

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
АРХИТЕКТОНСКИ ФАКУЛТЕТ

Милена З. Стојковић

**ЕНЕРГЕТСКА ОПТИМИЗАЦИЈА
У АДАПТАЦИЈИ
ИНДУСТРИЈСКИХ ОБЈЕКТА**

Докторска дисертација

Београд, 2016.

UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF ARCHITECTURE

Milena Z. Stojković

**ENERGY OPTIMIZATION IN
THE ADAPTATION OF INDUSTRIAL
BUILDINGS**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2016

Ментор:

Др Александра Крстић-Фурунџић, редовни професор,
Универзитет у Београду, Архитектонски факултет

Чланови Комисије:

Др Ева Ваништа Лазаревић, редовни професор,
Универзитет у Београду, Архитектонски факултет

Др Александра Крстић-Фурунџић, редовни професор,
Универзитет у Београду, Архитектонски факултет

Др Игор Марић, научни саветник,
Институт за архитектуру и урбанизам Србије

Датум одбране:

ИЗЈАВА ЗАХВАЛНОСТИ

Ова дисертација је резултат вишегодишњег истраживања и сарадње са великим бројем експерата из области биоклиматског пројектовања и обнове градитељског наслеђа.

Дубоко се захваљујем свом ментору, проф. др Александри Крстић-Фурунџић, на смерницама, конструктивним коментарима и уложеном труду приликом обликовања овог истраживања.

Изразиту захвалност дугујем проф. др Еви Ваништи Лазаревић и др Игору Марићу на драгоценим саветима и сугестијама које су допринеле развоју овог рада.

Најискреније се захваљујем др Мили Пуцар, научном саветнику Института за архитектуру и урбанизам Србије и члану комисије за оцену подобности теме доктората, на помоћи око одабира теме и на подршци током писања рада. Ваше поверење, енергија и знање су ми највећа инспирација за даља научна усавршавања. Посебно сам захвална мр Рифату Куленовићу, музејском саветнику Музеја историје Југославије, на његовој несебичној помоћи током истраживања индустријског наслеђа Београда.

Такође се најискреније захваљујем др Марку Николићу и др Мирјани Ротер Благојевић, са Департмана за архитектуру Архитектонског факултета Универзитета у Београду, на драгоценим смерницама око избора литературе о заштити грђевинског наслеђа.

Током истраживања адаптираних индустријских објеката у Београду велику помоћ су ми пружили Миљан Калинић и Ивана Богдановић (Модна кућа Мона) и Никола Васов (Информатика АД).

Желим да упутим захвалност др Милану Шијаковићу, др Бранки Новчић, Урошу Кораћу, Паоли Нени Настасији Шакић, Николи Ристићу и Весни Мулић који су несебично делили своје знање и искуство око израде докторске дисертације.

Најзад, желим да се захвалим својој породици, Верици, Зорану и Лазару Стојковићу на константној инспирацији и подршци.

ACKNOWLEDGEMENTS

Firstly, I would like to thank Vagelis Giouvanos, Associate Partner at Foster + Partners, for his continuous support and guidance throughout the preparation of this thesis. His encouragement, patience, immense knowledge and experience helped me grow as a researcher, and have made this process more enjoyable.

I would also like to thank Foster + Partners, London, especially Anis Abou Zaki and Piers Heath for their support.

My London case studies have been selected with the help of Benjamin Lesser of Derwent London. I am very grateful for Mr Lesser's interest in my research and willingness to help.

Finally, I would like to thank Pritesh Patel and Lizi Cushen from AHMM London for their assistance in acquiring information on Tea Building.

ЕНЕРГЕТСКА ОПТИМИЗАЦИЈА У АДАПТАЦИЈИ ИНДУСТРИЈСКИХ ОБЈЕКТАТА

Апстракт

Рад испитује потенцијал индустријских објеката изграђених на територији Београда пре Другог светског рата за пренамену у пословне. Преглед досадашњих студија промене функције индустријског наслеђа даје ограничене смернице о томе која грана индустрије има објекте најпогодније за функцију пословања. Такође, пракса квалитетне заштите и енергетске оптимизације у процесима адаптације индустријских објеката у Србији још увек није установљена.

Основном хипотезом рада је постављено да се одабиром одговарајућих мера унапређења омотача и унутрашњости индустријских објеката могу створити адекватни услови визуелног и топлотног комфора за функцију пословања уз ниске енергетске захтеве. Кроз у раду успостављену методологију и критеријуме оцене подобности адаптације могуће је установити који типови индустријских објеката су најподобнији са становишта промене функције у пословање. Прегледом анализа може се установити које мере енергетске оптимизације би могле створити адекватне услове унутрашње климе, као и задовољити термичке стандарде нове функције.

У теоријском делу рада анализом функционалних захтева пословних зграда, прегледом актуелних закона и правилника, као и захтева система сертификације објеката, установљене су референтне вредности потрошње енергије и услова комфора канцеларијског простора. Према овим смерницама и захтевима успостављени су критеријуми оцене подобности индустријских објеката за пренамену у функцију пословања. Анализом адаптираних објеката у Лондону, оцењен је потенцијал различитих типологија индустријских објеката за пренамену у енергетски ефикасне и еколошки одрживе пословне објекте.

Преглед индустријског наслеђа Београда дат је по гранама индустрије за коју су оригинално грађени. Објекти су класификовани према тренутној функцији и карактеристикама значајним за енергетску оптимизацију. Након класификације, усвојена су два референтна модела, са репрезентативним карактеристикама београдског индустријског наслеђа, на којима су тестиране мере енергетске оптимизације.

Кроз рачунарске симулације понашања референтних модела, поред појединачних мера унапређења омотача, анализиран је утицај природне вентилације и природног осветљења на енергетске потребе зграде. У раду су приказане опције интеграције система одрживе енергије, са фокусом на соларне панеле, као и њихов потенцијални утицај на укупне енергетске захтеве. За симулације утицаја пасивних стратегија на енергетски баланс референтних модела коришћен је програм *IES-VE*, док је за симулације фактора који утичу на визуелни комфор коришћен програм *DIVA for Rhino*. Симулација одрживе енергије је вршена у програму *RETScreen*.

Након анализа дате су препоруке за остваривање енергетске оптимизације према захтевима Правилника о енергетској ефикасности зграда, као и унапређења у односу на актуелне стандарде, а тиме и смањења емисије угљен-доксида.

Коришћењем прописане методологије потврђене су полазне хипотезе и остварен основни циљ истраживања. Прецизније, формиран су референтни модели адаптације индустријских објеката, изграђених у Београду пре Другог светског рата, у пословне, који би омогућили оптималне енергетске перформансе и према којима се може процењивати квалитет будућих интервенција, односно вршити одабир мера унапређења.

Доприноси овог истраживања укључују идентификацију и систематизацију карактеристика постојећих индустријских објеката које су релевантне за адаптацију и формирање енергетски ефикасног пословног објекта и давање препорука за остваривање енергетске оптимизације у процесима адаптације и заштите индустријских објеката.

Кључне речи: индустријски објекти, адаптација, пословне зграде, енергетска ефикасност

Научна област: Архитектура и урбанизам

Ужа научна област: Архитектонске конструкције, материјали и физика зграда

УДК број: 725.4:620.9(043.3)

ENERGY OPTIMIZATION IN THE ADAPTATION OF INDUSTRIAL BUILDINGS

Abstract

The research behind the thesis is focused on establishing the potential for industrial buildings built in Belgrade prior to World War II to be reused as offices. Current literature on the topic provides only limited information on which type of industrial buildings is most suited for adaptation into offices. In addition, in Serbia, the practice of building preservation, which would include energy optimisation, is yet to be established.

The main research hypothesis states that, with the adequate improvement of the fabric and the interior of existing industrial buildings, it is possible to create comfortable internal conditions with a low energy demand. Through the selected methodology and assessment criteria, it is possible to establish which types of industrial building are best suited for office use. And, through analyses, it could be established which energy optimization measures are likely to create most comfortable internal conditions, as well as meet the current regulations for the new function.

Energy and internal comfort requirements of office buildings have been established through the analyses of functional requirements of office buildings, and through a thorough review of the current regulations and the criteria of building certification systems. According to the above requirements, the adaptation potential of industrial buildings has been established. Through the analyses of London case studies, the thesis assesses the potential of different industrial typologies to be reused as energy efficient offices.

Belgrade's industrial heritage has been classified according to the type of industry it originally belonged to, as well as its potential eligibility for adaptation into offices. Two reference models, with representative characteristics of Belgrade's industrial heritage, have been adopted for further analysis.

Through computer simulations, the impact of individual envelope-improvement strategies, natural ventilation and the reduction of artificial lighting due to daylighting availability, have been assessed. The analyses covered different ways of integration of renewable energy systems, and their potential impact on building's total energy demand. Thermal analyses have been conducted using IES-VE software. DIVA for Rhino was used for daylighting simulations. Renewable energy simulations were conducted using RETScreen software.

After the analyses, the thesis offers recommendations for the achievement of energy optimization, according to the current regulations, as well as improvements going well above the current standards, with the aim of maximizing the CO₂ reduction.

Through the use of the prescribed methodology, the starting hypotheses have been proven and the research goals have been met. More precisely, the research established the reference models of adaptation of industrial buildings, built in Belgrade prior to World War II, into offices, with optimal energy performance and according to which the quality of future interventions, as well as the selection of improvement strategies, can be assessed. The research contributions include the identification and systematization of characteristics of existing industrial buildings relevant for adaptation into energy efficiency office building, as well as the recommendations for achieving energy optimization in the processes of adaptation and conservation of industrial buildings.

Key words: industrial buildings, adaptation, office buildings, energy efficiency

Scientific field: Architecture and Urbanism

Narrow scientific field: Architectural Constructions, Materials and Building Physics

UDC number:725.4:620.9(043.3)

САДРЖАЈ:

1. УВОД.....	1
1.1 Проблем и предмет истраживања.....	1
1.2 Циљ истраживања.....	2
1.3 Задаци истраживања.....	3
1.4 Полазне хипотезе истраживања.....	4
1.5 Научне методе истраживања.....	4
1.6 Научна оправданост дисертације, очекивани резултати и њихова примена.....	5
1.7 Преглед садржаја дисертације.....	7
 2. ПАРАМЕТРИ ЕНЕРГЕТСКЕ ОПТИМИЗАЦИЈЕ У ПРОЦЕСИМА АДАПТАЦИЈЕ ОБЈЕКТА.....	9
2.1 Основни покретачи и препреке енергетске оптимизације у процесима адаптације индустријских објеката.....	9
2.2 Релевантни закони и правилници за енергетску оптимизацију постојећих објеката.....	15
2.2.1 Европска унија.....	15
2.2.2 Уједињено Краљевство.....	16
2.2.3 Србија.....	20
2.3 Системи сертификације релевантни за пројекте адаптације.....	23
2.3.1 LEED.....	24
2.3.2 BREEAM.....	25
2.3.3 WELL Building Standard.....	25
2.3.4 Passivhaus стандард.....	26
2.4 Енергетске потребе пословних зграда.....	27
2.5 Захтеви унутрашњег окружења пословних зграда.....	34
2.5.1 Утицај услова унутрашњег окружења на продуктивност и благостање запослених.....	34
2.5.2 Ваздушни комфор.....	38
2.5.3 Топлотни комфор.....	39

2.5.3.1 Унутрашње пројектне температуре у пословним зградама.....	39
2.5.3.2 Модели топлотног комфора.....	41
2.5.3.3 Прегревање зграда у летњем периоду.....	45
2.5.4 Визуелни комфор.....	46
2.5.5 Звучни комфор.....	50
2.6 Оцена карактеристика локације објекта.....	51
2.7 Физичке карактеристике постојећих објекта значајне за пренамену у пословање.....	54
 3. АДАПТАЦИЈА ИНДУСТРИЈСКИХ ОБЈЕКТА.....	69
3.1 Типологија индустријских објекта.....	69
3.2. Адаптивна пренамена као вид заштите.....	71
3.3 Одабир нових функција за напуштене индустријске објекте - претходна истраживања.....	75
3.4 Студије случаја адаптираних објекта у Лондону.....	77
3.4.1 Buckley Building.....	79
3.4.2 Tea Building.....	86
 4. ИНДУСТРИЈСКИ ОБЈЕКТИ ИЗГРАЂЕНИ ПРЕ ДРУГОГ СВЕТСКОГ РАТА НА ТЕРИТОРИЈИ БЕОГРАДА.....	93
4.1 Преглед историје индустрије на територији Београда.....	94
4.2 Преглед индустријских објекта по гранама индустрије.....	97
4.3 Класификација београдског индустријског наслеђа према карактеристикама значајним за енергетску оптимизацију.....	131
4.4 Класификација београдског индустријског наслеђа према тренутној функцији	134
 5. АНАЛИЗА ЕНЕРГЕТСКЕ ОПТИМИЗАЦИЈЕ У АДАПТАЦИЈИ РЕФЕРЕНТНИХ МОДЕЛА ИНДУСТРИЈСКИХ ОБЈЕКТА.....	138
5.1 Приказ референтних модела адаптације индустријских објекта.....	139
5.2 Методологија енергетске оптимизације у адаптацији референтних модела.....	143
5.3 Енергетска својства модела пре унапређења.....	149

5.4 Мере унапређења спољашњих зидова.....	150
5.4.1 Термичке карактеристике постојећих зидова.....	150
5.4.2 Мере унапређења термичких карактеристика спољашњих зидова.....	151
5.4.3 Ефекат унапређења енергетског баланса у зимском периоду.....	155
5.4.4 Ефекат унапређења енергетског баланса у летњем периоду.....	157
5.4.5 Значај унапређења термичких карактеристика спољашњих зидова.....	158
5.5 Мере унапређења крова.....	159
5.5.1 Термичке карактеристике постојећег крова.....	159
5.5.2 Мере унапређења термичких карактеристика крова.....	160
5.5.3 Ефекат унапређења енергетског баланса у зимском периоду.....	161
5.5.4 Ефекат унапређења енергетског баланса у летњем периоду.....	162
5.5.5 Значај унапређења термичких карактеристика крова.....	163
5.6 Мере унапређења конструкција у тлу.....	164
5.6.1 Термичке карактеристике постојећих конструкција у тлу.....	164
5.6.2 Мере унапређења термичких карактеристика конструкција у тлу.....	165
5.6.3 Ефекат унапређења енергетског баланса у зимском периоду.....	166
5.6.4 Ефекат унапређења енергетског баланса у летњем периоду.....	167
5.6.5 Значај унапређења термичких карактеристика конструкција у тлу.....	167
5.7 Мере унапређења транспарентних елемената.....	168
5.7.1 Термичке карактеристике постојећих транспарентних елемената.....	170
5.7.2 Мере унапређења термичких карактеристика транспарентних елемената.....	172
5.7.3 Ефекат унапређења енергетског баланса у зимском периоду.....	175
5.7.4 Ефекат унапређења енергетског баланса у летњем периоду.....	177
5.7.5 Значај унапређења термичких карактеристика транспарентних елемената.....	180
5.8 Стратегије унапређења енергетског баланса референтних модела.....	181
5.8.1 Природна вентилација.....	181
5.8.2 Природно осветљење.....	183
5.9 Интеграција обновљивих извора енергије.....	188
5.10 Анализа укупних резултата енергетске оптимизације у адаптацији референтних модела.....	192

5.11 Препоруке за остваривање енергетске оптимизације у процесима адаптације индустријских објеката.....	196
6. ЗАКЉУЧАК.....	199
ИЗВОРИ И ЛИТЕРАТУРА.....	205
ПРИЛОГ 1: Класификација индустријског наслеђа Београда.....	214
ПРИЛОГ 2: Фабрика чоколада Коста Шонда.....	218
ПРИЛОГ 3: Магацин Банке Николе Бошковића.....	222
ПРИЛОГ 4: Климатске карактеристике Београда.....	227
ПРИЛОГ 5: Прорачуни енергетске оптимизације референтних модела.....	233
ПРИЛОГ 6: Карактеристике термоизолационих материјала и прозора.....	237
БИОГРАФИЈА АУТОРА	242
ИЗЈАВА О АУТОРСТВУ	244
ИЗЈАВА О ИСТОВЕТНОСТИ ШТАМПАНЕ И ЕЛЕКТРОНСКЕ ВЕРЗИЈЕ ДОКТОРСКОГ РАДА	245
ИЗЈАВА О КОРИШЋЕЊУ.....	246

СКРАЋЕНИЦЕ, ОЗНАКЕ, СИМБОЛИ

Скраћенице

ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers
BRE	Building Research Establishment
BREEAM	Building Research Establishment (BRE) Environmental Assessment Method
DIVA for Rhino	Design, Iterate, Validate and Adapt for Rhinoceros
DF	Daylight Factor
EE	Енергетска ефикасност
EPBD	Energy performance of buildings Directive
IES-VE	Integrated Environmental Solutions - Virtual Environment
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IWEC	International Weather for Energy Calculations
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
PMV	Predicted Mean Vote
PPD	Predicted Percentage of Dissatisfied
Правилник о ЕЕЗ	Правилник о енергетској ефикасности зграда (Сл. гласник РС, бр. 61/2011а)
SBS	Sick Building Syndrome
SBEM	Simplified Building Energy Model
USGBC	U.S. Green Building Council
HVAC	Heating, ventilation, and air conditioning
CIBSE	Chartered Institution of Building Services Engineers

Ознаке

$Q_{H,a}$	Годишња потребна енергија за грејање зграде [MJ, kWh]
U	Коефицијент пролаза топлоте [W/m^2K]
g	Фактор пропустљивости сунчевог зрачења, соларни фактор
H_{Ts}	Површински трансмисиони губици топлоте
n	Број измена ваздуха на сат [h^{-1}]
F_{xi}	Фактор корекције температуре
f_o	Фактор облика зграде [m^{-1}]
A	Површина [m^2]
V	Запремина [m^3]
t	Температура [$^{\circ}C$]

Индекси

min	Минимално
max	Максимално
rel	Релативно
a	Годишње
H	Грејање
C	Хлађење

РЕЧНИК ТЕРМИНА (ГЛОСАРИЈУМ)

Адаптација јесте извођење грађевинских и других радова на постојећем објекту, којима се: врши промена организације простора у објекту, врши замена уређаја, постројења, опреме и инсталација истог капацитета, а којима се не утиче на стабилност и сигурност објекта, не мењају конструктивни елементи, не мења спољни изглед и не утиче на безбедност суседних објеката, саобраћаја, заштите од пожара и животне средине;

Реконструкција јесте извођење грађевинских радова на постојећем објекту у габариту и волумену објекта, којима се: утиче на стабилност и сигурност објекта и заштиту од пожара; мењају конструктивни елементи или технолошки процес; мења спољни изглед објекта или повећава број функционалних јединица врши замена уређаја, постројења, опреме и инсталација са повећањем капацитета;

Санација јесте 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, односно његове заштићене околине, осим рестаураторских, конзерваторских и радова на ревитализацији;

Рестаураторски, конзерваторски и радови на ревитализацији културних добара су радови који се изводе на непокретним културним добрима и њиховој заштићеној околини, у складу са посебним и овим законом;

Доградња јесте извођење грађевинских и других радова којима се изграђује нови простор ван постојећег габарита објекта, као и надзиђивање објекта, и са њим чини грађевинску, функционалну или техничку целину;

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

Годишња потребна енергија за хлађење зграде, $Q_{an,C}$ [kWh/a] је рачунски одређена потребна количина топлоте коју расхладним системом треба одвести из зграде током године да би се обезбедило одржавање унутрашњих пројектних температура;

Унутрашња пројектна температура [$^{\circ}\text{C}$] је задата температура унутрашњег ваздуха за израчунавање топлотних губитака и топлотног оптерећења;

ПОПИС СЛИКА, ТАБЕЛА И ДИЈАГРАМА

Попис слика:

Слика 2.1 Покретачи и препреке адаптивне пренамене постојећих објеката

(Извор: Аутор према Bullen & Love, 2011)

Слика 2.2 ЕУ: Потрошња финалне енергије по секторима у 2013. години

(Извор: ЕЕА, 2015а)

Слика 2.3 Уједињено Краљевство:

Потрошња финалне енергије по секторима у 2012. години

(Извор: ЕС, 2014)

Слика 2.4 Србија: Потрошња финалне енергије по секторима у 2010. години

(Извор: Стратегија развоја енергетике, 2014)

Слика 2.5 Уједињено Краљевство: Потрошња финалне енергије у пословним зградама, 2013

(Извор: DECC, 2015а)

Слика 2.6 Двадесетпетогодишњи профил расхода корисника пословног простора - без плата и укључујући плате

(Извор: CABE, 2011)

Слика 2.7 Утицај радног простора на задовољство и перформансе особља

(Извор: CABE, 2011)

Слика 2.8 Фактори који утичу на продуктивност

(Извор: Аутор према De Carli et al, 2008)

Слика 2.9 Дубина основе и природна вентилација

Слика 2.10 Дубина основе и природно осветљење

Слика 2.11 Класификација објеката према дубина основе

Слика 2.12 Фактор дневне светлости за објекте дубине 25 и 15 метара

Слика 2.13 Фактор дневне светлости за објекте дубине 10 метара

Слика 2.14 Утицај облика прозора на фактор дневне светлости (DF)

Слика 2.15 Стандардне висине подигнутог пода и спуштеног плафона за различите стратегије вентилације и климатизације

(Извор: BCO, 2000)

Слика 3.1 Класификација индустријских објеката према оригиналној намени

(Извор: Аутор према Bordass & Cassar, 1996)

Слика 3.2 Зграда Buckley

(Извор: Derwent, 2015)

Слика 3.3 Зграда Buckley - преглед локације

(Извор: мапа: Google Earth)

Слика 3.4 Претходни и садашњи попречни пресек зграде

(Извор: Islington council, planning application P110559)

Слика 3.5. Основа објекта - претходно и тренутно стање

(Извор: Islington council, planning application P110559)

Слика 3.6 Buckley Building: ентеријер

(Извор: Derwent, 2012)

Слика 3.7 Buckley Building: Канцеларијски простор у ниском приземљу

(Извор: Derwent, 2012)

Слика 3.8 Tea Building

(Извор: Derwent, 2015)

Слика 3.9 Изградња TEA Building

(Извор: АНММ, 2010)

Слика 3.10 Дијаграм блока

(Извор: према АНММ, 2010)

Слика 3.11 Изглед блока

(Извор: АНММ, 2010)

Слика 3.12 TEA Building - преглед локације

(Извор: мапа: Google Earth)

Слика 3.13 TEA Building: основе, пресеци и изглед

(Извор: АНММ, 2010)

Слика 3.14 Tea Building термичка маса у плафонима

(Извор: АНММ, 2010)

Слика 4.1 Објашњење дијаграма индустријских објеката

Слика 4.2 Фабрика гумених производа Рекорд

(Извор: фотографија: Google Maps)

Слика 4.3 Ливница Пантелић

(Извор: фотографија ентеријера: Куленовић, 2010)

Слика 4.4 Фабрика жице Глише Јосиповића

(Извор: фотографије: Куленовић, 2010)

Слика 4.5 ДД Телеоптик

(Извор: фотографија: Куленовић, 2010)

Слика 4.6 Индустрија Мотора Раковица

(Извор: фотографије: Куленовић, Фото документација МИЈ)

Слика 4.7 Алатница Рад (Ковница а.д.)

(Извор: фотографија: Куленовић, 2010)

Слика 4.8 Инекс Борац

(Извор: фотографија: Google Maps, 2015)

Слика 4.9 Прва земунска творница опеке

(Извор: фотографија: Куленовић, Фото документација МИЈ)

Слика 4.10 Циглана Полет

(Извор: фотографија: Куленовић, Фото документација МИЈ)

Слика 4.11 Циглана Козара

(Извор: фотографија: Куленовић, Фото документација МИЈ)

Слика 4.12 Циглана Рекорд

(Извор: фотографија: Куленовић, Фото документација МИЈ)

Слика 4.13 Стругара и млин М. Симовић

(Извор: фотографија: Куленовић, 2010)

Слика 4.14 Фабрика хартије Милана Вапе

(Извор: фотографија: Куленовић, 2010)

Слика 4.15 Фабрика картона Умка

(Извор: фотографија: Google Maps, фотографије ентеријера: Моравија)

Слика 4.16 Срболек

(Извор: фотографија: Google Maps)

Слика 4.17 Државна хемијска лабораторија

(Извор: фотографија: Куленовић, 2010)

Слика 4.18 Пивара Бајлони

(Извор: фотографије: Куленовић, Фото документација МИЈ)

Слика 4.19 Државна фабрика шећера

(Извор: фотографије: Куленовић, Фото документација МИЈ)

Слика 4.20 Београдска кланица

(Извор: фотографија: Снежана Неговановић из Михајлов, 2011)

Слика 4.21 Коста Шонда

(Извор: фотографија: Куленовић, Фото документација МИЈ)

Слика 4.22 Први акционарски млин

(Извор: фотографије: newmill.rs)

Слика 4.23 Млин Марковић

(Извор: фотографије: Куленовић, Фото документација МИЈ)

Слика 4.24 Млин Фалкенбургер

(Извор: фотографије: Куленовић, Фото документација МИЈ)

Слика 4.25 Млин Суворов

(Извор: фотографија: Куленовић, Фото документација МИЈ)

Слика 4.26 Млин Димитријевић

(Извор: фотографија: Google Maps, фотографије ентеријера: Куленовић, Фото документација МИЈ)

Слика 4.27 Млин Јосиповић

(Извор: фотографија: Google Maps, фотографија ентеријера: Куленовић, Фото документација МИЈ)

Слика 4.28 Зграда Водне заједнице Галовица

(Извор: фотографија: Куленовић, Фото документација МИЈ)

Слика 4.29 Реверзибилна црпна станица за воду Бољевци

(Извор: фотографије: Куленовић, Фото документација МИЈ)

Слика 4.30 Реверзибилна црпна станица за воду Фенек

(Извор: фотографије: Куленовић, Фото документација МИЈ)

Слика 4.31 Реверзибилна црпна станица за воду Јаково

(Извор: фотографије: Куленовић, Фото документација МИЈ)

Слика 4.32 Реверзибилна црпна станица за воду Зидина

(Извор: фотографије: Куленовић, Фото документација МИЈ)

Слика 4.33 Реверзибилна црпна станица за воду Борча

(Извор: фотографије: Куленовић, Фото документација МИЈ)

Слика 4.34 Реверзибилна црпна станица за воду Овча

(Извор: фотографија: Куленовић, Фото документација МИЈ)

Слика 4.35 Београдски вунарски комбинат

(Извор: фотографија: Куленовић, Фото документација МИЈ)

Слика 4.36 Београдски памучни комбинат

(Извор: фотографија: Куленовић, Фото документација МИЈ)

Слика 4.37 Моравија

(Извор: фотографије: Куленовић, Фото документација МИЈ)

Слика 4.38 Беко - Београдска конфекција

(Извор: фотографије: Куленовић, Фото документација МИЈ)

Слика 4.39 Електрична централа Општине града Београда

(Извор: фотографија: gsn1.info, фотографије ентеријера: Куленовић, Фото документација МИЈ)

Слика 4.40 Снага и светлост

(Извор: фотографије: Куленовић, Фото документација МИЈ)

Слика 4.41 Термoeлектрана д.д.

(Извор: фотографија: Куленовић, Фото документација МИЈ)

Слика 4.42 Зграда Главне железничке станице Београд

(Извор: фотографија: Куленовић, Фото документација МИЈ)

Слика 4.43 Железничка станица Топчидер Дворска

(Извор: фотографија: Куленовић, Фото документација МИЈ)

Слика 4.44 Железничка станица Кошутњак

(Извор: фотографија: Куленовић, Фото документација МИЈ)

Слика 4.45 Железничка станица Раковица

(Извор: фотографија: Куленовић, Фото документација МИЈ)

Слика 4.46 Железничка станица Дунав

(Извор: фотографија: Куленовић, Фото документација МИЈ)

Слика 4.47 Железничка станица Умчари

(Извор: фотографија: Куленовић, Фото документација МИЈ)

Слика 4.48 Железничка станица Младеновац

(Извор: фотографија: Куленовић, Фото документација МИЈ)

Слика 4.49 Зграда железничке станице Обреновац

(Извор: фотографија: Куленовић, Фото документација МИЈ)

Слика 4.50 Ложионица Железничке станице Београд

(Извор: фотографија: Куленовић, Фото документација МИЈ)

Слика 4.51 Гаража дворских композиција на станици у Топчидеру

(Извор: фотографија: Куленовић, Фото документација МИЈ)

Слика 4.52 Хангар старог београдског аеродрома

(Извор: фотографија: Куленовић, Фото документација МИЈ)

Слика 4.53 Капетанија Београд

(Извор: фотографија: Куленовић, Фото документација МИЈ)

Слика 4.54 Капетанија Земун

(Извор: фотографија: Куленовић, Фото документација МИЈ)

Слика 4.55 Бетон Хала

(Извор: фотографија: Куленовић, Фото документација МИЈ)

Слика 4.56 Градско Саобраћајно предузеће

(Извор: фотографија: Google Maps)

Слика 4.57 Трамвајски депо

(Извор: фотографија: b92.net)

Слика 4.58 Београдски водовод

(Извор: фотографија: Куленовић, Фото документација МИЈ)

Слика 4.59 Завод за израду новчаница и кованог новца

(Извор: фотографија: Куленовић, Фото документација МИЈ)

Слика 4.60 Зграда Државне штампарије

(Извор: фотографија: Куленовић, Фото документација МИЈ)

Слика 4.61 Магацин Банке Николе Бошковића

(Извор: фотографија: Куленовић, Фото документација МИЈ)

Слика 4.62 Телефонска централа

(Извор: фотографија: Куленовић, Фото документација МИЈ)

Слика 4.63 Министарство пошта

(Извор: фотографија: Google Maps)

Слика 4.64 Главна пошта Београд 1

(Извор: фотографија: Куленовић, Фото документација МИЈ, фотографија ентеријера: Михајлов и Мишић, 2008)

Слика 4.65 Ауто гаража ПТТ

(Извор: фотографија: Куленовић, Фото документација МИЈ)

Слика 4.66 Астрономска опсерваторија

(Извор: фотографија: Куленовић, Фото документација МИЈ)

Слика 4.67 Метеоролошка опсерваторија

(Извор: фотографија: Куленовић, Фото документација МИЈ)

Слика 4.68 Републички сеизмички завод

(Извор: фотографија: Куленовић, Фото документација МИЈ)

Слика 4.69 Занатско-уметничка ливница ДП „Скулптура”

(Извор: фотографије: Куленовић, Фото документација МИЈ)

Слика 4.70 Сликарница народног позоришта

(Извор: фотографија: Google Maps)

Слика 4.71 Број анализираних објеката по општинама

Слика 4.72 Оцена подобности локације за функцију пословања

Слика 4.73 Класификација објеката према дубини основе

Слика 4.74 Тип објеката

Слика 4.75 Оријентација објеката

Слика 4.76 Величина отвора

Слика 5.1 Референтни модели индустријских објеката

Слика 5.2 Удео топлотних губитака и добитака појединачних елемената референтних модела

Слика 5.3 Енергетски разред модела пре унапређења

Слика 5.4 Карактеристике спољашњих зидова индустријских објеката

(Извор: Аутор према Историјски архив Београда, 2015)

Слика 5.5 Изолација зидова са унутрашње стране

(Извор: Troi & Bastian, 2015)

Слика 5.6 Потенцијални проблем појаве кондензације у типичном зиду

Слика 5.7 Најчешће врсте крова код индустријских објеката погодних за пренамену у пословање (приказани без термоизолације)

Слика 5.8 Под на тлу пре адаптације

Слика 5.9 Опције изолације пода на тлу

(Извор: Аутор према Baker, 2011)

Слика 5.10 Прозори са оквирима од дрвета на машинском млину Бели Поток

(Извор: Куленовић, фото документација МИЈ)

Слика 5.11 Прозори са оквирима од челика на црпној станици Борча

(Извор: Куленовић, фото документација МИЈ)

Слика 5.12 Термичке карактеристике прозора индустријског наслеђа Београда

Слика 5.13 Мере унапређења постојећих прозора

(Извор: Historic England, 2015)

Слика 5.14 Двоструко стакло-термоизолационо ($d=10\text{mm}$)

(Извор: Historic England, 2015)

Слика 5.15 Вакуумско стакло ($d=6\text{мм}$)

(Извор: Pilkington, 2016)

Слика 5.16 Секундарно застакљење иза прозора са једноструким стаклом

(Извор: Historic England, 2015)

Слика 5.17 Величина оквира у прозорима направљеним пре Другог светског рата и савременим прозорима

(Извор: Аутор према Troi & Bastian, 2015)

Слика 5.18 Топлотни мостови: положај прозора у односу на положај термоизолације

(Извор: Troi & Bastian, 2015)

Слика 5.19 Унутрашње венецијанер ролетне у адаптираном магацину банке Николе Бошковића

Слика 5.20 Фактор дневне светлости (DF) референтних модела

Слика 5.21 LEED v4: Ниво осветљености (илуминације) референтних модела

Слика 5.22 Фактор дневне светлости (DF) унапређених модела

Слика 5.23 LEED v4: Ниво осветљености (илуминације) унапређених модела

Слика 5.24 Интеграција фотонапонских панела у кров зграде

(Извор: Зелена енергија, 2016, todayssolar.com, 2016)

Слика 5.25 Интеграција фотонапонских ћелија у кровне прозоре

(Извор: Troi, 2013)

Слика 6.1. Објашњење дијаграма индустријских објеката

Слика 6.2 Референтни модели индустријских објеката

Попис табела:

Табела 2.1 Унапређење постојећих термичких елемената према Part L2B

(Извор: HMG, 2016b)

Табела 2.2 Карактеристике омотача референтног модела

(Извор: NCM, 2014)

Табела 2.3. Карактеристике омотача за нове и постојеће зграде према Српском и Енглеском Правилнику о енергетској ефикасности зграда

(Извор: HMG, 2016b и Сл. гласник РС, бр. 61/2011a)

Табела 2.4. Енергетски разред и специфична годишња потреба за грејањем за управне и пословне зграде

(Извор: Сл. гласник РС, бр. 61/2011б, Прилог 1.2)

Табела 2.5 Реперне вредности потрошње енергије у пословним зградама

(Извор: CIBSE, 2008)

Табела 2.6 Годишња потрошња достављене енергије [kWh/m²]

(Извор: DETR, 2000)

Табела 2.7. Карактеристике омотача за нове и постојеће зграде према Српском и Енглеском Правилнику о енергетској ефикасности зграда

(Извор: HMG, 2013 и Сл. гласник РС, бр. 61/2011a)

Табела 2.8 Унутрашњи добици топлоте за различите типове пословних зграда

(Извор: CIBSE, 2015)

Табела 2.8 Препоручени критеријуми комфора за просторе у пословним зградама

(Извор: Аутор према CIBSE, 2015)

Табела 2.9. ISO 7730 категорије термалног окружења

(Извор: ISO, 2005)

Табела 2.10. EN15251 опис категорија и лимити за механички климатизоване (PMV/PPD) и не климатизоване (K) зграде

(Извор: CEN, 2007)

Табела 2.11. Скала осветљаја

(Извор: BS EN 12665, 2011)

Табела 2.12 Критеријуми за оцену подобности локације

(Извор: Аутор према Bordass & Cassar, 1996)

Табела 2.13 Карактеристике зграде које утичу на њен потенцијал за пренамену

(Извор: Аутор према Bordass & Cassar, 1996 и CIBSE TM53: 2013)

Табела 2.14 Стандардне висине подигнутог пода и спуштеног плафона за различите стратегије вентилације и климатизације

(Извор: BCO, 2000)

Табела 3.1 Типологија по физичким карактеристикама зграда

(Извор: Аутор према Bordass & Cassar, 1996)

Табела 3.2 Типологија напуштених објеката и потенцијалне нове функције

(Извор: Eley&Worthington, 1984)

Табела 4.1 Хронолошки преглед историје индустрије на територији Београда (18. и 19. век)

(Извор: Аутор према Куленовић, 2015).

Табела 4.2 Хронолошки преглед историје индустрије на територији Београда (од 1900. до Другог светског рата)

(Извор: Аутор према Куленовић, 2015).

Табела 4.3 Подела по индустријским гранама Краљевине Југославије

(Извор: Статистика индустрије Краљевине Југославије са адресаром индустријских предузећа, Београд 1941. преузето из Куленовић, 2010.)

Табела 4.4 Карактеристике објеката који нису у радном стању / функцији

Табела 5.1 Физичке карактеристике референтних модела МА и МБ

Табела 5.2 Основне карактеристике омотача и начин коришћења простора референтних модела МА1 и МБ1

(Извор: Сл. гласник РС, бр. 61/2011а, SRPS EN ISO 13790, SRPS EN 15193)

Табела 5.3 Карактеристике тестираних модела

Табела 5.4 Прорачун трансмисионих губитака према Правилнику о енергетској ефикасности зграда

Табела 5.5 Термичке и соларне карактеристике прозора

Табела 5.6 Карактеристике тестираних модела

Табела 5.7 Резултати симулација

Попис дијаграма:

Дијаграм 2.1 Зона адаптивног комфора према ASHRAE 55-2013 за климатске услове Београда

Дијаграм 2.2 Рангирање карактеристика локације према значају

(Извор: Аутор према Kincaid, 2002)

Дијаграм 4.1 Тренутна функција индустријског наслеђа Београда - подела према гранама индустрије

Дијаграм 4.2 Тренутна функција индустријског наслеђа Београда

Дијаграм 5.1. Понашање модела МА1 и МБ1 без грејања и хлађења

Дијаграм 5.2 Енергетски баланс модела пре унапређења

Дијаграм 5.3 Утицај термоизолације на смањење специфичне годишње потребне енергије за грејање

Дијаграм 5.4 Утицај термоизолације на специфичну годишњу потребну енергију за хлађење референтних модела

Дијаграм 5.5 Значај унапређења термичких карактеристика спољашњих зидова

Дијаграм 5.6 Утицај термоизолације крова на енергију потребну за грејање целог модела и последњег спрата

Дијаграм 5.7 Утицај термоизолације крова на енергију потребну за хлађење референтних модела

Дијаграм 5.8 Значај унапређења термичких карактеристика крова

Дијаграм 5.9 Утицај унапређења U вредности крова на укупну потрошњу енергије за грејање

Дијаграм 5.10 Утицај термоизолације пода на тлу на специфичну годишњу потребну енергију за грејање

Дијаграм 5.11 Утицај замене прозора на специфичну годишњу потребу за грејањем

Дијаграм 5.12 Утицај фактора пропустљивости соларног зрачења на специфичну годишњу потребну енергију за хлађење објекта

Дијаграм 5.13 Значај замене прозора као стратегије при адаптацији

Дијаграм 5.14 Утицај природне вентилације на специфичну годишњу потребну енергију за хлађење објекта

Дијаграм 5.15 Утицај природне вентилације на уштеду енергије за хлађење објекта

Дијаграм 5.16 Енергетски потенцијал различитих нагиба и оријентација панела

Дијаграм 5.17 Годишња енергија генерисана за различите нагибе за систем величине 1kW

Дијаграм 5.18 Месечне вредности енергије генерисане за различите нагибе за систем величине 1kW

Дијаграм 5.19 Месечне вредности енергије генерисане за оптимални нагиб и различите оријентације вертикалних панела за систем величине 1kW

1. УВОД

1.1 Проблем и предмет истраживања

Значајан број напуштених индустријских објеката широм Европе успешно је ревитализован тако што је адаптиран, оживљен новим садржајима и пренамењен за нове функције. У Београду, као и у остатку Србије осим „неповезаних и спорадичних иницијатива..., пракса квалитетне заштите и укључивања објеката индустријског наслеђа у друштвено-економски развој локалних заједница још увек није установљена.” („Реке и индустријско наслеђе”, 2008).

