер- под или зид,
- термална маса- материјал који складишти топлоту,
- дистрибуција- начин циркулација кроз простор,
- контрола топлоте- надстрешнице, застори, електронски сензори са термостатом.[347]

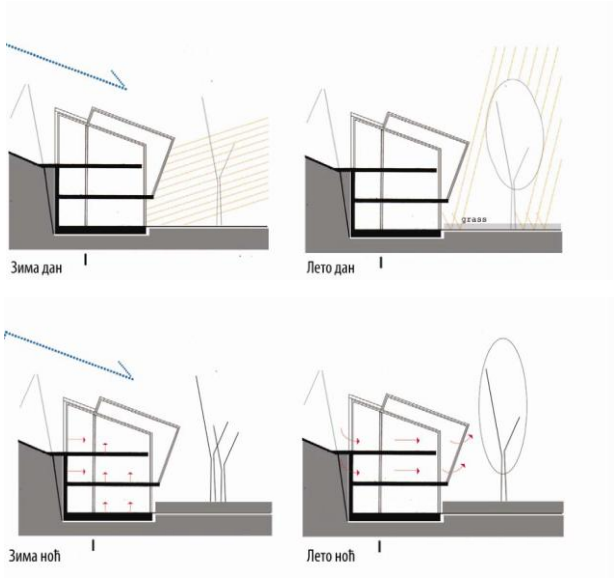
Лети се стакленик штити од прегревања: вегетацијом уколико су објекти нижи, термалним засторима или надстрехама, циркулацијом ваздуха од јужне ка северној страни објекта, испод пода или кроз међуспратне таванице и кроз кровну конструкцију, добром изолацијом, високим термичким капацитетом објекта.

Зими се стакленик штити од хлађења: сађењем листопадног дрвећа у близини стакленика, високим термичким капацитетом објекта, стварањем могућности да сунчеви зраци продру у простор, затвореним системом циркулације ваздуха унутар објекта, од јужне ка северној страни, добром изолацијом. [348]

---

[347] Пуцар, М. (2014) Пасивни соларни системи, Обука за енергетску ефикасност, Инжењерска комора Србије, Београд

[348] *Ibid* Пуцар (2014)



Слика 1. Листопадно дрвеће испред стакленика, Извор: Пуцар, М. (2014) Пасивни соларни системи, Обука за енергетску ефикасност, Инжењерска комора Србије, Београд

У топлотном складишту акумулациона маса је распоређена као примарно, секундарно топлотно и терцијарно топлотно складиште. Складише у стакленику може бити тамно обојен под са довољним степеном апсорпције (изнад 0,8), зид уколико је директно осунчан, посуде са водом. Топлота се преноси до удаљеног складишта искључиво конвекцијом, помоћу вентилатора или клапни. Удаљено складиште се може састојати од слоја камена испод пода.

Стакленици могу бити различитих геометријских фигура, придодати јужном зиду, делимично или потпуно увучени у зграду, на више етажа. Разликујемо следеће типове стакленика:

- прозор стакленик,
- лођа и балкон као стакленик,
- самостални стакленик,
- стакленик на равном крову,
- придодат (дограђени) стакленик,
- делимично уграђен,
- потпуно уграђен (атријумски) стакленик,

- стакленик у урбаном ткиву.

Остали пасивни системи су: масивни зид, Тромб- Мишелов зид, водени зид. термосифонски колектор, кровни базен. [349]

Зелени фасадни вертикални системи (слике 2. и 3.)

Зелене фасаде су фасадни системи у којима биљке пењалице или висилице расту захваљујући постављеној структури, најчешће директно не би ли се покрио одређени део фасаде. Зелене фасаде се деле на: традиционалне где биљке користе фасаду за пењање; дупле фасаде или зелене завесе, где се ствара дупла фасада или зелена завеса одвојено од зида; висеће саксије, где се као део композиције фасаде налазе висеће саксије и стварају зелену завесу. Живи зидови су направљени од панела и/ или геотекстилног материјала, који је фиксиран на вертикалну структуру или директно на зид. Панели су различитих димензија и типова са отворима где се супстрат и биљка постављају и причвршћени су на зид.

Зелене фасаде су пузавице по зиду које могу да расту уз вертикалну површину, попут традиционалних примера или да расту низ вертикалну површину уколико су окачене на одређеној висини.

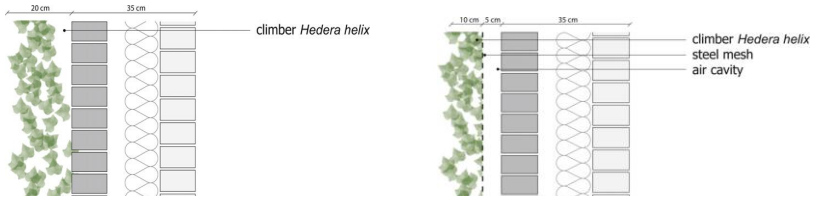
Разликујемо четири заједничка система вертикалног зеленила на објекту:

1. основни зид (цигла нпр.),
2. директни фасадни зелени систем + основни зид,
3. индиректно зеленило + основни зид,
4. систем живог зида (LWS) са саксијама са земљом + основни зид,
5. систем живог зида (LWS) на слоју филца.[350]

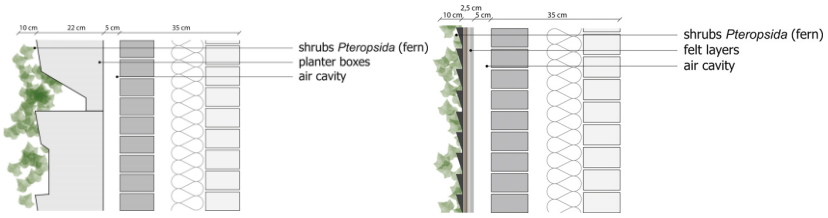
---

[349] *Ibid* Пуцар (2014)

[350] Врста тканине направљена од роловане и пресоване вуне нпр. Ottele, M. и други (2011) Comparative life cycle analysis for green facades and living wall systems, Energy and Buildingsm Elsevier, стр. 3419-3429.



Слика 2 . Директно озелењавање (лево) индиректно озелењавање (десно), Извор : Ottele, M. and others (2011) Comparative life cycle analysis for green facades and living wall systems, Energy and Buildings, Elsevier, str 3421.



Слика 3. Систем живог зида са саксијама са биљкама (лево) и систем живог зида на слоју филца (десно) Извор : Ottele, M. and others (2011) Comparative life cycle analysis for green facades and living wall systems, Energy and Buildings, Elsevier, str 3421.

Живи зидови представљају иновацију у облагању зидова. Они омогућавају појаву зелених зидова на високим објектима. Могу бити модуларни и континуирани у зависности од метода апликације. Живи зидови имају оквир који држи елементе и биљке. Инсталација је фиксирана за зид на одређеном растојању правећи ваздушни слој између зида и инсталације. Овај оквир придржава основни панел и штити зид од влаге. Континуирани живи зидови представљају вертикалне баште. [351]

[351] Manso, M. Joao, C. (2015) Green wall systems: A review of their characteristics, *Renewable and Sustainable energy Reviews 41*, стр. 863-871.

Слика 4. Зелена фасада (директна-слика горе лево) и живи зид (континуирани и модуларни-десно и доле), Извор: Manso, M. Joao, C. (2015) Green wall systems: A rewiew of their characteristics, Renewable and Sustainable energy Reviews 41, стр. 863-871.

Зелени вертикални и хоризонтални системи и спортске зграде

Зелени системи побољшавају квалитет ваздуха; 1 m^2 несечене траве умањује до 2 kg неповољних честица у ваздуху на годишњем нивоу[352] обезбеђују звучну изолацију- 12 cm слоја супстрата редукује звук од 45 db. Зелени кровови су чак 32ºC хладнији од конвенционалних тамних кровова и задражавају 75 % кишнице. Уз коришћење зелених система може да се постигне уштеда енергије од 10 %.[353]

---

[352] Rowe, B. (2011) Green roofs as a means of pollution abatement, *Environmental Pollution*, vol.159, 8-9, str. 2100–2110.

[353] Sekulić, M. Kurtović-Folić, N. (2013) *Application roof garden in the reconstruction of architectural heritage, Assessment of the conditions, maintenance and repair of structures and settlements*. Beograd: SGIS, IMS, RTPB, стр. 617-624.

На сликама је приказано неколико спортских објеката где су примењени вертикални или хоризонтални зелени системи. Један од њих је Француски фудбалски центар у Амијену (*The Centre de Formation de Football in Amiens).* Код овог објекта је тешко рећи где почиње а где се завршава травнати терен. Читав кров је зелена површина. (слика 5).

Chongqing Taoyuanju локални центар (The Chongqing Taoyuanju Community Centre) састоји се из културног, атлетског и здравственог центра. Терен је у паду и зелени кров обједињује сва три центра који се налазе на различитим нивоима објекта (слика 5).

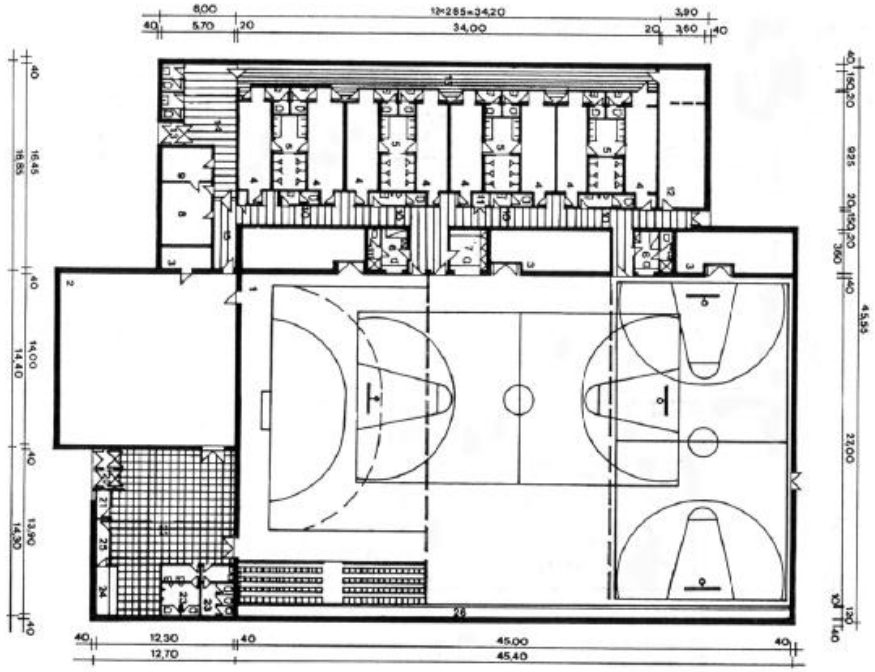
Слика 5. Француски фудбалски центар у Амијену (лево), Извор: http://inhabitat.com/green-roofed-training-lets-people-play-soccer-on-its-roof/centre-de formation-de-football-amiens-1/
Chongqing Taoyuanju локални центар (десно), http://inhabitat.com/huge-sprawling-green-roof-fuses-a-community-center-into-chongqings-mountainous-landscape/

ПРИЛОГ 4

Шематски приказ спортске дворане

ПРИЛОГ 4: Шематски приказ спортске дворане

Диспозиција решења троделне спортске дворане



1 ТРОДЕЛНА ДВОРАНА 45 x 27 m
2 ДВОРАНА ЗА КОРЕКТИВНУ ГИМНАСТИКУ. 14 x 14 m
3 ОПРЕМА 22 ULAZNI ХОЛ - GLEDAOCI
4 СВЛАЧИОНИЦЕ- ГАРДЕРОБЕ
5 САНИТАРИЈЕ- ТУШЕВИ
6 ТРЕНЕРИ
7 РЕЖИЈА
8 УПРАВА
9 КЛУБСКИ ПРОСТОРИ
10 ЧИСТИ ХОДНИК
11 ПОМОЋНО ОСОБЉЕ
12 ТЕРМОТЕХНИЧКИ ПРОСТОРИ (КЛИМАТИЗАЦИЈА, ВЕНТИЛАЦИЈА, ГРЕЈАЊЕ.)
13 ВЕТРОБРАН
14 УЛАЗНИ ХОЛ СПОРТИСТИ
15 НЕЧИСТИ ХОДНИК
20 ВЕТРОБРАН
21 ПРОДАЈА КАРАТА
22 УЛАЗНИ ХОЛ ГЛЕДАОЦИ
23 САНИТАРИЈЕ ГЛЕДАОЦИ
24 КАФЕ БАР
25 ОСТАВА
26 ТЕЛЕСКОПСКЕ ТРИБИНЕ

Слика 1. Диспозиција основе троделне дворане, Извор: Koružnjak (2012)

ПРИЛОГ 5

Упитник за кориснике СЦ

ПРИЛОГ 5: Упитник за кориснике СЦ

СЦ		Админ.радник	Управа/ инг.	Рекреативац /спортиста
Режими рада	*Радно време администрације и управе*			
	Стони тенис простор			
	Кочовић теретана			
	Коришћење универзалне дворане у току дана			
	Коришћење универзалне дворане у току недеље			
	Коришћење универзалне дворане у току године			
	Коришћење свлачионица			
КГХ	*Климатизација*			
	Грејање			
	Хлађење			
Осветљење	*Вештачко осветљење у админ. делу*			
	Вештачко осветљење у дворани			
Осећај угодности корисника објекта	*Температура ваздуха зими у административном делу*			
	Температура ваздугха лети у административном делу			
	Температура ваздуха зими у универзалној дворани			
	Температура ваздуха лети у универзалној дворани			
	Природно осветљење у току зиме у админ. делу			
	Природно осветљење у току лета у админ. делу			
	Природно осветљење у току зиме у универз. дворани			
	Природно осветљење у току лета у универз. дворани			
	Проветреност у админ.делу			
	Проветреност у дворани			

ПРИЛОГ 6

Резултати динамичких симулација постојећег стања модела СЦ1 и СЦ2

ПРИЛОГ 6: Резултати динамичких симулација постојећег стања модела СЦ1 и СЦ2

МОДЕЛ СЦ1- постојеће стање, IES VE 2016

Температура ваздуха у анализираним просторима, канцеларији и универзалној дворани за постојеће стање, приказана је у табелама 1 и 2.

Табела 1. Температура ваздуха за канцеларију, СЦ1, IES VE, Apache, VistaPro, Temperature

Var. Name	Location	Filename	Type	Min. Val.	Min. Time	Max. Val.	Max. Time	Mean
Air temperatu	+1 kancelarija	SUMICE1 SC1	Temperature (°C)	9.14	07:30,18/Jan	29.78	17:30,11/Jul	21.00
Dry resultant	+1 kancelarija	SUMICE1 SC1	Temperature (°C)	9.29	07:30,18/Jan	29.75	17:30,11/Jul	20.93
Mean radiant	+1 kancelarija	SUMICE1 SC1	Temperature (°C)	9.45	07:30,18/Jan	29.72	17:30,11/Jul	20.86

Табела 2. Температура ваздуха за универзалну дворану, СЦ, IES VE, Apache, VistaPro, Temperature

Var. Name	Location	Filename	Type	Min. Val.	Min. Time	Max. Val.	Max. Time	Mean
Air temperatu	-1 glavna dvo	SUMICE1 SC1	Temperature (°C)	5.54	07:30,25/Dec	31.12	16:30,11/Jul	18.27
Dry resultant	-1 glavna dvo	SUMICE1 SC1	Temperature (°C)	5.59	07:30,25/Dec	31.12	16:30,11/Jul	18.19
Mean radiant	-1 glavna dvo	SUMICE1 SC1	Temperature (°C)	5.64	07:30,25/Dec	31.11	16:30,11/Jul	18.12

Вентилационе стопе за канцеларијски простор и универзалну дворану модела СЦ1, постојећег стања приказане су у табелама 3. и 4.