У Београду постоји велики број потпуно или делимично напуштених индустријских објеката који имају потенцијал за адаптивну пренамену у пословне. Међутим, ни у домаћој, ни у страној стручној литератури, не могу се наћи јасне смернице о томе која врста индустријских објеката је, с аспекта енергетске ефикасности, најпогоднија за пренамену у пословне.

Предмет истраживања докторске дисертације је провера могућности, стратегија, и техника за остваривање енергетске оптимизације у процесима адаптације индустријских објеката изграђених у Београду пре Другог светског рата, као и теоријска и аналитичка провера подобности различитих типова индустријских објеката за адаптацију у пословне.

Рад ће изучавати значај енергетске оптимизације у процесима адаптације индустријских објеката, установити предности оваквог приступа и потенцијалне ризике. Кроз преглед теоријске основе адаптације постојећих објеката, захтева корисника пословних објеката и праксе пренамене кроз анализу студија случаја адаптираних индустријских објеката у Лондону, установиће се које мере унапређења су најефикасније, којим референтним вредностима је реално тежити и које врсте индустријских објеката су се показале као најпогодније за пренамену у пословне.

Кроз преглед ЕУ директива, правилника Уједињеног Краљевства везаних за енергетску оптимизацију зграда, као и домаће регулативе, укључујући Правилник о енергетској ефикасности зграда, установиће се референтне вредности за потрошњу енергије и захтеве комфора у објектима адаптираним за посматрану функцију (пословање).

Кроз истраживање ће се развити методологија за процену употребљивости индустријских објеката за функцију пословања, која ће затим бити проверена на различитим типовима индустријских објеката у Београду.

На детаљним студијама два репрезентативна објекта, испитиваће се доступне технике адаптације. Биће тестиране мере унапређења омотача и додатне мере за повећање продора дневне светлости. Након упоредне анализе енергетске или еколошке ефикасности, донеће се закључци о најповољнијој комбинацији мера за адаптацију индустријских објеката у умереноконтиненталној клими (на примеру Београда). Рад ће установити које мере унапређења би биле довољне за усклађивање са садашњим регулативама, али и која су могућа унапређења.

1.2 Циљ истраживања

Основни циљ истраживања је формирање референтних модела адаптације индустријских објеката, изграђених у Београду пре Другог светског рата, у пословне, који ће омогућити оптималне енергетске перформансе и према којима ће се процењивати квалитет будућих интервенција, односно вршити одабир мера унапређења.

У складу са основним циљем, издвајају се следећи појединачни циљеви:

- Преглед постојећих концепата и техника за енергетску оптимизацију у процесима адаптације пословних и индустријских објеката;
- Проучавање услова комфора и стратегија енергетске оптимизације у процесима адаптације бивших индустријских објеката у Лондону;
- Преглед иностраних стандарда за оцењивање еколошке одрживости и енергетске ефикасности пројеката адаптације;
- Преглед актуелне домаће легислативе у вези са питањима енергетске ефикасности и начином издавања сертификата о енергетским својствима зграда;
- Успостављање критеријума оцене подобности појединих типова индустријских објеката за функцију пословања;
- Преглед индустријског наслеђа Београда по гранама индустрије и оцена потенцијала за пренамену у пословање;
- Сагледавање преовлађујућих климатских услова града Београда и распона вредности топлотног комфора;

- Оцена утицаја појединачних мера унапређења постојећих зграда на потрошњу енергије;
- Рачунарске симулације понашања радних модела одабраних објеката, пре и након примене мера адаптације у циљу енергетске оптимизације, уклапања и унапређења у односу на актуелне стандарде, а тиме и смањења емисије CO₂ тј. загађења животне средине. За симулације утицаја пасивних мера унапређења на енергетске потребе радних модела биће коришћен програм *IES-VE*, док ће за симулације фактора који утичу на светлосни комфор бити коришћен програм *DIVA for Rhino*; дискусија резултата симулација;
- Формирање препорука за остваривање енергетске оптимизације у процесима адаптације индустријских објеката у пословне на територији Београда.

1.3 Задаци истраживања

Основни задатак истраживања је да се прикажу могућности и значај адаптације индустријских објеката у пословне и укаже на то који типови индустријских објеката су најпогоднији за промену функције у пословање и формирање енергетски ефикасног пословног објекта.

Остали задаци укључују:

- Идентификацију и дефинисање репрезентативних узорака индустријских објеката града Београда који су референтни за адаптацију у енергетски ефикасне пословне објекте;
- Анализа могућих мера које ће се применити при енергетској оптимизација у процесима адаптације индустријских објеката у енергетски ефикасне пословне објекте;
- Анализа стратегија и резултата изведених енергетских оптимизација индустријских објеката у пословне;
- Идентификација, анализа, прорачун и систематизација потенцијалних ефеката енергетски ефикасних мера за моделе репрезентативних примера индустријских објеката у циљу адаптације у пословне објекте, уз сагледавање осим енергетског и еколошког аспекта.

1.4 Полазне хипотезе

Основна хипотеза:

Одабиром одговарајућих мера унапређења омотача и унутрашњости индустријских објеката, могли би се створити адекватни услови светлосног и топлотног комфора за функцију пословања уз ниске енергетске захтеве.

У истраживању ће се користити и следеће помоћне хипотезе:

- У зависности од гране индустрије за коју су оригинално грађени, индустријски објекти имају сет карактеристика које су у релацији са могућим новим наменама. Стога, за сваки индустријски објекат, са аспекта топлотног и светлосног комфора и потрошње енергије постоји ограничени опсег функција у које се може ефикасно пренаменити;
- Кроз у раду успостављену методологију и критеријуме процене и оценоподобности адаптације могуће је установити који типови индустријских објеката су најподобнији са становишта промене функције у пословање;
- Одабране енергетски ефикасне мере адаптације би могле створити адекватне услове унутрашње климе, као и задовољити садашње термичке стандарде за функцију пословања.

1.5 Научне методе истраживања

Истраживање ће бити спроведено у три основна правца, уз коришћење више различитих научно-истраживачких метода.

Први правац се огледа у теоријском разматрању адаптације индустријских објеката у друге функције, са акцентом на функцију пословања. Засниваће се на анализи претходних научних истраживања из доступне литературе о промени функције објеката и прикупљању релевантних података методом компаративне анализе иностраних примера обнове индустријских зграда што ће послужити као подлога за одабир енергетски ефикасних мера које ће бити примењене за енергетску оптимизацију предметних грађевина (радних модела).

Други правац истраживања огледа се у прикупљању података, утврђивању и анализи тренутног стања релевантних узорака постојећих индустријских објеката на којима ће се базирати радни модели на којима ће се вршити унапређење.

Трећи правац истраживања је анализа различитих техничких решења, којом ће се одредити адекватне енергетски ефикасне мере које ће се применити на усвојене радне моделе. Експерименталном методом, применом нумеричких симулација у софтверским пакетима *IES-VE* и *DIVA for Rhino*, за одабране мере извршиће се квантитативне анализе потрошње енергије за предложену нову намену (пословање). Добијени резултати подлежу мултифакторским анализама, класификацији, описивању и упоређивању.

Након синтезе и упоредне анализе претходно прикупљених података и добијених резултата анализа, установиће се основни принципи и закључци – установити модели одабира одговарајућих објеката за функцију пословања, и дефинисати препоруке за енергетску оптимизацију у процесима адаптације индустријских објеката у пословне у климатским условима Београда.

1.6 Научна оправданост дисертације, очекивани резултати и практична примена резултата

Првенствени задатак овог рада је да истражи оптималне могућности примене енергетски ефикасних мера адаптације индустријског наслеђа, што се показује кроз радне моделе адаптације индустријских објеката у Београду у пословне.

Научни допринос рада:

- Идентификација и систематизација карактеристика постојећих индустријских објеката које су релевантне за адаптацију и формирање енергетски ефикасног пословног објекта;
- Дефинисање референтних модела адаптације, дефинисање најповољније појединачне мере, као и пакета мера у циљу остваривања енергетске оптимизације (уз помоћ рачунарских програма *IES-VE* и *DIVA for Rhino*) за климатске услове Београда;

- Давање препорука за остваривање енергетске оптимизације у процесима адаптације индустријских објеката у пословне, кроз методологију приступа проблему енергетске оптимизације која укључује анализирање климатских услова града Београда, релевантних параметара локације, карактеристика постојећег објекта и анализу адекватних енергетски ефикасних мера које ће бити изабране и приказане у систему енергетске оптимизације и смањења емисије угљен диоксида на репрезентативним узорцима индустријских објеката у Београду;
- Давање препорука за постизање топлотног комфора током целе године, уз приказ потрошње енергије за грејање и хлађење (већина радова у домаћој литератури се фокусира само на енергију потребну за грејање);
- Идентификација утицаја услова комфора на продуктивност и благостање запослених у пословним зградама;
- Класификација београдског индустријског наслеђа према подобности за пренамену у функцију пословања;
- Успостављање критеријума оцене подобности различитих типова индустријских објеката за функцију пословања.

Резултати овог истраживања могу наћи директну примену у адаптацији индустријских објеката у пословне, на територији Београда и шире. Они имају практичну примену јер су истражене адекватне мере унапређења у циљу енергетске оптимизације постојећих индустријских објеката града Београда. Дата решења примењива су на објекте сличних карактеристика у циљу унапређења у енергетском и еколошком смислу.

С обзиром да је тема енергетска оптимизација у процесима адаптације објеката актуелна како са теоријског, тако и са практичног становишта, могуће је очекивати да ће резултати овог истраживања привући пажњу како шире стручне јавности, тако и потенцијалних инвеститора.

Резултати овог истраживања такође могу наћи примену кроз формирање стратегије адаптације индустријских објеката. Низ потребних информација и анализа доступан је стручној јавности као подлога за даља истраживања која се односе на адаптацију напуштених индустријских објеката, као и побољшања услова комфора и смањења потрошње енергије оних који су тренутно у употреби.

Посебан допринос ове дисертације је приказ оптимизације индустријских објеката са енергетског и аспекта топлотног и визуелног комфора. Пружене смернице могу се користити у функцији стварања стратегија, концепата и законских прописа у области обнове индустријских објеката.

1.7 Преглед садржаја дисертације

Рад се састоји од шест главних поглавља: *Увод*, *Параметри енергетске оптимизације у процесима адаптације објеката*, *Адаптација индустријских објеката*, *Индустријски објекти изграђени пре Другог светског рата на територији Београда*, *Анализа енергетске оптимизације у адаптацији референтних модела индустријских објеката* и *Закључак*.

У *Уводу* се образлаже тема, предмет и проблем истраживања, разматрају циљеви и задаци истраживања, хипотезе, научни методи истраживања и врши процена научне оправданости и резултата истраживања.

У поглављу *Параметри енергетске оптимизације у процесима адаптације објеката* је дат преглед релевантних закона и правилника, захтева система сертификације адаптираних објеката и преглед услова и захтева произашлих из промене функције у пословање. У овом поглављу се успостављају параметри за селекцију објеката за пренамену и параметри значајни за енергетску оптимизацију у процесима адаптације индустријских објеката.

У поглављу *Адаптација индустријских објеката* разматран је одабир нових функција за индустријске објекте који више нису у функцији и анализира примере адаптираних индустријских објеката у Лондону.

Поглавље *Индустријски објекти изграђени пре Другог светског рата на територији Београда* даје преглед индустријског наслеђа Београда по индустријским гранама, тренутној функцији и карактеристикама значајним за енергетску оптимизацију.

Поглавље *Анализа енергетске оптимизације у адаптацији референтних модела индустријских објеката* даје преглед енергетских симулација мера унапређења омотача референтних модела индустријских објеката. Анализиране су мере смањења прегревања укључујући природну вентилацију и природно осветљење. У истом поглављу разматрана је интеграција обновљивих извора енергије и дате анализе укупних резултата различитих нивоа енергетске оптимизације.

У *Закључку* се даје приказ резултата истраживања, потврђују постављене хипотезе, образлаже применљивост постигнутих резултата и указује на правце даљих истраживања.

2. ПАРАМЕТРИ ЕНЕРГЕТСКЕ ОПТИМИЗАЦИЈЕ У ПРОЦЕСИМА АДАПТАЦИЈЕ ОБЈЕКТА

Како би се боље разумели механизми пренамене постојећих објеката, у следећем делу рада дат је преглед основних покретача и препрека енергетске оптимизације у процесима адаптације индустријских објеката.

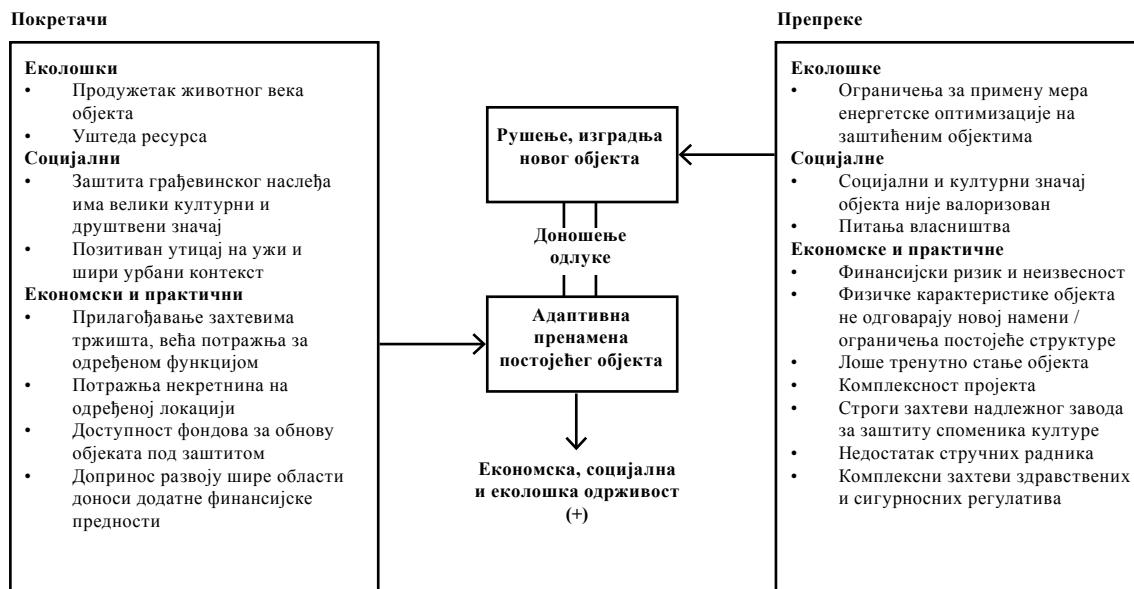
Кроз преглед закона и правилника релевантних за енергетску оптимизацију постојећих објеката, преглед захтева система сертификације зграда, и специфичних захтева унутрашњег окружења пословних објеката, ово поглавље има за циљ да успостави:

- Критеријуме за селекцију објеката за пренамену у пословање и
- Захтеве комфора и референтне вредности потрошње енергије адаптираних објеката.

2.1 Основни покретачи и препреке енергетске оптимизације у процесима адаптације индустријских објеката

Имајући у виду све мању доступност сировина, грађевинска индустрија треба да се усмери на поновну употребу и продужење животног циклуса постојећих урбаних структура, уместо коришћења слободних површина и ресурса. Поновна употреба постојећих зграда уједно је и једна од кључних компоненти урбане обнове и помаже формирању динамичних, разноврсних, и одрживих урбаних средина. Кључни покретачи и препреке адаптације се могу поделити на еколошке, социјалне, економске и практичне, а сажети су на слици 2.1.

Непредвиђени трошкови и проблеми око добијања дозвола за грађевинске радове главне су препреке пројектима адаптације (Price, 2012). У Србији постоје и проблеми нерешених имовинских односа и непостојање јасне и стимулативне законске регулативе у области ревитализације индустријског наслеђа (Туфегџић, 2014).



Слика 2.1 Покретачи и препреке адаптивне пренамене постојећих објеката
(Извор: Аутор према Bullen & Love, 2011)

Еколошки покретачи

Животни циклус објекта се састоји од три главна енергетска периода: изградње, коришћења и рушења. Адаптацијом постојећег објекта фаза рушења је избегнута, а животни век продужен, чиме су остварене значајне уштеде енергије.

Процењено је да је уграђена енергија објеката изграђених почетком 20. века једнака збиру њихове употребне енергије за 40-50 година (Ciravoglu, 2004). Применом енергетски ефикасних мера употребна енергија објеката се смањује, те уграђена енергија расте у односу на укупну енергију потрошену у току животног циклуса зграде.

Социјални покретачи

Индустријске зграде са краја 19. и почетка 20. века део су грађевинског наслеђа и историје града, као и сведоци технолошке еволуције. Индустријска револуција је јако брзо и неповратно изменила свет.

„Управо због брзине њеног развоја није се адекватно развила свест о потреби очувања наслеђа и културе индустријског друштва, што је негативно утицало, с једне стране на идентитет заједница повезаних са овим наслеђем, а с друге стране и масовним уништавањем вредних сведочанстава развоја цивилизације” (Шурдић, 2009: 14).

Очување индустријског наслеђа је „фундаментално за разумевање друштва и развој његове самосвести” (Шурдић, 2009: 14).

Подизање фабрика и њихов напредак, поред привредног значаја имали су великог удела у урбанизацији Београда. „Насељавање Карабурме почело је крајем 19. века, након изградње текстилне фабрике Евгенија Михела на самој обали Дунава.... Поред фабрике, убрзо се образовало радничко насеље, а у околини су се настањивали и ситни чиновници и занатлије” (Михајлов, 2011:95). Формирање индустријског комплекса државне фабрике шећера условило је оснивање Чукарице као радничког насеља (Димитријевић Марковић & Сретеновић, 2008).

Реактивација индустријског урбаног наслеђа један је од метода урбане обнове. Индустријско наслеђе је идентификовано као културни, економски и социјални ресурс (Туфегџић, 2014). Адаптација индустријских објеката има вишеструки значај - старање о наслеђу, подизање свести о општем значају овог специфичног облика културног наслеђа, враћање идентитета индустријским зонама града, подсећање на важне догађаје из прошлости, као и решавање проблема напуштених објеката кроз њихову ревитализацију (Кнежевић, 2007). Неискоришћени индустријски објекти би адекватном новом употребом (ревитализацијом) могли да задовоље тренутне потребе града као и део будућих (Кнежевић, 2007).

Економски и практични покретачи

Адаптација објеката се углавном јавља као одговор на потражњу за некретнинама на одређеним локацијама. Индустријски комплекси који су оригинално грађени на изолованим локацијама условили су урбанизацију околних зона и данас се налазе у центрима насељених области. Такође, ширењем граница града, индустријски објекти грађени крајем 19. и почетком 20. века остали су у његовом центру, и данас имају јако вредне локације.

Иако се пословне зграде често граде да задовоље минималне стандарде, неки инвеститори су препознали потребу за просторима већих спратних висина и препознатљивог карактера. Објекти индустријског наслеђа имају карактеристике које их чине погодним за пренамену у функцију пословања - велике волумене, квалитетан конструктивни склоп грађен за већа оптерећења, термичку масу итд.

Како је фокус ове тезе на процесима енергетске оптимизације, треба истаћи

да значај еколошки одрживих адаптација превазилази уштеду која се постиже ефикаснијом употребом ресурса. Инвестиције везане за еколошки одрживе објекте прате повољнији кредити, брже законске процедуре, смањење полисе осигурања и позитивна репутација (Hagart & Knoepfel, 2008). Поред тога, пројекти који улажу у регенерацију браунфилд локација или запуштених четврти делују као катализатори развоја много ширих градских зона што доводи и до остваривања веће добити за инвеститоре. Најзад, закупци комерцијалних објеката спремни да плате већу цену за здравију радну средину (Hagart & Knoepfel, 2008).

Еколошке препреке

Заштита је веома важан метод путем кога се специфичне карактеристике изграђеног фонда једне земље чувају у оквиру планског система (Historic England, 2012). У Великој Британији је неопходно добити *Сагласност за радове на заштићеном објекту* (Listed Building Consent) за било какве радове или надоградњу – унутрашњу или спољашњу – која би утицала на карактер објекта. У Србији услове за предузимање мера техничке заштите и других радова на заштићеним зградама утврђује надлежни завод за заштиту споменика културе (Закон о културним добрима, Сл. гласник РС, бр. 71/94).

На објекте под заштитом је понекад тешко применити конвенционалне стратегије енергетске оптимизације. Циљ је постићи одговарајућу равнотежу између заштите (очувања) и мера за побољшање енергетске ефикасности уколико се жели избећи трајна штета - измена карактера зграде и њеног значаја, као и оштећење примењених материјала. Иако озбиљан приступ, у већини случајева, може значајно побољшати енергетску ефикасност, није увек могуће постићи стандарде задате прописима.

Социјалне препреке

У Београду, напуштени индустријски објекти најчешће су препуштени физичком пропадању и девастацији, а неки су већ неповратно изгубљени. Разлог овогоме је често чињеница да њихов историјски значај није на прописан начин валоризован („Реке и индустријско наслеђе”, 2008). За време писања овог рада, срушена су два објекта која су била на листи анализираних кандидата за пренамену - фабрика Соко Штарк (Кнез Данилова 3) и објекти Индустрије котрљајућих лежајева (ИКЛ, између улица Кнеза Данила, Старине Новака, Станоја Главаша и Далматинске). Ови

објекти су имали велики потенцијал за адаптацију у нове намене, као и значај за локалну заједницу.

Напуштени индустријски објекти у Београду били су у власништву државе, али је, након пропадања предузећа, већина објеката данас у приватном власништву. У Србији се у оквиру фабричких комплекса грађених као просторна и функционална целина често појављује више корисника и власника објеката, што отежава ревитализацију. На примеру државне фабрике шећера у Београду, након Закона о становању (Сл. гласник РС, бр. 50/92) који је ступио на снагу 1992. године, омогућена је парцијална приватизација комплекса, и данас су поједине зграде само локацијски повезане са комплексом, док су функционално и по питању власништва потпуно независне (Димитријевић Марковић & Сретеновић, 2008).

Економске и практичне препреке

Адаптација постојећих објеката обично представља већи изазов од новоградње. Према Bloszies (2012: 31) „рад на објекту који представља склоп новог и постојећег је захтевнији и често скупљи од новоградње; стање елемената постојећег објекта који ће бити задржани је често веома тешко проценити, те самим тим, изградња почиње у присуству повећаног финансијског ризика од потенцијалних техничких проблема који морају бити решени“.

У пројектима адаптације често постоји већи број заинтересованих страна и већа организациона комплексност. Архитекта мора да изврши процену постојећег стања, техничку и естетску, пре него што се упусти у концептуално пројектовање. За разлику од новоградње која се одвија на слободној парцели, адаптација се везује за постојећи контекст и самим тим подлеже специфичним захтевима и ограничењима чије превазилажење захтева додатне ресурсе.

Постоје одређена ограничења слободној трансформацији простора током процеса адаптације будући да су конструктивне и друге компоненте објекта већ дефинисане у складу са потребама претходних корисника.

Иако су индустријски објекти грађени од трајних материјала, због њихове старости и могућих грешака услед примитивнијих техника градње постоји низ потенцијалних проблема. Међу најчешће скривене проблеме спадају: пропадање бетона, пропадање/трулење дрвета, зарђала уграђена арматура и проблеми настали услед влаге или прокишњавања.

Значај мултифакторског одлучивања о будућности индустријских објеката

Иако до адаптације објеката најчешће долази из економских разлога, разумевање осталих аспеката радова на постојећим индустријским објектима је значајно како за локалну заједницу и свест о индустријској прошлости, ужи и шири урбани контекст, тако и за животну средину. Валоризација специфичних еколошких, социјалних и економских аспеката адаптације је од посебног значаја за индустријске објекте који немају статус културног добра, те ни законску заштиту. Тек анализом свих споменутих аспеката може се донети одлука о томе да ли објекат треба да се пренамени или на његовом месту треба изградити нови објекат.

2.2 Релевантни закони и правилници за енергетску оптимизацију постојећих објеката

У овом поглављу дат је преглед основних закона и правилника Уједињеног Краљевства Велике Британије и Северне Ирске и Србије произашлих из ЕУ Директиве о енергетској ефикасности зграда 2010/31/EU. Рад указује на законске акте УК, посебно оне који се тичу адаптације постојећих објеката како би се боље разумеле студије случаја адаптираних објеката у Лондону (поглавље 3.4), и указало на разлике са домаћим законима и правилницима.

2.2.1 Европска унија

Директива о енергетским ефикасности зграда (2010/31/EU, EPBD) и Директива о енергетској ефикасности (2012/27/EU) су основни акти Европске уније фокусирани на смањење енергетских потреба зграда.

Директива 2010/31/EU има за циљ промовисање побољшања енергетских својстава зграда унутар ЕУ путем економски исплативих мера. Три главна аспекта која се односе на адаптацију постојећих зграда су:

- Увођење националне методологије прорачуна енергетских својстава зграде, узимајући у обзир све факторе који утичу на употребу енергије (члан 3),
- Имплементација прописа који одређују минималне захтеве енергетске ефикасности зграда (члан 4, 5, 7 и 8). Државе чланице морају да установе минималне захтеве енергетске ефикасности за грађевинске елементе и техничке системе. Захтеви се могу разликовати за нове и постојеће зграде. Члан 7 наводи да приликом значајне обнове зграде треба унапредит енергетску ефикасност целе зграде или обновљеног дела како би се испунили минимални захтеви енергетске ефикасности у мери у којој је то технички, функционално и економски изводљиво,
- Сертификација зграда (члан 11-13): Сертификати о енергетским својствима зграда се издају за зграде које се граде, продају или изнајмљују новом закупцу. Сертификат је документ који садржи вредности потрошње енергије и препоруке за побољшање енергетских својстава зграде.

Директива о Енергетској ефикасности (2012/27/EU) указује на значај повећања стопе обнове зграда јер је постојећи грађевински фонд сектор са највећим потенцијалом за уштеду енергије. Државе чланице морају направити дугорочне националне стратегије за обнову зграда које се могу укључити у њихове Националне акционе планове за енергетску ефикасност.

2.2.2 Уједињено Краљевство

Директива о енергетским ефикасности зграда (2012/27/EU) је у УК имплементирана кроз Одредбу о енергетским својствима зграда (The Energy Performance of Buildings (Certificates and Inspections) (England and Wales) Regulations 2007). За прорачун енергетских потреба нестамбених зграда користе се упрошћени енергетски модел зграде (Simplified Building Energy Model, SBEM) и одобрени динамички симулациони модели, који нуде више флексибилности и кориснији су као алати за подршку пројектовању (NCM, 2014).

Одобрени правилници који дају практичне смернице за испуњење захтева енергетске ефикасности нестамбених зграда су *L2A* „Уштеда горива и енергије у новим нестамбеним зградама” (HMG, 2016a) и *L2B* „Уштеда горива и енергије у постојећим нестамбеним зградама” (HMG, 2016b).

Поред нових зграда, *L2A* се примењује и на веће доградње постојећих зграда, уколико је корисна површина дограђеног дела већа од 100 m² или већа од 25 процента укупне корисне површине постојеће зграде.

Да би се испунили захтеви овог правилника неопходно је задовољити 5 критеријума:

- Емисије угљен-диоксида зграде морају бити мање од емисија зграде моделоване према прописаним стандардима,
- Елементи омотача и инсталирани системи морају задовољити минималне прописане стандарде,
- Соларни добици током летњег периода морају бити ограничени,
- Стандард изградње мора бити задовољавајући, уграђени системи морају бити тестирани и
- За сваки објект морају бити доступне потребне информације и смернице о енергетској ефикасном начину коришћења зграде.

Врсте радова обухваћене правилником *L2B* су:

- а. доградње (мање од 100 m² или 25% површине постојеће зграде),
- б. промена намене или промена енергетског статуса зграде,
- в. увођење или повећање површине застакљења или контролираних система,
- г. замена или обнова термичких елемената,
- д већа обнова зграде (обнова више од 25% површине омотача зграде) и
- ђ. последична побољшања¹.

Уколико радови на пренамени објекта укључују промену површине застакљених елемената (в), нови прозори или кровни прозори би требали да имају U_w вредност мању од 1,8 W/m²K. Међутим, U_w вредности до 2,7 W/m²K се могу сматрати прихватљивим за објекте са великим унутрашњим добицима. Замена стакла у постојећим оквирима не захтева примену прописа за уштеду горива и енергије.

Код радова на обнови или замени неког слоја елемента омотача (уколико је обновљена површина већа од 50% површине елемента, г) или у случају већих обнова (обнова више од 25% површине омотача зграде, д) - карактеристике целог елемента би требало да се унапреде уколико је тренутна U -вредност елемента већа од 0,7 W/m²K за зидове и подове и 0,35 W/m²K за кров (табела 2.1). Као део последичног побољшања за објекте преко 1000 m², разумна мера је да се обнове они термички елементи чија је U -вредност мања од граничне вредности из колоне (а) у табели 2.1. Уколико унапређења омотача до прописаних вредности у колони (б) у табели 2.1. нису технички или функционално могућа или не пружају повраћај инвестиција у року од 15 година, елементе треба унапредити до следећег најбољег стандарда.

Табела 2.1 Унапређење постојећих термичких елемената према *Part L2B*
(Извор: НМГ, 2016б)

	(а) Максимална дозвољена U вредност постојећих термичких елемената [W/m ² K]	(б) Унапређена U вредност [W/m ² K] (за елементе чија је U вредност већа од максималне дозвољене)
Спољашњи зид (спољашњи или унутрашњи положај изолације)	0,7	0,30
Под на тлу	0,7	0,25
Међуспратна конструкција испод негрејаног простора	0,35	0,16
Кос кров - изолација између рогова	0,35	0,18
Раван кров	0,35	0,18

¹ Овај захтев се јавља код постојећих зграда са укупном корисном површином већом од 1000 m² где се предложени радови састоје од доградње/проширења зграде или прве уградње или повећања инсталираног капацитета било ког фиксног система зграде (осим генератора обновљиве енергије). У овим случајевима се прописује усвајање мера унапређења енергетске ефикасности до минималне вредности од 10 процента вредности главних радова.

Заштићене зграде и зграде у заштићеним областима су ослобођене од потребе да се усагласе са захтевима L2A и L2B уколико би мере унапређења енергетске ефикасности неприхватљиво промениле њихов карактер и изглед (HMG, 2016b:10). У посебним случајевима исто важи и за зграде од локалног значаја и зграде традиционалне конструкције од пропустљивих материјала који упијају и омогућавају испаравање влаге. „Ова категорија обухвата скоро све зграде изграђене пре 1919. године, као и велики део оних изграђених пре 1945. године“ (English Heritage, 2012: 12). Уколико се спроводе радови на згради или везани за зграду која спада у једну од горе наведених категорија, треба тежити максималном изводљивом побољшању енергетске ефикасности (HMG, 2016b).

Сертификат о енергетским својствима зграда

Све нове зграде, и постојеће зграде које се продају или изнајмљују новом закупцу морају имати сертификат о енергетским својствима (Energy Performance Certificate, EPC). Зграде се сврставају у осам енергетских разреда према енергетској скали од „А+“ до „G“. Енергетске потребе зграде су приказане кроз индекс угљен-диоксида. Овај индекс се базира на енергији потребној за грејање, хлађење, припрему топле санитарне воде, вентилацију и осветљење, умањеној за енергију коју се ствара у згради помоћу различитих технологија.

Прорачун пореди емисије угљен-диоксида зграде са емисијама модела референтне зграде. Модел референтне зграде је базиран на згради исте величине, облика, оријентације и локацијских карактеристика, зониране на исти начин, са истим начином коришћења простора (који мора бити преузет са листе прописане NCM-ом, NCM, 2014). Површина прозора према површини зида референтне зграде је 40%, а површина кровних прозора према површини крова 20%, без обзира на површину отвора у постојећој згради. Коефицијент пролаза топлоте U [W/m^2K] елемената термичког омотача зграде дат је у табели 2.2.

Без обзира на инсталиране системе у стварној згради, референтна зграда има грејање (SCOP: 0,73) и сезонско хлађење (SSEER: 2,25) када је температура изнад 27°C.

Оцена емисије CO_2 је базирана на следећим формулама:

Табела 2.2 Карактеристике омотача референтног модела
(Извор: NCM, 2014)

Елемент термичког омотача зграде		
Кров (без обзира на нагиб)	U-вредност [W/m²K]	0,25
Спољашњи зид	U-вредност [W/m²K]	0,35
Под на тлу / Међуспратна конструкција изнад негрејаног простора	U-вредност [W/m²K]	0,25
Прозор	U-вредност [W/m²K]	2,2
	оријентација: север, североисток, југ, северозапад g вредност	0,72
	оријентација: исток, југоисток, југозапад, запад g вредност	0,58
	Површина прозора као удео површине спољашњег зида	40%
Кровни прозор	U-вредност [W/m²K]	2,2
	g вредност	0,43
	Кровни прозори као удео површине крова	20%
Инфилтрација ваздуха	m³/m² на 50Pa	10

$$SER = RER \times 0,765$$

SER - Стандардни ниво емисије

RER - Ниво емисије референтне зграде

$$AR = 50 \times BER/SER$$

AR - Оцена емисија

BER - Ниво емисије зграде

Сертификат прати извештај са препорукама за побољшање енергетске ефикасности зграде економски исплативим мерама типичним за анализирани тип зграда.

2.2.3 Србија

Закон о планирању и изградњи (Сл. гласник РС, бр. 72/2009, 145/2014) у члану 4 одређује законску основу за усвајање методологије прорачуна енергетских својстава зграда и уводи потребу за издавањем сертификата о енергетским својствима зграда. Ово је даље дефинисано Правилником о енергетској ефикасности зграда (Сл. гласник РС, бр. 61/2011а) и Правилником о условима, садржају и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда (Сл. гласник РС, број 61/2011б).

Правилник о енергетској ефикасности зграда

Правилник о енергетској ефикасности зграда (Сл. гласник РС, бр. 61/2011а) усвојен 2011. године дефинише процедуру прорачуна употребне енергије. Правилник се примењује на: нове зграде, реконструкције, доградње и адаптације постојећих зграда, укључујући зграде под заштитом и зграде у заштићеним областима. Слично L2A, Правилник узима у обзир век трајања зграде, климатске услове локације, положај и оријентацију зграде, њену намену, услове комфора, материјале и елементе структуре зграде и омотача, уграђене техничке системе и уређаје, као и изворе енергије и когенерацију и могућност за коришћење обновљивих извора (Сл. гласник РС, бр. 61/2011а, члан 6). Правилник дефинише процедуру за припрему Елабората енергетске ефикасности, који је кључни део техничке документације која мора да буде поднета са захтевом за грађевинску дозволу или са захтевом за одобравање радова на адаптацији зграда или њиховој енергетској санацији (Сл. гласник РС, бр. 61/2011а, члан 17).

Прорачун енергетске ефикасности се врши за следеће категорије (Сл. гласник РС, бр. 61/2011а, члан 18): годишња потрошња енергије за грејање, хлађење, вентилацију, топлу воду, осветљење, годишње губитке техничких система, годишњу испоручену енергију, годишњу потребну примарну енергију и годишњу емисију CO₂. Све док се не усвоји државни програмски пакет, елаборат енергетске ефикасности би требало да садржи само карактеристике омотача зграде и потрошњу енергије за грејање (Сл. гласник РС, бр. 61/2011а). Одлике омотача прописане за нове и постојеће зграде дате су у табели 2.3. У поређењу са вредности из енглеског правилника Part L2A, U-вредност застакљених површина је нижа у српском правилнику, док је U-вредност термичких елемената постојећих зграда нижа у енглеском.

Табела 2.3. Карактеристике омотача за нове и постојеће зграде према Српском и Енглеском Правилнику о енергетској ефикасности зграда
(Извор: НМГ, 2013 и Сл. гласник РС, бр. 61/2011а)

	УК (Part L2B за Енглеску)		Србија (Правилник о ЕЕЗ)
	Елементи који се контролишу (табела 4 у Part L2B), U вредност [W/m²K] (укључујући оквир)		Новоградња/доградња: Максимална дозвољена U вредност [W/m²K] (табела 3.4.1.3, стр. 39)
Прозори или кровни прозори	1,8		1,5
Улазна врата (уколико је више од 60% површине врата стаклено)	1,8		1,6
Остала улазна врата (мање од 60% површине врата стаклено)	1,8		1,6
	Нови термички елементи (табела 4 у Part L2B), U вредност [W/ m²K]		Новоградња/доградња: Максимална дозвољена U вредност [W/m²K] (табела 3.4.1.3, стр. 39)
Спољашњи зид	0,28		0,3
Под на тлу	0,22		0,3
Кос кров - изолација између рогова	0,18		0,15
Раван кров	0,18		0,15
	Препоручена површина отвора у доградњама [%]		
	Површина прозора као удео површине спољашњег зида	Кровни прозори као удео површине крова	
	40	20	
	Унапређење постојећих термичких елемената (табела 5 у Part L2B), U вредност [W/m²K]		Постојеће зграде: Максимална дозвољена U вредност [W/m²K] (табела 3.4.1.3, стр. 39)
	Максимална дозвољена постојећи елементи	Унапређена вредност (за елементе чија је U вредност већа од максималне дозвољене) ¹	
Спољашњи зид (спољашњи или унутрашњи положај изолације)	0,7	0,30	0,4
Под на тлу	0,7	0,25	0,4
Кос кров - изолација између рогова	0,35	0,18	0,2
Раван кров	0,35	0,18	0,2

¹ Унапређење се примењује само ако је време за повраћај инвестиције мање од 15 година

Сертификат о енергетским својствима зграда

Сертификат о енергетским својствима зграде или енергетски пасош представља саставни део техничке документације и треба да буде поднет са захтевом за издавање употребне дозволе (Сл. гласник РС, бр. 61/2011б, члан 9). Правилник о условима, садржају и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда (Сл. гласник РС, број 61/2011б) дефинише енергетски разред зграде изражен преко релативне вредности годишње потрошње финалне енергије за грејање (%) и представља процентуални однос специфичне годишње потрошње енергије за грејање $Q_{H,nd}$ [kWh/m²] и максималне дозвољене енергије за грејање $Q_{H,nd,max}$ [kWh/m²] за одређену категорију зграда.

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

Максимално дозвољена финална енергија за грејање $Q_{H,nd,max}$ [kWh/m²] је једнака енергетском разреду „C“. За постојеће пословне зграде ова вредност износи 65 kWh/m² а за нове пословне зграде 55 kWh/m² (табела 2.4.).

Енергетска класа постојећих зграда након адаптације мора бити побољшана за барем једну класу, док нове зграде морају да буду барем категорије „C“ (Сл.гласник РС, бр. 61/2011б, члан 7).

Табела 2.4. Енергетски разред и специфична годишња потреба за грејањем за управне и пословне зграде (Извор: Сл. гласник РС, бр. 61/2011б, Прилог 1.2)

Управне и пословне зграде		нове	постојеће
Енергетски разред	$Q_{H,nd,rel}$ [%]	$Q_{H,nd}$ [kWh/(m ² a)]	$Q_{H,nd}$ [kWh/(m ² a)]
A+	≤ 15	≤ 8	≤ 10
A	≤ 25	≤ 14	≤ 17
B	≤ 50	≤ 28	≤ 33
C	≤ 100	≤ 55	≤ 65
D	≤ 150	≤ 83	≤ 98
E	≤ 200	≤ 110	≤ 130
F	≤ 250	≤ 138	≤ 163
G	>250	>138	> 163

2.3 Системи сертификације релевантни за пројекте адаптације

Системи сертификације зграда најчешће се користе услед захтева клијената, захтева тржишта, маркетиншке предности сертифицизованих објеката, смањења оперативних трошкова зграде, корпоративних обавеза или регулаторних захтева (Bernstein, 2013). У студији тржишта 60 земаља McGraw Hill Construction (Bernstein, 2013) наводе да инвестиције у зелене адаптације доносе многе финансијске предности, укључујући пад оперативних трошкова (у просеку 13% за период од 5 година) и раст тржишне вредности зелених адаптација (у односу на конвенционалне) од око 4-5%. Поред финансијских предности, социјалне укључују промоцију здравља и блаостања и подршку одрживим пословним праксама. Основни еколошки разлози укључују смањену потрошњу енергије, смањену емисију гасова стаклене баште, заштиту природних ресурса, смањену потрошњу воде и побољшан квалитет ваздуха (Bernstein, 2013).

Системи сертификације града су развијени широм света од стране различитих организација. Већина система сертификација зграда су адаптација претходних модела који су првобитно развијени у другим државама, првенствено LEED и BREEAM система (Reed & Krajinovic-Bilos, 2013). Поред тога што се многи национални системи базирани на њиховим основама, LEED и BREEAM уједно су и најкоришћенији сертификациони системи на свету.

Сертификација адаптираних и пословних зграда у Србији

Савет зелене градње Србије основан је 2010. године (<http://www.serbiagbc.org>). У Србији не постоји национални систем сертификације, већ се првенствено примењују *LEED* и *BREEAM*. Истраживања тржишта показују да је сертификација посебно значајна код пословних зграда (JLL, 2014). Хотел „Беко“ у Београду за сада је једини пројекат који укључује адаптацију постојеће зграде (регистрован под *LEED BD+C: Језгро и омотач* системом, USGBC, 2015b). Србија има 3 регистрована и 2 сертифициована BREEAM пројекта (GreenBookLive, 2015).

2.3.1 LEED

*LEED*¹ је највише коришћен систем сертификације зелених зграда на свету (USGBC <http://www.usgbc.org/leed>), развијен од стране Савета зелене градње САД-а (*U.S. Green Building Council, USGBC*). *LEED* има низ система за оцену пројектовања, изградње, коришћења и одржавања зелених зграда, кућа и суседства.

Пројекти адаптације индустријских зграда у пословне би се регистровали под системом за пројектовање и изградњу - *LEED Building Design and Construction (LEED BD+C)*: Новоградња и значајне обнове² или *LEED BD+C: Језгро и омотач*³. Оба представљају скуп стандарда за оцену квалитета пројектовања и изградње зграде, са циљем промоције здраве, трајне, економичне и еколошки исправне праксе. Тренутна верзија

Предуслови и кредити у *LEED BD+C* верзија 4⁴ су подељени у следеће категорије: Интегративни приступ, Локација и транспорт, Одрживе локације, Ефикасно коришћење воде, Енергија и атмосфера, Материјали и ресурси, Квалитет унутрашњег окружења, Иновације у дизајну и Регионални приоритет. Према броју постигнутих поена објекти се класификују у четири нивоа: сертификовано, сребро, злато и платина.

LEED је током година имао велики утицај на тржиште зелених зграда, а данас се налази у пројектној спецификацији за 71 проценат пројеката чија је вредност преко 50 милиона долара. Његова примена широм света олакшава међусобно поређење зграда и од посебног је значаја за актере попут међународних инвеститора.

У дисертацији ће бити указано на кредите значајне за избор објеката за пренамену у пословање и параметре значајне за енергетску оптимизацију у процесима адаптације.

¹ Leadership in Energy and Environmental Design, Лидерство у области енергетике и заштите животне средине

² LEED BD+C: New Construction and Major Renovation. *Значајне обнове* подразумевају значајне модификације омотача и термотехничких система зграде, као и веће промене у унутрашњости објекта

³ LEED BD+C: Core and Shell. Језгро и омотач се користи за новоградњу и значајне обнове омотача зграде, као и техничких система и других инсталација у језгру. Овај сертификациони систем не укључује опремање ентеријера

⁴ Тренутна верзија LEED система. Након 31. октобра 2016. године сви пројекти се морају регистровати под верзијом 4

2.3.2 BREEAM

*BREEAM*¹ је први успостављени систем оцењивања и сертификаковања одрживости зграда на свету, објављен 1990. године од стране *BRE* (*BREEAM*, 2015). Више од 534 000 зграда је *BREEAM* сертификовано и преко два милиона је регистровано за сертификацију у УК и 70 земаља широм света.

Адаптација индустријских зграда у пословне на територији Србије потпада под *BREEAM* Интернационални систем за оцену обнове и опремања нестамбених зграда (*BREEAM International Refurbishment and Fit-Out*²). Овај систем обезбеђује модуларни скуп критеријума који се примењују у зависности од врсте радова:

- део 1: Омотач и конструкција,
- део 2: Кључни системи (системи у језгру),
- део 3: Локални системи и
- део 4: Опрема ентеријера.

Пројекти целокупне адаптације укључили би сва четири дела, док би *језгро и омотач* пројекти само користили део 1 и 2.

BREEAM области укључују: Управљање, Здравље и благостање, Енергија, Транспорт, Вода, Материјали, Отпад, Употреба земљишта и екологија, Загађење и Иновације. Објекти се рангирају у 5 категорија.

2.3.3 WELL Building Standard

У грађевинској индустрији све је већи фокус на грађњи „здравих зграда”. *WELL* је први интернационални стандард сертификације зграда чији је фокус на здрављу и благостању корисника. Примењује се од 2013. године, а до данас је регистровано 140 пројеката (*IWBI*, 2016). Администрацију стандарда спроводи Интернационални институт за *WELL* градњу (*International WELL Building Institute, IWBI*), основан 2013. године, док се сертификација, као и за *LEED* врши преко Института за сертификацију зелених зграда (*Green Business Certification Inc., GBCI*).

¹ Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology, Методологија еколошке процене Организације за истраживање зграда

² Предлог овог система се појавио 2015. године, систем још увек није у употреби (<http://www.breeam.com>).

WELL Building Standard повезује најбоље праксе пројектовања и изградње са медицинским и научним истраживањем. Сертификовани објекти помажу стварање окружења које побољшава исхрану, физичке способности, расположење, квалитет сна и продуктивност корисника (IWBI, 2015). *WELL* има седам категорија: ваздух, вода, храна, светлост, фитнес, комфорт и ум. Постоје три нивоа сертификације: сребро, злато и платина.

WELL стандард је првенствено развијен за пословне зграде.

Главна разлика између овог и других стандарда сертификације зграда је што акценат није на уштеди енергије, већ стварању здравијих услова за рад и живот корисника. Захтеви *WELL* стандарда су углавном усклађени са захтевима *LEED*-а, те исти пројекат може добити обе сертификације.

2.3.4 Passivhaus Стандард

Passivhaus је добровољни грађевински стандард примењив на пројекте широм света. *Passivhaus* институт је основан 1996. године ради промоције и контроле имплементације стандарда, и до 2010. године је у Европи изграђено 20000 пасивних кућа (Zeller, 2010). Пасивне куће су зграде које обезбеђују добре услове унутрашњег комфора, и имају за 85-90% мање енергетске потребе од конвенционалних зграда. Критеријуми пасивне куће (према *Passivhaus* институту, Passive House Institute, 2012) укључују специфичну потребну енергију за грејање мању од 15 kWh/m²a, специфичну потребну примарну енергију за грејање, хлађење, припрему топле санитарне воде и електричну енергију за све уређаје мању од 120 kWh/m²a, и ваздушну пропустљивост од максимум 0.6 aсh при n₅₀.

За постојеће објекте постоје две опције сертификације - „*Passivhaus* сертификација” и „*EnerPHit/EnerPHit⁺* обнова”. *EnerPHit* се примењује на пројекте адаптације за које није могуће или није економски исплативо задовољити захтеве *Passivhaus* стандарда. *EnerPHit* сертификација служи као доказ да је објекат или био обновљен коришћењем компоненти Пасивних кућа или да постиже специфичну потребу за грејањем и хлађењем мању од 25 kWh/m²a. *EnerPHit⁺* је примењив уколико више од 25% нетранспарентних површина омотача зграде има унутрашњу изолацију.

За разлику од других стандарда који су мултифакторски, *Passivhaus* се фокусира на потрошњу енергије.

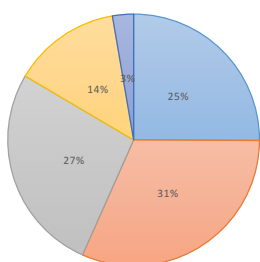
2.4 Енергетске потребе пословних зграда

Потрошња енергије сектора услуга

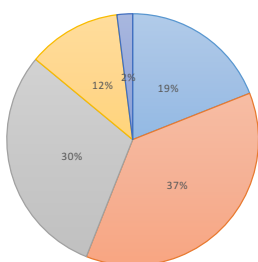
У Европској унији зграде су одговорне за око 40% потрошње енергије (ЕЕА, 2015а), од чега се 14% приписује сектору услуга (слика 2.2).

У Уједињеном Краљевству сектор услуга је одговоран за 12% укупне потрошње енергије (ЕС, 2014). Од ове вредности, 10% се користи за канцеларије и додатних 12% у јавној администрацији (слика 2.3).

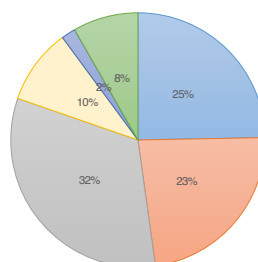
У Србији, зграде су одговорне за нешто мање од 50% потрошње енергије (слика 2.4 Стратегија развоја енергетике, 2014). Није познато који се тачан проценат може приписати услужном сектору.



Слика 2.2 ЕУ: Потрошња финалне енергије по секторима у 2013. години (Извор: ЕЕА, 2015а)



Слика 2.3 Уједињено Краљевство: Потрошња финалне енергије по секторима у 2012. години (Извор: ЕС, 2014)



Слика 2.4 Србија: Потрошња финалне енергије по секторима у 2010. години (Извор: Стратегија развоја енергетике, 2014)

индустрија
транспорт
домаћинства
услуге
лов, риболов и сл.
остало
неенергетска
потрошња

Потрошња енергије у пословним зградама

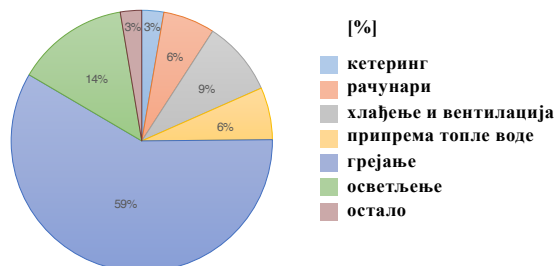
ЕУ

Реновирани пословни простор јавног сектора у свим чланицама ЕУ не би требао да користи више од 70 kWh/m²а енергије за грејање простора и припрему топле воде и електричне енергије за вентилацију простора. Границе испоручене електричне енергије за *HVAC* системе и осветљење су помножене са 2,5 (PROST, 2003).

У оквиру Европског пројекта за оптимизовање квалитета унутрашњег ваздуха и потрошње енергије у пословним зградама (Bluvssen et al., 1995 цитирано код Burton, 2003), анализирано је 50 типичних пословних зграда широм Европе. Средња годишња потрошња енергије била је у распону од 170 kWh/m²а у Грчкој до 438 kWh/m²а у УК (Burton, 2003:9). То је резултат различитих распореда коришћења простора, врста канцеларија, одлика зграде, режима рада вентилације итд (Burton, 2003).

УК

Према подацима Департмана за енергетику и климатске промене (DECC, 2015a), највише енергије у пословним зградама се троши на грејање, чак 59%, затим осветљење (14%) и хлађење и вентилацију (9%) (слика 2.5).



Слика 2.5 Уједињено Краљевство: Потрошња финалне енергије у пословним зградама, 2013
(Извор: DECC, 2015a)

CIBSE TM46 (2008) даје реперне вредности потрошње енергије, ради примене у оцени оперативне енергије у сертификатима који приказују потрошњу енергије објекта (*Display energy certificates*). Ове вредности се заснивају на *CIBSE Guide F – Енергетска ефикасност у зградама* (CIBSE, 2004) и *Приручнику потрошње енергије 19 - Употреба енергије у канцеларијама* (DETR 2000). TM46 (CIBSE, 2008) наводи да типична пословна зграда троши 95 kWh/m²а електричне енергије и 120 kWh/m²а фосилних горива (табела 2.5).

Табела 2.5 Реперне вредности потрошње енергије у пословним зградама
(Извор: CIBSE, 2008)

	Потрошње енергије		Илустративна емисија CO ₂ израчуната из потрошње енергије		
	Типично електрична енергија (kWh/m ²)	Типично фосилна горива (kWh/m ²)	Типично електрична енергија (kgCO ₂ /m ²)	Типично фосилна горива (kgCO ₂ /m ²)	Укупно типично (kgCO ₂ /m ²)
Канцеларијски простор	95	120	52.3	22.8	75.1

CIBSE Guide F (2004) приказује податаке прикупљене између 1992. и 1994. Типичне зграде углавном троше 53 kWh/m²а електричне енергије и 181 kWh/m²а фосилних горива, док добри примери користе 25 kWh/m²а електричне енергије и 131 kWh/m²а фосилних горива.

Приручник потрошње енергије 19 (DETR, 2000) је истраживао четири врсте канцеларија: природно вентилисане појединачне канцеларије, природно вентилисане канцеларије отвореног типа, климатизоване стандардне канцеларије и климатизоване престижне канцеларије. Табела 2.6 приказује добру праксу и типичну енергетску потрошњу за сва четири типа канцеларија. Престижна климатизована канцеларија углавном троши 2,8 пута више енергије него типична природно вентилисана зграда.

Табела 2.6 Годишња потрошња достављене енергије [kWh/m²]
(Извор: DETR, 2000)

	Природно вентилисана Ђелијска канцеларија		Природно вентилисана Отворени тип		Климатизована Стандардна		Климатизована Престижна	
	добра пракса	типична	добра пракса	типична	добра пракса	типична	добра пракса	типична
Грејање и топла вода - гас или нафта	79	151	79	151	97	178	107	201
Хлађење	0	0	1	2	14	31	21	41
Вентилатори, пумпе, контроле	2	6	4	8	30	60	36	67
Додавање влажности	0	0	0	0	8	18	12	23
Осветљење	14	23	22	38	27	54	29	60
Канцеларијска опрема	12	18	20	27	23	31	23	32
Кетеринг - гас	0	0	0	0	0	0	7	9
Кетеринг - електрична енергија	2	3	3	5	5	6	13	15
Друго - електрична енергија	3	4	4	5	7	8	13	15
Компјутерска соба	0	0	0	0	14	18	87	105
Укупно гас ил нафта	79	151	79	151	97	178	114	210
Укупно електрична енергија	33	54	54	85	128	226	234	358

Србија

Правилник о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда (Службени гласник РС, бр. 69/2012б) наводи да нове административне и пословне зграде не би требале да користе више од 55 kWh/m²a за грејање на годишњен нивоу. За адаптације постојећих зграда ова вредност је 65 kWh/m²a (Службени гласник РС, број 69/2012б). Правилником нису прописане вредности за хлађење објеката.

Потрошња енергије у системима сертификације

Потрошња енергије је најзначајнији појединачни фактор у системима сертификације. Задовољење захтева сегмента „Минимална уштеда енергије” је један од услова за регистрацију пројекта за *LEED* сертификацију. За *значајне обнове* под *LEED v4*, модел предложеног пројекта треба да покаже уштеду од бар 3% у односу на модел референтне зграде прописане ANSI/ASHRAE стандардном 90.1–2010 (ANSI/ASHRAE, 2010). Сегмент „Оптимизована уштеда енергетике” за побољшања од 4% додељује 1 поен, а максималних 18 поена за уштеду од 48% у односу на референтну зграду (USGBC, 2015). Референтна зграда има површину прозора према површини зида од 40% и карактеристике омотача дате у табели 2.7.

Да би зграда задовољила критеријуме сертификације *EnterPHit* или *EnterPHit⁺*, *Passivhaus* института (Passive House Institute, 2012), специфична потребна енергију за грејање мора бити мања од 25 kWh/m²a, а специфична потребна примарна енергија за грејање, хлађење, припрему топле санитарне воде и електрична енергија за све уређаје мора бити мања од 120 kWh/m²a (табела 2.7).

Табела 2.7. Карактеристике омотача за нове и постојеће зграде према Српском и Енглеском Правилнику о енергетској ефикасности зграда
(Извор: НМГ, 2013 и Сл. гласник РС, бр. 61/2011а)

	Опис	јединица	Србија	EnterPHit/EnterPHit ⁴ (Passivhaus институт)	LEED v4 (ASHRAE 90.1-2010 ⁶)
Термички омотач зграде	Спољни зид (изолован споља)	U [W/m²K]	≤0,4 ¹	≤0,15	0,365
	Спољни зид (изолован изнутра)	U [W/m²K]	≤0,4 ¹	≤0,35	0,365
	Под на тлу	U [W/m²K]	≤0,4 ¹	≤0,15 / f _t ⁴	F-1,489 ⁷ 0,214 ⁷
	Кров изнад грејаног простора	U [W/m²K]	≤0,2 ¹	≤0,15	0.273
	Прозори	U [W/m²K]	≤1,5 ¹	U _w ≤0,85	U _w 2,27
		g [-]	-	g x 1,6 W/m²K ≥ U _g	0,40
		[%]	-		<40%
	Кровни прозори	U [W/m²K]	≤1,5 ¹	U _w ≤0,85	U _w 3,95
		g [-]	-	g x 1,6 W/m²K ≥ U _g	0,49 (0-2% крова) 0,39 (2,1-5% крова)
		[%]	-		<5%
Потребе за енергијом	Инфилтрација ваздуха	[ach]	≤0,5 ^{1,2}	максимална: n ₅₀ ≤1,0 циљана: n ₅₀ ≤0,6	-
	Специфична годишња потребна енергија за грејање	[kWh/m²a]	≤65 ³	Q _n ≤25 ⁵ (необавезујући захтев)	-
	Специфична годишња потребна енергија за хлађење	[kWh/m²a]	-	дефинисана само кроз примарну енергију	-
	Специфична годишња потребна примарна енергија	[kWh/m²a]	-	Q _p ≤ 120+((Q _n -15)x1,2)	3% мање од референтне зграде, дефинисана кроз цену енергије

Напомене:

¹ Извор: Правилник о енергетској ефикасности зграда (Сл. гласник РС, бр. 61/2011а)

² Просечна вредност за веома заклоњен положај, изложеност ветру: више од једне фасаде; класа заптивености добра

³ Извор: Правилник о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда (Сл. гласник РС, бр. 61/2011б)

⁴ f_t - температурни фактор, у овом случају фактор умањења за плоче на тлу, преузима се из PHPP пакета

⁵ Вредност мора бити израчуната коришћењем PHPP софтверског пакета. EnterPHit/EnterPHit⁴ сертификације се могу добити и задовољавањем захтева за појединачне елементе зграде уколико захтев за специфичну годишњу потребну енергију за грејање не може да се постигне

⁶ Вредности за модел са којим се пореде емисије угљен-диоксида

⁷ F вредност - Под на тлу, испод грејаног простора, U вредност за међуспратну конструкцију изнад негрејаног простора

Тип пословне зграде

Специфична годишња потрошња енергије у пословним зградама варира између 100 и 1000 kWh/m², у зависности од климатских услова локације, намене, врсте канцеларијске опреме, начина коришћења простора, омотача зграде, употребе термотехничких система, врсте осветљења и сл. (Burton, 2003).

Табела 2.8 пореди унутрашње добитке за 4 врсте пословних зграда - типичан канцеларијски простор, канцеларије у центру града, канцеларије за трговање на берзи и *call* центар. Зграде са већим унутрашњим добицима имају повећане енергетске потребе за хлађењем.

Табела 2.8 Унутрашњи добити топлоте за различите типове пословних зграда
(Извор: CIBSE, 2015)

Тип пословне зграде	Површина по особи [m ² /особи]	Добити од људи [W/m ²]	Добити од осветљења [W/m ²]	Добити од опреме [W/m ²]
Типична канцеларија	12 / 16	6,7 / 5	8-12	15 / 12
Канцеларија у центру града	6 / 10	13.5 / 8	8-12	25 / 18
Трговање на берзи	5	16	12-15	>40
<i>Call</i> центар	5	16	8-12	60

Поред радног простора, модерне пословне зграде имају велики број помоћних просторија. Од простора за концентрисан рад, сала за састанке, простора за социјалне активности, спортских сала, фотокопирница и сл. Од великог значаја су просторије за сервере, које имају изузетно високе добитке од опреме (200 W/m²). Ове просторије захтевају посебне системе за хлађење и треба их стратешки позиционирати унутар зграде.

2.5 Захтеви унутрашњег окружења пословних зграда

2.5.1 Утицај услова унутрашњег окружења на благостање и продуктивност запослених

Цена обезбеђивања радног простора за канцеларијске раднике у погледу капиталних трошкова и текућих трошкова зграде је мала у односу на плате и бенефиције запослених. Двадесетпетогодишњи профил расхода на слици 2.6 приказује да само 6,5% укупних трошкова одлази на изградњу, 8,5% одлази на опремање, одржавање и коришћење канцеларијског простора, а 85% на плате и бенефиције (CABE, 2011). Ове вредности су базиране на анализи конкретног објекта, и разликовале би се од случаја до случаја. Међутим, као опште правило, трошкови изградње пословне зграде, текући трошкови (нпр. одржавање зграде, трошкови грејања и осветљења) и плате радника су у односу 1:1,5:15 (CABE, 2011). Услед овог односа, дошло је до прелаза фокуса са уштеде енергије на побољшање здравља и благостања запослених, а самим тим и њихове продуктивности. Овом променом настала је и потреба за WELL стандардом за сертификацију зграда (IWBI, 2015).



Слика 2.6 Двадесетпетогодишњи профил расхода корисника пословног простора - без плата и укључујући плате (Извор: CABE, 2011)

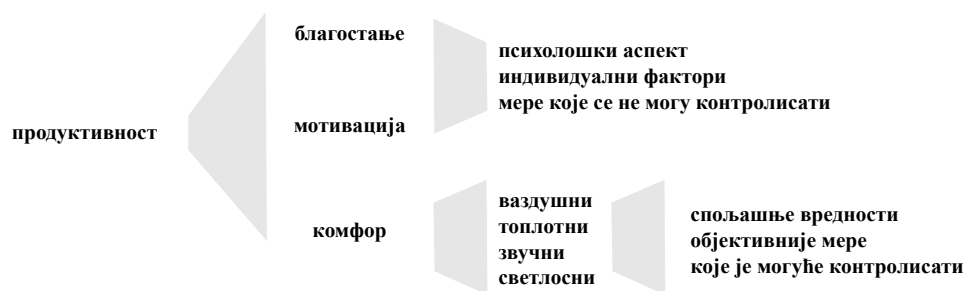
При процени задовољства запослених, организациони фактора (хијерархија, пословна култура, систем награђивања, руковођење и сл.) имају највећи утицај, а прате их индивидуални фактори (личне тежње, награде, верност, само-мотивација, способност, искуство и обука) (CABE, 2011). Тешко је одредити обим до ког канцеларијски простор доприноси задовољству запослених. Неки аутори тврде да је радно место одговорно за 24% задовољства послом (Brill, Weidemann, & BOSTI Associates, 2001:18), што даље утиче на продуктивност особља, са 5% за појединце, а 11% за тимове услед побољшане интеракције (слика 2.7). Друге студије (Loftness et al., 2012) показују да зграде могу да побољшају целокупну продуктивност и перформанс за 12,5 процента или да их смање за 17 процента. „Повећање учинка особља за 2 до 5% може да покрије укупан трошак њиховог радног простора.“ (Oseland, 2001). Ово указује на распон од 30 процента између перформанси радника у најбољим и најгорим зградама. „Повећање учинка особља за 2 до 5% може да покрије укупан трошак њиховог радног простора.“ (Oseland, 2001, цитирано у CABE, 2011). У другом примеру релативних трошкова, Wyon (1994) изјављује да би уштеда од 50% енергетских трошкова путем побољшања дизајна система могла да буде плаћена побољшањем продуктивности особља од 0,25 до 0,5%.



Слика 2.7 Утицај радног простора на задовољство и перформансе особља
(Извор: CABE, 2011)

Постоји снажна веза између доживљеног комфора и пријављене продуктивности радника (слика 2.8), са разликама у продуктивности од скоро 25% забележеним између особља које има комфортно окружење и особља које нема комфортно окружење (Macmillian, 2003). Продуктивност, здравље и задовољство су скоро увек повезане са комфором – што боље мишљење корисници имају о унутрашњем окружењу, већа је вероватноћа да ће рећи да су продуктивнији, здравији и срећнији (Leaman, 2003). Значај здравог и комфортног унутрашњег окружења је најуже повезан са одсуством са посла. Британски завод за националну статистику наводи да је у Великој Британији 2013. године 131 милион радних дана изгубљено одсуством са посла услед болести, што је 4,4 дана по раднику (Office for National Statistics, 2014). Истраживања су пронашла јасну везу између квалитета ваздуха и одсуства са посла услед болести (Leyten & Kurvers, 2010 цитирано у Nicol, Humphreys, & Roaf, 2012).

У својим студијама зграда, Leaman (2003) пореди забележене нивое незадовољства факторима унутрашњег окружења са забележеним нивоима продуктивности. У тестираним зградама, важност појединачних фактора комфора и губици забележене продуктивности су ранжирани и установљено је да су најважнији фактори били квалитет ваздуха, затим температура, ергономија, бука и коначно осветљење.



Слика 2.8 Фактори који утичу на продуктивност
(Извор: Аутор према De Carli et al, 2008)

Лична контрола над окружењем

Пружање личне контроле над локалним окружењем има две главне користи за учинак на послу. Прво, пронађено је да су појединци толерантнији на промене у факторима унутрашњег комфора када над њима имају контролу (Clements-Croome, 2000). Друго, установљено је да корисници јако цене осећај контроле. Установљено је да лична контрола повећава продуктивност у распону од 3% код радних места која корисницима обезбеђују контролу температуре, дотока ваздуха, прикривања звука и осветљења (Kroner, Stark-Martin, Willemain, 1992, цитирано у CABE, 2011). Исто је закључено и када се уведе контрола температуре, брзине и смера ваздуха уместо уобичајених система дистрибуције ваздуха изнад главе (Bauman, Baughman, & Arens 1997).

Студије давања контрола корисницима су дошле до закључка да би радно место са великим бројем контрола, и природном вентилацијом требало да претставља норму, а да би се сложенији системи усвајали само у малом броју случајева када услови температуре и влажности превазилазе прагове толеранције (Leaman & Bordass, 2000b, 2007). Пројектанти би требали да користе једноставне, робусне контролне уређаје као што прозори који се могу отворити, вентиле за радијаторе, ролетне, и сл., а тамо где је контрола окружења централизована, брза реакција система на лоше услове комфора је кључна (Leaman & Bordass, 2000b, 2007).

2.5.2 Ваздушни 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” (Сл. гласник РС, бр. 61/2011а, члан 2).

Многи истраживачи упућују на везу између услова ваздушног комфора и продуктивности запослених. „Продуктивност 20% канцеларијског особља у Сједињеним Америчким Државама би могла да се повећа побољшањем квалитета ваздуха у канцеларијама.“ (Leaman & Bordass, 2000a: 171).

Студије о квалитету ваздуха се често фокусирају на смањење симптома синдрома болесне зграде (*Sick Building Syndrome*, SBS), као резултат побољшаног уноса спољашњег ваздуха. Смањење синдрома болесне зграде има сразмеран утицај на продуктивност. Свако смањење од 10% у забележеним SBS симптомима прати повећање продуктивности од 1,1% (Wargocki & Wyon, 2010, цитирано у CABE, 2011). У другом истраживању (Hall, H., Leaderer, B., Cain, W., & Fidler, A., 1991) пронађено је да је 3% испитаваних радника раније напустило посао или остало код куће и 8% је имало смањену способност за рад услед симптома који се могу приписати недовољном уносу свежег ваздуха. Овај застој у раду се може умањити за просечно 20% побољшањем вентилационог уноса спољашњег ваздуха (CABE, 2011).

Значај ваздушног комфора препознат је и у системима сертификације зграда. Минимални квалитет ваздуха (Minimum Indoor Air Quality) је један од предуслова за регистрацију пројекта за LEED сертификацију (USGBC, 2013). WELL Building Standard има сегмент Air који се фокусира на квалитет ваздуха, и са 29 поена је најзначајнији сегмент овог стандарда (IWBI, 2015).

Из анализе литературе установљено је да успешне стратегије за постизање ваздушног комфора често укључују:

- повећање протока спољашњег ваздуха које прати смањење нивоа штетних материја,
- системе са мешовитим режимима (тј. системе климатизације допуњене природном вентилацијом), и
- директно снабдевање самих радних места ваздухом.

2.5.3 Топлотни комфор

„Топлотни комфор представља психолошко стање које одговара угодном осећају топлотних услова у простору, односно, којима је постигнута топлотна равнотежа организма.” (Сл. гласник РС, бр. 61/2011а, члан 2).

Топлотни комфор је од посебног значаја за пословне зграде јер је велики број истраживања указао на његову везу са продуктивношћу. Установљено је да екстремне вредности температуре имају негативан утицај на продуктивност (CABE, 2011). Многа истраживања су покушавала да установе температуру на којој се корисници канцеларија осећају најкомфорније или су најпродуктивнији, међутим варијације између појединаца су значајне (и повезане су са личним приоритетима, нивоима активности, спољашном климом итд) (CABE, 2011). Из овог разлога за пословне зграде пројектоване са фокусом на здравље и благостање корисника нуде разлике у температури ваздуха унутар канцеларијског простора од 3К, могућност промене локације радног места према термалним преференцијама (IWBI, 2015).

2.3.5.1 Унутрашње пројектне температуре ваздуха у пословним зградама

У већини држава постоје прописи који одређују минималну и максималну дозвољену температуру радног окружења. Британски указ о канцеларијама, продавницама и железничким просторијама из 1963. одређује минималну температуру од 16°C за овај тип просторија (Nicol, Humphreys, & Roaf, 2012).

CIBSE Guide A (2015) наводи препоручене оперативне температуре базиране на „професионалном искуства и процени“ и постојећим стандардима комфора. У њему се наводи да би оперативна температура за општи канцеларијски простор требала да буде у распону од 21 - 23°C током зимског периода и 22 - 25°C током летњег периода (табела 2.8). Промене до 1К у току дана у односу на референтну вредност би углавном прошле незапажено, док би одступања од 2К била примећена и могла би да, у екстремним случајевима, резултују благом нелагодношћу (CIBSE, 2015, табела 1-13).

Британски савет за канцеларије (British Council for Offices, 2010) је променио своје препоруке за температуре у канцеларијама у летњем периоду са $22^{\circ}\text{C} \pm 2\text{K}$ на $24^{\circ}\text{C} \pm 2\text{K}$ заједно са извештајем који указује да би канцеларијским радницима у летњем периоду било комфорније на вишим температурама.

За пословне зграде, Правилник о енергетској ефикасности зграда (Сл. Гласник РС, бр. 61/2011а, табела 6.5) наводи 20°C као унутрашњу пројектну температуру за зимски период, а 26°C за летњи период.

Избор пројектних температура је значајан јер утиче на потрошњу енергије. Јианг и Тови (Jiang & Tovey, 2009) су израчунали да би повећање температуре термостата лети за 1°C са 25°C на 26°C донело уштеде енергије у зградама од 19 процената у Шангају и 22 процента у Пекингу. Смањивање термостата током четири зимска месеца за један степен би уштедело додатних 14 процента односно 7 процента. Једноставним скидањем јакне на послу процењено је да би радницима било удобније на 2°C вишим температурама (Nicol et al., 2012).

Температуре прописане Правилником о ЕЕЗ (Сл. Гласник РС, бр. 61/2011а) су нешто флексибилније од оних прописаних од стране CIBSE, те имају позитиван утицај на потрошњу енергије.

Табела 2.8 Препоручени критеријуми комфора за просторе у пословним зградама
(Извор: Аутор према CIBSE, 2015)

	Намена просторије	Уобичајена оперативна температура за зимски период за дату активности и одећу			Уобичајена оперативна температура за летњи период за дату активности и одећу		
		Темп. / $^{\circ}\text{C}$	Активност / met	Одећа / clo	Темп. / $^{\circ}\text{C}$	Активност / met	Одећа / clo
Канцеларије	Велике сале за састанке, сале за састанке управног одбора	21 - 23	1,2	0,9	22 - 25	1,2	0,7
	Мале и средње сале за састанке, канцеларије за директоре						
	Канцеларије отвореног плана						
Друге просторије	Ходници	19 - 21	1,4	1,0	21 - 25	1,3	0,6
	Улазине хол, фоаје						
	Тоалети		-	-		-	-

2.3.5.1 Модели топлотног комфора

Прихватљиви распони оперативне температуре могу се дефинисати помоћу употребе модела топлотног комфора. Три широко коришћена међународна стандарда који се односе на топлотни комфор су: стандард ISO 7730 (2005), ASHRAE стандард 55 (2013) и CEN стандард EN15251 (2007).

ISO стандард 7730 (2005) користи прорачун *Predicted Mean Vote* (PMV)¹ и *Predicted Percentage of Dissatisfied* (PPD)² индекса. Стандард одређује класе или категорије зграда према распону *PMV*-а који се у њима јавља (табела 2.9). Правилник о ЕЕЗ (Сл. гласник РС, бр. 61/2011) одређује услове топлотног комфора стандардом SRPS EN ISO 7730.

Табела 2.9. ISO 7730 категорије термалног окружења
(Извор: ISO, 2005)

Категорија	PPD	PMV
A	< 6%	$-0.2 < PMV < +0.2$
B	<10%	$-0.5 < PMV < +0.5$
C	<15%	$-0.7 < PMV < +0.7$

ASHRAE стандард 55 (2013), иако „одражава размишљање и интересе HVAC индустрије“ (Nicol et al., 2012: 54), је први међународни стандард који користи адаптивну компоненту (*adaptive component*). Стандард користи однос између унутрашње комфорне температуре и спољашње температуре како би дефинисао прихватљиве распоне унутрашње температуре у зградама са природном вентилацијом³. Стандард дефинише распоне температуре у којима 80 или 90 процента корисника зграде сматра услове топлотног комфора прихватљивим.

¹ PMV - Predicted Mean Vote - предвиђена средња вредност гласа

PMV је индекс који предвиђа средњу вредност гласова велике групе људи на топлотној скали од 7 нивоа

² PPD - Predicted Percentage of Dissatisfied - предвиђени проценат незадовољних

PPD је индекс који предвиђа који проценат људи је незадовољан температуром.

³ без механичког хлађења и са системом за грејање који није у употреби

$$T_{\text{comf}} = 0,31 T_{\text{rma (спољашња)}} + 17,8$$

T_{comf} је комфорна температура и

$T_{\text{rma (спољашња)}}$ је преовлађујућа средња вредност температуре спољашњег ваздуха

$$T_{\text{ассерт}} = 0,31 T_{\text{rma (спољашња)}} + 17,8 \pm T_{\text{lim}}$$

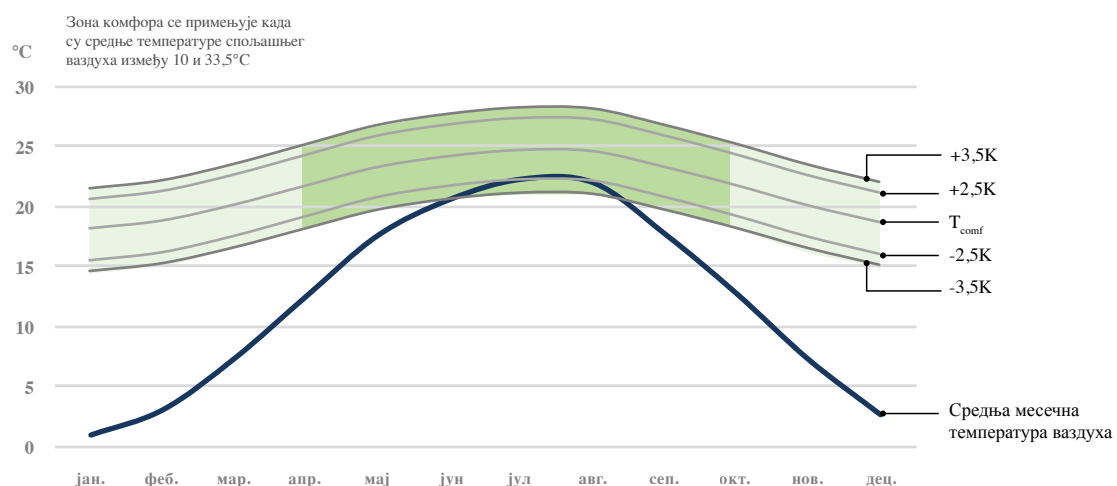
$T_{\text{ассерт}}$ даје границе прихватљивих распона (зона) и

T_{lim} је распон прихватљивих температура за 80/90% корисника;

$$T_{\text{lim (80)}} = 3,5\text{K}$$

$$T_{\text{lim (90)}} = 2,5\text{K}.$$

За климу Београда, и зграде које би користиле само природну вентилацију, према ASHRAE 55, 80% корисника простора било би задовољно топлотним комфором током летњих месеци и са температурама преко 26°C препоручених Правилником о ЕЕЗ (Сл. гласник РС, бр. 61/2011) (дијаграм 2.1).



Дијаграм 2.1 Зона адаптивног комфора према ASHRAE 55-2013 за климатске услове Београда

Европски стандард EN15251 (CEN, 2007) такође сврстава зграде у категорије (табела 2.10). Нове и реновиране зграде спадају у другу категорију (II) док очекивања постојећих зграда спадају у нижу категорију (III). Критеријуми за PPD-PMV су узети из ISO 7730 (2005). Овај стандард је такође препознао да комфорна температура може да варира са променљивим спољашњим условима. Према EN15251 прихватљиве вредности унутрашње оперативне температуре су дефинисане према одступању од комфорне температуре која је дефинисана једначином:

$$T_{\text{comf}} = 0,33 T_{\text{rm}} + 18,8$$

T_{rm} је експоненцијално пондерисана средња вредност спољашње температуре

Распон прихватљивих температура око комфорне температуре може да варира за 3K за категорију II и 4K за категорију III (табела 2.10).

Nicol et al. (2012) тврде да нису предложени оправдани разлози зашто се не би могло применити на механички климатизоване зграде. Примена адаптивног стандарда на зграде са механичким хлађењем или мешовитим системима би значајно смањила енергетске захтеве.

Табела 2.10. EN15251 опис категорија и лимити за механички климатизоване (PMV/PPD) и не климатизоване (K) зграде (Извор: CEN, 2007)

Класа/ Категорија	Опис	PPD %	Лимити PMV	Лимит K
I	Висока очекивања, препоручено за просторе које користе јако осетљиве особе са посебним потребама (хендикепирани, болесни, јако мала деца и старији)	<6	$-0.2 < \text{PMV} < +0.2$	± 2
II	Нормална очекивања, препоручено за нове и реновиране зграде	<10	$-0.5 < \text{PMV} < +0.5$	± 3
III	Прихватљива, скромна очекивања, може се користити за постојеће зграде	<15	$-0.7 < \text{PMV} < +0.7$	± 4
IV	Вредности изван горњих категорија, може бити прихватљиво само за ограничен период у току године	>15	$\text{PMV} < -0.7$; или $+0.7 < \text{PMV}$	> 4

Оба стандарда ISO 7730 (ISO, 2005) и EN 15251 (CEN, 2007), дају примере за максималне и минималне радне температуре у канцеларијама за дизајн зграда и HVAC системе (на основу претпоставки који се односе на clo , met и друго). Оне износе 20°C за категорију B/II и 19°C за C/III за минималну зимску температуру и 26°C/27°C за максималну летњу температуру (Табела A.5 у EN ISO 7730:2005 и Табела A.2 у BS EN 15251:2007).