Табела 3. Вентилација за канцеларију, СЦ1, IES VE, Apache, VistaPro, Ventilation

Var. Name	Location	Filename	Type	Min. Val.	Min. Time	Max. Val.	Max. Time	Mean
ApSys air	+1	SUMICE1	Volume flow (l/s)	0.00	00:30,01/Jan	7.56	08:30,01/Jan	2.70
ApHVAC air	+1	SUMICE1	Volume flow (l/s)	0.00	00:30,01/Jan	0.00	00:30,01/Jan	0.00
Auxiliary vent	+1	SUMICE1	Volume flow (l/s)	0.00	00:30,01/Jan	2.10	08:30,01/Jan	1.05
Infiltration	+1	SUMICE1	Volume flow (l/s)	2.90	00:30,01/Jan	2.90	00:30,01/Jan	2.90
Natural vent	+1	SUMICE1	Volume flow (l/s)	0.00	00:30,01/Jan	0.50	10:30,01/Jan	0.09
Free cooling	+1	SUMICE1	Volume flow (l/s)	0.00	00:30,01/Jan	0.00	00:30,01/Jan	0.00

Табела 4. Вентилација за универзалну дворану, СЦ, IES VE, Apache, VistaPro, Ventilation

Var. Name	Location	Filename	Type	Min. Val.	Min. Time	Max. Val.	Max. Time	Mean
ApSys air	-1 glavna	SUMICE1	Volume flow (l/s)	0.00	00:30,01/Jan	187.38	08:30,01/Jan	93.69
ApHVAC air	-1 glavna	SUMICE1	Volume flow (l/s)	0.00	00:30,01/Jan	0.00	00:30,01/Jan	0.00
Auxiliary vent	-1 glavna	SUMICE1	Volume flow (l/s)	0.00	00:30,01/Jan	35.03	08:30,01/Jan	4.18
Infiltration	-1 glavna	SUMICE1	Volume flow (l/s)	398.09	00:30,01/Jan	398.09	00:30,01/Jan	398.09
Natural vent	-1 glavna	SUMICE1	Volume flow (l/s)	0.00	00:30,01/Jan	0.00	00:30,01/Jan	0.00
Free cooling	-1 glavna	SUMICE1	Volume flow (l/s)	0.00	00:30,01/Jan	0.00	00:30,01/Jan	0.00

Извештај за природно осветљење канцеларијског простора и универзалне дворане у центру СЦ1 приказан је следећим табелама (IES VE DayLighting Analysis)

Room 00000098 (+1 kancelarija 5 sekcije)

Analysis calculation for room -

Summary results for working planes and floor

Surface	Quantity	Values			Uniformity (Min./Ave.)	Diversity (Min./Max.)
		Min.	Ave.	Max.		
Working plane 1 Reflectance=0% Transmittance=100% Grid size=0.50 m Area=23.870m2 Margin=0.50 m	Daylight factor	0.5 %	5.6 %	23.8 %	0.09	0.02
	Daylight illuminance	61.02 lux	688.09 lux	2902.78 lux	0.09	0.02
	Sky view	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

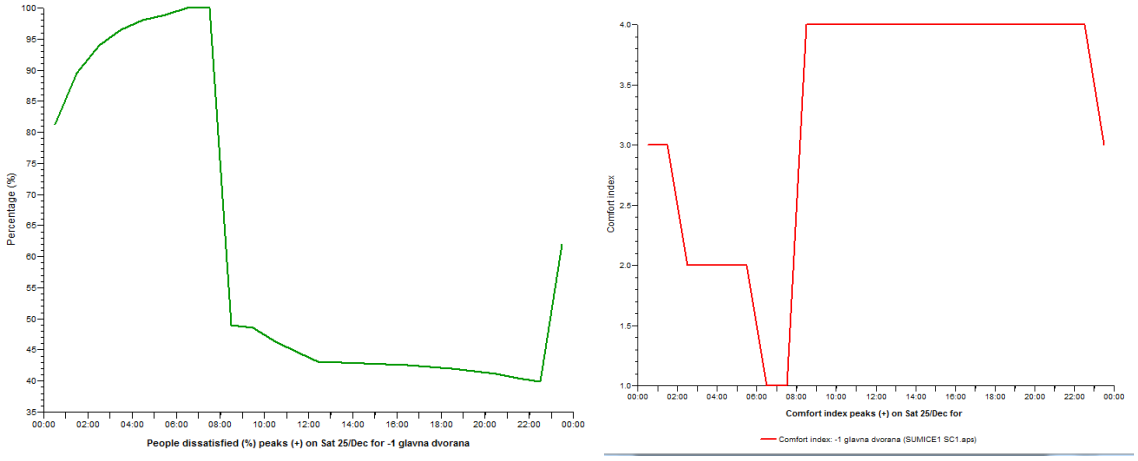
Room 00000002 (-1 glavna dvorana)

Analysis calculation for room -

Summary results for working planes and floor

Surface	Quantity	Values			Uniformity (Min./Ave.)	Diversity (Min./Max.)
		Min.	Ave.	Max.		
Working plane 1 Reflectance=0% Transmittance=100% Grid size=0.50 m Area=1096.217m2 Margin=0.50 m	Daylight factor	0.5 %	1.9 %	4.4 %	0.25	0.11
	Daylight illuminance	57.04 lux	230.38 lux	532.25 lux	0.25	0.11
	Sky view	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Слика 1. приказује максималне вредности индекса комфора у току дана у главној дворани модела СЦ1.



Слика 1. Индекс комфора у току дана и ППД за универзалну дворану, IES VE, Apache, VistaPro, Comfort

МОДЕЛ СЦ2- постојеће стање

Температуре ваздуха за канцеларијски простор и универзалну дворану у центру СЦ2 приказане су у табели 1. и 2.

Табела 1. Температура ваздуха за канцеларију модела СЦ2, IES VE, Apache, VistaPro, Temperature

Var. Name	Location	Filename	Type	Min. Val.	Min. Time	Max. Val.	Max. Time	Mean
Air	p kanc 7	VOZD1	Temperature (°C)	-1.67	06:30,18/Jan	31.56	18:30,10/Jul	18.27
Dry resultant	p kanc 7	VOZD1	Temperature (°C)	-1.66	06:30,18/Jan	31.57	17:30,11/Jul	17.95
Mean radiant	p kanc 7	VOZD1	Temperature (°C)	-1.65	06:30,18/Jan	31.59	17:30,10/Jul	17.62

Табела 2. Температура ваздуха за универзалну дворану, СЦ2, IES VE, Apache, VistaPro, Temperature

Var. Name	Location	Filename	Type	Min. Val.	Min. Time	Max. Val.	Max. Time	Mean
Air temperatu	-1 p glavna d	VOZD1 SC2.a	Temperature (°C)	1.92	06:30,25/Dec	31.17	17:30,11/Jul	17.40
Dry resultant	-1 p glavna d	VOZD1 SC2.a	Temperature (°C)	2.09	06:30,25/Dec	31.15	17:30,11/Jul	17.39
Mean radiant	-1 p glavna d	VOZD1 SC2.a	Temperature (°C)	2.25	06:30,25/Dec	31.14	17:30,11/Jul	17.37

Вентилационе стопе за канцеларијски простор и универзалну дворану модела СЦ2 у постојећем стању приказане су у табелама 3. и 4.