Топлотни комфорт у системима сертификације

BREEAM кредит „Термичко моделовање“ у оквиру сегмента „Топлотни комфорт“ захтева термичко моделовање које показује да климатизоване зграде имају оперативне температурне распоне у коришћеним просторима у складу са критеријумима постављеним у CIBSE Приручнику А (CIBSE, 2015) или другом прикладном стандарду. Исто се односи на температуре у природно проветраваним зградама. За ову врсту зграда би требало показати да су пројектоване да ограниче ризик од прегревања, у складу са методологијом адаптивног комфора истакнутом у CIBSE TM52 (CIBSE, 2013). Остали кредити у оквиру сегмента „Топлотни комфорт“ су „Прилагодљивост – за пројектовани сценарио климатских промена“ и „Топотно зонирање и контроле“.

LEED кредит „Топлотни комфорт“ захтева испуњавање захтева за пројектовање топлотног комфора и контроле топлотног комфора. Пројектовање топлотног комфора укључује пројектовање система грејања, вентилације и климатизације и омотача зграде како би се испунили захтеви стандарда ASHRAE 55-2010 (ANSI/ASHRAE, 2010) или ISO 7730:2005 (ISO, 2005) или CEN (2007) стандарда EN 15251:2007. Контрола топлотног комфора захтева обезбеђивање појединачних контрола топлотног комфора за барем 50% појединачних просторија. Групне контроле за топлотни комфорт би требале да буду обезбеђене за све заједничке просторије и за преостале појединачне просторије без појединачних контрола.

WELL Building Standard поставља кредит „Топлотни комфорт“ као предуслов за сертификацију. Да би се испунили захтеви овог кредита, простор треба пројектовати тако да задовољи захтеве комфора ASHRAE 55-2013 (ANSI/ASHRAE, 2013). Остали опциони кредити укључују „Индивидуалне контроле топлотног комфора“ и „Радијациони топлотни комфорт“ (IWBI, 2015).

2.3.5.2 Прегревање зграда у летњем периоду

Са променом климе високе температуре у зградама током летњег периода постају озбиљан проблем. Ово је од посебног значаја за зграде без система за хлађење, али и зграде са системом за хлађење чија снага није прилагођена вишим температурама могу имати проблем прегревања у летњем периоду. Према стандарду BS EN 15251 (2007), прегревање се дефинише на различити начин за зграде са природном вентилацијом и системима за хлађење (табела 2.10). Дакле за зграде категорије II уколико је температура ваздуха 3К изнад температуре комфора. Уколико се претпостави 0.5 clo, уз ниво активности 1.2 met, максималне температуре су дефинисане као 26°C. Температуре ваздуха не треба да пређу ову вредност за више од 3% времена када се простор користи (CIBSE, 2015:1-17). За природно вентилисане зграде температуре треба да остану до 3К изнад температуре комфора. CIBSE TM52 „Лимити термалног комфора: избегавање прегревања у зградама у Европи” (CIBSE, 2013a) поставља три критеријума за оцену потенцијалног прегревања зграде. Први критеријум поставља лимит на 3% сати током којих се простор користи (током топлог периода, између 1. маја и 30. септембра). Други критеријум оцењује озбиљност прегревања током једног дана (висину температуре и временски период са некомфорно високим температурама). Последњи критеријум поставља апсолутну највећу прихватљиву температуру за одређену просторију. За све прорачуне прегревања морају се користити климатски фајлови за „пројектоване летње године” (*design summer years, DSYs*), базирани на високим летњим температурама (CIBSE, 2015).

Пасивне куће имају захтев да температуре не смеју прећи 25°C за више од 10% времена када се простор користи (Passive House Institute, 2012).

2.5.4 Визуелни комфор

„Светлосни комфор представља услове који омогућавају добро виђење, тачно и брзо опажање уз минимално напрезање очију“ (Сл. Гласник РС, бр. 61/2011а, члан 2). То је субјективни утисак повезан са квантитетом, расподелом и квалитетом светлости. Параметри који утичу на светлосни комфор, а на које пројектанти могу утицати су:

- Ниво осветљености визуелног задатка и расподела светлости у простору
- Поглед ка спољашњем окружењу и
- Одсуство бљештања.

Ниво осветљености / Природна светлост

Док је минимални ниво осветљености неопходан за добро виђење без напрезања, претерано обилно осветљење може бити нелагодно. Опште прихваћене вредности нивоа осветљености за канцеларијске послове су:

- 300 lux за рад на рачунару и мање папиролошке задатке као што је хватање белешки и
- 500 lux за превасходно папиролошке послове.

Велике просторне варијације нивоа осветљености око радне површине могу да доведу до визуелног напора и нелагодности. Непосредна околина тј. 0,5 m око радне области може имати нивое осветљаја за један степен ниже од саме радне области, у складу са скалом осветљаја (BS EN 12665: 2011, табела 2.11). Скала поставља нивое између којих се могу уочити промене у нивоу осветљености. Ово значи да уколико је ниво осветљености (илуминације) радне површине 300 lux, ниво осветљености окружења не би требало да буде мање од 200 lux.

Ниво осветљености канцеларијског простора дневном светлошћу зависи од величине и положаја прозора, величине и мере просторије, као и нивоа рефлексије унутрашњих површина. Ниво осветљености такође зависи од било каквих препрека, како унутрашњих тако и спољашњих. Потенцијал простора да задовољи захтеве за дневном светлошћу се најчешће процењује употребом фактора дневне светлости (*Daylight factor*, DF). DF се користи како би се описао однос нивоа

Табела 2.11. Скала осветљаја
(Извор: BS EN 12665, 2011)

Скала осветљености (lux)														
20	30	50	75	100	150	200	300	500	750	1000	1500	2000	3000	5000

осветљености у простору и хоризонталне осветљености спољашњости за расподелу сјајности неба које одговара стандардном CIE облачном небу. Израчунавање фактора дневне светлости не узима у обзир оријентацију зграде. BS 8206-2:2008 наводи да уколико је просечан фактор дневне светлости већи од 2% простор може бити претежно осветљен природном светлошћу, тј. деловао би релативно осветљено. Просечан фактор дневне светлости већи од 5% указује да простор има потенцијала да буде добро осветљен и да током дана електрично осветљење углавном неће бити потребно.

Боље радно осветљење (природно и вештачко) је повезано са смањењем одсуства са посла у канцеларијским окружењима од 15% (Thayer, 1995 и Romm & Browning, 1994 цитирани у CIBE, 2011). Друге студије су забележиле повећања продуктивности од 2,8 до 20 процента која се могу приписати оптималном нивоу осветљености (WGBC, 2013). Присуство обимне светлости и прозора, као могућности за активан и пасиван контакт са природом имају позитиван утицај на благостање особља.

Погледи ка спољашњем окружењу

Прозори нуде поглед ка спољашњем окружењу и поглед у даљину неопходан како би се олакшао напор ока. Дневна светлост је пожељнија у односу вештачко осветљење због своје променљивости и својих нијанси. Њена цикличност представља важан фактор за психичку равнотежу људи. Поглед кроз прозор пружа информације о годишњем добу, добу дана, положају сунца, боји сунчеве светлости, итд.

У *LEED v4* кредиту „Квалитетан поглед на спољашњост“ наводи се да „корисници зграда који могу да се визуелно повежу са спољашњим окружењем док обављају свакодневне задатке су задовољнији, лакше се концентришу и продуктивнији“ (California Energy Commission, 2003: 8-9 цитирано у USGBC, 2013). Погледи на отворено такође повезују кориснике са природним променама околине, као што су дневне промене од светла до мрака и промене светлости од годишњег доба до годишњег доба, које су важне за одржавање природних циркадијанских ритмова. Ремећење ових ритмова може да доведе до дугорочних здравствених проблема, укључујући менталне поремећаје (USGBC, 2013).

Бљештање

Ако се у видном пољу посматрача појави извор светлости значајно веће сјајности од просечне сјајности видног поља, настаје бљештање. Могу га изазвати светле површине, светиљке или прозори. Бљештање се мора ограничити како би се избегле грешке и замор. Бљештање може бити директно или рефлектовано према свом извору. Према значају разликују се нелагодно и онеспособљавајуће бљештање (SLL, 2012:36).

Визуелни комфор у системима сертификације

BREEAM Неа 01 сегмент „Визуелни кофор” укључује предуслове „Контрола бљештања”, „Природно осветљење”, „Поглед ка спољашњем окружењу” и „Унутрашњи и спољашњи нивои осветљаја, зонирање и контроле”.

„Природно осветљење” налаже да одабрана површина зграде има адекватан фактор дневне светлости (DF 2% за канцеларије), као и ниво униформисаности од бар 0,3, поглед са радног места ка небу и задовољавајуће дубине просторије (BRE, 2014).

Да би се остварио „Поглед ка спољашњем окружењу” захтева се да је одређени проценат површине радног простора удаљен мање од 7 метара од прозора. Површина прозора мора бити већа од 20% површине зида (BRE, 2014).

LEED v4 кредит „Природно осветљење” оцењује осветљење зона које се редовно користе (*regularly occupied areas*). Захтеви овог кредита се, између осталог, могу задовољити симулацијом нивоа осветљености, који треба имати вредност између 300-3,000 lux у 9:00 и 15:00 по сунчаном дану на пролећну или јесењу равнодневницу. Ове вредности треба постићи у 75% или 90% површине зона које се редовно користе, да би се добио 1 односно 2 поена (USGBC, 2013).

LEED v4 кредит „Поглед ка спољашњем окружењу” захтева да 75% површине простора које се редовно користе нуде поглед ка спољашњем окружењу. Поглед на унутрашњи атријум може се користити за само 30% тражене површине (USGBC, 2013).

„Контрола проблема од бљеска” је предуслов за регистрацију пројекта за *WELL Building Standard* сертификацију. Да би се задовољио овај предуслов, морају се инсталирати унутрашње ролетне у свим зонама које се редовно користе. Други кредити укључују „Дизајн површина”, који захтева ниво рефлексије унутрашњих површина минимум 0,8 за плафон, 0,7 за бар 50% површине зида, и 0,5 за бар 50%

површине намештаја. Кредит „Право на светлост” захтева да 75% радних места и коришћеног простора буде на раздаљини мањој од 7,5 метара од атријума или прозора са погледом на спољашњост, а 95% радних места и стално коришћеног простора треба да буде на раздаљини мањој од 12,5 метара од атријума или прозора са погледом на спољашњост. Најзад, кредит „Симулација природног осветљења” захтева да је просторна аутономија дневне светлости (*Spatial daylight autonomy*) $sDA_{300,50\%}$ постигнута за бар 55% простора који се редовно користе.

2.5.5 Звучни комфор

„Звучни комфор представља услове у којима је ниво буке у просторији такав да не изазива осећај непријатности” (Сл. гласник РС, бр. 61/2011а, члан 2).

Постоје снажни показатељи који указују на значај обезбеђивања одговарајућих услова звучног комфора на радном месту. На пример, нека позадинска бука може да повећа продуктивност за рутинске и административне послове. А ипак, та иста бука може да буде пуно узнемирујућа када радници спроводе истраживање или пишу задатке.

У неким студијама је забележен напредак од 38% у обављању једноставних задатака и 27% у обављању сложених задатака у окружењу са белом буком у поређењу са лошим звучним условима (Loewen & Suedfeld, 1992).

Тестирана је посебно бука вентилације и пронађено је да утиче на радни учинак. Уклањање ниско фреквентне буке вентилације може донети повећање од 8% у продуктивности (Persson Waye, K., Rylander, R., Benton, S., & Leventhall, H.G., 1997). Међутим, акустични услови који одговарају за рад су предмет равнотеже између одговарајуће тихог (како би се избегла нелагодност и узнемиравање) и одговарајуће прикривеног звука (како би се заштитила поверљивост и створио „жагор“).

2.6 Оцена карактеристика локације објекта

Локација је једна од најбитнијих карактеристика при избору објекта за пренамену у пословање. Централне локације индустријских објеката су главни покретач њихове адаптивне пренамене, а самим тим и заштите.

Анализе које је спровео Kincaid (2002) потврђују да квалитет локације има највећи утицај на економску вредност адаптираног објекта. На то колико је лако продати адаптирани објекат највише утичу близина и фреквенција јавног превоза и квалитет локалних услуга (дијаграм 2.2, Kincaid, 2002).



Дијаграм 2.2 Рангирање карактеристика локације према значају
(Извор: Аутор према Kincaid, 2002)

LEED BD + C верзија 4 има групу кредита „Локација и транспорт” у којој се фаворизује избор приоритетних локација¹ уместо осетљивог земљишта², као и кредити који се фокусирају на густину изграђености окружења, број различитих функција у непосредној близини објекта, као и близина и фреквенција јавног превоза (USGBC, 2013). Највише поена носе кредити „Околне густине и различите функције” (до 5 поена) и „Пристап квалитетном транзиту” (до 5 поена) (USGBC, 2013).

Квалитет јавног превоза и близина других функција су значајне и у BREEAM сертификацији (BREEAM Refurbishment and Fit Out). Јавни превоз носи 5 кредита, значајно испред близине услуга, услова за бициклисте, ограниченог броја паркинг места и плана путовања (BREEAM, 2014).

¹ Локације у оквиру историјских делова града, локације одаване од стране Владе или браунфилд локација

² Земљиште у близини воде, хабитата угрожених или заштићених врста и сл.

Карактеристике локације често су пресудне при одабиру објекта за адаптацију. Да би се задовољили захтеви пословних зграда, бивши индустријски објекат мора бити лоциран у близини развијене мреже јавног превоза и имати што већи број различитих функција у непосредној близини. Самопослуга, ресторан, теретана/ спортски центар, обданиште, школа, апотека и дом здравља, неке су од основних функција компатибилних пословању.

Од значаја је и приступ ауто путу, број паркинг места као и близина бициклистичких стаза.

Биоклиматски и еколошки услови локације

Поред генералних услова локације, за енергетску оптимизацију у процесима адаптације од посебног су значаја и биоклиматски услови локације.

Облик парцеле и мрежа улица најчешће условљавају оријентацију постојећег објекта.

Топографија, густина изграђености, висина околних зграда, ширина улица и присуство уличне вегетације имају велики утицај на количину соларних добитака анализираних зграда. Ово даље има значајан утицај на потенцијал на пасивно грејање током хладнијег дела године и на потенцијално прегревање током летњег периода. Локација објекта условљава ниво загађености ваздуха и ниво буке од саобраћаја или других функција, те количину и брзину ветра. Све ово има пресудни значај на потенцијал за природну вентилацију објекта.

Ефекат урбаног топлотног острва (*urban heat island effect*) чини температуре ваздуха у центру града пар степени вишим него у руралним областима. Ово има утицај на енергетски баланс зграде, смањујући потребе за грејањем, а повећавајући потребе за хлађењем за објекте на централним градским локацијама.

Близина реке носи потенцијални проблем поплава.

Због своје прошле функције, браунфилд локације индустријских објеката морају бити анализирани, а уколико је то потребно очишћене и припремљене за нову функцију.

У табели 2.12 дат је преглед критеријума за оцену подобности локације постојећих индустријских објеката.

Табела 2.12 Критеријуми за оцену подобности локације
(Извор: Аутор према Bordass & Cassar, 1996)

Локација	Опште: Централне градске / периферија / руралне зоне Приступ јавном превозу, близина бициклических стаза Близина садржајима: продавнице, ресторани, теретане, паркови, вртићи, домови здравља Микроклима: Топографија, вегетација, рурално / урбано, изложеност соларним добицима Опасност од суседних функција или претходног начина коришћења земљишта, квалитет ваздуха, бука Изложеност еколошким опасностима (поплаве, олује, топлотни таласи) Изглед-и миш: Тренутно стање околине објекта, слабо одржавани објекти привлаче вандализам
Приступ	Возила: Број паркинг места за запослене и посетиоце Приступ за доставна возила Пожарни приступи у случају опасности свим деловима зграде Људи: Локација улаза Приступ за особе са инвалидитетом
Безбедност	Безбедност локације, квалитета суседства и степен сталног надзора

2.7 Физичке карактеристике постојећих објеката значајне за пренамену у пословање

Постојеће индустријске зграде имају низ уграђених физичких карактеристика које се не могу мењати. Стога је битно установити које су то пожељне физичке карактеристике пословних зграда, како би се доступни индустријски објекти класификовали према својој подобности за функцију пословања. Основни критеријуми за оцену физичких карактеристика зграде дати су у табели 2.13.

Табела 2.13 Карактеристике зграде које утичу на њен потенцијал за пренамену
(Извор: Аутор према Bordass & Cassar, 1996 и CIBSE, 2013b)

Облик	Облик зграде, дубина Аспект и оријентација
Величина	Површина: Захтеви простора (која је минимална прихватљива површина на сваком спрату) Флексибилност основе: један или више закупаца Погодне накнаде за циркулацију Висина: Број спратова; који је потребни лифтовски капацитет Спратна висина: да ли је довољна за повећани ниво коришћења, да ли подигнути подови могу бити уграђени. Ако је спратна висина веома велика, да ли може ефикасно да се користи, да ли међу-нивои могу да се уграде.
Омотач	Конструкција Материјали омотача Генерално стање
Величина отвора	Дневна светлост: Да ли дистрибуција отвора пружа добар потенцијал за природно осветљење? Визуре: Да ли локација и висина објекта, као и позиција прозора, пружају квалитетне визуре? Природна вентилација: Дистрибуција отвора - једнострука/вентилација са више страна
Конструкција	Тип конструкције; Конструктивна мрежа Позиција језгра Да ли су међуспратне таванице довољно јаке, равне и да ли могу лако да се одржавају? Ојачавања и нови темељи под стубовима могу бити потребни. Темељне стопе могу бити потребне за нове међу-нивоје (мезанине)
Измене	Какав је карактер објекта? Да ли је објекат под заштитом? Који је дозвољени степен промена? Ако није под заштитом, који је степен промена економски одржив?
Будућа проширења	Да ли је могуће проширење објекта или изградња независног објекта на локацији, или негде другде?
Разно	Флексибилност: Обезбеђивање вишеструких закупаца у сислу приступа, прегледности, безбедности, подела простора и заједничких сервиса Ефикасност основе: да ли се могу сместити различите функције и просторије потребне за функционисање пословне зграде Особље: канцеларије, радионице, сервис (кухиње, простори за одмор, тоалети) Инсталације: механички погони, опрема за хлађење и сл. Јавне просторије: рецепција, сервис, циркулација

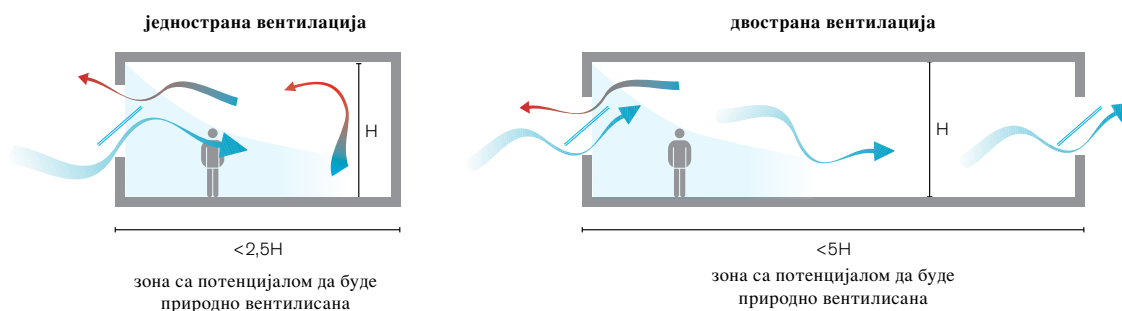
Дубина основе

Дубина основе је најбитнија појединачна карактеристика објекта која утиче на потенцијал за природно осветљење, погледе на спољашњост и природну вентилацију. Функционални распоред унутар зграде такође је условљен њеном ширином.

Дубина основе и природна вентилација

Правилно димензионисаним прозорима и добрим условима ветра могу се вентилисати просторије дубине до две чисте спратне висине или 6 до 7 метара (BSRIA, 2009). Уз помоћ додатних стратегија може се проветрити и до 2,5 чисте спратне висине (Stanford, 2015) (слика 2.9).

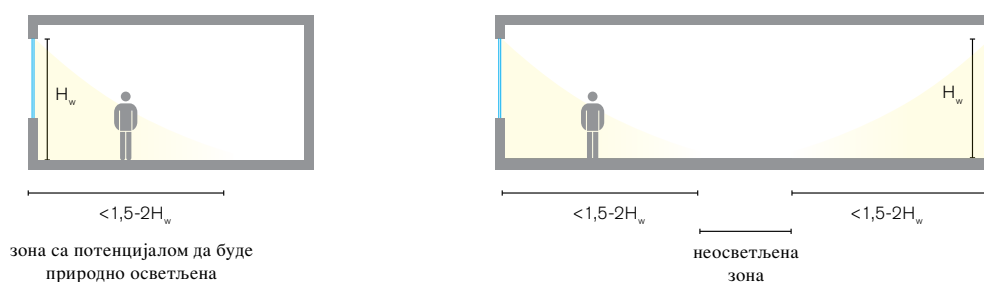
Отворима на две или више фасада могу се проветрити дубље основе, али се температура ваздуха повећава и квалитет ваздуха опада са удаљавањем од прозора. Практична граница је 5 пута чиста спратна висина (Stanford, 2015) (слика 2.9).



Слика 2.9 Дубина основе и природна вентилација

Дубина основе и потенцијал за природно осветљење

Зона до фасаде може бити природно осветљена у дубини једнакој 1,5 до 2 висине прозора (Advanced Buildings, 2015; Stanford, 2015), тј. од 4,5 до 7,5 метара за висину прозора од 2,5 - 2,7 метара (слика 2.10).



Слика 2.10 Дубина основе и природно осветљење

Функционални распоред

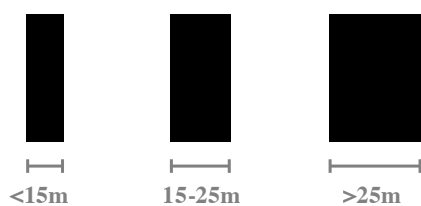
Дубине основе пословних објеката у Великој Британији су обично између 15 и 18 метара будући да су погодне за већину механичких и мешовитих система (CIBSE, 2013b). Уже основе обично не могу да комбинују појединачне канцеларије и канцеларије отвореног типа, док основе дубине веће од 21 метар могу имати недостатке у погледу комфора и унутрашњег окружења уколико нису јако пажљиво пројектоване.

Kincaid (2002) наводи да су према мишљењу инвеститора префериране дубине основе адаптиране пословне зграде 14,7 метара. Насупрот томе префериране дубине индустријских објеката су 28,3 и 26,7 метара (Kincaid, 2002).

Класификација објеката према дубини основе

Зграде за пренамену у функцију пословања треба поделити у следеће категорије:

- објекте мање дубине (са потенцијалом за пасивну вентилацију и осветљење) - до 15 метара,
- објекте средње дубине - 15-25 метара, и
- објекте велике дубине - преко 25 метара (слика 2.11).



Слика 2.11 Класификација објеката према дубина основе

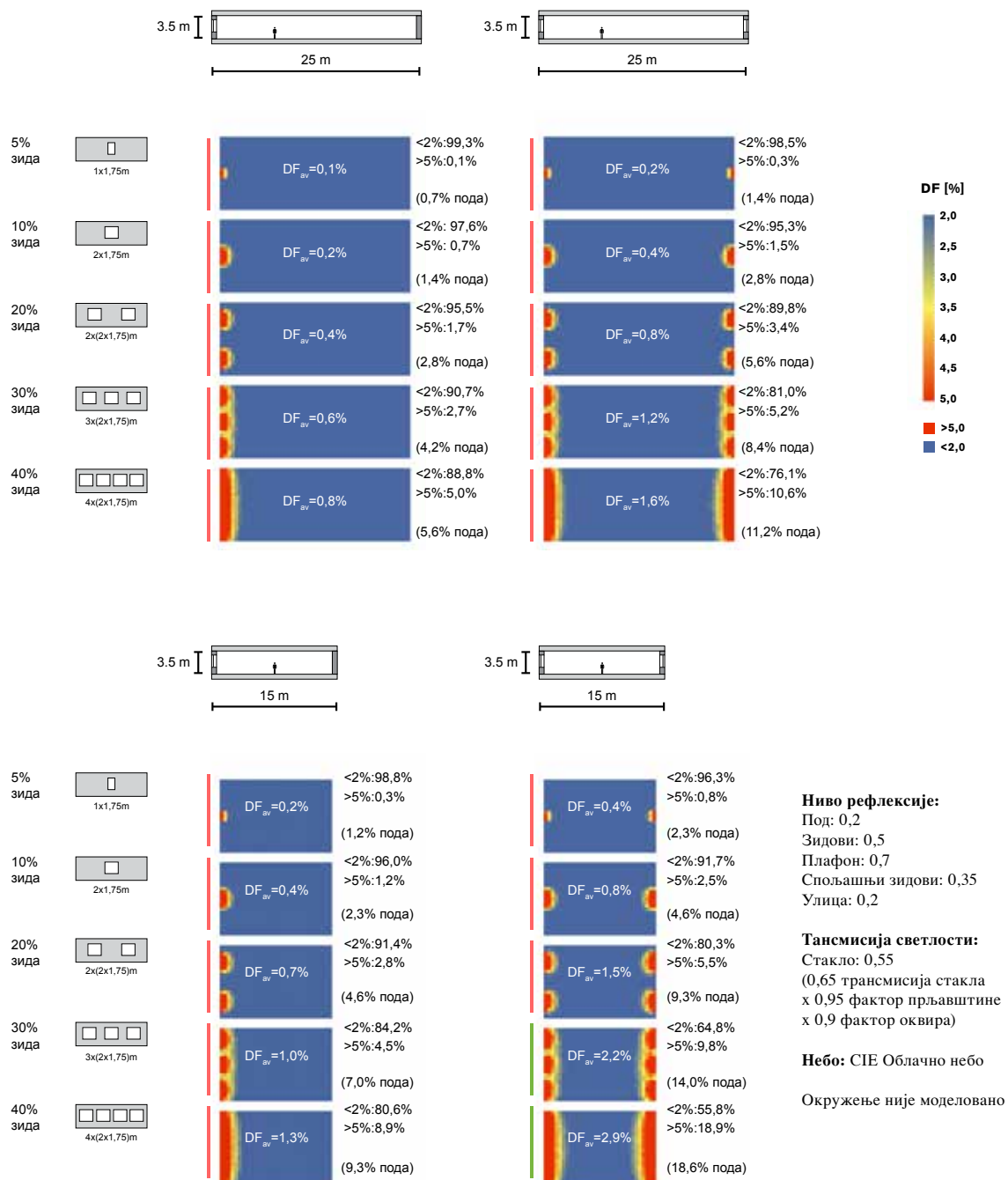
Утицај дубине просторије и површине вертикалних отвора на фактор дневне светлости

Да би се разумео потенцијал различитих типова индустријских објеката из угла природног осветљења простора, фактор дневне светлости (DF) је анализиран за објекте са површином прозора у односу на површину спољашњег зида између 5 и 40%. Различите површине прозора су посматране за три дубине објеката 10, 15 и 25 метара. Анализирани су модели са једном или 2 фасаде са прозорима. Однос површине прозора према површини пода варира између 1 и 28%.

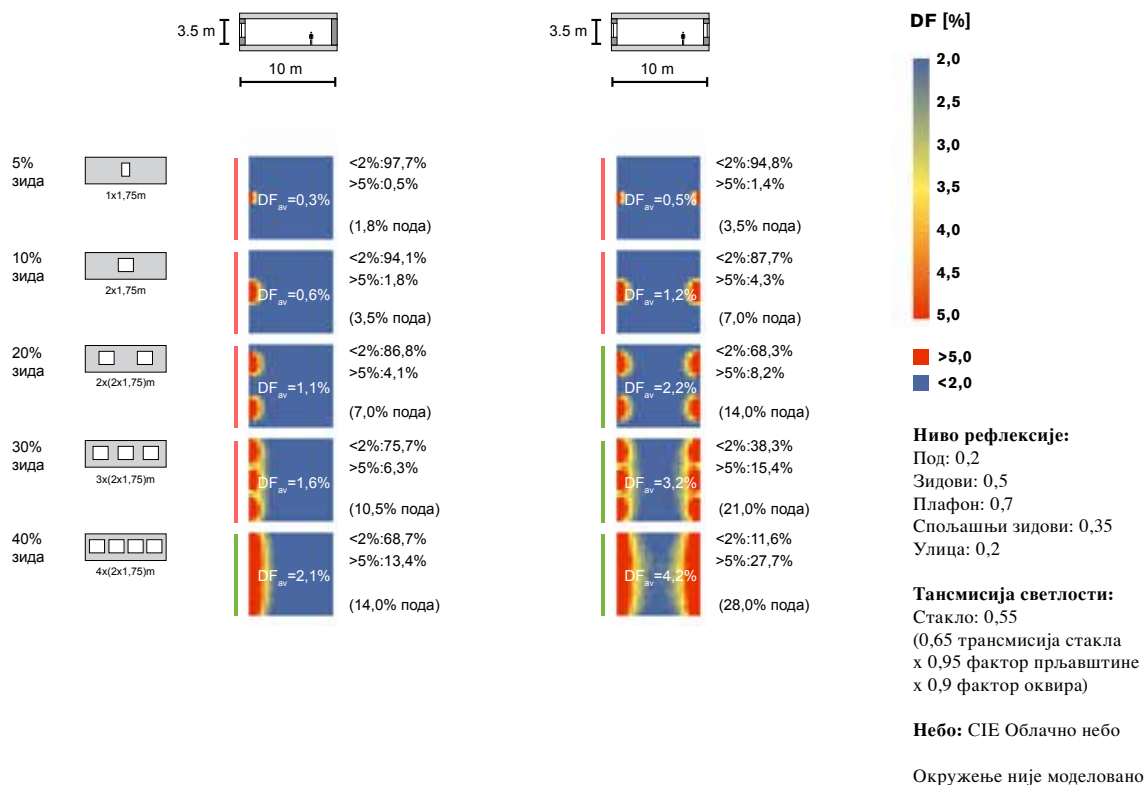
За објекте дубине основе од 25 метара ни једна од површини прозора типичних за индустријске објекте не би могла да доведе просечни фактор дневне светлости на минималну прихватљиву вредност од 2% (слика 2.12). У оваквим објектима да би били прихватљиви за функцију пословања, битно је прецизно планирање унутрашњег простора.

За објекте дубине основе од 15 метара просечни фактор дневне светлости је преко 2% само уколико имају прозоре површине 30% површине зида на 2 фасаде (слика 2.12).

Објекти или просторије дубине 10 метара имају просечну вредност фактора дневне светлости преко 2% уколико је површина прозора према површини зида преко 40% (слика 2.12). Уколико имају прозоре на 2 паралелне фасаде, површина прозора већа од 20% би остварила просечан фактор дневне светлости преко 2% (слика 2.13).



Слика 2.12 Фактор дневне светлости за објекте дубине 25 и 15 метара

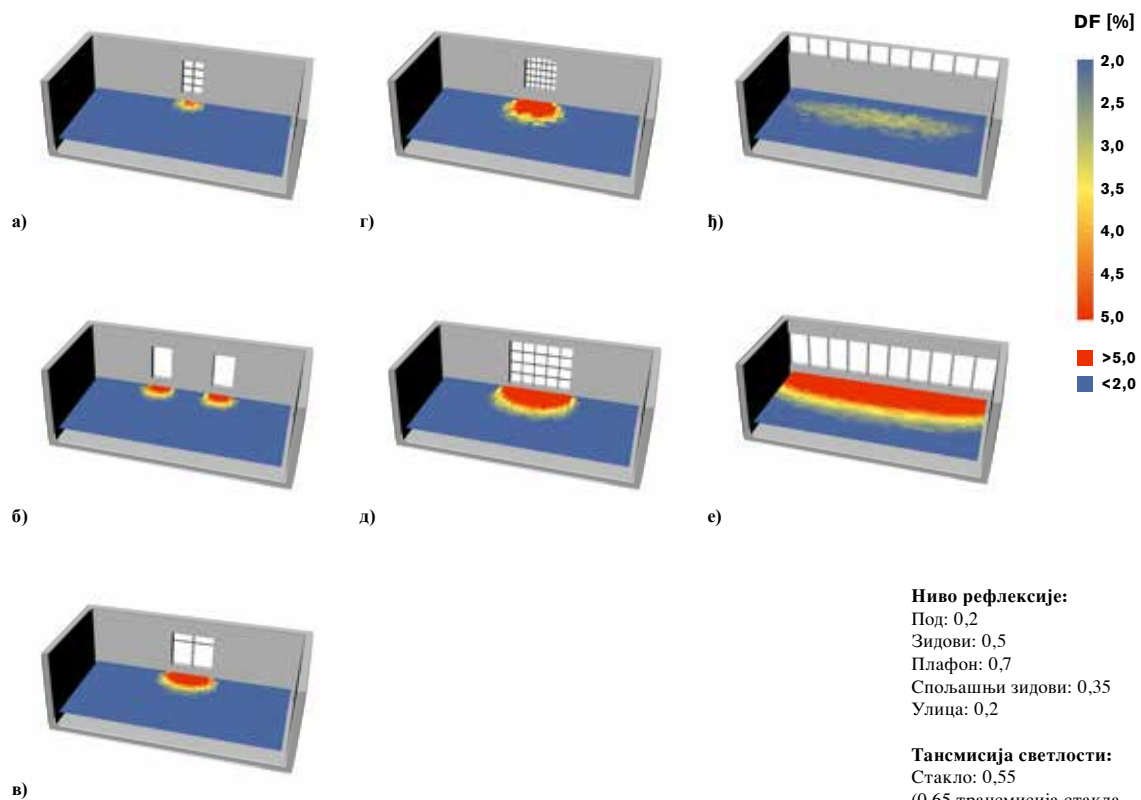


Слика 2.13 Фактор дневне светлости за објекте дубине 10 метара

Облик и положај прозора

Облик и положај прозора има највећи утицај на светлосни комфор, утичући на количину светлости, погледе на спољашњост и потенцијалне проблеме са бљеском. Слика 2.11 приказује расподелу фактора дневне светлости (DF) за типичне облике прозора који се могу наћи у индустријским зградама грађеним пре Другог светског рата.

Основни захтеви пословних зграда су продор природне светлости што дубље у унутрашњост просторије, уз задржавање погледа ка спољашњем окружењу. Ово се најлакше постиже прозорима велике висине попут прозора приказаног на 2.14г. Високо позициониран прозор су најефикаснији у пропуштању природне светлости, посебно дубље у унутрашњост просторије (The Society for Light and Lighting, 2014). Индустријски објекти грађени за складиштење често имају високо позициониране прозоре (попут 2.14ђ). Међутим овакви прозори не задовољавају потребе за погледом ка спољашњем окружењу.



Слика 2.14 Утицај облика прозора на фактор дневне светлости (DF)

Окружење није моделовано

Облик прозора, њихов распоред и тип (начин отварања) имају значајан утицај на ефикасност природне вентилације.

Конструктивни и пројектни растер

Конструктивни растер се наслеђује од постојећег индустријског објекта. Пожељно је да буде такав да може да прими више планских растера. Најфлексибилнија опција планског растера за отворени тип и ћелијску просторну организацију је 1,5 m (иако је растер од 1,35 m погодан због димензија паркинга и димензија опеке). Конструктивни распони од 7,5 до 9 метара су норма у данашњим зградама.

Поделе основе на функционално независне јединице

Битна особина комерцијалних објеката је њихова могућност да подрже велики број опција за издавање. Флексибилност омогућава прилагођавање променљивим потребама тржишта путем различитих конфигурација за издавање као и различитих величина просторних јединица. Такође, закупци простора имају могућност да се прилагоде организационим променама као и променама у начину пословања током времена. Од кључног значаја је да је свака просторна јединица, која може да се преграђује, потпуно самоодржива, са директним приступом путничким и теретним лифтовима, тоалетима, вертикалним инсталацијама и независним путевима за евакуацију. Ово указује да зграде грађене за поједине гране индустрије имају већи потенцијал за ефикасну пренамену у пословање.

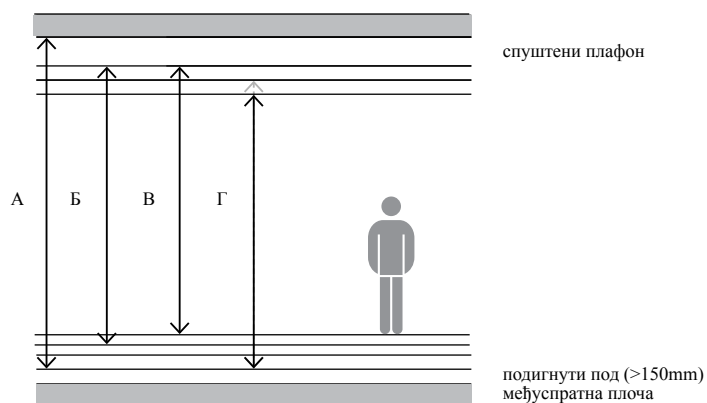
Спратна висина

Спратна висина постојећих објеката може значајно ограничити избор механичких система при пренамени. У пословним зградама, у складу са изабраним системом, потребно је између 150 и 750 mm за смештање инсталација и опреме (слика 2.15 и табела 2.14, BCO, 2000).

Сами закупци преферирају објекте са већом спратном висином. Агенти за некретнине виде спратну висину као другу најбитнију карактеристику која утиче на вредност објекта, одмах иза карактера зграде (Kincaid, 2002). У истом истраживању укупна спратна висина од 3,2 до 3,3 се наводи као пожељна за адаптиране пословне објекте (Kincaid, 2002).

Табела 2.14 Стандардне висине подигнутог пода и спуштеног плафона за различите стратегије вентилације и климатизације
(Извор: ВСО, 2009)

		Под	Плафон
А	Природна вентилација	150 mm	-
Б	Мешовити режим	400 mm	300 mm
В	Климатизација испод пода	500 mm	300 mm
Г	Стандардна климатизација	150 mm	450-600 mm



Слика 2.15 Стандардне висине подигнутог пода и спуштеног плафона за различите стратегије вентилације и климатизације
(Извор: ВСО, 2009)

3. АДАПТАЦИЈА ИНДУСТРИЈСКИХ ОБЈЕКАТА

3.1 Типологија индустријских објеката

Индустријски објекти са краја 19. и прве половине 20. века се могу класификовати на више начина – према сектору индустрије за који су изграђени, према карактеристикама зграде, превасходно форми и материјализацији, према локацији, тренутном стању, функцији итд.

Најгрубља функционална подела индустријског наслеђа била би на објекте изграђене за потребе производње, складиштења и на јавне објекте попут железничких станица, пошта и сл. (слика 3.1).



Слика 3.1 Класификација индустријских објеката према оригиналној намени
(Извор: Аутор према Bordass & Cassar, 1996)

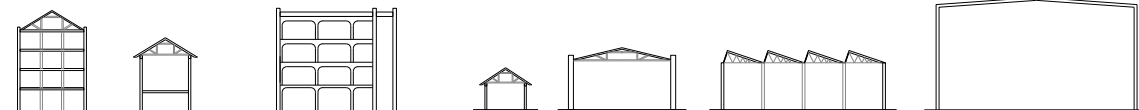
Типологија по физичким карактеристикама

Индустријски објекти грађени за производњу и складиштење се, по својим физичким карактеристикама, могу се сврстати у више група. Једна таква подела дата је у табели 3.1.

Табела 3.1 Типологија по физичким карактеристикама зграда
(Извор: Аутор према Bordass & Cassar, 1996)

Вишеспратни објекти

Приземни објекти



Генералне карактеристике

Оригинална намена:
Млинови, циглане,
радионице и мање
фабрике

Локација:
Центар града или
руралне локације

Карактеристике:
Масивни зидови,
издржљиви материјали
(камен или опека),
обично носећи спољни
зидови, конструкција:
стубови и греде

Оригинална намена:
Фабрике, складишта,
млинови

Локација:
Различите локације,
данас углавном у
центру града

Карактеристике:
Бетонски склоп са
фасадом која није
носећа (најчешће од
опеке), или носећи
спољни зидови са
стубовима и гредама

Оригинална намена:
Црпне станице,
радионице

Локација:
Приградска

Карактеристике:
Традиционална
конструкција.
Висина 5 и више
метара, раван или кос
кров

Оригинална намена:
Гараже, хангари, шупе
фабрика, складишта,
радионице, производни
погони

Локација:
Приградска или као део
фабричког комплекса

Карактеристике:
Обично кос кров,
кровна решетка, зидови
од опеке, разноврсне
основе и унутрашњи
распоред

Оригинална намена:
Електране, хангари

Локација:
Центри насељених
области

Карактеристике:
Објекти специфичних
карактеристика,
бетонски склоп, велики
распони

3.2 Адаптивна пренамена као вид заштите

Повељом Нижњи Тагил, Међународног одбора за очување индустријског наслеђа (*The Nizhny Tagil Charter for the Industrial Heritage, the International Committee for the Conservation of the Industrial Heritage*) из 2003. године праћеном Монтереј повељом (Monterrey Charter), индустријско наслеђе добија формални документ који се бави његовом заштитом (Loures & Burley, 2012). Према Нижњи Тагил повељи, индустријско наслеђе се састоји од остатака индустријске културе који су од историјске, технолошке, друштвене, архитектонске или научне вредности (Симоновић & Вујичић, 2014: 4). Према поменутој повељи „технолошка и научна вредност индустријског наслеђа лежи у историји производње, инжењерства и грађења, а може имати и значајну естетску вредност у погледу квалитета његове архитектуре, дизајна или планирања. Такође, ове вредности стоје у суштини самих запуштених и неискоришћених индустријских локација и објеката, њихових образаца употребе, компоненти, машина и опреме, у створеном индустријском пејзажу, писаним документима, такође и у нематеријалним ‘записима’ о индустрији као покретачу развоја заједнице, садржаним у људским сећањима или ставовима“ (Симоновић & Вујичић, 2014: 4).

Рогич (Rogic, 2009) објашњава да повеље о конзервацији препоручују, као најбољи начин заштите, одржавање објеката у константној употреби. У члану 5 венецијанске повеље (*Venice Charter*) назначено је да је коришћење објеката под заштитом веома значајан механизам за њихово очување, док год се карактеристични елементи и детаљи објекта чувају. Дакле, повеље истичу континуитет у коришћењу објеката као један од најбољих начина њихове заштите, што у случају индустријских објеката готово сигурно подразумева промену намене (Rogic, 2009). Концепт интегративне конзервације дефинисан је још Европском повељом о архитектонском наслеђу, донетом од стране Савета Европе у години Европског архитектонског наслеђа 1975. (Туфегџић, 2010). Интегративна конверзација базира се на препознавању употребне вредности и адекватном коришћењу културног наслеђа (активна заштита) уз очување његових специфичности и квалитета.

Туфегџић (2010) наводи да је интегрисање архитектонског наслеђа у стратегију урбаног уређења, сходно принципу интегративне конверзације један од три специфична циља уређења урбаног простора дат Европском повељом о просторном

планирању из 1983.

Међународни савет за споменике и пределе – ICOMOS и Међународни одбор за очување индустријског наслеђа – TICCIN објављују 2011. године принципе за поспешивање документовања, заштите, очувања и уважавања индустријског наслеђа као дела светског наслеђа у документу „The Dublin Principles. Joint ICOMOS – TICCIN Principles for the Conservation of Industrial Heritage Sites, Structures, Areas and Landscapes“. У поменутом документу се наводи да је најчешћи и уједно најодрживији начин за очување индустријских објеката и локалитета успостављање одговарајуће алтернативне функције. Такође се наводи да грађевински прописи, прописи о заштити животне средине као и други стандарди треба да буду имплементирани, током физичке интервенције, на начин који уважава компоненту наслеђа. На крају, истиче се да све промене као и премештање опреме морају бити документовани.

Протокол о партнерској сарадњи на интегралној заштити индустријског наслеђа од историјског, техничког, друштвеног, архитектонског и научног значаја на територији Републике Србије потписан је 2007. године. Потписници Протокола су Министарство за културу Републике Србије, Републички завод за заштиту споменика културе-Београд, 13 регионално надлежних завода и Музеј науке и технике. На овај начин пронађена је могућност да се, у односу на важеће законе, покретна и непокретна културна добра ставе под интегралну заштиту јединственим правним актом којим се гарантује заштита непокретном добру и покретним добрима која се у њему налазе (Музеј науке и технике, 2015). Потписивањем Протокола створени су почетни услови „да се и Србија са својим научним, техничким и индустријским наслеђем, и на тај начин регионалном рутом индустријског наслеђа, прикључи светским и европским организацијама као што су ERIH, TICCIN, E-FAITH и др.“ (Јовановић, 2010).

ЕРИХ - Европски пут индустријског наслеђа (*ERIH - European Route of Industrial Heritage*) је мрежа стручњака и стручних институција, интердисциплинарног карактера фокусирана на заштиту, очување и одрживо коришћење индустријског наслеђа. Музеј угљарства у Сењском Руднику је прва институција из Србије која је постала члан ове мреже.

Неки од циљева ЕРИХ-а су установљење индустријског наслеђа као бренда, подизање свести, идентитета и знања о конзервацији и заштити локалитета индустријског наслеђа, као и наглашавање транс-националног аспекта индустријског наслеђа Европе.

ЕРИХ је установио путеве културе као основни модел презентације индустријског наслеђа и комуникације њиме. Путеби културе састоје се од : сидрашких тачака, регионалних путева и европских тематских путева.

Класификација заштићених објеката и њихова заштита

У Великој Британији заштићени објекти (listed buildings) су они који се налазе на Националној листи наслеђа (The National Heritage List for England, NHLE). Класификовани су према значају у три разреда/катеорије: категорија I - објекти од изузетног значаја (2.5% заштићених објеката), следе категорија II* - објекти од великог значаја (5.5% заштићених објеката) и категорија II - објекти од посебног значаја (92% заштићених објеката). Индустријски објекти у Великој Британији често нису на Листи, али се налазе у заштићеним областима. Ово указује на ограничење интервенција које би измениле пре свега њихов спољашњи изглед.

У Србији значајно наслеђе се дели на: културна добра од изузетног значаја, културна добра од великог значаја и културна добра (Закон о културним добрима, Сл. гласник РС, бр. 71/94). Велики број индустријских објеката у Србији је тренутно регистрован као добро које ужива претходну заштиту. Ово је привремена мера заштите за објекте за које се претпоставља да имају својства од посебног значаја. Ова врста заштите важи до три године, након чега, уколико се не утврди да је објекат културно добро, престају да се примењују мере заштите прописане законом (Сл. гласник РС, бр. 71/94).

У сегменту Закона о културним добрима (Сл. гласник РС, бр. 71/94) који се односи на мере заштите и друге радове на културним добрима назначено је да се мере техничке заштите и други радови којима се могу проузроковати промене облика или изгледа непокретног културног добра или повредити његова својства, могу предузимати ако се:

- утврде услови за предузимање мера техничке заштите и других радова,
- прибави сагласност на пројекат и документацију за извођење ових радова, у складу са законом, и
- прибаве потребни услови и одобрења на основу прописа о планирању и уређењу простора и изградњи објеката.

У складу са чланом 47. и чланом 54. поменутог закона, услове за предузимање мера техничке заштите и других радова на непокретним културним добрима и културним добрима од великог значаја, утврђује надлежни завод за заштиту споменика културе, а за културна добра од изузетног значаја Републички завод за заштиту споменика културе.

3.3 Одабир нових функција за напуштене индустријске објекте - претходна истраживања

Као што је установљено, најбољи начин за очување индустријских објеката и локалитета је успостављање одговарајуће алтернативне функције. Иако је у последњих пар деценија тема адаптивне пренамене индустријских објеката изразито актуелна, не постоје јасне методологије за одабир адекватне нове намене, нити студије евалуације адаптираних објеката (post occupancy evaluation studies).

Понека студија фокусирала би се на конкретну намену, попут студије Бордаса и Касара (Bordass & Cassar, 1996) која је оцењивала адекватност индустријских објеката за пренамену у складишта музејских колекција. Хогенбум (Hoogenboom, 2012) се фокусира на принципе енергетски ефикасне пренамене индустријских објеката Лондона у стамбене.

Елеј и Ворthingтон (Eley & Worthington, 1984) дају најпотпунију листу предлога нових функција за напуштене објекте (укључујући бивше индустријске), базирану на њиховим физичким и локационим карактеристикама (табела 3.2). Од индустријских објектата, ови аутори наводе фабрике текстила, пиваре, складишта, железничке станице и гараже за локомотиве као кандидате за адаптивну пренамену у пословне зграде.

Табела 3.2 Типологија напуштених објеката и потенцијалне нове функције
(Извор: Eley&Worthington, 1984)

Функционална категорија	Тип објекта	Период	Локацијске карактеристике	Конфигурација	Конструкција	Заузетост парцеле [%]	Могућа нова функција
1. Индустрија Лоцирана близу трговачких зона, главни извори: сирови материјали и радна снага	Ливнице	18-19 Век	Урбана зона	Комплексна	Цигла и дрво	90	Лака индустрија
	Рудници	17-20 Век	Рурална зона	Нераван терен	Комбинација великих и малих објеката	40	Лака индустрија, дистрибуција, превозници и извођачи радова, одлагање отпада
	Фабрике текстила	18-19 Век	Урбана и рурална, близу воде	Вишеспратне структуре	Цигла, камен, дрво	60	Вишеструка лака индустрија, занати, канцеларије , лабораторије
	Пивнице	18-19 Век	Урбана и семи-рурална потребно снабдевање водом	Комплексна, различити процеси, нерегуларни профили	Цигла и дрво	60	Канцеларије , лаке индустријске јединице, занатски центри, резиденцијална функција
	Фабрике	19-20 Век	Урбане зоне, градови, руралне зоне	Нерегуларна	Цигла, дрво, челик, бетон	40 80	Лака индустрија, политехника
2. Производња енергије Лоцирана близу насељених зона и индустријске активности	Водени млинови	17-19 Век	Углавном руралне зоне, градови поред воде	Комплексни, нерегуларни профили	Цигла, камен, дрво	50	Занатска, локални центри, становање
	Машински објекти, црпне станице	18-19 Век	Руралне, урбане зоне	Велике, мале и високе једноспратнице	Цигла, дрво	70	Театри, концертне дворане, музеји
	Плинару	19 Век	Урбане зоне + периферија	Комплексне, разноврсне структуре	Цигла, челик	40	Индустрија, дистрибуција
	Електране	20 Век	Централне и урбанизоване зоне	Велике структуре	Бетон, челик и лаке облоге	40	Индустрија, дистрибуција
3. Складиштење Налази се у близини саобраћајних објеката, пре свега зона за производњу и дистрибуцију	Магацини	18-20 Век	Пристаништа, реке, канали, железница	Правилне конфигурација, вишеспратне (и једноспратне) структуре	Цигла, дрво, челик	90	Разноврсне функције: занати, лака индустрија, уметнички центри, канцеларије , становање, музеји
	Складишта	18-20 Век	Градови + периферија	Правилне конфигурација, вишеспратне (и једноспратне) структуре	Цигла, дрво, челик	90	Лака индустрија, занатске радионице, дистрибуција
	Амбари	Средње-вековне, модерне	Руралне зоне (градови), фарме	Једноспратне или двоспратне структуре	Цигла, дрво, бетон, азбест	40	Занати, лака индустрија, одмор, становање, друштвени центри
	Шупе	19-20 Век	Урбане и руралне зоне	Једноставни, најчешће једноспратни	Цигла, челик	70	Као претходно
	Хладњаче	19 Век	Урбане зоне	Масивни зидови		90	Индустрија
4. Транспорт Технолошке промене имају значајно дејство на средину	Железнички вијадукти, мостови	19 Век	Градови (руралне зоне)	Правилна расподела под луковима	Цигла	80	Лака индустрија, складиштење, продаја
	Друмски вијадукти, мостови	20 Век	Градови, руралне зоне	Правилна конфигурација	Бетон	50	Лака индустрија, друштвени центри, угоститељски
	Железничке станице	19 Век	Урбане, руралне зоне	Комплексна/ једноставна	Цигла, камен, дрво	80 40	Канцеларије , радионице, лака индустрија, продаја
	Железнички депои, гараже	19 - 20 Век	Урбане зоне	Правилна конфигурација	Цигла, дрво, челик	80	Канцеларије , радионице, лака индустрија, продаја
	Паркинзи, гараже	20 Век	Урбане зоне	Једноспратне или двоспратне структуре	Бетон	60	Лака индустрија, становање
	Стоваришта	19 Век	Урбане, руралне зоне	Разграната	Мале структуре	20	Индустрија

3.4 Студије случаја адаптираних објеката у Лондону

У ово поглављу анализирани су примери који показују да индустријска типологија може да обезбеди захтеве канцеларијских корисника чак и данас када енергетски и други грађевински прописи постају све захтевнији.

Зашто Лондон?

Индустријска револуција је почела у Уједињеном Краљевству и најважније технолошке иновације су биле британског порекла. Енглеска је била велика индустријска сила, што је Лондону оставило значајно индустријско наслеђе. Адаптивна пренамена индустријских објеката је пракса с којом се у Великој Британији отпочело 1980-тих година, а јако је заступљена и данас. Ово искуство доприноси константном унапређењу техника адаптације објеката за нове функције, све успешнију интеграцију мера енергетске оптимизације, као и све више сертифицираних зелених адаптација. Поред тога, клима Лондона има довољно сличности са климом Београда, регулаторни оквир има сличности, те стратегије примењене на адаптираним објектима Лондона, уз неопходне измене, могу бити примењиве на београдске објекте.

Шта је довело до масивне обнове и адаптације индустријских зграда

Почетком 1980-тих пренамена постојећих зграда од стране приватног сектора је постао саставни део лондонског тржишта некретнина са „big bang“ дерегулацијом финансијских услуга (Im-brie et.al, 2009). Финансијски преокрет се одиграо 1986. као један од главних камена темељаца у програму реформе владе Маргарет Тачер (Im-brie et.al, 2009). Ова реформа је довела приватни сектор и новац за инвестиције поново на тржиште, охрабрујући пројекте адаптивне пренамене великих размера у атрактивним областима где индустрија више није била активна (попут Канари варфа, *Canary Wharf*).

Употреба индустријског земљишта у Лондону

У послератном периоду индустријски контекст Лондона је значајно измењен због економских, социјалних и урбаних фактора.

Индустрија до данас наставља да напушта урбане просторе. Према извештају УРС из 2010 (URS Corporation, 2010), 9,9 процента кључног индустријског земљишта лежи неупотребљено, већином у источном делу Лондона.

Последњих година уочљив је тренд пораста пренамене индустријских зграда и земљишта. „Између 2001. и 2010. јавило се умерено опадање неискоришћеног индустријског земљишта. Ова бројка је опала са 874,4 ha 2001. на 719 ha 2006. а затим на 543,5 ha 2010. године. То је укупно смањење од 38% (URS Corporation, 2010:29). Неиндустријске функције на земљишту које је предвиђено за индустрију 2010. су износиле 767 ha или 13% индустријског земљишта (URS Corporation, 2010).

3.4.1 Buckley Building

Локација:	Clerkenwell, општина Islington, Лондон
Адреса:	49 Clerkenwell Green, EC1R 0EB (адреса пре премештања главног улаза: Woodbridge House, 30 Aylesbury Street EC1R 0EP)
Период изградње:	1930-их
Ниво заштите:	Зграда није културно добро, али је у заштићеној области <i>Clerkenwell Green</i>
Прошле функције:	Штампарија (фабричке јединице), складиште, пренамена у пословање 1980их
Укупна површина:	7 579 m ² канцеларијског простора, 494 m ² продајног простора
Година обнове:	2013
Вредност:	Зграда: 49,1 милиона фунти, Радови на обнови: 15 милиона фунти
Кратак опис радова:	Обнова и доградња (13% добитак у површини зграде), реновирање постојећих канцеларија, повећање димензија прозора у приземљу, премештање улаза, проширење стакленог крова на 4. спрату, замена М & Е инсталација
Промене омотача:	Нови прозори са двоструким стаклима, коса фасада проширена до нивоа 4, тераса на нивоу 4, светлосни бунар за ниско приземље, већа површина застакљења у приземљу
Системи климатизације:	Вентилација заменом ваздуха (<i>displacement ventilation</i>), радијатори
ЕРС рејтинг:	В (регистарски број: 0270-8914-0327-3290-3004)
Сертификација објекта:	BREEAM Врло Добар: 55,93 (регистарски број: BREEAM-0050-9067)
Инвеститор:	Derwent London
Архитекта:	Buckley Gray Yeoman, Лондон
М&Е инжењер:	Norman Disney & Young, Лондон
Награде:	Architect's Journal Retrofit Award 2013 - Offices over £5m RICS Award 2014 - Commercial category Mixology Award 2014, Small/Medium Commercial Interiors Project of the Year Surface Design Award 2015, Commercial Interior Surface



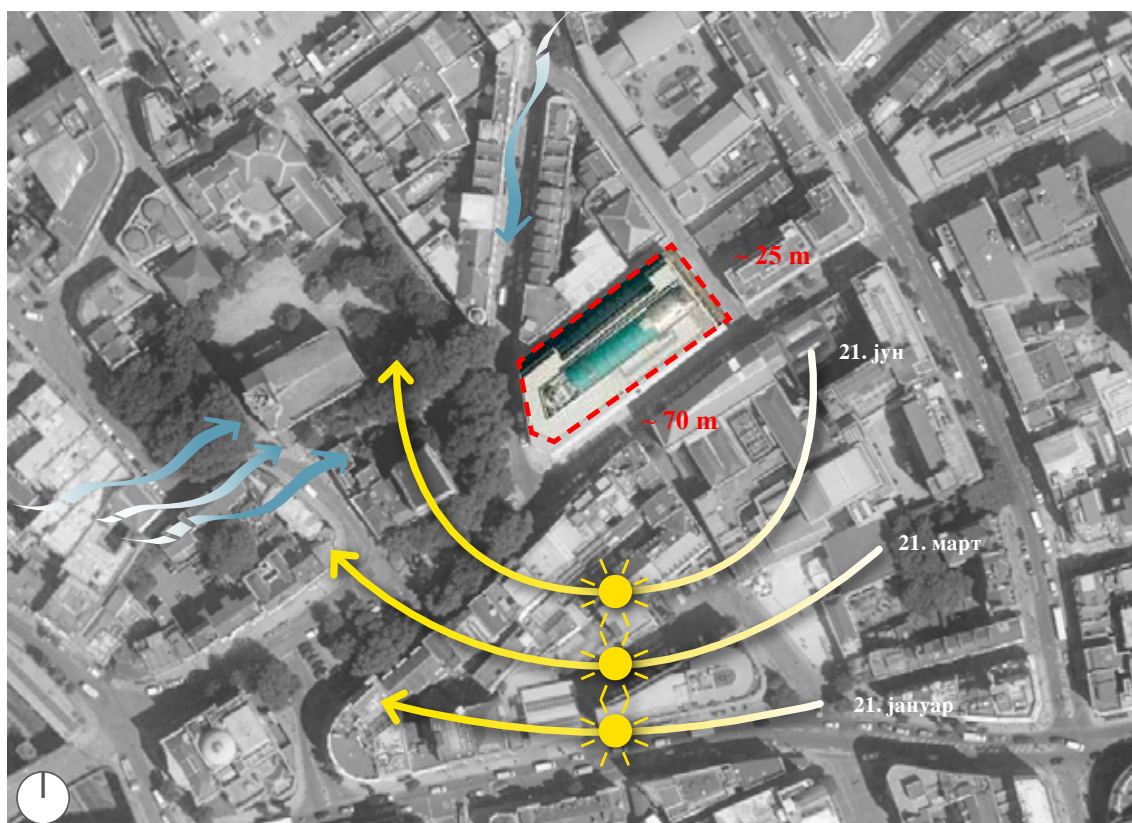
Слика 3.2 Зграда Buckley
(Извор: Derwent, 2015)

Зграда *Buckley* је саграђена 1930-их као штампарија и складиште, а адаптирана у канцеларијски простор 1980-их и 2013. (слика 3.2). Канцеларијски спратови су дизајнирани за оптималну флексибилност, са осветљењем и инсталацијама уређеним да омогуће laku поделу простора. Тренутни закупци су ревизорска кућа, ПР компанија, представништво произвођача робе широке потрошње и компанија за онлајн коцкање.

Наслеђене карактеристике зграде и локације

Главне фасаде зграде оријентисане су према југо-истоку и северо-западу (30° у односу на север-југ) (слика 3.3). Западна фасада је изложена ветру. Околни објекти исте су висине као анализирани објект, те сунце под ниским углом не може да продре у унутрашњост објекта.

Како се објект налази у заштићеној области, за промене фасаде објекта морају се добити посебне дозволе.



Слика 3.3 Зграда *Buckley* - преглед локације
(Извор: мапа: Google Earth)

Начин на који је првобитно зграда пројектована као штампарија и складиште добро одговара захтевима канцеларија. Од адаптивне пренамене 1980-их година није било већих промена у распореду (слике 3.4 и 3.5). Рад је подразумевао увођење нових језгара, испуњавање постојећег атријума и премештање позиције улаза.

Задржан је конструктивни склоп од армираног бетона којем је припојен нови челични, са композитном конструкцијом испуне.

Површина застакљења је повећана на источној и западној фасади. Прозори према приземљу и нижем приземљу су добили пуну висину.

Усклађивање са законима из области енергетске ефикасности

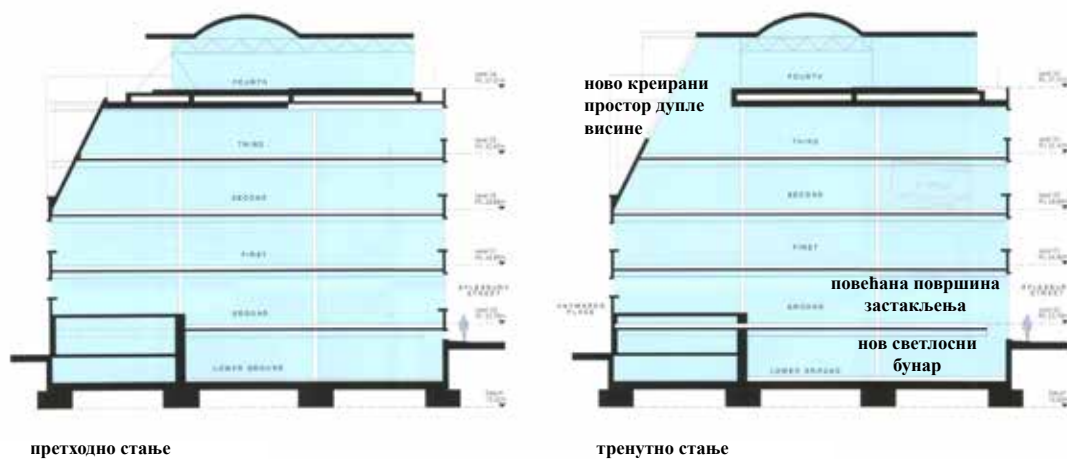
Површина зграде повећана је за мање од 15%, што не условљава усклађивање са правилником L2A „Уштеда горива и енергије у новим нестамбеним зградама” (HMG, 2016a). Уместо тога, зграда је унапређена према мање захтевном L2B „Уштеда горива и енергије у постојећим нестамбеним зградама” (HMG, 2016b).

Према сертификату о енергетским својствима зграде Buckley Building има рејтинг 49, што га сврстава у категорију „B”. Сертификат наводи да би нова зграда сличних карактеристика такође имала 49, а постојећа зграда рејтинг 116. Рејтинг емисије (Building Emission rating, BER) је $24.42 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2$ (HMG, 2013a, слика 36).

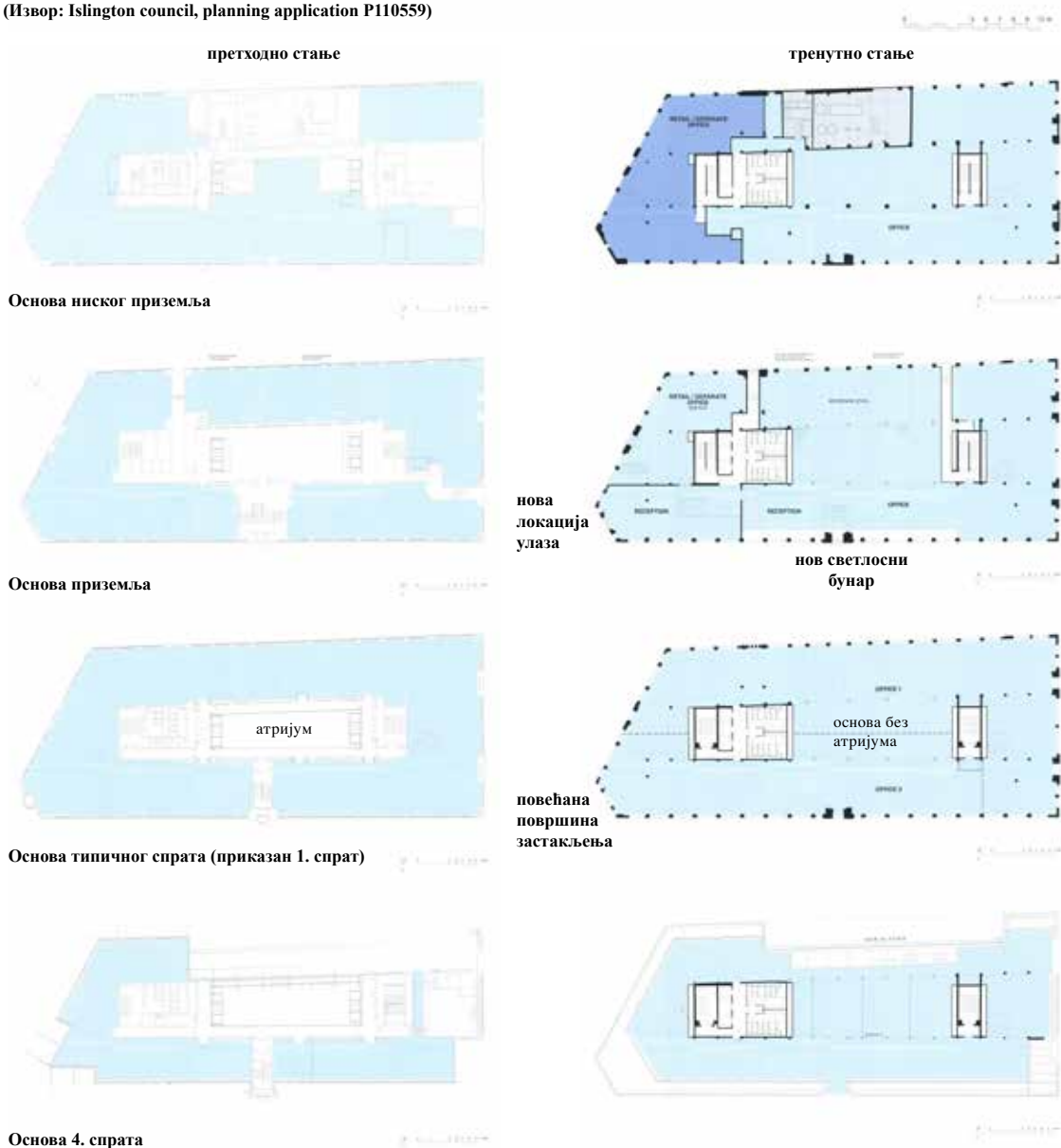
Извештај са препорукама (HMG, 2013a,b) који прати EPC не наводи никакве додатне стратегије које би се финансијски исплатиле у брзом, средњем и дужем року. У следећем сегменту међу осталим препорукама које се могу размотрити као најутицајнија наводи се боља изолација спољашњих зидова, а као стратегије са нижим утицајем препоручује се разматрање инсталације соларних панела, тестирање притиска зграде како би се идентификовале и унапредиле проблематичне зоне.

BREEAM

Објекат је добио BREEAM *врло добар* рејтинг. Централна локација у близини великог броја аутобуских линија, што охрабрује коришћење јавног превоза. 78 места за бицикле, 7 тушева и свлачионица.



Слика 3.4 Претходни и садашњи попречни пресек зграде
(Извор: Islington council, planning application P110559)



Слика 3.5. Основа објекта - претходно и тренутно стање
(Извор: Islington council, planning application P110559)

Енергетска оптимизација и промене распореда

Прозори су замењени новим термоизолационим, према захтевима правилника L2B (HMG, 2016b). Коефицијент пролаза топлоте нових прозора је мањи од $1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$. Спољашња сенила нису инсталирана јер би значајно изменила изглед објекта, који је у заштићеној области. Инсталиране су унутрашње ролетне.

Зграда нема спуштене плафоне, те већина канцеларија има пуно термичке масе (слика 3.6).

Инсталацијом већих прозора у приземљу, омогућила је пренамењену ниског приземља у канцеларијски простор (слика 3.7).

Природно осветљење

Buckley Building није задовољила услове *BREEAM* кредита „Природно осветљење”, који захтева да 80% често коришћене површине објекта има задовољавајући ниво природног осветљења. Услед дубине основе од око 25 метара, као и засенчења од околних објеката исте висине, унутрашњост основе има низак ниво природног осветљаја.

Испуна атријума, како би се повећала површина доступна за изнајмљивање, имала је негативан утицај на ниво осветљености.

Повећање површине прозора у приземљу, омогућило је да се ниско приземље користи као канцеларијски простор. Овај простор међутим добија природно осветљење само у зони уз фасаду, док је унутрашњост мрачна.

Стратегије побољшања природног осветљења укључују избор завршне обраде унутрашњих површина (плафона, зидова и пода) високе рефлексије.

Закључна разматрања

Иако је *Buckley Building* *BREEAM* сертифициван објекат, квалитет унутрашњег окружења не задовољава највише стандарде. Низ стратегија које су повећале површину зграде, погоршале су ниво природног осветљења. Дубина основе не даје потенцијал за природну вентилацију, нити осећај контроле над климатских аспеката окружења. Међу *BREEAM* кредитима које пројекат није задовољио истичу се: *Природно осветљење*, *Погледи ка спољашњем окружењу*, *Потенцијал за природну вентилацију*, *Квалитет унутрашњег ваздуха*, *Испарљива органска једињења*¹ (Vol-

¹ од обраде унутрашњих површина



Слика 3.6 Buckley Building: ентеријер
(Извор: Derwent, 2012)



Слика 3.7 Buckley Building: Канцеларијски простор у ниском приземљу
(Извор: Derwent, 2012)

atile Organic Compounds), *Топлотни комфор* и *Акустички комфор*. Овакав преглед указује на значај постојања система попут *WELL Building Standard*, који аспекте битне за здравље и благостање корисника стављају као предуслов за сертификацију. Добар ЕРС рејтинг зграде такође указује да висок ниво благостања корисника није увек у директној вези са стратегијама уштеде енергије.

Најзад, адаптација *Buckley Building* показала се као успешна инвестиција (интервју са Бенџамином Лесером, *Benjamin Lesser, Derwent London*), што указује на већ разматран значај локације објекта и његових историјских карактеристика, као и маркетинг вредности система за сертификацију зграда, спрема стварног квалитета унутрашњег простора.

3.4.2 Tea Building

Локација:	<i>Shoreditch</i> , општина <i>Hackney</i> , Лондон
Адреса:	56 Shoreditch High Street, E1 6JJ
Период изградње:	1890-1933
Ниво заштите:	Зграда од локалног значаја (Building of Townscape Merit), у заштићеној области <i>South Shoreditch</i>
Прошле функције:	<i>Lipton Tea</i> складиште, сушара сланине, складиште за <i>Hayes</i>
Укупна површина:	14 600 m ² канцеларијског простора, 26 000 m ² укупна површина зграде
Нове функције	Канцеларијски простор, галерије, ресторани, биоскоп, приватни клуб и хотел
Година обнове:	<i>Light Touch</i> : 2004, <i>Green TEA</i> : 2010
Вредност:	Зграда: 150+ милиона фунти, Радови на обнови: <i>Light Touch</i> : 10 милиона фунти, <i>Green TEA</i> : нема доступних података
Кратак опис радова:	<i>Light Touch</i> : зграда подељена у 16 јединица са појединачним тоалетима. <i>Green TEA</i> : енергетска и еколошка унапређења
Промене омотача:	<i>Light Touch</i> : без промена омотача <i>Green TEA</i> : замена прозора, изолација крова, увођење топлотних пумпи и нових јединица за расхладу објекта
Системи климатизације:	_____
ЕРС рејтинг:	од В до F (рађен за појединачне јединице)
Сертификација објекта:	објекат није сертифициован
Инвеститор:	<i>Derwent London</i>
Архитекта:	<i>AHMM</i> , Лондон
М&Е инжењер:	<i>Peter Deer and Associates (PDA)</i> , Лондон
Награде:	<i>AJ Retrofit Award</i> 2012 (за <i>Green Tea</i>) <i>RIBA London Region Award</i> 2012 <i>AIA Award for Interior Architecture</i> 2006



Слика 3.8 Tea Building
(Извор: Derwent, 2015)

Tea Building је сложен градски блок, саграђен у фазама између 1890-1933 (слика 3.8). Објекат је и обнављан у фазама током периода од 10 година (2001-2010) (АНММ, 2010). Стратегија пренамене је била робусна, простори су пројектовани да буду јефтини, отпорни, једноставни и флексибилни тј. да омогућавају закупцима да их непрекидно мењају и прилагођавају својим потребама (АНММ, 2010). Данас се у згради налази велики број функција повезаних са креативним индустријама и медијима, седиште маркетиншке компаније *Mother* као и приватни клуб и хотел *Shoredich House*.

Према Architects' Journal (AJ, 2012) ово је зграда која је драстично изменила поглед тржишта на пројекте адаптације постојећих зграда.

Историја зграде и оригинални распоред просторија

Tea Building је саграђен као фабрика за обраду сланине за бренд *Lipton* као део *Allied Foods Ltd* у две фазе између 1931. и 1933 (слика 3.9). Архитекта Хал Вилијамс (пројектантски биро *Hal Williams & Co*) је био архитекта-инжењер, специјализован за складишта и фабрике, и стручњак за системе за хлађење. Обимне просторије фабрике обухватале су хладњаче и пушнице за сланину, као и одељење за паковање. На шестом и седмом спрату су били системи за грејање и вентилацију. Процес прања сланине се одигравао у подруму. Канцеларије фабрике су биле у приземљу, где су била и одељења за проверу и отпрему.

Суседна зграда - *Biscuit*, изграђена 1920. и проширена 1928. године, се користила као складиште за паковање чајева. *Tea* и *Biscuit* су спојене током 1930-их, а у комплекс је средином 1960-их интегрисана и зграда паба *White Swan* (данас *White Horse*) (слика 3.10 и слика 3.11).



Слика 3.9 Изградња *TEA Building*
(Извор: АНММ, 2010)



Слика 3.10 Дијаграм блока
(Извор: према АНММ, 2010)



Слика 3.11 Изглед блока
(Извор: АНММ, 2010)

Преглед локације

Објекат има фасаде оријентисане ка 4 основне стране света. Због мање висине или удаљености околних зграда, Јужна, источна и западна фасада су изложене сунцу (слика 3.12).

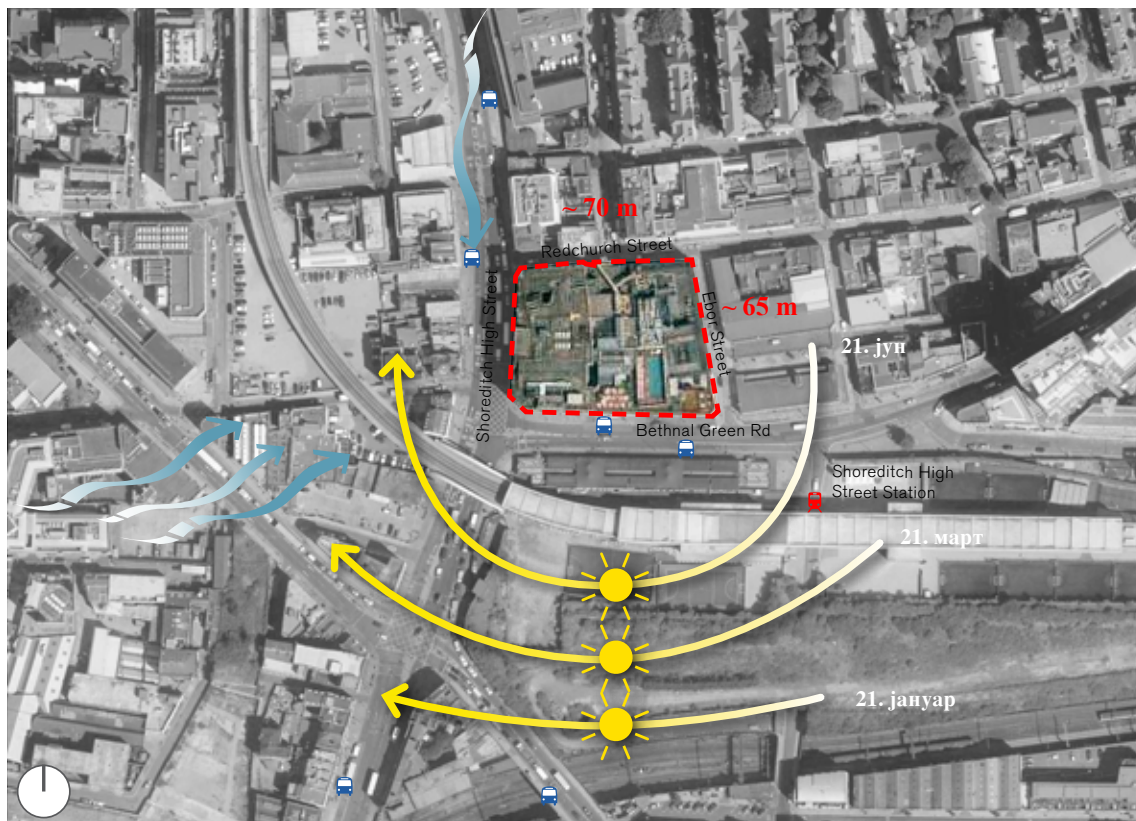
Јужна и западна фасада су изложене ветру.

Проблеми буке из улица *Shoreditch High Street* и *Bethnal Green Road*.

Одлична повезаност јавним превозом, подзмена станица *Shoreditch High Street* се налази преко пута главног улаза.

Одлике и распоред зграде

Објекат има челични склоп (слика 3.9), зидове од цигле, бетона и камених елемената. Подељен је на неколико већих јединица, које имају сразмерне димензије и вишестрану оријентацију. Остатак чине уске јединице, великих дубина, а мале површине фасаде (слика 3.13). У будућности ће мање јединице бити спојене и створиће „супер јединице” са двојном оријентацијом (интервју са Лизи Кушен, *Lizi Cushen*, АНММ).



Слика 3.12 TEA Building - преглед локације
(Извор: мапа: Google Earth)



основа приземља



основа типичног спрата



пресек 02-02



пресек 03-03



изглед 01-01

Слика 3.13 *TEA Building*: основе, пресеци и изглед
(Извор: АНММ, 2010)

Light Touch адаптација

Рад на пројекту је почео са циљем стварања адаптираног објекта високих спецификација. Услед ситуације на тржишту, захтев клијента се преусмерио ка јефтним, флексибилним и „ефикасним“ решењима. Нови циљеви пројекта постали су: смањење трошкова, рад са постојећим омотачем зграде, стварање великих простора, јефиних за изградњу и јефтиних за изнајмљивање, обезбеђивање комуналних инсталација и постављање централног језгра (АНММ, 2010).