Табела 3. Вентилација за канцеларију, СЦ2, IES VE, Apache, VistaPro, Ventilation

Var. Name	Location	Filename	Type	Min. Val.	Min. Time	Max. Val.	Max. Time	Mean
ApSys air	p kanc 7	VOZD1	Volume flow (l/s)	0.00	00:30,01/Jan	3.62	07:30,01/Jan	1.61
ApHVAC air	p kanc 7	VOZD1	Volume flow (l/s)	0.00	00:30,01/Jan	0.00	00:30,01/Jan	0.00
Auxiliary vent	p kanc 7	VOZD1	Volume flow (l/s)	0.00	00:30,01/Jan	3.00	08:30,01/Jan	0.36
Infiltration	p kanc 7	VOZD1	Volume flow (l/s)	2.43	00:30,01/Jan	2.43	00:30,01/Jan	2.43
Natural vent	p kanc 7	VOZD1	Volume flow (l/s)	0.00	00:30,01/Jan	6.08	10:30,01/Jan	0.94
Free cooling	p kanc 7	VOZD1	Volume flow (l/s)	0.00	00:30,01/Jan	0.00	00:30,01/Jan	0.00

Табела 4. Вентилација за универзалну дворану, СЦ2, IES VE, Apache, VistaPro, Ventilation

Var. Name	Location	Filename	Type	Min. Val.	Min. Time	Max. Val.	Max. Time	Mean
ApSys air	-1 p glavna	VOZD1	Volume flow (l/s)	0.00	00:30,01/Jan	251.55	07:30,01/Jan	157.22
ApHVAC air	-1 p glavna	VOZD1	Volume flow (l/s)	0.00	00:30,01/Jan	0.00	00:30,01/Jan	0.00
Auxiliary vent	-1 p glavna	VOZD1	Volume flow (l/s)	0.00	00:30,01/Jan	105.11	21:30,01/Jan	4.38
Infiltration	-1 p glavna	VOZD1	Volume flow (l/s)	604.10	00:30,01/Jan	604.10	00:30,01/Jan	604.10
Natural vent	-1 p glavna	VOZD1	Volume flow (l/s)	0.00	00:30,01/Jan	0.00	00:30,01/Jan	0.00
Free cooling	-1 p glavna	VOZD1	Volume flow (l/s)	0.00	00:30,01/Jan	0.00	00:30,01/Jan	0.00

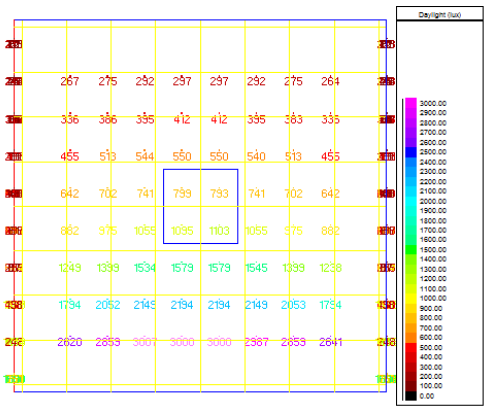
Природно осветљење канцеларијског простора и универзалне дворане у центру СЦ2 приказано је у следећим табелама и сликама које су преузете из софтвера.

Room 00000018 (p kanc 7)

Analysis calculation for room -

Summary results for working planes and floor

Surface	Quantity	Values			Uniformity (Min./Ave.)	Diversity (Min./Max.)
		Min.	Ave.	Max.		
Working plane 1 Reflectance=0% Transmittance=100% Grid size=0.50 m Area=16.000m2 Margin=0.50 m	Daylight factor	2.2 %	9.5 %	24.6 %	0.23	0.09
	Daylight illuminance	264.18 lux	1157.76 lux	3006.83 lux	0.23	0.09
	Sky view	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00



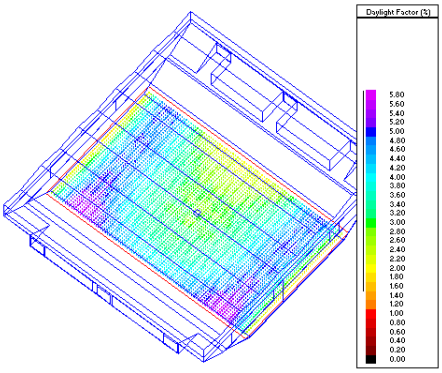
Слика 1. Осветљење канцеларије СЦ2

Room 00000000 (-1 p glavna dvorana)

Analysis calculation for room -

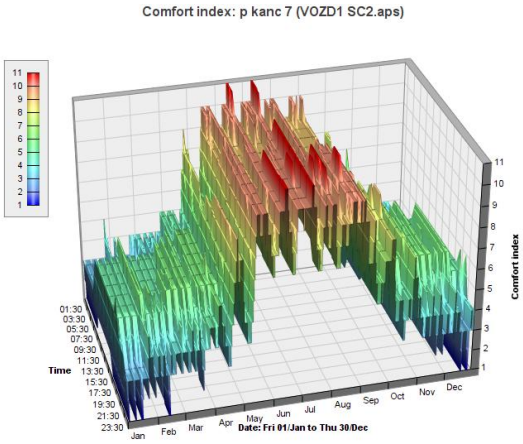
Summary results for working planes and floor

Surface	Quantity	Values			Uniformity (Min./Ave.)	Diversity (Min./Max.)
		Min.	Ave.	Max.		
Working plane 1 Reflectance=0% Transmittance=100% Grid size=0.50 m Area=1167.612m2 Margin=0.50 m	Daylight factor	1.7 %	3.7 %	5.9 %	0.46	0.29
	Daylight illuminance	209.82 lux	453.78 lux	718.62 lux	0.46	0.29
	Sky view	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

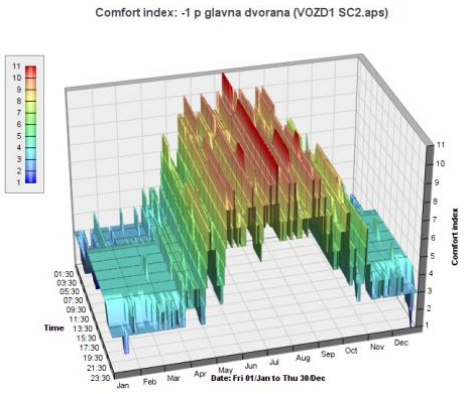


Слика 2. Осветљење главне дворане, СЦ2

Индекс комфора за канцеларијски простор и универзалну дворану приказан је на сликама 3. и 4.

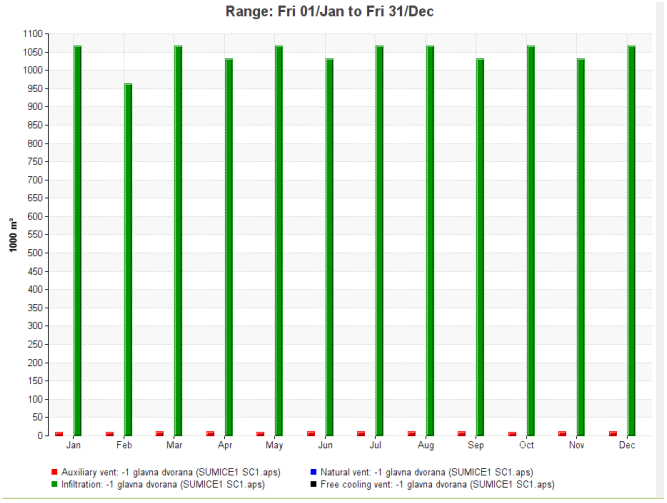


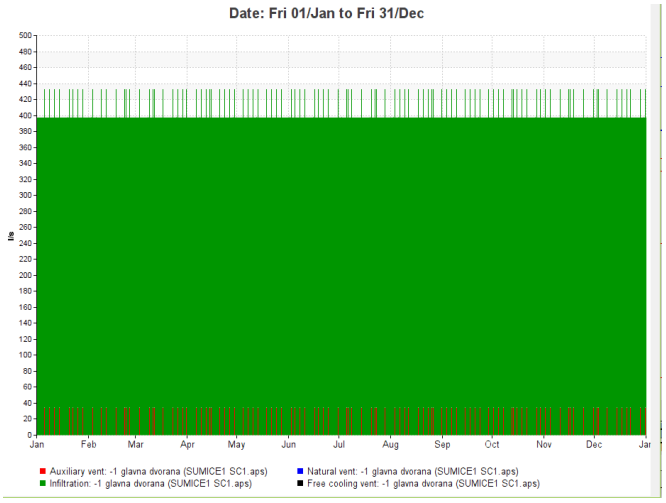
Слика 3. Индекс котфора за период од годину дана за канцеларију, СЦ2



Слика 4. Индекс котфора за период од годину дана за дворану, СЦ2

Пример- исте вредности вентилације приказане кроз два дијаграма





ПРИЛОГ 7

Вредности индекса комфора

ПРИЛОГ 7: Вредности индекса комфора

Вредности индекса комфора су преузете из упутства за коришћење софтвера, IES VE 2016.

Индекс комфора http://www.iesve.com/support/faq/pdf/comfortcalc.pdf

Comfort index: An index predicting comfort within the space based on the following scale:
1: very cold, danger
2: cold, shivering
3: cool, unpleasant
4: cool, acceptable
5: slightly cool/acceptable
6: comfortable, pleasant/cool
7: comfortable, pleasant
8: comfortable, pleasant/warm
9: slightly warm/acceptable
10: warm, acceptable
11: warm, unpleasant
12: hot, very uncomfortable
13: very hot, danger
14: unoccupied
15: non-sedentary

Индекси комфора за просторе који се анализирају код модела СЦ1, преузети из софтвера IES VE, дати су у табелама:

Канцеларијски простор

		Comfort index - % hours in range		
File	Location	<= 6.00	>6.00 to <=8.00	> 8.00
VOZD1 SC2.aps	p kanc 7	72.1	13.1	14.8

Универзална спортска дворана

		Comfort index - % hours in range		
File	Location	<= 6.00	>6.00 to <=8.00	> 8.00
VOZD1 SC2.aps	-1 p glavna dvorana	73.2	21.4	5.4

ПРИЛОГ 8

Топлотноизолациони материјали

ПРИЛОГ 8: Топлотноизолациони материјали

Конвенционални изолациони материјали не задовољавају критеријуме за постизање енергетске ефикасности у дебљинама у којима се наносе. Потребни су материјали који имају боље техничке а посебно топлотно изолационе карактеристике.

Стиропор (Styropor) Стиропор је експандирани полистирен. Са педесет година дугом историјом постао је синоним топлотне заштите. Еколошки је подобан и у потпуности се може рециклирати. Поставља се на све подлоге: циглу, блок, бетон- лепљењем а затим се учвршћује типловима.[354]

Стиродур Стиродур се производи од екструдираног полистирола у облику тврдих пенастих плоча. Карактерише га веома велика густина што проузрокује постојаност и трајност. Плоче су добри топлотни изолатори, неосетљиви су на влагу као и веома чврсти на притисак. Ове изолационие плоче имају функцију парне бране па се постављају на елементе од бетона и темељне зидове, користи се за изолацију равних кровова и тераса, као и изолацију према земљи.[355]

Пластика оплемењена минералним честицама (plastic refined with mineral particles)

Док се неки истраживачи фокусирају на производњу полимерних материјала базираних на обновљивим изворима енергије други настоје да смање удео сирове нафте уводећи у материјал минералне честице.

Сребрносиви неопор Неопор се производи од експандираног полистирена са додатком угљених влакана. Много мања дебљина неопора има учинак као 40% дебљи стиропор што ствара бољу топлотну изолацију зграде. Исто као и стиропор и неопор изолује помоћу ваздуха у себи али му угљена влакна дају до 20% бољи квалитет и мање топлотне губитке. Препоручује се постављање на зидове од цигле, пуних и шупљих бетонских и сипорекс блокова. Плоче неопора су отпорне на труљење и старење, чврсте су и хидрофобне. Њима се лако рукује не стварајући

---

[354] Више у делу Сребрносиви неопор

[355] Полимери у градитељству, коришћено 09.08.2010 са http://static.oglasnik.hr/nekretnine/clanak/polimeri-u-graditeljstvu,428

иритацију на кожи. Осим што штеде енергију еластичне изолационе плоче неопора побољшавају и звучну изолацију зидова. [356]

Круте полиуретанске пене (rigid polyurethane foams)

Круте полиуретанске плоче омогућавају исти ниво изолације са конструкцијама које су и до 40% тање. Ово је изузетно занимљиво за обнову фасада постојећих зграда и као изолација унутар малих просторија. PUR је резултат хемијске реакције полиола и изоцианата (polyol, isocyanate). Ове пене настају додавањем пенастих агенса и катализом уз утицај влаге где се производ запенуши до волумена који је 20-50 пута већи од оригиналне величине. Када термоочврсне пена има топлотну проводљивост од само 0,025-0,035 W/mK. Крута пена је отпорна на хемикалије и растваваче и врло је ватроотпорна уколико јој се додају адитиви за заштиту од ватре. Ове ПУР плоче се углавном користе за кровове, зидове и подове, са унутрашње и спољне стране. Врло су погодне за изолацију спољних зидова. Животни век ових плоча је 30 година и за време свог трајања уштеде у енергији до осам пута више од других материјала који у истој количини емитују CO_2 приликом производње и транспорта.[357]

Вакум изолациони панели (Vacuum Insulation Panels, VIP) Све већи захтеви када је у питању топлотна изолација објеката довели су до стварања нових изолационих производа који замењују конвенционалне материјале. Материјали који се традиционално користе, попут стиропора, да би задовољили нове стандарде треба да буду чак од 30 до 50 cm дебљине, што је прилично непрактично. У поређењу са њима топлотна проводљивост полистирена је чак до десет пута мања. Максимална топлотна отпорност може бити постигнута са ,минималном дебљином изолацијепомоћу ВИП панела. На само 0,005 W/mK**,** топлотна проводљивост ових плоча је екстремно ниска. [358]

---

[356] Innovation in Insulation, , коришћено 20.08.2012. са http://www.plasticsportal.net/wa/plasticsEU~en_GB/function/conversions:/publish/common/upload/foams/Neopor_Wall_insulation_HR.pdf

[357] Peters, S. (2011) *Material Revoultion Sustainable and Multi purpose Materials for Design and Architecture.*Базел: Birkhauser. стр. 110.

[358] EMPA (Swiss Federal Laboratories for Material Testing and Research), ZAE- Bayern (Bavarian Centre for Applied Energy Research) and other, (2005) Vacuum Insulation Panels, Study on VIP Components and Panels for Service Life Prediction of VIP in Building Architecture, 20.08.2012. http://www.ecbcs.org/docs/Annex_39_Report_Subtask-A.pdf

ПРИЛОГ 9

Резултати динамичких симулација након примене дефинисаних сценарија

ПРИЛОГ 9: Резултати динамичких симулација након примене дефинисаних сценарија

МОДЕЛ СЦ1- након примене мера унапређења

Температура ваздуха за канцеларијски простор и универзалну дворану код модела СЦ1 након примене сценарија унапређења приказана је у табелама (преузете из софтвера IES VE)

Табела 1. Температура ваздуха за канцеларију, СЦ1, сценарио С1П А- унапређење објекта без дворане мерама дефинисаним Правилником о ЕЕ

Var. Name	Location	Filename	Type	Min. Val.	Min. Time	Max. Val.	Max. Time	Mean
Air temperature	+1 kancelarija	SUMICE1 SC1 S	Temperature (°C)	11.75	07:30,18/Jan	28.97	17:30,11/Jul	21.47
Dry resultant te	+1 kancelarija	SUMICE1 SC1 S	Temperature (°C)	11.82	07:30,18/Jan	28.96	17:30,11/Jul	21.43
Mean radiant te	+1 kancelarija	SUMICE1 SC1 S	Temperature (°C)	11.89	07:30,18/Jan	28.95	17:30,11/Jul	21.39

Табела 2. Температура ваздуха за канцеларију, СЦ1, сценарио С1П Б унапређење објекта без дворане мерама дефинисаним EnerPHit сертификацијом