Овакве јединице нису задовољиле услове комфора, и многи закупци су се жалили на квалитет ваздуха и недовољну вентилацију (интервју са Лизи Кушен, *Lizi Cushen*, АНММ). Уз лоше услове комфора, зграда је имала велике енергетске захтеве.

Green TEA адаптација

2010. је отпочео рад на новом пројекту адаптације зграде. Циљ је био унапређење услова комфора уз уштеду енергије. Нове стратегије имају могућност смањења енергетских потреба јединица на мање од 25% потрошње енергије пре *Green TEA* адаптације (АНММ, 2010).

Green TEA адаптација такође је рађена у фазама:

Фаза 1. Пасивне мере:

- Постојећи прозори су замењени новим термоизолационим (U вредност прозора $2,1 \text{ W/m}^2\text{K}$, U стакла $1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$, АНММ 2016). Ова стратегија побољшала је топлотна и акустична својства зграде, а помаже и у заштити од сунца. Прозори могу да се отворе и служе као средство контроле природне или мешовите вентилације,
- Изолација крова (нова U вредност $0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$),

Фаза 2: Активне мере

- Инсталација ефикасних сијалица (*Encapsulite MT 70*),
- Увођење светлосних зона са *PIR* сензорима осетљивим на присуство људи и промене у нивоу осветљаја,
- Ноћна вентилација,

Фаза 3: Свеобухватне мере

- Главни размењивач топлоте на крову (*heat exchanger*) – за поделу енергије у згради

- Топлотна петља – Пренос топлоте са јужне стране зграде на северну како би се смањила потрошња енергије. Услед димензија зграде, док неке јединице имају потребу за хлађењем, друге имају потребу за грејањем,
- Локални размењивач топлоте – унутар јединица, за расподелу грејања и хлађења. Све јединице имају локални топлотни размењивач и радијаторе. Закупци могу додати локализоване расхладне јединице за области са великим оптерећењима (нпр. собе за састанке, серверске собе итд.). Луксузне јединице могу заменити радијаторе (и расхладне јединице) високо ефикасним комбинованим јединицама за грејање и хлађење (АНММ, 2010).

Енергетски учинак

Потрошња електричне енергије зграде за 2009. годину била је 3 255 671 kWh (АЈ, 2012). Између 2008. и 2009. године, са сваким новим закупцем, електрично оптерећење се повећавало за 10%. Ово је праћено емисијом 1373 тона угљен диоксида на годишњем нивоу (око 70kg CO₂ /m² на годишњем нивоу, АЈ, 2012).

АНММ програм „Спремни за будућност“ бавио се напредним обновама постојећих зграда (АЈ, 2012). Програм је често тестиран на *Tea Building*, и има за циљ између осталог да смањи емисије угљен диоксида на 31 kg CO₂ /m² (Price, 2012).

ЕРС

Након *Green Tea* адаптације, јединице су већином побољшале ЕРС рејтинг са „Е” на „С”, док су неке постигле рејтинг „В”. Ово је у просеку побољшање од 2 енергетска разреда.

Извештаји са препорукама предлажу замену Т8 светиљки са *retrofit* Т5 опремом за конверзију, и побољшање мера соларне контроле, како би се спречило потенцијално прегревање простора. Од стратегија које имају дужи период отплате препоручује се инсталирање турбина за ветар или соларних панела, као и спровођење теста нивоа инфилтрације у објекту, како би се идентификовале и унапредиле проблематичне зоне (НМГб, 2015).

За јединице оцењене са „В” као једина препорука наводи се замена т8 светиљки (НМГб, 2015).

Закључна разматрања

Увођење нових система за грејање, хлађење и размену енергије, услед површине објекта (преко 1000 m²) условило је према правилнику L2B захтев за *последичним побољшањима* (HMG, 2013). Овим је прописано усвајање мера унапређења енергетске ефикасности до минималне вредности од 10 процента вредности главних радова (HMG, 2013). Услед овог захтева, дошло је до унапређења термичких карактеристика омотача зграде - термоизолације крова и замене прозора. Како је *TEA Buidling* објекат значајне површине, губици енергије кроз кров су велики, те је изолација крова усвојена као енергетски ефикасна стратегија. Једина опција унапређења термичких карактеристика зидова била је постављање изолације са унутрашње стране. Ово међутим није прихваћено услед смањења површине објекта (интервју са Лизи Кушен, *Lizi Cushen*, АНММ).

Зграда се ослања на природну вентилацију и има довољно термичке масе у плафонима, али услед облика просторија (слика 3.14), природна вентилација не може да задовољи захтеве ваздушног комфора.

TEA Building је добар пример унапређења енергетских перформанси објекта (значајна унапређење енергетског разреда), али услед проблема са ваздушним комфором и добар пример ограничења постојећих структура велике дубине.



Слика 3.14 *Tea Building* термичка маса у плафонима
(Извор: АНММ, 2010)

4. ИНДУСТРИЈСКИ ОБЈЕКТИ ИЗГРАЂЕНИ ПРЕ ДРУГОГ СВЕТСКОГ РАТА НА ТЕРИТОРИЈИ БЕОГРАДА

Ово поглавље се фокусира на индустријско наслеђе Београда и његов потенцијал за пренамену у функцију пословања. Хронолошки фокус рада је на објектима изграђеним између прве половине 18. века и Другог светског рата.

Дат је кратак преглед почетка индустријске производње на територији данашње Србије, са фокусом на индустрију Београда и њен развој до Другог светског рата.

Установљен је низ критеријума који утичу на оцену подобности објеката за пренамену у пословање - њихова ужа локација, оријентација, ширина основе, спратност, карактеристике омотача, тренутно стање, ниво легалне заштите и сл.

Најзначајнији сачувани објекти на територији Београда су анализирани према индустријским гранама за које су грађени. Оваква подела је имала за циљ да се установи да ли су објекти одређене гране подобнији за пренамену у функцију пословања од других.

Студија укључује објекте који су и даље у оригиналној функцији, објекте који су ван функције и објекте који су адаптирани у нове функције. Сви анализирани објекти су затим класификовани према својим локационим и физичким карактеристикама. На овај начин се могу донети закључци о индустријском наслеђу Београда, његовим особинама, а посебно потенцијалом и ограничењима за енергетско ефикасну пренамену.

4.1 Преглед историје индустрије на територији Београда

Индустријско наслеђе може се пратити у Војводини од 18. века, а у централној Србији тек од половине 19. века, будући да материјалних трагова индустрије у правом смислу те речи пре тога и нема (Куленовић, 2010). Почети индустрије у Војводини су везани за прехранбену индустрију и изградњу саобраћајне мреже. У време аустријске окупације, 1724. године, на доњем Дорђолу радиле су четири мале пиваре занатског типа, које нису сачуване до данас (Куленовић, 2015).

Како је Србија скоро цео 19. век провела у борби за стицање независности, и сам почетак индустрије везан је за производњу наоружања и муниције (пример тополивнице у Београду из 1808. године) (Куленовић, 2010). По избијању Првог српског устанка 1804. године, јавља се потреба за оловом и барутом из сопствених ресурса. Осниване су мање радионице попут ливнице на Врачару из 1848. године, као и радионице за производњу коже и чохе (Куленовић, 2010). Средином 19. века у Београду се граде први производни системи засновани на мехничком/ ротационом извору погона за стратешки примарне производе – војне и прехранбене. Осамдесетих година 19. века развија се индустрија за цивилне потребе. Динамичан развој индустрије се може пратити све до почетка Првог светског рата, уз мањи застој 1912. године, почетком Балканских ратова (Куленовић, 2010).

Током Првог светског рата већина индустрије је оштећена или уништена. На територији Србије остало је само 70 објеката (Вучо, 1974, цитирано у Куленовић, 2010). Рад на обнови индустрије између два рата текао је неуједначеним темпом. Београд је 1930. године имао 170 индустријских предузећа са око 14000 радника (Куленовић, 2010). У том периоду највише је растао број текстилних, металопрерађивачких и хемијских предузећа.

До Другог светског рата најразвијеније гране индустрије Београда биле су текстилна, пиварска, млинска, металопрерађивачка и индустрија шећера (Михајлов, 2011, Димитријевић Марковић & Сретеновић, 2008, Вучо, 1974, цитирано у Куленовић, 2010).

У табели 4.1 дат је хронолошки преглед битних датума за развој индустрије Београда до краја 19. века. Табела 4.2 даје преглед развоја индустрије од 1900. године до Другог светског рата.

Табела 4.1 Хронолошки преглед историје индустрије на територији Београда (18. и 19. век)
(Извор: Аутор према Куленовић, 2015).

1800.	1724. пиваре занатског типа на доњем дорћолу
	1806. Рудипта око Авале
	1839. Кожара на Топчидеру (до 1943.)
	Пивара кнегиње Љубице у Савамали
	1840. Прва пошта
	1848. Ливница топова на Врачару
	Примена првих метеоролошких инструмента у Србији
	1850. Књажевски парни млин
	1852. Радионица за израду чохе и сукна на Топчидеру (до 1864.)
	1856. Пивара И. Бајлони и синови д.д.
	1857. Акт/уредба: Устројеније трговачког одбора у Београду (оснивање прве привредне асоцијације)
	1870. Закон о устројству Трговачко-занатлијског одбора.
	1873. Усвојен је Закон о потпомагању индустријских предузећа
	1875. Донет је Закон о изградњи железнице
	1881. Започета је изградња једнотрачне железничке пруге Београд–Ниш, која је пуштена у саобраћај 1884. године. Изграђена је Главна железничка станица у Београду
	Закључена је Прва конвенција о пловидби Дунавом између Србије и Аустроугарске.
	1883. Обављен први телефонски разговор Србија је један од оснивача Париске конвенције за заштиту права индустријске својине.
	1884. Пуштена је у саобраћај прва дужа железничка пруга у Србији, на релацији Београд–Ниш, као и Главна железничка станица у Београду.
	1889. На светској изложби иновација у Паризу, Србија је заступљена са 1742 излагача
1900.	1891. Основано Прво краљевско српско повлашћено бродарско друштво. У Београду почиње рад прва српска метеоролошка опсерваторија,

Табела 4.2 Хронолошки преглед историје индустрије на територији Београда (од 1900. до Другог светског рата)
(Извор: Аутор према Куленовић, 2015).

Први светски	1900.	1900. Ливница браће П. Гођевца.
		1901. Први акционарски млин (један од највећих машинских млинова на Балкану) (затворен 1989.)
		1908. Прва телефонска централа
		1910. Закон о радњама, којим се први пут у Србији оснивају привредна удружења, под називом коморе
		1912. Моравија, фабрика плетених производа (Једна од највећих фабрика трикотаже тог времена у Србији.)
		Телеоптик у Земуну, прва велика фабрика прецизних мерних инструмената у Србији
		1924. Фабрика хартије Милана Вапе у Београду (, деценијама једна од највећих и најмодернијих фабрика папира на Балкану, затворена 1970их)
		1927. ИМП у Раковици, прва фабрика на Балкану која је почела производњу авионских мотора, и то по лиценци Гноме ет Рхоне
		Змај у Земуну, фабрика за производњу пољопривредних машина, дуго једна од највећих на Балкану
		Подигнута је фабрика за израду војних ратних авиона Икарус у Земуну.
Други светски		1929. Почетак штампања и ковања новца, Ковница а.д. у Топчидеру, папирни новац по први пут у Србији (данас Завод за израду новчаница и кованог новца)
		1931. Хангар старог аеродрома у Београду (нов систем корубе за лучну таваницу, према пројекту Милутина Миланковића)
		1932. Термоелектрана Снага и светлост
		Опсерваторија на Звездари, која је и данас у функцији.
		1938. Главна поште у Београду
		1939. Умка, велика фабрика за производњу свих врста картонаже.
		Почиње да ради Рекорд у Београду, фабрика већег капацитета за производњу асортимана од гуме.

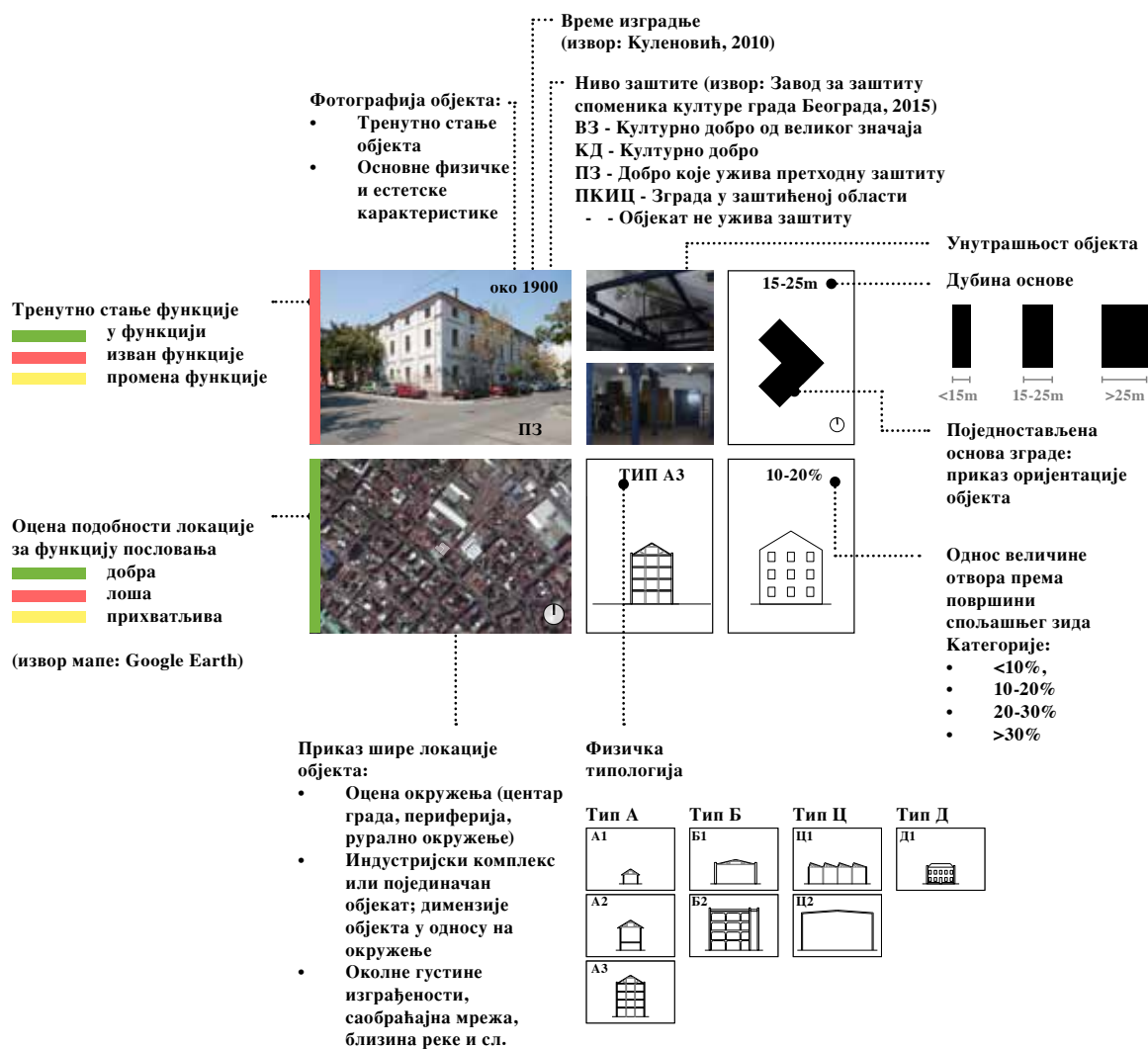
4.2 Преглед индустријских објеката по гранама индустрије

Да би се установиле заједничке карактеристика објеката одређене индустријске гране, индустријско наслеђе је класификовано према гранама за које је оригинално грађено. Као релевантна подела за индустријске објекте изграђене до Другог светског рата коришћена је подела Краљевине Југославије из 1941 (табела 4.3, за детаљнију поделу консултовати Прилог 1). Подела је допуњена са 3 гране за које постоје значајни објекти на територији Београда, а које нису укључене у ову поделу - телекомуникације, професионалне, научне и техничке дисциплине и уметност. Студија покрива 68 објеката изграђених пре Другог светског рата на територији Београда. Избор анализираних објеката базиран је на истраживању индустријског наслеђа Београда Музеја науке и технике (Куленовић, 2010).

Табела 4.3 Подела по индустријским гранама Краљевине Југославије
(Извор: Статистика индустрије Краљевине Југославије са адресаром индустријских предузећа, Београд 1941. преузето из Куленовић, 2010.)

1. Индустрија екстративних и везивних материјала
2. Металургија
3. Прерада метала
4. Индустрија керамике и стакла
5. Дрвна индустрија
6. Индустрија хартије
7. Хемијска индустрија
8. Прехрамбена (и пољопривредна индустрија)
9. Пољопривреда
10. Текстилна индустрија
11. Индустрија коже и крзна
12. Електричне централе (Електропривреда)
13. Саобраћај
14. Водовод и канализација
15. Дуванска индустрија
16. Штампарије
17. Магацини
18. Рударство и рудници
-
19. Телекомуникације
20. Професионалне, научне, техничке дисциплине и
21. Уметност.

Студија анализира карактеристике објеката које помажу оцени подобности за енергетски ефикасну пренамену у функцију пословања. Ово укључује изглед и тренутно стање објекта, његову локацију, дубину основе, површину отвора, оријентацију и грубу типологију према физичким карактеристикама зграде, пре свега спратности (слика 4.1).



Слика 4.1 Објашњење дијаграма индустријских објеката

1. Индустија екстративних и везивних материјала

Од значајних објеката на територији Београда издваја се фабрика гумених производа Рекорд (Патријарха Димитрија 14, Раковица, слика 4.2), једна од највећих те врсте на Балкану.



Слика 4.2 Фабрика гумених производа Рекорд
(Извор: фотографија: Google Maps)

Фабрика је банкротирала 2011. године (Министарство привреде Републике Србије, н.д.), објекат је изван функције и планирано је да се сруши у јануару 2016. године како би се на његовом месту изградио продајни центар (Poseidon Group, n.d.).

2. Металургија

У објављеној литератури нису нађени примери сачуваних објеката на територији Београда.

3. Прерада метала

Примери ове индустријске гране су разноврсни по карактеристикама локације и физичким карактеристикама. Од значајнијих комплекса издвајају се Телеоптик у Земуну, прва велика фабрика прецизних мерних инструмената у Србији изграђена 1922. године и ИМР у Раковици. ИМР почиње да ради 1927. године као прва фабрика на Балкану која производи авионске моторе (по лиценци Gnome et Rhône).

Анализирани сачувани објекти су:

- Ливница Пантелић - Звоноливница и творница торањских сатова. (Гајева 15, Земун, слика 4.3). Објекат је тренутно ван функције и има статус културног добра (одлука, „Сл. гласник РС“ бр. 14/79);

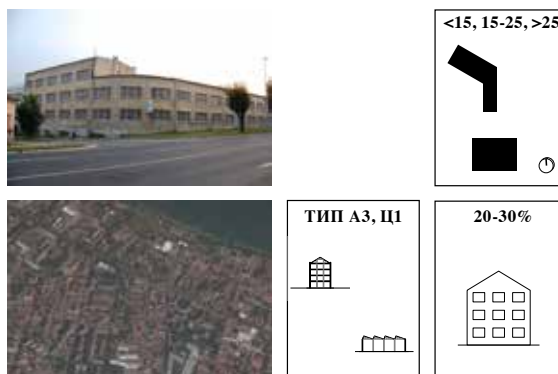
- Фабрика жице Глише Јосиповића (Скендербегова 28, Стари град, слика 4.4). Објекат је ван функције и под претходном заштитом (Завод за заштиту споменика културе града Београда, 2016);
- ДД Телеоптик, фабрика за телефонију, оптику и прецизну механику (Цара Душана 139-141, Земун, слика 4.5). Некадашња фабрика инструмената за авио индустрију данас није у функцији. Објекти имају статус добра које ужива претходну заштиту (Завод за заштиту споменика културе града Београда, 2016);
- Индустрија мотора Раковица (Патријарха Димитрија 7-13, Раковица, слика 4.6). ИМР је у функцији и има статус добра које ужива претходну заштиту (Завод за заштиту споменика културе града Београда, 2016);
- Алатница Рад / Ковница а.д. (Булевар војводе Мишића 45, Савски венац, слика 4.7). Алатница је у радном стању и функцији и нема правну заштиту;
- Инекс Борац, индустрија прецизне механике, електротехнике и металних производа (Светозара Марковића 87, Врачар, слика 4.8). Објекат је ван функције и нема правну заштиту.



Слика 4.3 Ливница Пантелић
(Извор: фотографија ентеријера: Куленовић, 2010)



Слика 4.4 Фабрика жице Глише Јосиповића
(Извор: фотографије: Куленовић, 2010)



Слика 4.5 ДД Телеоптик
(Извор: фотографија: Куленовић, 2010)



Слика 4.6 Индустрија Мотора Раковица
(Извор: фотографије: Куленовић, Фото документација МИЈ)



Слика 4.7 Алатница Рад (Ковница а.д.)
(Извор: фотографија: Куленовић, 2010)

Слика 4.8 Инекс Борац
(Извор: фотографија: Google Maps, 2015)

Карактеристике локације

Локације варирају од централно градских, са великим бројем опција јавног превоза и пуно услужних функција до нешто мање погодних, али прихватљивих локација за функцију пословања.

Физичке карактеристике

Оријентација варира у зависности од оријентације градског блока у коме се објект налази.

Машинске радионице, ливнице и творнице су приземни објекти, велике квадратуре и велике дубине основе. Површина вертикалних отвора и кровних прозора значајно варира од објекта до објекта.

Фабрика жице Глише Јосиповића и неки од објеката ДД Телеоптик су вишеспратне зграде, основе мање и средње дубине, и величине отвора између 15 и 25 процената површине зида.

Неки од објеката индустрије прераде метала су под заштитом државе (Завод за заштиту споменика културе града Београда, 2016).

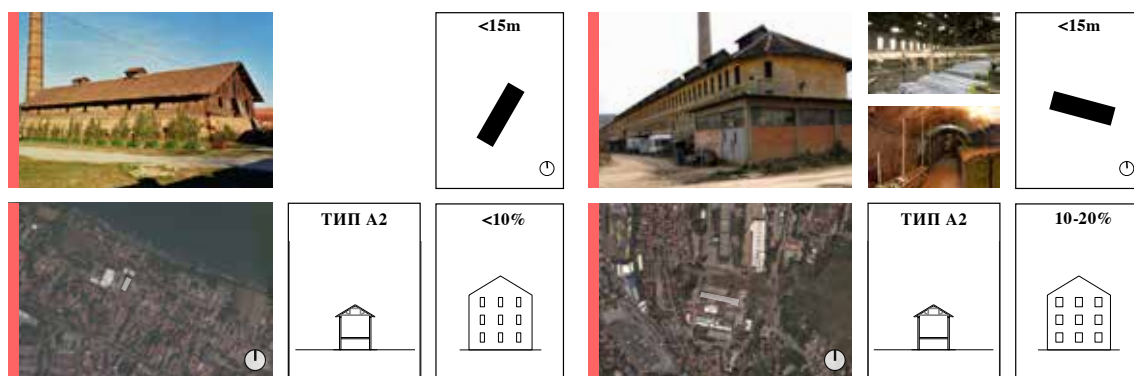
Опсервације

Димензије основе и површина отвора чине фабрику жице Глише Јосиповића, Инекс Борац и главну зграду Телеоптика погодним кандидатима за пренамену у пословање. Томе доприносе и погодне локације ових објеката. Остали објекти су у функцији, а њихове физичке карактеристике их чине погоднијим за друге намене.

4. Индустија керамике и стакла

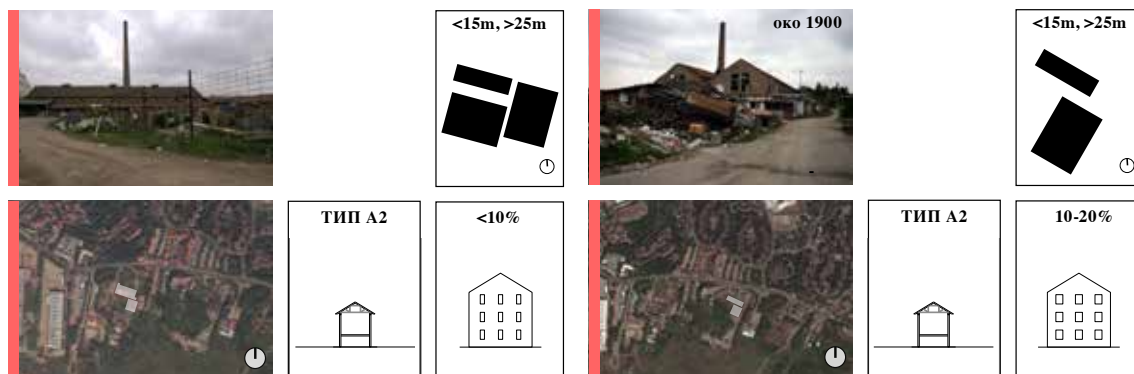
Сачувани објекти већином су циглане изграђене око 1900. Објекти нису културна добра, и данас нису у радном стању ни функцији:

- Прва земунска творница опеке (Прегревица 96, Земун, слика 4.9);
- Циглана Полет, (Сланачки пут, Вишњица, Палилула, слика 4.10);
- Циглана Козара (Сланачки пут Вишњица, Палилула, слика 4.11);
- Циглана Рекорд (Сланачки пут, Вишњица, Палилула, слика 4.12).



Слика 4.9 Прва земунска творница опеке
(Извор: фотографија: Куленовић, Фото документација МИЈ)

Слика 4.10 Циглана Полет
(Извор: фотографија: Куленовић, Фото документација МИЈ)



Слика 4.11 Циглана Козара
(Извор: фотографија: Куленовић, Фото документација МИЈ)

Слика 4.12 Циглана Рекорд
(Извор: фотографија: Куленовић, Фото документација МИЈ)

Карактеристике локације

Локације објеката ове индустријске гране обично нису примерене функцији пословања. Наведени објекти се налазе изван централне градске зоне, са ограниченим приступом градском превозу и ограниченим бројем компатибилних услужних функција.

Физичке карактеристике

Тренутно стање објеката је веома лоше, циглана Рекорд је делом и порушена. Објекти најчешће имају приземље и спрат велике висине. Осим код прве земунске творнице опеке, спољни зидови грађени су од опеке. Величина отвора на фасадама анализираних објеката варира између 5 и 20% површине зида. Циглане карактеришу коси кровови, понекад са кровним прозорима. Отвори на више фасада нуде потенцијал за природну вентилацију. Анализирани објекти не уживају статус културног добра. Присуство димњака, облик отвора и конструкција дају индустријски карактер овим објектима, што их чини примамљивим за потенцијалне пословне закупце (Kincaid, 2002). Стога би те карактеристике требало сачувати уколико дође до интервенција на овим објектима.

Опсервације

Док физичке карактеристике неких циглана нуде потенцијал за енергетски ефикасну пренамену у пословање, изоловане локације и јако лоше тренутно стање чине их мање примамљивим кандидатима. Објекти са површином отвора испод 10% површине зида не би задовољили захтеве за природним осветљајем.

5. Дрвна индустрија

Од значајних сачуваних индустријских комплекса издваја се Стругара и млин М. Симовић у Забрежју надамак Обреновца (Радничка 4, Обреновац, слика 4.13). Овај веома велики фабрички комплекс простире се на неколико хектара, а својевремено је имао сопствену термоелектрану и неколико машинских млинова за жито.

За развој индустријске зоне на источној страни Дунава имала је велики значај и стругара Прометне банке. Ова стругара прекинула је са радом 1941. године, а на њеној локацији подигнути су магацински простори Луке Београд (Михајлов, 2011).



Слика 4.13 Стругара и млин М. Симовић
(Извор: фотографија: Куленовић, 2010)

Карактеристике локације

Локација у близини Саве, удаљена од градског центра, те непогодна за функцију пословања.

Физичке карактеристике

Комплекс чини више вишеспратних објеката са косим кровом, грађених од опеке. Површина вертикалних отвора је испод 10% површине зида. Објекти су мале дубине.

Тренутно стање комплекса је лоше, неки објекти су делимично обрушени. Објекти не уживају статус културног добра.

Опсервације

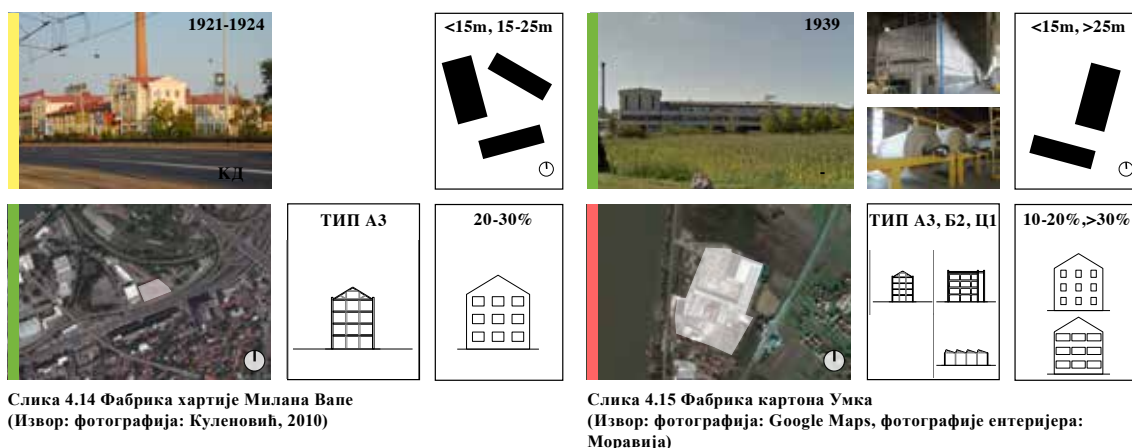
Објекти имају премалу површину вертикалних отвора да би били погодни за енергетски ефикасну пренамену у пословање. Локација без довољно опција јавног превоза и комплиментарних функција није погодна за ову намену.

6. Индустија хартије

Анализирани објекти су фабрика хартије Милана Вапе (Булевар војводе Мишића 10, Савски венац, слика 4.14) и фабрика картона Умка ДОО (13. октобра 1, Чукарица, слика 4.15).

Фабрика хартије Милана Вапе деценијама је била једна од највећих и најмодернијих фабрика папира на Балкану. Производња папира у Србији у првој половини 20. века везује се за ову фабрику. Фабрика је затворена седамдесетих година 20. века (Куленовић, 2015). Објект има статус културног добра (одлука, „Сл. гласник РС“ бр. 35/13).

Фабрика картона Умка и даље је у функцији.



Карактеристике локације

Фабрику Милана Вапе карактерише градска локација, добра повезаност јавним превозом и близина ауто пута, што је чини погодном за функцију пословања.

Локацију такође карактерише бука са Булевара војводе Мишића и загађеност ваздуха.

Фабрика Умка налази се на периферији града. Главне карактеристике локације су близина реке Саве и лоша повезаност јавним превозом.

Физичке карактеристике

У оба случаја више објеката чини целину фабрике. У случају Милана Вапе објекти су вишеспратни, са унутрашњом организацијом погодном за функцију пословања.

Површина вертикалних отвора варира између 20 и 25 процената површине зида. Распоред отвора даје потенцијал за солидну осветљеност унутрашњег простора.

Опсервације

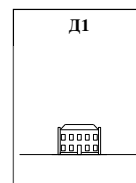
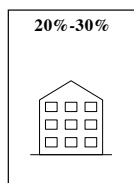
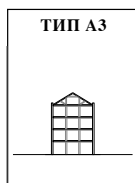
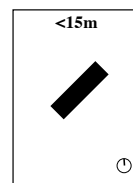
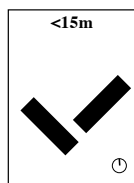
Фабрика Милана Вапе има потенцијал за успешну пренамену у пословање због повољних физичких карактеристика, величине и локације. Због своје величине, фабрика је довољно флексибилна за једну већу или више засебних пословних јединица.

7. Хемијска индустрија

Током 19. века хемијска индустрија је била једна од најнеразвијенијих привредних грана у Србији (Михајлов, 2011) и углавном се заснивала на занатској производњи. На почетку данашње индустријске зоне на десној обали Дунава, основана је око 1878. године мала радионица шподијума и туткала М. Мунка, која је почетком 20. века прерасла у праву фабрику, прву ове врсте у Србији (Михајлов, 2011). Након првог светског рата свој производни погон сели у Земун. 1897. године основано је Српско хемијско друштво у Београду (Куленовић, 2015).

Анализирани објекти хемијске индустрије су:

- Србоек (Сарајевска 82-84, Савски венац, слика 4.16), прва српска фабрика лекова, основана 1919. године (Вуковић, 2005), данас изван функције
- Државна хемијска лабораторија (угао улица Краља Милутина 25 и Његошеве 12, Врачар, слика 4.17). Објект има статус културног добра (решење Завода бр. 168/5 од 8.5.1965) и данас је седиште Института за хемију, технологију и металургију.



Слика 4.16 Србоек
(Извор: фотографија: Google Maps)

Слика 4.17 Државна хемијска лабораторија
(Извор: фотографија: Куленовић, 2010)

Карактеристике локације

Објекти имају централне градске локације, добро повезане јавним превозом и у близини ауто пута. Загађеност ваздуха може бити проблематична.

Физичке карактеристике

Објекти из различитих периода и различите спратности. Оба примера имају малу дубину и повољан унутрашњи распоред, са више појединачних просторија. Отворени су ка више оријентација, што даје добар потенцијал за проветравање, али се мора посматрати заједно са проблемом буке и загађености ваздуха. Површина вертикалних отвора је између 20 и 30 процената.

Опсервације

Објекти Срболека имају добру локацију и повољне физичке карактеристике за енергетски ефикасну адаптацију.

8. Прехрамбена (и пољопривредна) индустрија

Прехрамбена индустрија била је једна од најразвијенијих у периоду пре Другог светског рата. Највише објеката ове индустријске гране чине машински млинови који су већином и даље у функцији.

Један од најзначајнијих објеката је Београдска кланица, подигнута 1895-1898. године (Михајлов, 2011), чија изградња је означила почетак формирања најзначајније индустријске зоне на десној обали Дунава (Михајлов, 2011).

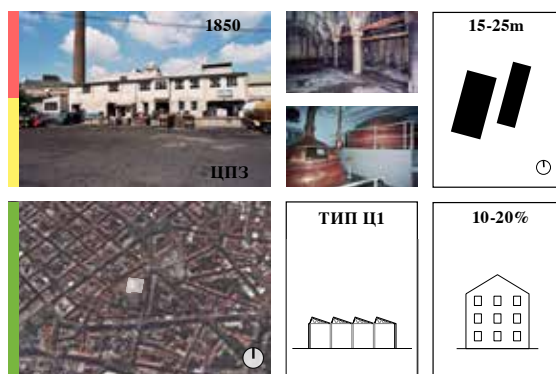
Државна фабрика шећера на Чукарици (једна од највећих на Балкану) отворена је 1899. године. Први акционарски млин, изграђен по тада најсавременијим стандардима и такође један од највећих на Балкану, почео је да ради 1901. године.

Анализирани објекти:

- Парна пивара „Игњат Бајлони и синови“ (Цетињска 15, Стари град, слика 4.18).

Пивара се налазе у оквиру просторне културно-историјске целине Скадарлија (решење Завода бр. 322/2 од 28.7.1967, Завод за заштиту споменика културе града Београда, 2015). Предвиђена пренамена у хотел и пословни комплекс, тренутно се издаје превасходно угоститељским закупцима.

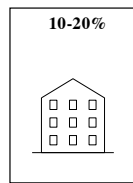
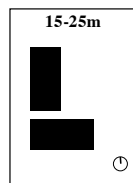
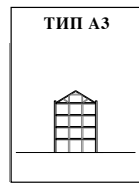
- Краљевско српска повлашћена фабрика шећера у Београду (Раничка 3 и 3а, Чукарица, слика 4.19). Комплекс има статус културног добра (одлука, „Сл. лист града Београда“ бр. 23/84). Комплекс карактеришу делимична промена функције, а делимично је изван функције;
- Београдска кланица (Булевар деспота Стефана 111, Палилула, слика 4.20). Кланица је од великог значаја јер је означила почетак формирања најзначајније индустријске зоне на десној обали Дунава (Михајлов, 2011). До данас су очуване вишеспратна главна кланичка зграда и канцеларијска зграда оријентисана ка Булевару деспота Стефана. Кланица је изван функције и има статус добра које ужива претходну заштиту (Завод за заштиту споменика културе града Београда, 2016);
- Фабрика чоколаде Коста Шонда (Цара Уроша 62-64, Стари град, слика 4.21). Комплекс тренутно има више функција: пословање, магацински простор и производњу и прераду коже и текстила;
- Млин Првог акционарског хлебарског удружења (Булевар војводе Мишића 15, Савски венац, слика 4.22). Објект има статус културног добра (одлука, „Сл. лист града Београда“ бр.16/87) и адаптиран је у хотел;
- Млин Фалкенбургер (Млинска 1, Сурчин, слика 4.23), у функцији;
- Млин Марковић (Смедеревски пут, близу Булевар Ослобођења, Гроцка, слика 4.24), у функцији;
- Млин Димитријевић (Светосавска / Десетог Октобра, Барајево, слика 4.25), у функцији;
- Млин Суворов (Краља Петра 17, Обреновац, слика 4.26), у функцији и
- Млин Јосиповић, Рипањ (Сепашиновац, Вождовац, слика 4.27), у функцији.



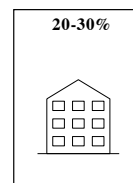
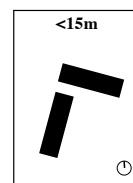
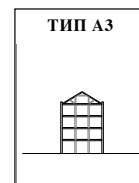
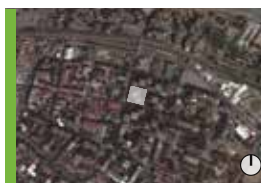
Слика 4.18 Пивара Бајлони
(Извор: фотографије: Куленовић, Фото документација МНЈ)



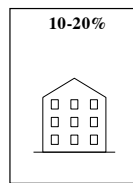
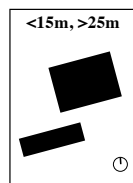
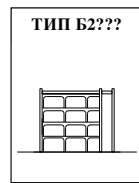
Слика 4.19 Државна фабрика шећера
(Извор: фотографије: Куленовић, Фото документација МНЈ)



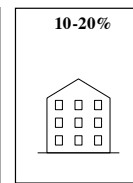
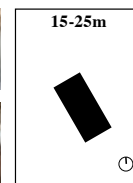
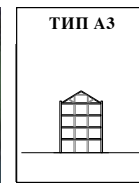
Слика 4.20 Београдска кланица
(Извор: фотографија: Снежана Негованић из Михајлов, 2011)



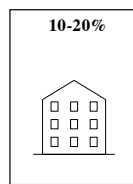
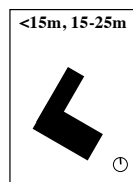
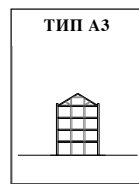
Слика 4.21 Коста Шонда
(Извор: фотографија: Куленовић, Фото документација МИЈ)



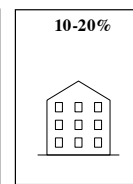
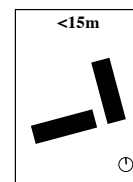
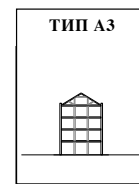
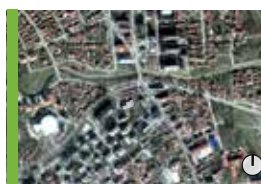
Слика 4.22 Први акционарски млин
(Извор: фотографије: newmill.rs)



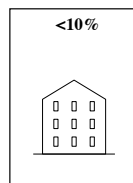
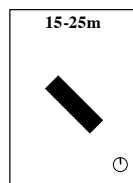
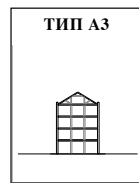
Слика 4.23 Млин Марковић
(Извор: фотографије: Куленовић, Фото документација МИЈ)



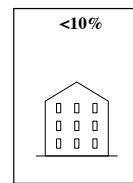
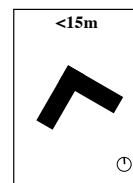
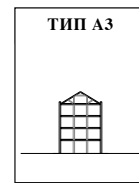
Слика 4.24 Млин Фалкенбургер
(Извор: фотографије: Куленовић, Фото документација МИЈ)



Слика 4.25 Млин Сувобор
(Извор: фотографија: Куленовић, Фото документација МИЈ)



Слика 4.26 Млин Димитријевић
(Извор: фотографија: Google Maps, фотографије ентеријера: Куленовић, Фото документација МИЈ)



Слика 4.27 Млин Јосиповић
(Извор: фотографија: Google Maps, фотографија ентеријера: Куленовић, Фото документација МИЈ)

Карактеристике локације

Млинови су углавном лоцирани ван централних градских зона. Карактерише их лоша повезаност јавним превозом, као и недовољно услужних функција.