Var. Name	Location	Filename	Type	Min. Val.	Min. Time	Max. Val.	Max. Time	Mean
Air temperature	+1 kancelarija	SUMICE1 SC1 S	Temperature (°C)	13.77	07:30,18/Jan	28.78	17:30,11/Jul	22.01
Dry resultant te	+1 kancelarija	SUMICE1 SC1 S	Temperature (°C)	13.85	07:30,18/Jan	28.77	17:30,11/Jul	22.01
Mean radiant te	+1 kancelarija	SUMICE1 SC1 S	Temperature (°C)	13.93	07:30,18/Jan	28.76	17:30,11/Jul	22.01

Табела 3. Температура ваздуха за универзалну дворану, СЦ1, сценарио С2П А- унапређење мерама дефинисаним Правилником о ЕЕ

Var. Name	Location	Filename	Type	Min. Val.	Min. Time	Max. Val.	Max. Time	Mean
Air temperature	-1 glavna dvor	SUMICE1 SC1 S	Temperature (°C)	9.76	07:30,25/Dec	28.99	16:30,12/Jul	18.14
Dry resultant te	-1 glavna dvor	SUMICE1 SC1 S	Temperature (°C)	9.92	07:30,25/Dec	28.97	16:30,12/Jul	18.11
Mean radiant te	-1 glavna dvor	SUMICE1 SC1 S	Temperature (°C)	10.09	07:30,25/Dec	28.95	16:30,12/Jul	18.09

Табела 4. Температура ваздуха за универзалну дворану, СЦ1, сценарио С2П- унапређење мерама дефинисаним EnerPHit сертификацијом

Var. Name	Location	Filename	Type	Min. Val.	Min. Time	Max. Val.	Max. Time	Mean
Air temperature	-1 glavna dvor	SUMICE1 SC1 S	Temperature (°C)	11.46	07:30,18/Jan	29.04	16:30,12/Jul	18.37
Dry resultant te	-1 glavna dvor	SUMICE1 SC1 S	Temperature (°C)	11.66	07:30,18/Jan	28.99	16:30,12/Jul	18.38
Mean radiant te	-1 glavna dvor	SUMICE1 SC1 S	Temperature (°C)	11.87	07:30,18/Jan	28.93	16:30,12/Jul	18.40

Вентилационе стопе за универзалну дворану модела СЦ1, унапређено стање

Var. Name	Location	Filename	Type	Min. Val.	Min. Time	Max. Val.	Max. Time	Mean
ApSys air supp	-1 glavna dvor	SUMICE1 SC1 p	Volume flow (l/s)	0.00	00:30,01/Jan	187.38	08:30,01/Jan	93.69
ApHVAC air su	-1 glavna dvor	SUMICE1 SC1 p	Volume flow (l/s)	0.00	00:30,01/Jan	0.00	00:30,01/Jan	0.00
Auxiliary vent	-1 glavna dvor	SUMICE1 SC1 p	Volume flow (l/s)	0.00	00:30,01/Jan	35.03	08:30,01/Jan	4.18
Natural vent	-1 glavna dvor	SUMICE1 SC1 p	Volume flow (l/s)	0.00	00:30,01/Jan	0.60	10:30,01/Jan	0.11
Infiltration	-1 glavna dvor	SUMICE1 SC1 p	Volume flow (l/s)	398.09	00:30,01/Jan	398.09	00:30,01/Jan	398.09
Free cooling v	-1 glavna dvor	SUMICE1 SC1 p	Volume flow (l/s)	0.00	00:30,01/Jan	0.00	00:30,01/Jan	0.00

Природно осветљење универзалне дворане у центру СЦ1 након примене пасивних мера унапређења приказано је у табели (Извештај преузет из софтвера IES VE)

Room 00000002 (-1 glavna dvorana)

Analysis calculation for room -

Summary results for working planes and floor

Surface	Quantity	Values			Uniformity (Min./Ave.)	Diversity (Min./Max.)
		Min.	Ave.	Max.		
Working plane 1 Reflectance=0% Transmittance=100% Grid size=0.50 m Area=1096.217m2 Margin=0.50 m	Daylight factor	0.5 %	2.6 %	6.8 %	0.20	0.08
	Daylight illuminance	64.19 lux	321.45 lux	827.49 lux	0.20	0.08
	Sky view	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

МОДЕЛ СЦ2- након примене мера унапређења

Температура ваздуха за канцеларијски простор и универзалну дворану код модела СЦ2 након примене мера унапређења приказана је на табелама (преузете табеле из софтвера IES VE).

Табела 1. Температура ваздуха за канцеларију, СЦ2 сценарија С1П А (унапређење објекта без дворане мерама дефинисаним Правилником о ЕЕ)

Var. Name	Location	Filename	Type	Min. Val.	Min. Time	Max. Val.	Max. Time	Mean
Air temperature	p kanc 7	VOZD1 SC2 sce	Temperature (°C)	3.56	06:30,18/Jan	32.12	17:30,11/Jul	20.08
Dry resultant te	p kanc 7	VOZD1 SC2 sce	Temperature (°C)	3.59	06:30,18/Jan	32.15	17:30,11/Jul	19.97
Mean radiant te	p kanc 7	VOZD1 SC2 sce	Temperature (°C)	3.62	06:30,18/Jan	32.17	17:30,11/Jul	19.86

Табела 2. Температура ваздуха за канцеларију СЦ2 сценарија С1П А (унапређење објекта без дворане мерама дефинисаним EnerPHit сертификацијом)

Var. Name	Location	Filename	Type	Min. Val.	Min. Time	Max. Val.	Max. Time	Mean
Air temperature	p kanc 7	VOZD1 SC2 sce	Temperature (°C)	8.12	06:30,18/Jan	31.76	17:30,11/Jul	21.18
Dry resultant te	p kanc 7	VOZD1 SC2 sce	Temperature (°C)	8.17	06:30,18/Jan	31.78	17:30,11/Jul	21.14
Mean radiant te	p kanc 7	VOZD1 SC2 sce	Temperature (°C)	8.22	06:30,18/Jan	31.80	17:30,11/Jul	21.10

Табела 3. Температура ваздуха за универзалну дворану, СЦ2, сценарио С2П А (унапређење мерама дефинисаним Правилником о ЕЕ)

Var. Name	Location	Filename	Type	Min. Val.	Min. Time	Max. Val.	Max. Time	Mean
Air temperature	-1 p glavna dv	VOZD1 SC2 sce	Temperature (°C)	6.49	06:30,25/Dec	31.12	17:30,11/Jul	17.89
Dry resultant te	-1 p glavna dv	VOZD1 SC2 sce	Temperature (°C)	6.66	06:30,25/Dec	31.13	17:30,11/Jul	17.95
Mean radiant te	-1 p glavna dv	VOZD1 SC2 sce	Temperature (°C)	6.82	06:30,25/Dec	31.15	17:30,11/Jul	18.02

Табела 4. Температура ваздуха за универзалну дворану, СЦ2 сценарио С2П Б (унапређење мерама дефинисаним EnerPHit сертификацијом)

Var. Name	Location	Filename	Type	Min. Val.	Min. Time	Max. Val.	Max. Time	Mean
Air temperature	-1 p glavna dv	VOZD1 SC2 sce	Temperature (°C)	8.61	06:30,18/Jan	28.87	17:30,11/Jul	17.78
Dry resultant te	-1 p glavna dv	VOZD1 SC2 sce	Temperature (°C)	8.76	06:30,18/Jan	28.86	17:30,11/Jul	17.84
Mean radiant te	-1 p glavna dv	VOZD1 SC2 sce	Temperature (°C)	8.91	06:30,18/Jan	28.84	17:30,11/Jul	17.90

Вентилационе стопе за простор дворане модела СЦ2, унапређено стање

Var. Name	Location	Filename	Type	Min. Val.	Min. Time	Max. Val.	Max. Time	Mean
ApHVAC air su	-1 p glavna dv	VOZD1 SC2 sce	Volume flow (l/s)	0.00	00:30,01/Jan	0.00	00:30,01/Jan	0.00
Auxiliary vent	-1 p glavna dv	VOZD1 SC2 sce	Volume flow (l/s)	0.00	00:30,01/Jan	105.11	21:30,01/Jan	4.38
Natural vent	-1 p glavna dv	VOZD1 SC2 sce	Volume flow (l/s)	0.00	00:30,01/Jan	1510.24	10:30,01/Jan	233.73
Infiltration	-1 p glavna dv	VOZD1 SC2 sce	Volume flow (l/s)	0.00	00:30,01/Jan	604.10	08:30,01/Jan	377.56
Free cooling v	-1 p glavna dv	VOZD1 SC2 sce	Volume flow (l/s)	0.00	00:30,01/Jan	0.00	00:30,01/Jan	0.00

Природно осветљење универзалне дворане у центру СЦ2, унапређење након примене специјалних мера

Room 00000000 (-1 p glavna dvorana)

Analysis calculation for room -

Summary results for working planes and floor

Surface	Quantity	Values			Uniformity (Min./Ave.)	Diversity (Min./Max.)
		Min.	Ave.	Max.		
Working plane 1 Reflectance=0% Transmittance=100% Grid size=0.50 m Area=1239.145m2 Margin=0.00 m	Daylight factor	0.7 %	2.0 %	3.0 %	0.33	0.22
	Daylight illuminance	81.48 lux	249.01 lux	365.82 lux	0.33	0.22
	Sky view	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

БИОГРАФИЈА ДОКТОРАНТА

Мирјана Милетић, дипл. инж. арх.

Асистент

Факултет техничких наука Универзитет у Приштини

Косовска Митровица

Образовање и усавршавање

Октобар 2009- данас

Докторске студије

Архитектонски факултет Универзитета у Београду

Октобар 2002.

Магистарске студије

Смер: Архитектонско-урбанистичко пројектовање

Архитектонски факултет Универзитета у Београду

Просечна оцена у току студија 10,00

Октобар 1995- Октобар 2001.

Основне студије, диплома: дипл. инж. арх.

Грађевинско архитектонски факултет Универзитета у Приштини

Косовска Митровица

Просечна оцена у току студија 9,1

Награде и учешће на архитектонско-урбанистичким конкурсима

2018.

Партерно уређење око споменичке скулптуре утемељивачима српске и југословенске кошарке на Калемегдану, Београд, ЗЗСК града Београда

2006.

Првопласирани рад на конкурсу Урбанистичко решење парка у Лепосавићу, инвеститор Општина Лепосавић

2003.

Прва награда на конкурсу Идејно решење пијаце у Лепосавићу, ЈКП 24, Новембар, Лепосавић

2000.

Награда за постигнут успех у току студија Диплома истакнути студент

Учешће на међународним пројектима и ангажовања

2015.- 2018.

Учесник на пројекту

EU Erasmus+ project No. 561675 Creating the Network of Knowledge Labs for Sustainable and Resilient Environments, KLABS (2015-2018)

2012.- 2016.

Учесник на пројекту- Joint Tempus project:

Restructuring of Study Programme in Architecture to Long-cycle Integrated Master in line with the Standards (Research project)

530440-TEMPUS-1-2012-ME-TEMPUS-JPCR - 15.10.2012-14.10.2016

2015.

Члан Scientific Council of the International Conference of Applied Sciences ICAS 2015, State University of Tetovo

Професионално искуство

Радно искуство

Октобар 2017.- данас

Факултет техничких наука, Универзитет у Приштини, Косовска Митровица

Ангажовање на

Специјалистичким академским студијама, Одрживост и отпорност грађене средине, КЛАБС, Ерасмус+

(*Klabs for Sustanable and Resilient Environment, Co- funded by Erasmus + Programme of the European Union)*

Ангажовање на предемтима

- Енергетско моделовање
- Климатским услови и услови комфора у објектима

Октобар 2016.- данас

Факултет техничких наука, Универзитет у Приштини, Косовска Митровица

Основне академске студије, Архитектура

Ангажовање на предмету Пројектовање 4 трговина, индустрија, саобраћај

Октобар 2001. – данас

Факултет техничких наука, Универзитет у Приштини, Косовска Митровица

Асистент

Архитектонско пројектовање и савремена архитектура

Пројектовање стамбених и друштвених објеката

Јун 2001. – Април 2007.

United Nations Mission in Kosovo, Leposavic Municipality

Асистент за пројекте у Канцеларији за пројекте

Валоризација, надзор и извештавање УН општинском администратору о стању на терену

Прављење приоритетне листе за подручје за све врсте пројеката

Представљање општинског менаџмент тима пред донаторима

Учествовање у пројектима до фазе изградње

Прављење стратешког плана на нивоу општине када су у питању развојни пројекти, учествовање у тендерима и панел комисијама

СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА

Радови објављени у часописима од водећег међународног значаја

М22

Stamenkovic, M. **Miletic, M.** Kosanovic, S. Vuckovic, G. Glisovic, S. (2017) The impact of a building shape on space cooling energy performance in the green roof concept implementation, *Thermal Science*, https://doi.org/10.2298/TSCI170425205S

Радови од међународног значаја објављени у зборницима међународних конференција:

М33

Miletić, M. (2012) *Примена иновативних материјала у пројектовању и грађењу стамбених објеката у погледу економичности и енергетске ефикасности,* PHIDAC 2012- IV međunarodni simpozijum studenata doktorskih studija iz oblasti građevinarstva, arhitekture i zaštite životne sredine-, Niš, 27- 28. септембар 2012. ISBN 978-86-88601-06-1, стр. 63-70.

М33

Miletić, M. (2012) *Polymers in designing and construction of building facades related to heating concerning energy efficiency,* INDIS 2012- Planiranje, projektovanje, građenje i obnova graditeljstva- XII međunarodni naučni skup, deo Contemporary materials and construction systems, Novi Sad, 28-30. novembar 2012. Conference proceedings ISBN 978-86-7892-453-8, стр. 625-633.

М33

Miletić, M. (2013) *Measures aimed at improving the energy efficiency of state protected buildings, Applying innovative materials on building fronts,* RESPAG, 2nd Intenational Scientific Conference, „REGIONAL DEVELOPMENT, SPATIAL PLANNING AND STRATEGIC GOVERNANCE“ Conference thematic session: SUSTAINABLE SPATIAL DEVELOPMENT UNDER CLIMATE CHANGE CONDITIONS, Belgrade, 22-25. May 2013. Conference Proceedings, стр. 1038-1047.

М33

Miletic, M. (2013) *Use of transparent insulation materials as one of measures of improving energy efficiency of structures,* THE SIXTH INTERNATIONAL EXERGY, ENERGY AND ENVIRONMENT SYMPOSIUM, IEEES6, by Recep Tayyip Erdogan University (RTEU**),** Session: **Energy and Environmental Issues-II,** Rize, Turkey, July 1-4. 2013. Conference proceedings ISBN: 978-605-85878-0-9 стр. 379-386.

М33

Miletić, M. (2013) *Biopolimeri u sklopu fasadnog omotača objekta*, Međunarodna naučna konferencija SAVREMENI MATERIJALI 2013. kondenzovane materije,

biomaterijali, nanomaterijali, voda, nanomedicina, Simpozijum A, Nauka o materiji, kondenzovana materija i fizika čvrstog stanja, Banja Luka, 4-6. jul 2013. Постер презентација.

M33

Miletić, M. Ilić Martinović, O. (2013) *Održivi i multifunkcionalni materijali u sastavu termičkog omotača objekta- korišćenje savremenih materijala u cilju unapređenja eneregetske efikasnosti*. Međunarodna naučna konferencija SAVREMENI MATERIJALI 2013. kondenzovane materije, biomaterijali, nanomaterijali, voda, nanomedicina, Simpozijum A, Nauka o materiji, kondenzovana materija i fizika čvrstog stanja, Banja Luka, 4-6. jul 2013. Постер презентација.