Први акционарски млин и Коста Шонда имају централно градске локације, са великим бројем услуга и добром повезаношћу јавним превозом.

Физичке карактеристике

Млинови су вишеспратни, слободно стојећи објекти, средњих дубина основе.

Унутрашњост чине просторије великих површина. Спољни зидови су од опеке.

Површина вертикалних отвора варира од испод 10% до 20% површине спољашњих зидова. Млинови су објекти једноставне архитектуре, и већином без легалне заштите (осим зграде Првог акционарског млина).

Комплекс фабрика Коста Шонда чини више објеката различите спратности и квалитета градње. Главна зграда има масивне зидове од опеке, основу мале дубине и површину прозора од 20% (детаљније у Прилогу 2).

Фабрика шећера и пивара Бајлони су комплекси са више објеката различитих димензија основа и вертикалних отвора.

Опсервације

Већина млинова и даље је у функцији, те нису кандидати за промену намене.

Такође њихове изоловане локације нису погодне за функцију пословања.

Генерално, објекти ове индустријске гране имају потенцијал за пренамену у пословање. Велике спратне висине, простране унутрашњости, као и индустријски карактер објекта неке су од предности ове индустријске гране. Неке од зграда нису заштићене, што оставља више слободе при адаптацији, пре свега за стратегије које би повећале ниво дневног осветљења објеката.

9. Пољопривреда

Од сачуваних објеката издваја се зграда некадашње „Задруге за исушење југоисточног Срема“ тј. Водне заједнице Галовица која је и данас у њој смештена (Авијатичарски трг 10, Земун. слика 4.28), Објекат је обликован у стилу сецесије и има статус културног добра (одлука, „Сл. гласник РС“ бр. 51/2013). Други сачувани објекти ове индустријске гране су реверзибилне црпне станице које су већином и даље у функцији:

- Реверзибилна центрифугална црпна станица за воду Борча (Дунавски насип бб, Борча, Палилула, слика 4.29), у функцији;
- Реверзибилна центрифугална црпна станица за воду Овча (Пачевачки пут 200, Овча, Палилула, слика 4.30), у функцији;
- Реверзибилна центрифугална црпна станица за воду Бољевци (Бранка Остојића 23, Бољевци, Сурчин, слика 4.31), у функцији;
- Реверзибилна центрифугална црпна станица за воду Фенек (Чмељково насеље бб, Бољевци, Сурчин, слика 4.32), повремено у функцији;
- Реверзибилна центрифугална црпна станица за воду Јаково (Савски насип бб, Јаково, Сурчин, слика 4.33), није у функцији;
- Реверзибилна центрифугална црпна станица за воду Зидина (Савски насип бб, Јаково, Сурчин, слика 4.34), није у функцији.

Карактеристике локације

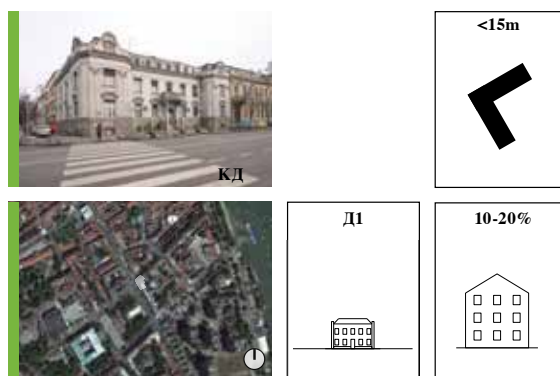
Реверзибилне црпне станице лоциране су углавном по ободу града. Карактерише их лоша повезаност јавним превозом и недостатак услужних функција, те њихова локација није повољна за функцију пословања.

Физичке карактеристике

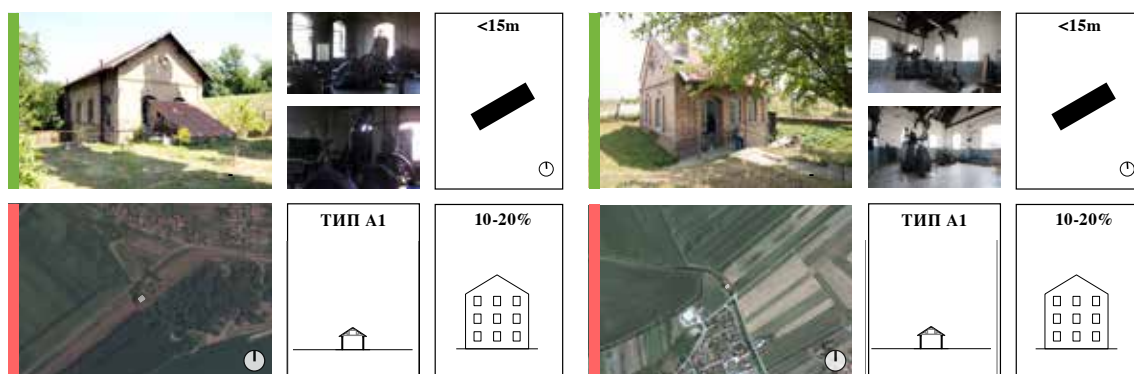
Слободно стојећи, приземни објекти, делом испод линије тла. Зидови су од бетона или опеке. Величина објеката варира.

Површина вертикалних отвора је у просеку око 15%.

Објекти не уживају статус културног добра.

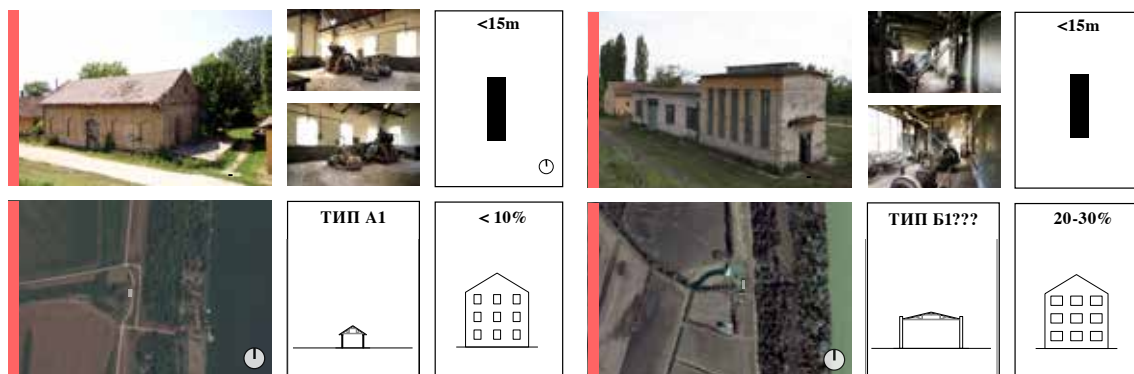


Слика 4.28 Зграда Водне заједнице Галовица
(Извор: фотографија: Куленовић, Фото документација МИЈ)



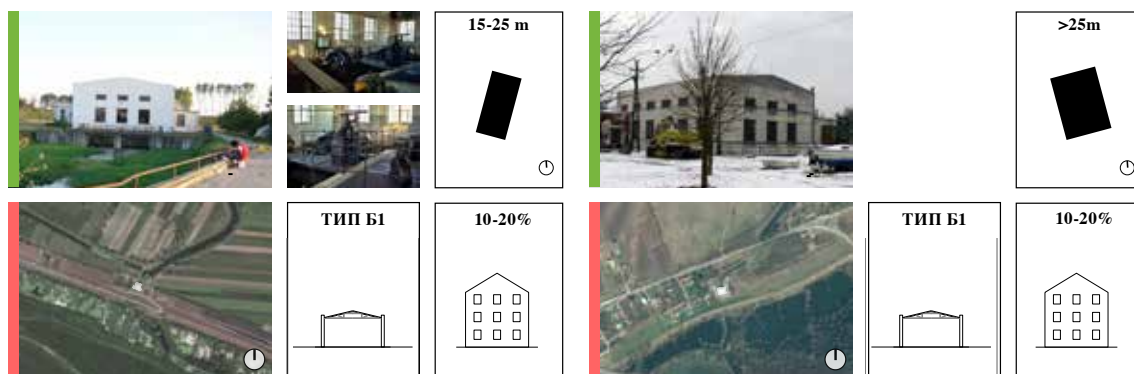
Слика 4.29 Реверзибилна црпна станица за воду Бољевци
(Извор: фотографије: Куленовић, Фото документација МИЈ)

Слика 4.30 Реверзибилна црпна станица за воду Фенек
(Извор: фотографије: Куленовић, Фото документација МИЈ)



Слика 4.31 Реверзибилна црпна станица за воду Јаково
(Извор: фотографије: Куленовић, Фото документација МИЈ)

Слика 4.32 Реверзибилна црпна станица за воду Зидина
(Извор: фотографије: Куленовић, Фото документација МИЈ)



Слика 4.33 Реверзибилна црпна станица за воду Борча
(Извор: фотографије: Куленовић, Фото документација МИЈ)

Слика 4.34 Реверзибилна црпна станица за воду Овча
(Извор: фотографија: Куленовић, Фото документација МИЈ)

Опсервације

Већина објеката и даље је у функцији, те тренутно не представљају потенцијалне кандидате за пренамену. Локације нису подобне за функцију пословања. Да би се прилагодили новој функцији, требало би извршити неке измене попут увођења мезанина, ради бољег искоришћења волумена објекта. Мањи објекти би били подобнији за друге функције.

10. Текстилна индустрија

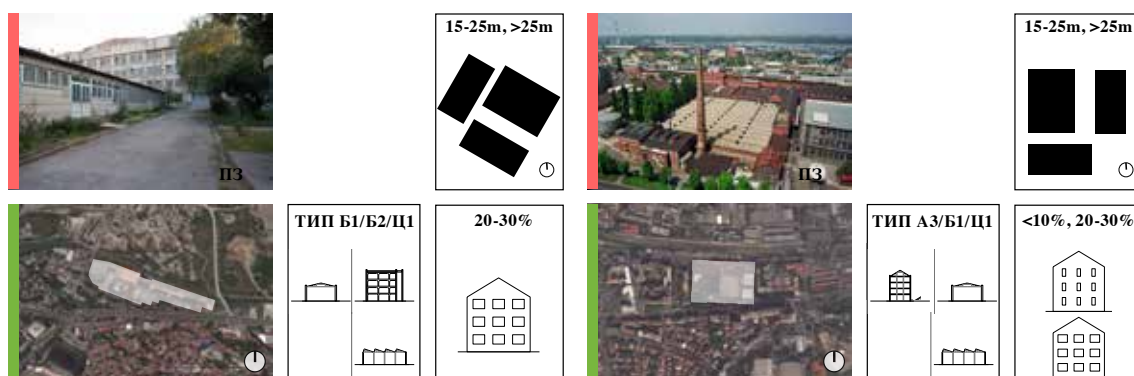
Текстилна индустрија се у Београду, слично другим гранама, развијала прерастањем ситних занатлијских радионица у веће, које би касније прерасле у индустрију засновану на машинском раду и снабдевену савременом техничком опремом.

Текстилна индустрија је почетком 20. века, као и у периоду између два светска рата спадала међу најразвијеније индустријске гране (Михајлов, 2011).

Од значајних сачуваних објеката на територији Београда издвајају се:

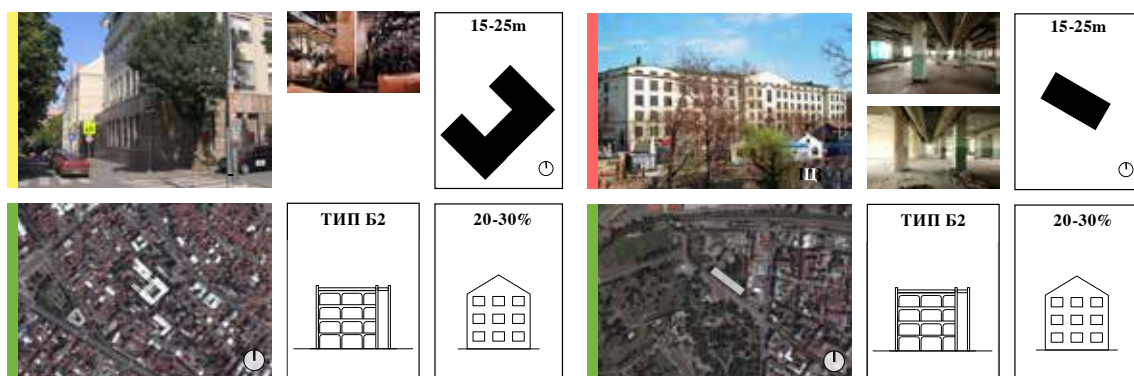
- Београдски вунарски комбинат (БВК, Вишњићка 15, Палилула, слика 4.35), основан 1896. као једна од највећих парних фабрика платна на Балкану (Прво краљевско повлашћено предузеће за прераду кудеље и памука Алексе Обрадовића и Комп.), после 1910. године прелази у власништво Текстилне фабрике Косте Илића и Синова а.д. Неке од зграда комбината се и данас превасходно користе за текстилну производњу - закупци су приватне фирме са 350-400 радника (Време, 2006). Најстарији очувани објекти фабричког комплекса су предионица из 1911. и ткачница из 1922/1923 године. БВК је класификован као добро које ужива претходну заштиту (Завод за заштиту споменика културе града Београда, 2015);
- Београдски памучни комбинат (БПК, Поенкареова 22, Палилула, слика 4.36), није у радном стању, ни у функцији. Настао је прерастањем мале радионице, у ткачницу са 14 разбоја, а касније у Београдску текстилну индустрију и једну од највећих фабрика текстила на Балкану (Михајлов, 2011). БПК представља најочуванији фабрички комплекс настао до 1941. године (Михајлов, 2011) и класификован је као добро које ужива претходну заштиту (Завод за заштиту споменика културе града Београда, 2015);

- Фабрика модерних плетених производа а.д. Моравија (Ћирила и Методија 10, Звездара, слика 4.37), једна од највећих фабрика трикотаже у Србији пре Другог светског рата (Куленовић, 2015). Фабрика је променила функцију у становање;
- Беко - Београдска конфекција (Булевар војводе Бојовића 6-8, Стари Град, слика 4.38), настала као Завод за израду војне одеће, а касније Беко. Објекат је изван функције. Налази се у оквиру просторно културно историјске целине од изузетног значаја „Београдска тврђава” (Завод за заштиту споменика културе града Београда, 2016).



Слика 4.35 Београдски вунарски комбинат
(Извор: фотографија: Куленовић, Фото документација МИЈ)

Слика 4.36 Београдски памучни комбинат
(Извор: фотографија: Куленовић, Фото документација МИЈ)



Слика 4.37 Моравија
(Извор: фотографије: Куленовић, Фото документација МИЈ)

Слика 4.38 Беко - Београдска конфекција
(Извор: фотографије: Куленовић, Фото документација МИЈ)

Карактеристике локације

Већина објеката има јако добре локације, у ужем центру града или добро повезане градским превозом.

Физичке карактеристике

БПК је индустријски комплекс од 4,5 хектара. Чини га скуп више објеката, различитих типологија. Од приземних, велике дубине основе, са кровним прозорима, до вишеспратних различитих конфигурација. Слично важи и за БВК. У кругу фабрике налазило се у једном тренутку укупно четрдесет и један објекат, укључујући стамбене зграде, магацине, стоваришта, радионице, основну школу за децу запослених и многе друге (Михајлов, 2011). Док је конструкција већих објеката БВК-а од армираног бетона, објекти БПК-а углавном су грађени од опеке. „Елементи стилског обликовања, конструктивни склоп видљив у спољном изгледу објеката, као и опека и карактеристични тестерасти кровови, дају читавом комплексу монументалан и репрезентативан карактер” (Михајлов, 2011:107, за БПК). Површина вертикалних отвора варира од 5 до 50%.

БЕКО је слободностојећа зграда импресивних димензија. Површина и распоред вертикалних отвора, димензије основе, као и унутрашњи распоред просторија изузетно погодују пренамени у пословање.

Објекти ван функције су у лошем стању.

Опсервације

Добра локација, индустријски карактер, површина отвора, масивни зидови и вишеспратност, чине неке од објеката текстилне индустрије, који својом физичком структуром погодују функцији пословања потенцијално добрим кандидатима за пренамену. Концептуални пројекат Синестезије из 2011. године (Синестезија, н.д.) за БВК као нову намену у објектима наводи комерцијалне садржаје за приземље, а пословне намене за горње спратове. Генерални план Београда 2021. предвидео је измештање индустрије, привредне зоне и привредне делатности са подручја на десној обали Дунава и планира његову потпуну трансформацију у комерцијалне и друге делатности (Сл. лист града Београда, бр. 27/03, 25/05, 34/07, 63/09, 70/14).

Текстилна производња је функционално комплементарна намена пословању. Сличности укључују димензије радних места, потрошњу енергије за рад машина, сличне захтеве комфора и осветљења итд. Стога, велики број објеката ове функције били би добри кандидати за пренамену у функцију пословања.

11. Индустрија коже и крзна

Фабрика коже „Бели орао“ (Поенкареова 100, Палилула), основана 1925. а почела да ради 1926. године. Ова фабрика представља неодвојиви део историјског развоја индустријске зоне на десној обали Дунава (Михајлов, 2011). Сазидана је на имању Кланичког друштва. Данас није у функцији.

Објекат се налази у оквиру целине „Прва индустријска зона Београда“ која ужива статус претходне заштите (Завод за заштиту споменика културе града Београда, 2016).

12. Електричне централе (Електропривреда)

Објекте електропривреде на територији Београда чине:

- Електрична централа Општине града Београда (Скендербегова 51, Стари град, слика 4.39), сазидана 1922. године, на месту некадашње прве велике термоелектране у Београду (и Србији), пуштене у рад 1893. године (Куленовић, 2015). Електрична централа престаје да ради 1932. када је пуштена у погон термоелектрана Снага и светлост (Куленовић, 2015). У згради електричне централе се данас налази Музеј науке и технике. Објекат је регистрован као добро које ужива претходну заштиту (Завод за заштиту споменика културе града Београда, 2015);
- Термоелектрана „Снага и светлост“ (Дунавски кеј 33, Дорћолска marina, Стари град, слика 4.40). Изградњом термоелектране први пут је почела да се користи нисконапонска дистрибутивна мрежа за напајање наизменичном струјом, што је допринело знатном унапређењу електроенергетског система града (Михајлов, 2011). Термоелектрана данас није у радном стању. Термоелектрана „Снага и светлост“ има статус културног добра („Сл. гласник РС“ бр. 33/13);
- Термоелектрана д.д. за електрична предузећа (Земунски кеј 3, Земун, слика 4.41), која је почела са радом 1899. и била једна од првих великих термоцентрала на тлу данашње Србије (Куленовић, 2015). Електрана данас није у радном стању, и променила је функцију у пословни и магацински простор. Електрана се налази у оквиру “Старог језгра Земуна”, ПКИЦ од великог значаја (Завод за заштиту споменика културе града Београда, 2015).

Карактеристике локације

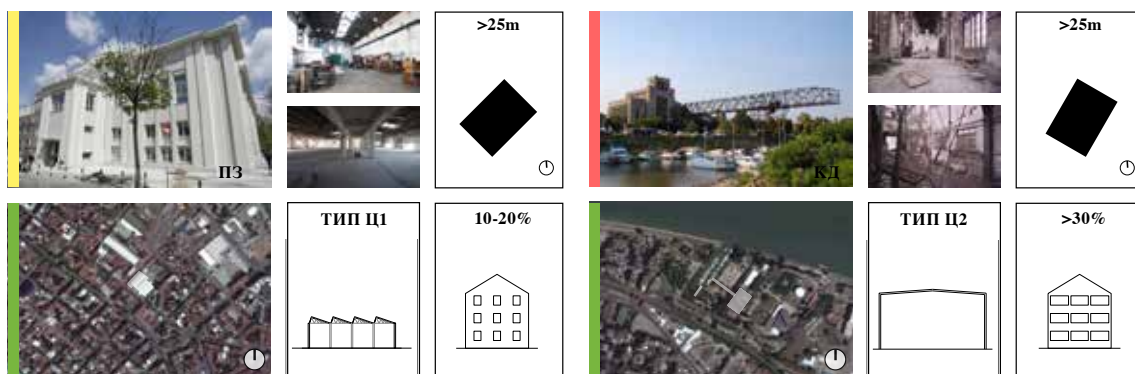
Централне градске локације, велики број услужних функција и добра повезаност градским превозом.

Физичке карактеристике

Снага и светлост је објекат великих димензија. Спољни зидови су од опеке, конструкција од челика. Величина отвора је између 20 и 30% површине спољашњег зида. Тренутно стање објекта је јако лоше.

Опсервације

Једини објекат који није променио намену је термоелектрана Снага и светлост. Међутим, како због значаја овог споменика, тако и због његових димензија, функција пословања није адекватан избор за пренамену.



Слика 4.39 Електрична централа Општине града Београда
(Извор: фотографија: rsn1.info фотографије ентеријера: Куленовић, Фото документација МИЈ)

Слика 4.40 Снага и светлост
(Извор: фотографије: Куленовић, Фото документација МИЈ)



Слика 4.41 Термоелектрана д.д.
(Извор: фотографија: Куленовић, Фото документација МИЈ)

13. Саобраћај

Највећи број сачуваних објеката су железничке станице, које су углавном и данас у функцији. Закон о изградњи железнице донет је 1875. године. Девет година касније (1884) је пуштена у саобраћај пруга Београд–Ниш, прва дужа железничка пруга у Србији. Исте године је изграђена и Главна железничка станица у Београду.

- Зграда Главне железничке станице Београд (Савски трг 1, Савски венац, слика 4.42), у функцији. Културно добро од великог значаја (Сл. Гласник СРС бр. 28/83);
- Железничка станица Топчидер Дворска (Пионирска 4, Чукарица, слика 4.43), у функцији. У оквиру ПКИЦ од великог значаја „Топчидер” (Завод за заштиту споменика културе града Београда, 2016);
- Железничка станица Кошутњак (Булевар Патријарха Павла 10, слика 4.44), није у радном стању, није у функцији. У оквиру ПКИЦ од великог значаја „Топчидер” (Завод за заштиту споменика културе града Београда, 2016);
- Железничка станица Раковица (Патријарха Димитрија 7, Раковица, слика 4.45), у функцији;
- Железничка станица Дунав (Поенкареова 3, Палилула, слика 4.46), у функцији;
- Железничка станица Умчари (Моше Пијаде бб, Гроцка, слика 4.47), у функцији;
- Железничка станица Младеновац (Браће Бацак 4, Младеновац, слика 4.48), у функцији;
- Зграда железничке станице Обреновац (Краља Александра 1, Обреновац, слика 4.49), данас аутобуска станица Обреновац Ласта.

Помоћни објекти железнице:

- Ложионица железничке станице Београд (Булевар војводе Мишића 8, Савски венац, слика 4.50), у функцији;
- Гаража дворских композиција на станици у Топчидеру (Раковачки пут 8, Раковица, слика 4.51). У функцији, у оквиру ПКИЦ од великог значаја „Топчидер” (Завод за заштиту споменика културе града Београда, 2016)

Остали сачувани објекти:

- Хангар старог београдског аеродрома (Омладинских бригада 88, Нови Београд, слика 4.52), није у радном стању, промена функције. Споменик културе (Одлука, „Сл. гласник РС“ бр. 72/13). У градњи је примењен, тада у свету нов систем корубе за лучну таваницу (Завод за заштиту споменика културе града Београда, 2016);
- Капетанија Београд (Карађорђева 2-4, Стари град, слика 4.53), у функцији, у оквиру ПКИЦ “Косанчићев венац” (Решење Завода бр. 490/1 од 24.5.1971, Завод за заштиту споменика културе града Београда, 2015); Културно добро од великог значаја (Одлука, „Сл. гласник СРС“ бр. 14/79);
- Капетанија Земун (Кеј Ослобођења 8, Земун, слика 4.54). Тренутна функција галеријски простор и ресторан, Културно добро (Одлука, „Сл. гласник РС“ бр. 35/13);
- Магацин Луке Београд - Бетон Хала (Карађорђева 2-4, Стари град, слика 4.55), парцијално у радном стању, парцијална промена функције;
- Зграда Градског саобраћајног предузећа Београд (Књегиње љубице 29, Стари град, слика 4.56), у функцији;
- Трамвајски депо (Булевар краља Александра 142, Звездара, слика 4.57), пренамена у тржни центар, изгорео у пожару 2014. године.

Карактеристике локације

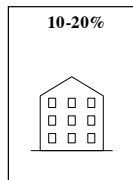
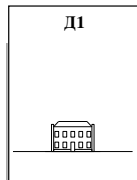
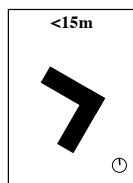
Локације објеката саобраћаја су разноврсне. Железничке станице су у близинама локалних центара.

Физичке карактеристике

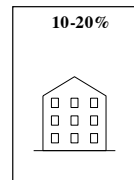
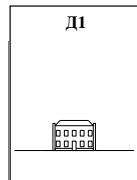
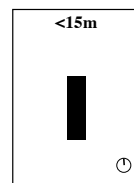
Постоје велике варијације у физичким карактеристикама објеката ове индустријске гране. Тешко је доносити закључке за целу грану.

Опсервације

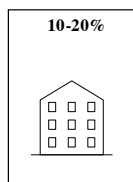
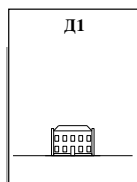
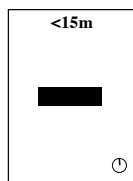
Већина железничких станица је и даље у оригиналној функцији. Помоћни и други објекти су већином већ добили нове намене. Због својих особености и димензија, објекти саобраћаја су подобнији за услужне делатности или функције везане за културу.



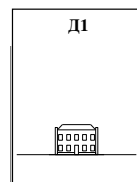
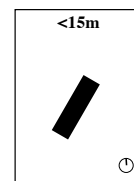
Слика 4.42 Зграда Главне железничке станице Београд
(Извор: фотографија: Куленовић, Фото документација МИЈ)



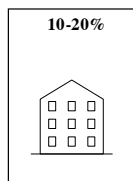
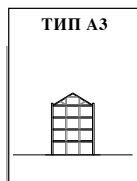
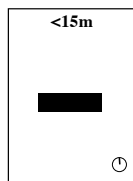
Слика 4.43 Железничка станица Топчидер Дворска
(Извор: фотографија: Куленовић, Фото документација МИЈ)



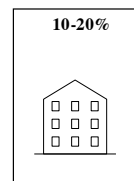
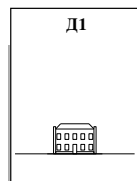
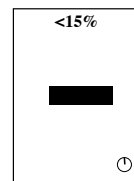
Слика 4.44 Железничка станица Кошутњак
(Извор: фотографија: Куленовић, Фото документација МИЈ)



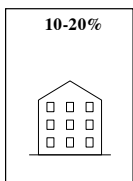
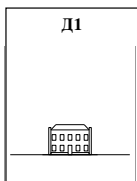
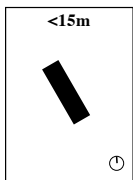
Слика 4.45 Железничка станица Раковица
(Извор: фотографија: Куленовић, Фото документација МИЈ)



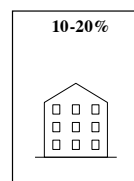
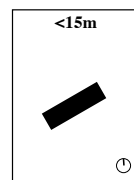
Слика 4.46 Железничка станица Дунав
(Извор: фотографија: Куленовић, Фото документација МИЈ)



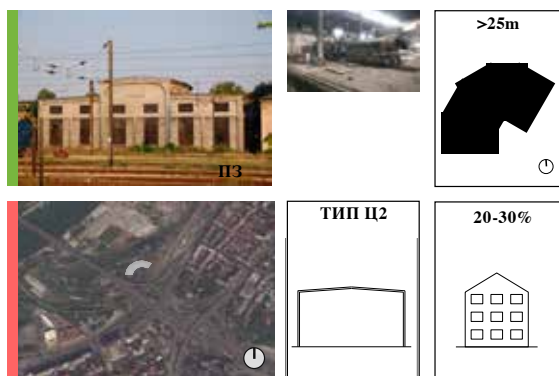
Слика 4.47 Железничка станица Умчари
(Извор: фотографија: Куленовић, Фото документација МИЈ)



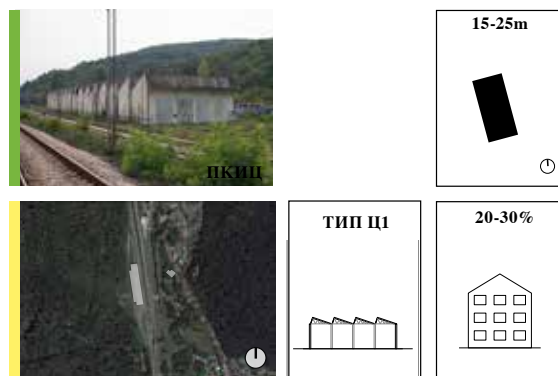
Слика 4.48 Железничка станица Младеновац
(Извор: фотографија: Куленовић, Фото документација МИЈ)



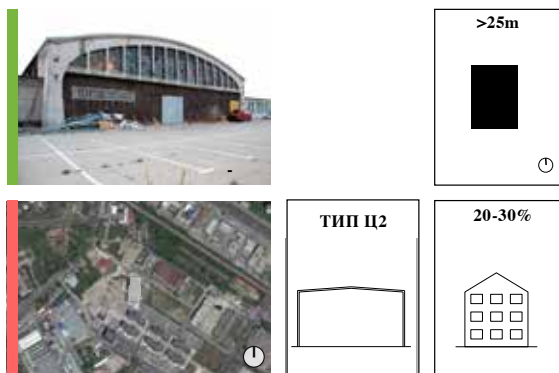
Слика 4.49 Зграда железничке станице Обреновац
(Извор: фотографија: Куленовић, Фото документација МИЈ)



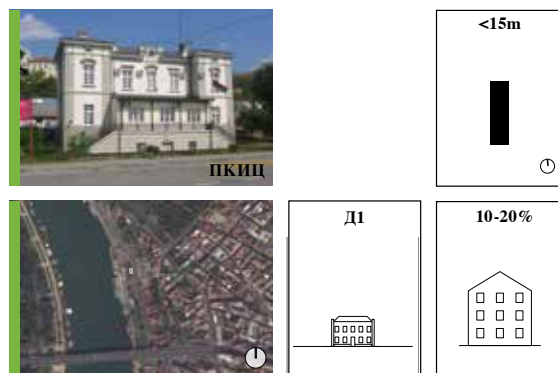
Слика 4.50 Ложионица Железничке станице Београд
(Извор: фотографија: Куленовић, Фото документација МИЈ)



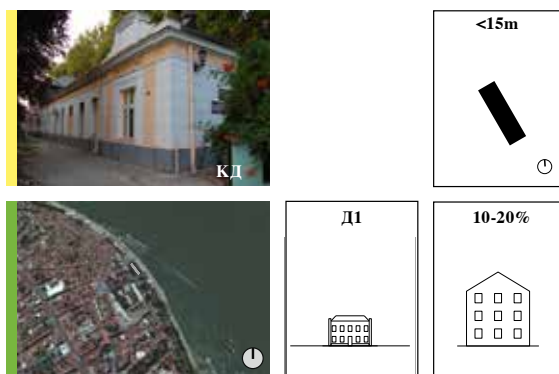
Слика 4.51 Гаража дворских композиција на станици у
Топчидеру
(Извор: фотографија: Куленовић, Фото документација МИЈ)



Слика 4.52 Хангар старог београдског аеродрома
(Извор: фотографија: Куленовић, Фото документација МИЈ)



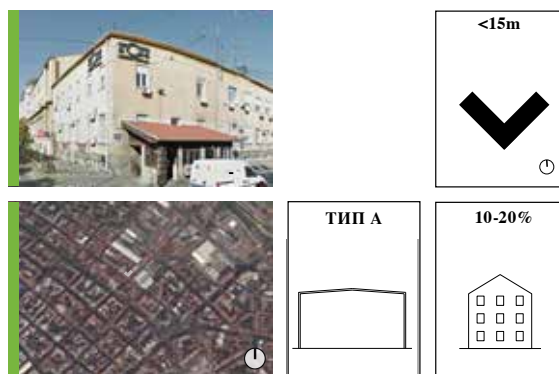
Слика 4.53 Капетанија Београд
(Извор: фотографија: Куленовић, Фото документација МИЈ)



Слика 4.54 Капетанија Земун
(Извор: фотографија: Куленовић, Фото документација МИЈ)



Слика 4.55 Бетон Хала
(Извор: фотографија: Куленовић, Фото документација МИЈ)



Слика 4.56 Градско Саобраћајно предузеће
(Извор: фотографија: Google Maps)



Слика 4.57 Трамвајски депо
(Извор: фотографија: b92.net)

14. Водовод

Београдски водовод пуштен је у рад 1892. године. Од значајних објеката сачувана је црпна станица, а касније радионице Београдског водовода (Водоводска 158, Беле Воде). Објекат се и данас користи и не ужива статус културног добра (слика 4.58).



Слика 4.58 Београдски водовод
(Извор: фотографија: Куленовић, Фото документација МИЈ)

15. Дуванска индустрија

У објављеној литератури нису нађени примери сачуваних објеката дуванске индустрије.

1890. године донет је Закон о монополу дувана. У Србији је постојала само једна фабрика дувана, и то у Београду. Машине из фабрике која је била уништена аустроугарском артиљеријом пренете су у Ниш 1914. године (Андрејевић, 2011).

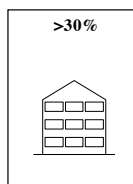
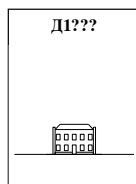
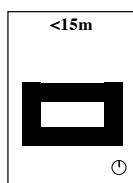
16. Штампарије

У раду су анализирана два објекта ове индустријске гране, оба изузетних димензија и архитектонског значаја, са статусом културног добра:

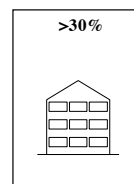
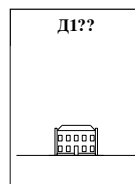
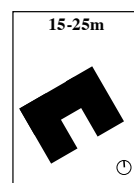
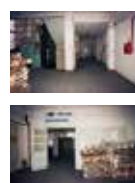
- Завод за израду новчаница и кованог новца (Пионирска 2, Чукарица, слика 4.59). Ковница је грађена по тада највишим европским стандардима, у сарадњи са француском државом. У њој се први пут код нас израђивао и папирни новац (Куленовић, 2015). Ковница је и данас у радном стању, и оригиналној функцији, Објект има статус културног добра (Сл. Гласник РС бр. 73/2007);
- Зграда Државне штампариие, касније Београдски издавачко-графички завод, БИГЗ (Булевар војводе Мишића 17, Савски венац, слика 4.60). Државна штампарииа је једна од најстаријих државних институција у Кнежевини Србији, основана 1831. године (Завод за заштиту споменика културе Београд, 2016а). На згради је први пут у београдској архитектури примењен армирано-бетонски скелетни систем конструкције (Завод за заштиту споменика културе Београд, 2016а). Објект представља једно од „антологијских дела српске модерне архитектуре” (Завод за заштиту споменика културе Београд, н.д.). Објект није у радном стању, а доживео је делимичну промену функције, Културно добро (Сл. лист града Београда бр. 26/92).

Карактеристике локације

Зграда Државне штампариие има повољну локацију у центру града, добро повезану јавним превозом, а налази се и у близина ауто пута. Потенцијални проблем локације је загађеност ваздуха.



Слика 4.59 Завод за израду новчаница и кованог новца
(Извор: фотографија: Куленовић, Фото документација МИЈ)



Слика 4.60 Зграда Државне штампариие
(Извор: фотографија: Куленовић, Фото документација МИЈ)

Физичке карактеристике

Зграда Државне штампарије је слободно стојећи, вишеспратни објекат, основе у облику ћириличног „П”.

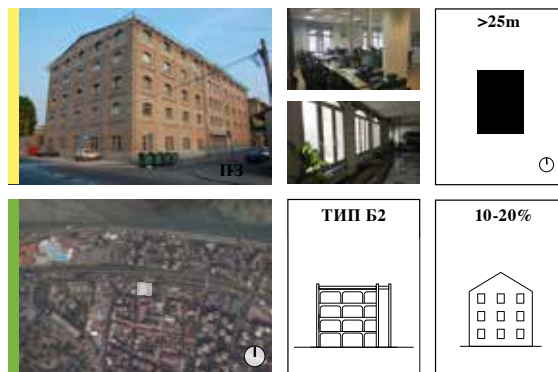
Површина вертикалних отвора око 40% површине спољњег зида.

Опсервације

Физичке карактеристике објекта су подобне за енергетски ефикасну пренамену у пословање. Због своје скорије историје као културног центра, зграда би била погодна за компаније које се баве креативним индустријама или *startup* компаније.

17. Магацини

Магацин Банке Николе Бошковића (Јеврејска 32, Стари град, слика 4.61) сазидан 1920. године, годинама није у оригиналној функцији. Данас је седиште *IT* компаније. Објекат је регистрован као добро које ужива претходну заштиту (Завод за заштиту споменика културе града Београда, 2016).



Слика 4.61 Магацин Банке Николе Бошковића
(Извор: фотографија: Куленовић, Фото документација МИЈ)

Карактеристике локације

Градска локација, добра повезаност јавним превозом.

Физичке карактеристике

Слободно стојећи, вишеспратни објект, великих размера. Површина вертикалних отвора је испод 20% површине зида. Детаљнији приказ објекта дат је у Прилогу 3.

Опсервације

Објект има добру локацију и годинама се успешно користи за функцију пословања.

18. Рударство

По избијању Првог српског устанка 1804. године, јавља се потреба за оловом и барутом из сопствених ресурса (за ливење и ковање ратног материјала) (Куленовић, 2010). На основу одлуке Сената обнављају се и рударски радови у Србији, а 1806. године почињу радови на рудиштима око Авале (Куленовић, 2015). Рударство Авале имало је и ранијих периода активности (предантички, антички и срдњовековни). Од познатијих рудника из времена пре Другог светског рата издваја се рудник олова и сребра Црвени брег, отворен 1886-87, а дефинитивно затворен 1953. године (Епо, 2015).

19. Телекомуникације

Прва пошта у Србији отпочиње са радом 1840. године на Калемегдану у Београду (Пошта Србије, н.д.). Године 1847. у Србији послује 26 поштанских објеката (Пошта Србије, н.д.). Осам година касније (1855) Србија уводи међународни, а затим унутрашњи телеграфски саобраћај (Пошта Србије, н.д.).