M33

Ilić Martinović, O. **Miletić, M**. (2013) *Sagledavanje uloge i mesta materijala u oblikovanju prostora u savremenoj arhitekturi*, Međunarodna naučna konferencija SAVREMENI MATERIJALI 2013. kondenzovane materije, biomaterijali, nanomaterijali, voda, nanomedicina, Simpozijum A, Nauka o materiji, kondenzovana materija i fizika čvrstog stanja, Banja Luka, 4-6. jul 2013. Постер презентација.

M33

Ilić Martinović, O. **Miletić, M.** (2014) *Sustainability, identity and role of traditional materials,* First International Academic Conference, Places and Technologies 2014, Belgrade 3-4. april 2014. Conference proceedings ISBN 978-86-7924-114-6, стр. 441-448.

M34

Miletic, M. (2015) Urban space from the perspective of people with disabilities, in: Book of Abstracts "First International Conference of Applied Sciences, ICAS2015, Tetovo, Republic of Macedonia, ISBN 978-608-217-026-8, 7-8 мај, стр. 29.

M33

Miletić, M. Krstić-Furundžić, A. (2018) *Energy refurbishment of a public building in Belgrade*, Conference paper, Places and Technologies 2018, Beograd, 26-27. april 2018. стр. 348-356.

Радови од међународног значаја објављени у зборницима националних конференција:

M45

Милетић, М. (2013) *Урбанитет подељеног града, Косовска Митровица, третирање јавног градског простора у циљу урбане регенерације*, Међународни научни скуп „Културно наслеђе Косова и Метохије. Историјске тековине Србије на Косову и Метохији и изазови будућности„ Влада Републике Србије и канцеларија за Косово и Метохију, Ректорат Универзитета у Приштини, Културна баштина Косова и Метохије, Нови Београд, 7-8. октобар 2013. Зборник радова 2, ISBN 978-86-6349-015-4, стр. 429-441.

Радови објављени у часописима од водећег националног значаја:

M51

Miletić, M. (2013) Inovativno staklo i nanotehnologija na fasadama administrativnih objekata u pogledu energetske efikasnosti, Originalni naučni rad. *časopis Izgradnja, vol.1-2.* ISSN 0350-5421, стр. 18-22.

M51

Miletić, M. (2013) Inovacije u primeni građevinskih materijala i njihov uticaj na savremenu arhitekturu, Pregledni rad, *časopis Izgradnja 67*, 2013, vol 7-8, стр. 292- 296.

M51

Tomovska, R. Mickovski, G. **Miletić, M.** (2014) Analiza obnove, sanacije i promene namene objekta: kuća Uranija – Ohrid, Originalni naučni rad, *časopis Izgradnja*, 2014, vol 1-2, ISSN 0350-5421, стр. 20-32.

Поглавља у монографијама од међународног значаја:

M14

Miletic, M. (2013) *Innovative polymer based materials within the façade envelope assembly of buildings*, chapter of first series of Energy Book, 2013 edition, titled "*Materials and processes for energy: communicating current research and technological developments*", a divulgation/educationally-oriented publication on Energy and Materials.

Publisher: Formatex Research Centre, C/Zurbaran, Badajoz, Spain Book title: Materials and processes for energy: communicating current research and technological developments, Editor: A. Mendez-Vilas, ISBN: 978-84-939843-7-3, Publication date: August 2013 [електронска верзија] доступна на http://www.formatex.info/energymaterialsbook, стр. 709-718.

Рад са конференције IEEES6, Recep Tayyip Erdogan University (RTEU**),** Session: **Energy and Environmental Issues-II,** Rize, Turkey одабран за објављивање у монографији од међународног значаја

Miletic, M. (2014) *Use of transparent insulation materials as one of measures of improving energy efficiency of structures*, Chapter of Monograph Springer BWF Book 319936_Dincer; Dincer et al. (eds.), Progress in Exergy, Energy, and the Environment, DOI 10.1007/978-3-319-04681-5_44, # Springer International Publishing Switzerland 2014. Chapter 44. стр. 487- 494.

M14

Miletić, M. Arsić, N. (2018) *Energy Flows and Energy Cycle: From Resources to End Users*, chapter of the Book Series. Energy Resources and Building performance, KLABS for Sustainable and Resilient Environment, Co-founded by Erasmus+ Programme of the European Union, ур. Thaleia Konstantinou, Nataša Ćuković Ignjatović i Martina Zbašnik-Senegačnik, TU Delft Open, ISBN 978-94-6366-034-1, стр. 20-42.

M14

Lekić, O. **Miletić, M.** Fikfak, A. (2018) *Healthy Places and the Built Environment*, chapter of the Book Series. Sustainability and Resilience
Socio-Spatial Perspective KLABS for Sustainable and Resilient Environment, Co-founded by Erasmus+ Programme of the European Union, ур. Alenka Fikfak, Saja Kosanović, Miha Konjar and Enrico Anguillari, TU Delft Open, ISBN 978-94-6366-030-3, стр. 217-230.

Остали релевантни подаци: *Усавршавања*

Лиценца за пројектовање **300**

Курс **LEED 201**, Core Concepts and Strategies, US Green Building Council

Обука за енергетску ефикасност зграда у Инжењерској комори Србије, **Лиценца 381**

Обука- познавање софтверских пакета, енергетско моделовање - **IES VE 2017, DesignBuilder, EnergyPlus**

COST TU 1403, Adaptive facades, Training School 2018, University of Belgrade, Faculty of Architecture

Poster presentation

Bertagna, F. Carrobé, A. Cruz, J. Macut, N. **Miletic, M.** (2018) Case Study Belgrade: Istočna kapija residential building, Adaptive façade 2018, COST TU 1403, Delft, доступно на: http://tu1403.eu/wp-content/uploads/Booklet-Adaptive-Facades-Training-School-2018.pdf

Изјава о ауторству

Потписани/а_____

Број уписа_____

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

Оптимизација енергетских перформанси у процесима санације универзалних спортских дворана изграђених у Београду у периоду од 1960. до 1980. године

РЕЗУЛТАТ СОПСТВЕНОГ ИСТРАЖИВАЧКОГ РАДА,

ДА ПРЕДЛОЖЕНА ДИСЕРТАЦИЈА У ЦЕЛИНИ НИ У ДЕЛОВИМА НИЈЕ БИЛА ПРЕДЛОЖЕНА ЗА ДОБИЈАЊЕ БИЛО КОЈЕ ДИПЛОМЕ ПРЕМА СТУДИЈСКИМ ПРОГРАМИМА ДРУГИХ ВИСОКОШКОЛСКИХ УСТАНОВА,

ДА СУ РЕЗУЛТАТИ КОРЕКТНО НАВЕДЕНИ И

ДА НИСАМ КРШИО/ЛА АУТОРСКА ПРАВА И КОРИСТИО/ЛА ИНТЕЛЕКТУАЛНУ СВОЈИНУ ДРУГИХ ЛИЦА.

У Београду, _____ **Потпис**

Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора **Мирјана Милетић**

Број уписа _____

Студијски програм

Наслов рада

Оптимизација енергетских перформанси у процесима санације универзалних спортских дворана изграђених у Београду у периоду од 1960. до 1980. године

Ментор **Александра Крстић-Фурунџић**

Потписани _____

изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла за објављивање на порталу **Дигиталног репозиторијума Универзитета у Београду.**

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског звања доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

Потпис докторанда

У Београду, _____

_____

Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

Оптимизација енергетских перформанси у процесима санације универзалних спортских дворана изграђених у Београду у периоду од 1960. до 1980. године

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство
2. Ауторство - некомерцијално
3. Ауторство – некомерцијално – без прераде
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима
5. Ауторство – без прераде
6. Ауторство – делити под истим условима

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци, кратак опис лиценци дат је на полеђини листа).

Потпис докторанда

У Београду, _____

_____