Истакнути сачувани објекти на територији Београда:

- Зграда старе телефонске централе (Косовска 47, Стари град, слика 4.62), први објекат ове намене у Србији. Зграда спада међу прве примере у српској архитектури на којима је прихваћен српско-византијски стил (Завод за заштиту споменика културе града Београда, 2016б). Данас није у радном стању, промена функције у пословни простор. Објекат је културно добро од великог значаја (Сл. Гласник града Београда бр. 14 /79. 147);
- Зграда министарства пошта (Палмотићева 2 и Мајке Јевросиме 13, Стари Град, слика 4.63), репрезентативни пример развоја модерног националног стила у Србији (Завод за заштиту споменика културе града Београда, 2016г). Објекат је заведен као културно добро, (Сл. гласник РС бр. 30/07). У згради је данас смештен ПТТ музеј;
- Палата Главне поште у Београду, тј. палата Поштанске штедионице, Главне поште и Главног телеграфа (Таковска 2 и Булевар краља Александра 15, Палилула, слика 4.64), културно добро (Одлука, „Сл. гласник РС“ бр. 35/13) које је и данас у функцији;
- Ауто гаража ПТТ (Јужни Булевар 5, Врачар, слика 4.65), у функцији.

Опсервације

Анализиране објекти имају повољне локације.

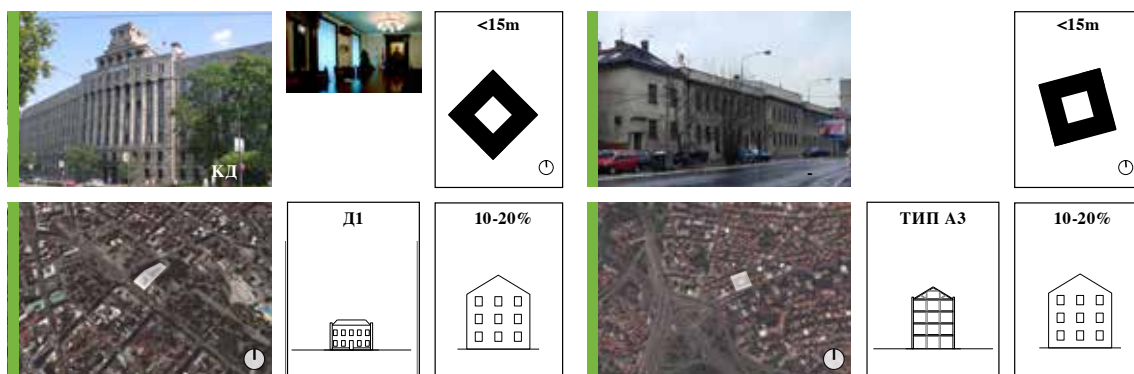
У питању су заштићени објекти препознатљиве архитектуре.

Сви објекти су у функцији (оригиналној или новој), те нису кандидати за пренамену.



Слика 4.62 Телефонска централа
(Извор: фотографија: Куленовић, Фото документација МИЈ)

Слика 4.63 Министарство пошта
(Извор: фотографија: Google Maps)



Слика 4.64 Главна пошта Београд 1
(Извор: фотографија: Куленовић, Фото документација МИЈ, фотографија ентеријера: Михајлов и Мишић, 2008)

Слика 4.65 Ауто гаража ПТТ
(Извор: фотографија: Куленовић, Фото документација МИЈ)

20. Професионалне, научне, техничке дисциплине

Примена првих метеоролошких инструмента у Србији датира из 1848. године, како би се привреда могла планирати у складу са временским условима (Куленовић, 2015). Импровизирана метеоролошка станица ограничених могућности радила је од 1887. године на Сењаку (Куленовић, 2015). 1891. у Београду почиње рад прва српска метеоролошка опсерваторија „Мала астрономија“ (Куленовић, 2015).

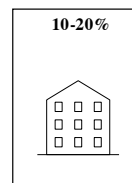
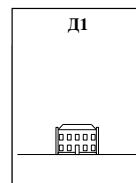
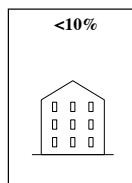
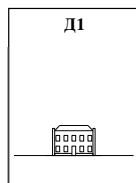
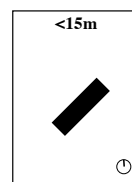
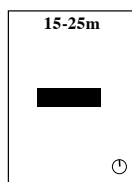
Анализирани објекти:

- Метеоролошка опсерваторија (Булевар ослобођења 8, Вождовац, слика 3.68). Објекат је у радном стању и функцији, а регистрован је као културно добро од великог значаја (Сл. Гласник РС бр. 14/79 и 147);
- Астрономска опсерваторија (Волгина 7, Звездара, слика 3.67.). Опсерваторија је и данас у радном стању и функцији. Објекат је регистрован као културно добро (Сл. Гласник РС бр. 32/01-1250, 399);
- Републички сеизмички завод (Ташмајдански парк бб, Палилула, слика 3.69.) такође је у радном стању и функцији. Објекат представља културно добро (Сл. Гласник РС бр. 30/2007, 321).

Опсервације

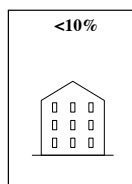
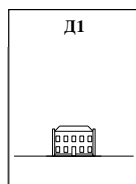
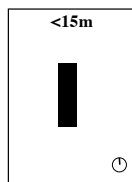
Анализирани објекти и даље су у функцији, те нису кандидати за пренамену.

Разлике у локацији објеката и њиховим физичким карактеристикама су значајне.



Слика 4.66 Астрономска опсерваторија
(Извор: фотографија: Куленовић, Фото документација МИЈ)

Слика 4.67 Метеоролошка опсерваторија
(Извор: фотографија: Куленовић, Фото документација МИЈ)



Слика 4.68 Републички сеизмички завод
(Извор: фотографија: Куленовић, Фото документација МИЈ)

21. Уметност

У анализу су укључена два објекта:

- Занатско-уметничка ливница ДП „Скулптура” (Цариградска 23, Стари град, слика 4.69). Објекат је и даље у функцији и ужива статус добра под претходном заштитом (Завод за заштиту споменика културе града Београда, 2016),
- Сликарница Народног позоришта (Гундулићев венац 50, Стари град, слика 4.70), у функцији, ужива статус добра под претходном заштитом (Завод за заштиту споменика културе града Београда, 2016).

Опсервације

Анализирани објекти и даље су у функцији, те нису кандидати за пренамену.



Слика 4.69 Занатско-уметничка ливница ДП „Скулптура”
(Извор: фотографије: Куленовић, Фото документација МИЈ)

Слика 4.70 Сликарница народног позоришта
(Извор: фотографија: Google Maps)

4.3 Класификација индустријских објеката према карактеристикама значајним за енергетску оптимизацију

Класификација дата у овом поглављу односи се на целокупно наслеђе, без обзира на тренутну функцију објекта.

Локација

Највећи број објеката налази се на територији општине Стари град (15 објеката), 9 на територији општине Палилула, 7 Савски венац, а по 6 на општинама Земун и Сурчин (слика 4.71).

Локација 63% објеката је оцењена као погодна, 15% као прихватљива и 22% као лоша за функцију пословања (слика 4.72).



Слика 4.71 Број анализираних објеката по општинама



Слика 4.72 Оцена подобности локације за функцију пословања

Година изградње и ниво заштите

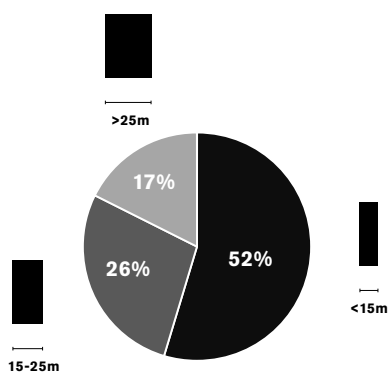
Скоро петина анализираних објеката изграђена је у другој половини 19. века, 32% између 1900. и 1914. године, а 49% у периоду између Првог и Другог светског рата. Скоро половина објеката нема никакав вид заштите. Међу анализираним објектима нема објеката од изузетног значаја. 7% објеката су културна добра од великог значаја,

22% културна добра. 16% има привремену заштиту, а 11% се налази у целинама под неким обликом заштите.

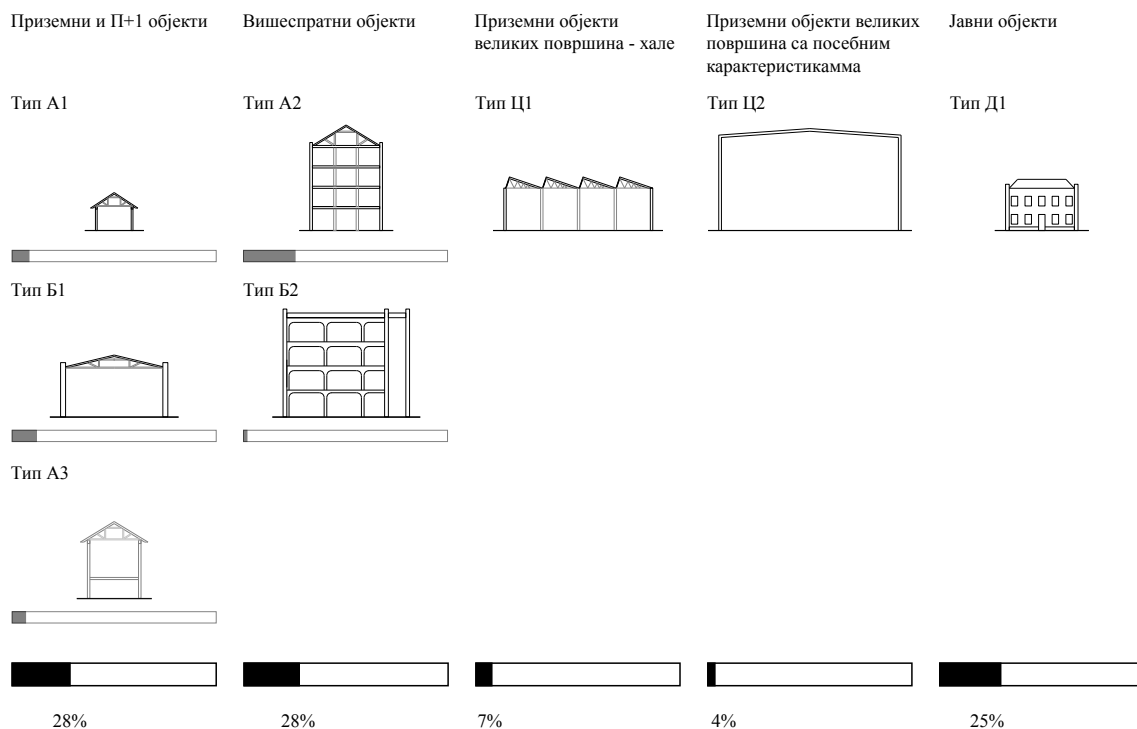
Типови основа и спратност

Преко половина објеката има основу дубине испод 15 метара, 26% између 15 и 25 метара и 17% преко 25 метара (Слика 4.73).

Објекти са 3 и више нивоа чине 28% београдског индустријског наслеђа, 29% су приземни објекти, 8% хале, и 29% јавни и објекти са посебним карактеристикама.



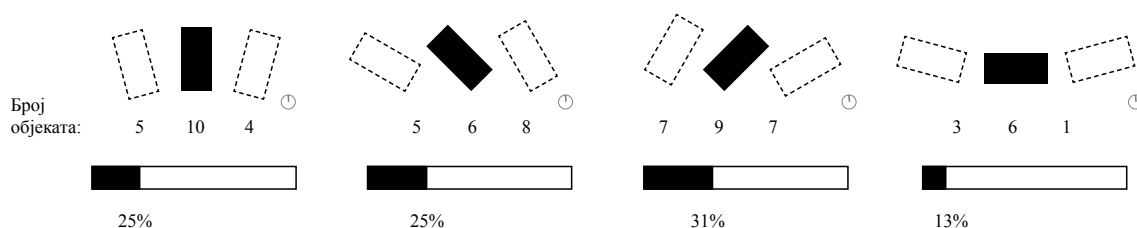
Слика 4.73 Класификација објеката према дубини основе



Слика 4.74 Тип објеката

Оријентација

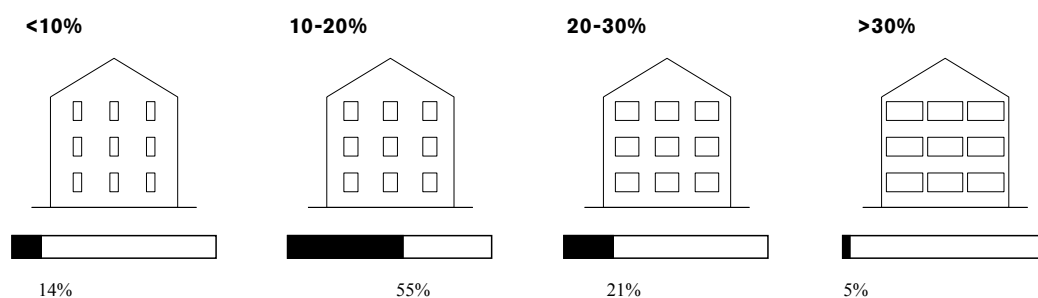
Објекти имају оријентацију запад - исток (25%), југозапад - североисток (25%), или северозапад - југоисток (31%). Само 13% објеката има оријентацију север - југ (Слика 4.75).



Слика 4.75 Оријентација објеката

Површина отвора

Више од половине индустријских објеката на територији Београда има однос вертикалних отвора према површини спољашњег зида између 10% и 20%. Око петине објеката има однос између 20% и 30%, а 14% испод 10% површине зида. Најмањи је број објеката са површином отвора преко 30% површине спољашњих зидова (Слика 4.76).



Слика 4.76 Величина отвора

4.4 Класификација београдског индустријског наслеђа према тренутној функцији

Половина анализираних објеката је и даље у оригиналној функцији. Скоро петина објеката није у функцији (22%), док је 25% пренамењено у нове функције (дијаграм 4.1). Најчешћа нова функција је пословање и магацински простор, обично обједињени (дијаграм 4.2).

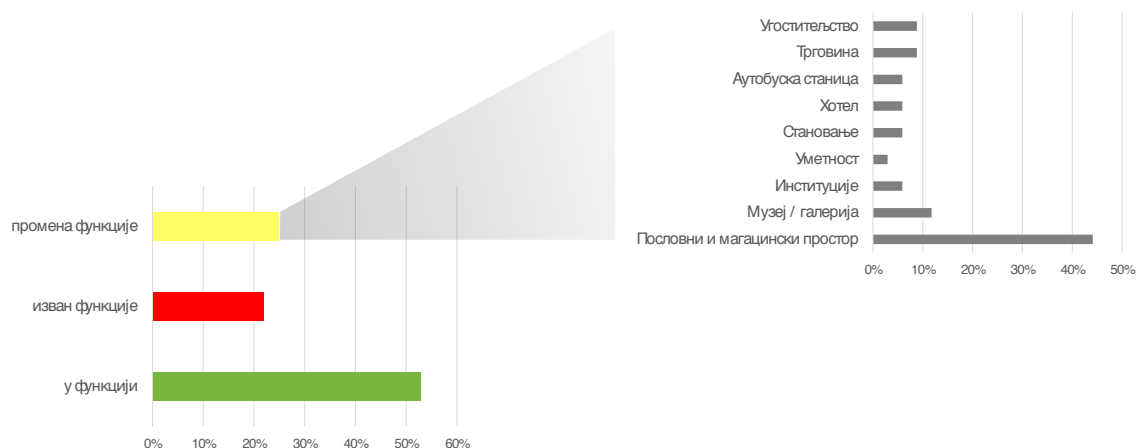
Анализирани објекти чија нова намена укључује канцеларијски простор (иако то није преовлађујућа нова функција) су:

- К.М. Коста Шонда (канцеларијски, производни и магацински простор)
- Електрична централа Општине града Београда (Музеј науке и технике, канцеларије музеја)
- Термоелектрана д.д. (пословни и магацински простор)
- Хангар старог београдског аеродрома (пословни и магацински простор)
- БИГЗ (различите функције, укључујући канцеларијски простор)
- Магацин банке Николе Бошковића (Представништво ИТ компаније)
- Телефонска централа (пословни простор Мобилне телефоније Србије)

Од ових објеката Музеј науке и технике је обновљен 2015.године, К.М. Коста Шонда 2007. и Магацин банке Николе Бошковића 2000. године.



Дијаграм 4.1 Тренутна функција индустријског наслеђа Београда - подела према гранама индустрије



Дијаграм 4.2 Тренутна функција индустријског наслеђа Београда

Објекти изван функције

Од анализираних објеката, следећи објекти или делови индустријских комплекса се налазе изван функције:

- Фабрика жице Глише Јосиповића
- ДД Телеоптик
- Ливница Пантелић
- Инекс Борац
- Циглана Полет
- Прва земунска творница опеке
- Циглана Рекорд
- Циглана Козара
- Стругара и млин М Симовић
- Срболек
- Пивара Бајлони
- Државна фабрика шећера
- Црпна станица Јаково
- Црпна станица Зидина
- Београдски памучни комбинат
- Београдски вунарски комбинат

- БеКо Београдска конфекција
- Снага и светлост
- Железничка станица Кошутњак

Карактеристике наведених објеката приказане су у Табели 4.4 Од наведених објеката, 9 има добру, а 3 прихватљиву локацију.

Табела 4.4 Карактеристике објеката који нису у радном стању / функцији

	Локација			Дубина основе [m]			Процент вертикалних отвора [%]				Физичке карактеристике зграде									
				<15	15-25	>25	<10	10-20	20-30	>30	A1	A2	A3	B1	B2	Ц1	Ц2	Д1		
Фабрика жице Глише Јосиповића	о				о			о					о						о	
ДД Телеоптик	о			о	о	о			о				о			о			о	
Ливница Пантелић	о			о	о			о			о									
Инекс Борац	о				о				о		о									
Циглана Полет			о	о			о					о								
Прва земунска творница опеке			о	о			о					о								
Циглана Рекорд			о	о		о	о					о								
Циглана Козара			о	о		о	о					о								
Стругара и млин М Симовић			о	о			о					о								
Срболек	о			о					о		о		о						о	
Пивара Бајлони	о			о	о			о					о			о			о	
Државна фабрика шећера	о			о	о	о		о					о		о	о			о	
Црпна станица Јаково			о	о			о				о									
Црпна станица Зидина			о	о					о					о						
Београдски памучни комбинат	о				о	о	о	о	о				о		о	о			о	
Београдски вунарски комбинат		о			о	о			о				о	о					о	
БеКо Београдска конфекција	о				о				о				о						о	
Снага и светлост	о					о				о							о			
Железничка станица Кошутњак		о		о				о										о		

— — — Карактеристике подобне за функцију пословања

5 АНАЛИЗА ЕНЕРГЕТСКЕ ОПТИМИЗАЦИЈЕ У АДАПТАЦИЈИ РЕФЕРЕНТНИХ МОДЕЛА ИНДУСТРИЈСКИХ ОБЈЕКТА

Поглавље 5.1 даје приказ референтних модела индустријских објеката.

Методологија енергетске оптимизације у адаптацији референтних модела дата је у поглављу 5.2.

Да би се боље разумеле енергетске потребе референтних модела пре унапређења, у поглављу 5.3 анализирано је:

- Понашање зграде без грејања и хлађења,
- Енергетски баланс зграде - однос топлотних губитака и добитака,
- Удео појединачних елемената омотача у укупним губицима и добицима услед кондукције и
- Енергетски разред зграде.

У наредним поглављима анализиране су стратегије за постизање топлотног комфора и смањење енергије потребне за грејање и хлађење референтних модела, класификоване према појединачним елементима омотача зграде:

- Спољашњи зидови,
- Кров,
- Конструкције у тлу и
- Транспарентни елементи.

Услед пораста температура спољашњег ваздуха и тренда раста унутрашњих добитака пословних зграда, енергија потребна за хлађење објеката постаје све значајнија за овај тип зграда. У поглављу 5.8 анализиран је утицај природне вентилације на потребе за хлађењем референтних модела. У истом поглављу анализиран је фактор дневне светлости и ниво осветљености (илуминације) модела, као и мере унапређења нивоа дневне светлости. Дат је увид у утицај услова осветљености на енергију потребну за осветљење и хлађење референтних модела.

У поглављу 5.9 анализирана је потенцијална интеграција обновљивих извора енергије, са посебним акцентом на фотонапонске панеле. Детаљније је посматрана потенцијална интеграција панела у кров објекта и дат ниво енергије који би могао да се генерише на овај начин.

Различите комбинације пасивних и активних стратегија симулиране су за три нивоа енергетске оптимизације. Два су базирана на вредностима коефицијента пролаза топлоте прописаним Правилником о енергетској ефикасности зграда (Сл. гласник РС, бр. 61/2011а), а трећи на вредностима *EnerPHit* система сертификације Института за пасивне куће (Passive House Institute, 2012).

У поглављу 5.11 дат је низ смерница за остваривање енергетске оптимизације у процесима адаптације индустријских објеката у климатским условима Београда.

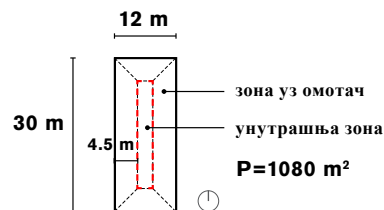
5.1 Приказ референтних модела индустријских објеката

На основу карактеристика индустријског наслеђа Београда креирана су два репрезентативна модела. Ови модели ће се користити у даљем раду за анализу утицаја различитих мера енергетске оптимизације на енергетске потребе индустријских зграда. Референтни модел „МА” базиран је на карактеристикама главне зграде фабрике чоколаде Коста Шонда (Прилог 2). Модел „МБ” базиран је на карактеристикама зграде магацина Банке Николе Бошковића (Прилог 3).

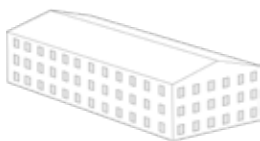
Референтни модел МА има дубину основе мању од 15 метара, док модел МБ има дубину основе између 15 и 25 метара (слика 5.1). Ради лакшег поређења резултата, модел МА има дупло мање димензије основе од модела МБ (МА: 12х30 m, МБ: 24х60 m). Модел МБ има четири пута већу површину од модела МА. Оба модела су исте спратности (П+2), имају исту оријентацију (главне фасаде су оријентисане ка западу и истоку) и исту површину вертикалних отвора (20% површине спољашњег зида) (табела 5.1).

За стање пре енергетске оптимизације дефинисани су модели МА1 и МБ1. Термичке карактеристике елемената омотача исте су за оба објекта (табела 5.1), а базирају се на карактеристикама зграде фабрике чоколаде Коста Шонда. Специфични унутрашњи добици, начин коришћења простора као и пројектне температуре унутрашњег простора су преузете из Правилника о ЕЕЗ (Сл. гласник РС, бр. 61/2011а) или других референтних стандарда (табела 5.2).

Модел МА



Модел МБ



Слика 5.1 Референтни модели индустријских објеката

Табела 5.1 Физичке карактеристике референтних модела МА и МБ

	Површина [m²]		Удео застакљења према површини пода [%]		Однос страница у основи	Број спратова
	Модел А	Модел Б	Модел А	Модел Б		
	1080	4320	18,6	9,3	0,4	П+2

Површина омотача зграде (фасаде, крова, застакљења) и удео застакљења у омотачу					
	Омотач [m²]		Застакљење [m²]		Удео застакљења [%]
	Модел МА	Модел МБ	Модел МА	Модел МБ	
Укупно омотач	1376	3508	201,6	403,2	20
Укупно фасада	1008	2016	201,6	403,2	20
Северна фасада	144	288	28,8	57,6	20
Источна фасада	360	720	72	144	20
Јужна фасада	144	288	28,8	57,6	20
Западна фасада	360	720	72	144	20
Кров	368	1492	0	0	0
Трансмисиони топлотни губици кроз омотач зграде					
Површина термичког омотача зграде A [m²]	1368	3456			
Запремина грејаног дела зграде V [m³]	4634	19692			
Фактор облика зграде f _o , A/V [m ⁻¹]	0,3	0,18			
Удео транспарентних површина [%]	20	20			
Површина термичког омотача зграде					
	Површина A [m²]				
	Модел МА	Модел МБ			
Спољни зид приземље	336	544			
Спољни зид спрат	720	1088			
Кос кров изнад грејаног простора	368	1492			
Прозори	201,6	403,2			
Под на тлу	720	1440			
Укупно ΣA	2345,6	4967,2			

Табела 5.2 Основне карактеристике омотача и начин коришћења простора референтних модела МА1 и МБ1
(Извор: Сл. гласник РС, бр. 61/2011а, SRPS EN ISO 13790, SRPS EN 15193)

		Јединица	Модели МА и МБ	Опис
Опис елемената	Спољни зид (приземље)	U [W/m ² K]	1,0	цементни малтер 2 cm, опека 51 cm, унутрашњи малтер 2cm
	Спољни зид (спрат)	U [W/m ² K]	1,7	цементни малтер 2 cm, опека 25 cm, унутрашњи малтер 2cm
	Под на тлу	U [W/m ² K]	0,8	цементна кошуљица 5 cm, тер папир, бетонска плоча 15 cm, шљунак 10 cm
	Кров изнад грејаног простора	U [W/m ² K]	2,0	раван лим, тер папир, даске 2,4 cm, ПЕ фолија, бетонска плоча 15 cm, унутрашњи малтер 1 cm
	Прозори	U [W/m ² K]	4,3	Прозор са једноструким стаклом и оквиром од дрвета (38%)
		g [-]	0,83	Једностуко стакло
		[%]	20	Однос површине прозора према површини спољашњег зида
	Инфилтрација ваздуха	Број измена ваздуха на сат [ach]	0,6	Веома заклоњен положај, класа заптивености лоша, изложеност ветру више од једне фасаде (Сл. гласник РС, бр. 61/2011а, табела 3.4.1.3)
Начин коришћења простора				
Унутрашњи добици и вентилација	Време коришћења зграде	Радно време	09:00-17:00	Типично радно време у Београду
	Површина по особи	[m ² /особи]	20	Сл. гласник РС, бр. 61/2011а, табела 6.5
	Одавање топлоте по особи	[W/особи]	80	
	Добици од уређаја	[W/m ²]	15	SRPS EN ISO 13790 табела 1.1
	Добици од осветљења	[W/m ²]	15	SRPS EN 15193, анекс F, табела F.1. основна вредност
	Додатак спољњег ваздуха	Проток свежег ваздуха по особи [l/s/особи]	14	Сл. гласник РС, бр. 61/2011а, табела 6.5
Пројектне температуре	Унутрашња пројектна температура за зимски период	[°C]	20	Променљиви профил: 20°C (09:00-17:00); изван радног времена: 16°C; 1 сат догревања (08:00-09:00)
	Унутрашња пројектна температура за летњи период	[°C]	26	Променљиви профил: 26°C (09:00-17:00); изван радног времена: 40°C

За оцену утицаја комбинације мера унапређења дефинисани су следећи модели:

- МА2 и МБ2: карактеристике омотача усклађене са минималним вредностима коефицијента пролаза топлоте прописаних Правилником о ЕЕЗ (Сл. гласник РС, бр. 61/2011а), природна вентилација током дана, регулација осветљености у зависности од интензитета дневне светлости;
- МА3 и МБ3: као МА2 и МБ2 + природна вентилација током ноћи, унапређене вредности рефлексије унутрашњих површина и генерација енергије применом фотонапонских панела;
- МА4 и МБ4: као МА3 и МБ3 али са карактеристикама омотача усклађеним са захтевима *EnterPHit* система сертификације (Passive House Institute, 2012).

Карактеристике ових модела дате су у табели 5.3.

Табела 5.3 Карактеристике тестираних модела

Опис елемената	јединица	МА1	МБ1	МА2	МБ2	МА3	МБ3	МА4	МБ4
Спољни зид (приземље)	U [W/m²K]	1,0		0,4		0,4		0,15	
Спољни зид (спрат)	U [W/m²K]	1,7							
Под на тлу	U [W/m²K]	0,8 ¹		0,4 ¹		0,4 ¹		0,15 ¹	
Кров изнад грејаног простора	U [W/m²K]	2,0		0,2		0,2		0,15	
Прозори	U [W/m²K]	4,3		1,5		1,5		0,85	
	g [-]	0,83		0,4		0,4		0,54	
	површина [%]	20		20		20		20	
	унутрашње ролетне	-		да		да		да	
Инфилтрација ваздуха	[ach]	0,6		0,4		0,4		0,1	
Природна вентилација	време отварања прозора	-		09:00-17:00		00:00-24:00		00:00-24:00	
	површина отвора [% површине пода]	-		2,5%		2,5%		2,5%	
	услови	-		$T_{\text{споља}} < T_{\text{унутра}} \text{ и } 20^{\circ} < T_{\text{споља}} < 26^{\circ}$		$T_{\text{споља}} < T_{\text{унутра}} \text{ и } 20^{\circ} < T_{\text{споља}} < 26^{\circ}$		$T_{\text{споља}} < T_{\text{унутра}} \text{ и } 20^{\circ} < T_{\text{споља}} < 26^{\circ}$	
регулација осветљењости према природној светлости	стална вредност + вредност која се регулише	-		0,3 300 lux		0,3 300 lux		0,3 300 lux	
под	рефлексија	0,2		0,2		0,2		0,2	
унутрашњи зид	рефлексија	0,5		0,5		0,7		0,7	
плафон	рефлексија	0,7		0,7		0,9		0,9	
прозори	трансмисија видљиве светлости	0,7		0,55		0,55		0,45	
генерација електричне енергије (фотонапонски панели)	MWh	-		-		20,4	83,2	20,4	83,2

¹ Вредност пре SRPS EN ISO 13370 корекције

5.2 Методологија енергетске оптимизације у адаптацији референтних модела

Стандард SRPS EN ISO 13790 дефинише три различита методолошка приступа прорачуна потребне енергије за грејање и хлађење у зградама (Институт за стандардизацију Србије, 2010):

- потпуно дефинисани квази-стационарни месечни (односно сезонски) метод прорачуна;
- потпуно дефинисани упрошћени динамички метод прорачуна базиран на часовним распоредима у погледу коришћења простора, осветљења, опреме и система за грејање, хлађење и вентилацију, и
- метод прорачуна који подразумева детаљну динамичку симулацију понашања зграде у термичком смислу.

У овом раду примењена је детаљна динамичка симулација енергетских својстава зграде уз коришћење софтвера IES-Virtual Environment 2015. Овај симулациони пакет акредитован је од стране *USGBC*, *CIBSE*, *ASHRAE* и *U.S. Department of Energy*. За прорачуне приказане у раду коришћени су модули: *ModelIT*, *SunCast*, *Apache*, *MacroFlo*, *Vista* и *VistaPro*.

Симулације су вршене према климатским условима Београда датим у Прилогу 4. Коришћен је *EnergyPlus* климатски фајл *Belgrade 132720 (IWEC)*, из *ASHRAE International Weather for Energy Calculations (IWEC)* библиотеке (energyplus.net).

Нумеричка симулација спроводи се у складу са важећим прописима из области енергетске ефикасности, на основу климатских карактеристика локације, података о грађевинским материјалима, елементима и системима, података о добицима од осветљења и уређаја, и начину коришћења објекта.

Док је већина горе наведених параметара енергетских симулација јасно одређена, постоје параметри који имају значајан утицај на резултате симулација, а тешко је предвидети њихове вредности. У ове параметре спадају: инфилтрација ваздуха, присуство топлотних мостова и начин коришћења простора. Детаљнији преглед ова три параметра дат је у Прилогу 5а.

Потенцијал за стварање кондензације тестиран је коришћењем програма *Therm*, развијеног од стране *Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL)*. *Therm* се користи за моделовање дводимензионалног протока топлоте кроз елементе зграде.

У поглављу 5.8.2 анализиран је потенцијал референтних модела да задовоље потребе пословних објеката за природним осветљењем. Симулације су спроведене у *DIVA for Rhino* програму који користи *RADIANCE* и *DAYSIM* платформе.

У анализама је коришћен прорачун фактора дневне светлости (*DF*) зграде и прорачун нивоа осветљености (илуминације) према захтевима LEED v4 кредита „Природно осветљење”.

Проправачун потенцијала генерисања електричне енергије је вршен коришћењем фотонапонског географског информационог система Европске комисије (*PVGIS*) (JRC, 2016) и софтверског пакета *RETScreen* (NRC, 2016).

Методолошки поступак у анализи термичких карактеристика модела индустријских зграда МА и МБ, и топлотних карактеристика појединачних елемената омотача укључује следеће поступке:

- анализа својстава пре унапређења, модели МА1 и МБ1;
- анализа мера унапређења за појединачне елементе омотача са аспекта унапређења топлотних карактеристика и утицаја на специфичну потрошњу енергије за грејање и хлађење;
- анализа својстава унапређеног модела МА2 и МБ2 који су унапређени према захтевима Правилника о ЕЕЗ (Сл. Гласник РС, бр. 61/2011а);
- анализа својстава унапређеног модела МА2 и МБ2 који су унапређени према захтевима Правилника о ЕЕЗ (Сл. Гласник РС, бр. 61/2011а), имају природну вентилацију током дана и ноћи и унапређене услове светлосног комфора;
- анализа својстава унапређеног модела МА3 и МБ3 који су унапређени према захтевима ЕнеРНит сертификације (Passive House Institute, 2012), имају природну вентилацију током дана и ноћи и унапређене услове светлосног комфора.

5.3 Енергетска својства модела пре унапређења

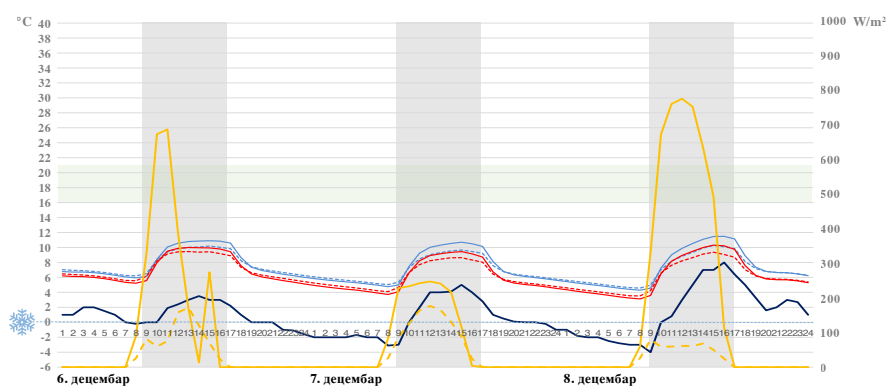
У овом поглављу дати су резултати низа симулација енергетских потреба референтних модела пре унапређења.

Симулација понашања модела без грејања и хлађења

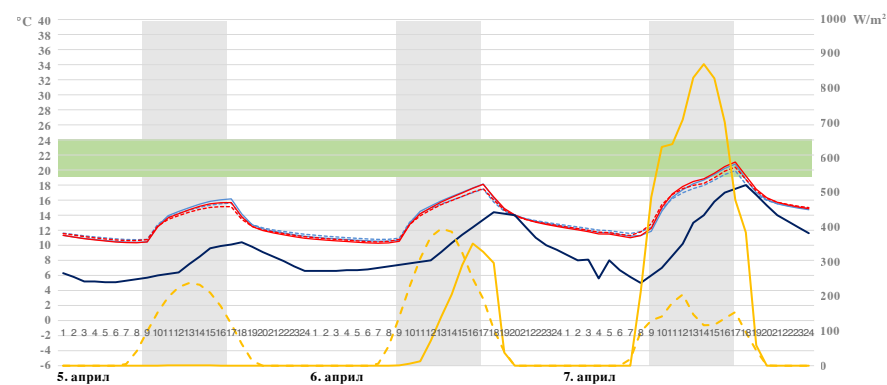
Да би се боље разумело понашање индустријских објеката, референтни модели су симулирани без система грејања и хлађења (*free running mode*). Дијаграм 5.1 приказује унутрашње температуре за три типична дана у децембру, априлу и јулу. Код модела МА1 и МБ1 у зимском периоду уочљив је недостатак термоизолације. Температуре током ноћи и у раним јутарњим сатима су јако ниске (2-3°C). У току дана, услед унутрашњих добитака, температуре достижу око 10°C. Ове вредности су значајно испод зоне комфора (дијаграм 5.1а).

Када су спољашње температуре преко 10°C, унутрашњи добици су довољни да подигну температуру унутар зграде на прихватљив ниво (дијаграм 5.1б), без потреба за грејањем. Током хладнијих и облачних јесењих и пролећних дана (температура испод 10°C), грејање је неопходно да би се остварили услови топлотног комфора.

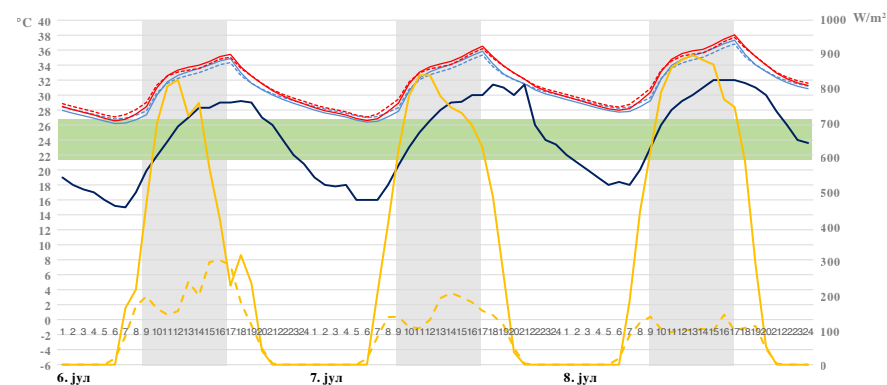
У летњем периоду (дијаграм 5.1в), соларни добици у току дана су велики, јер постојећи прозори имају висок фактор пропустљивости сунчевог зрачења (g). Комбинација соларних добитака са значајним унутрашњим добицима указује да је хлађење неопходно током топлијег периода. Природна вентилација (дијаграм 5.1г) помаже да се температуре приближе спољашњим, али су и даље изнад комфорних. Збод Збод мање површине основе у непосредној близини омотача, модел МБ1 током целе године има температуре ближе зони комфора.



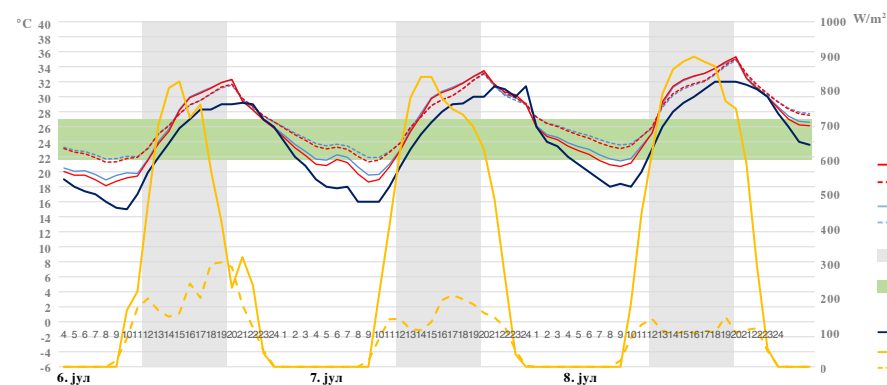
а) Зима (репрезентативни период)



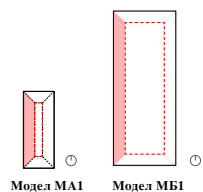
б) Пролете / Јесен (репрезентативни период)



в) Лето (репрезентативни период)



г) Лето са природном вентилацијом (репрезентативни период)



Модел МА1 Модел МБ1

Приказани резултати за зону оријентисану према западу (1. спрат)

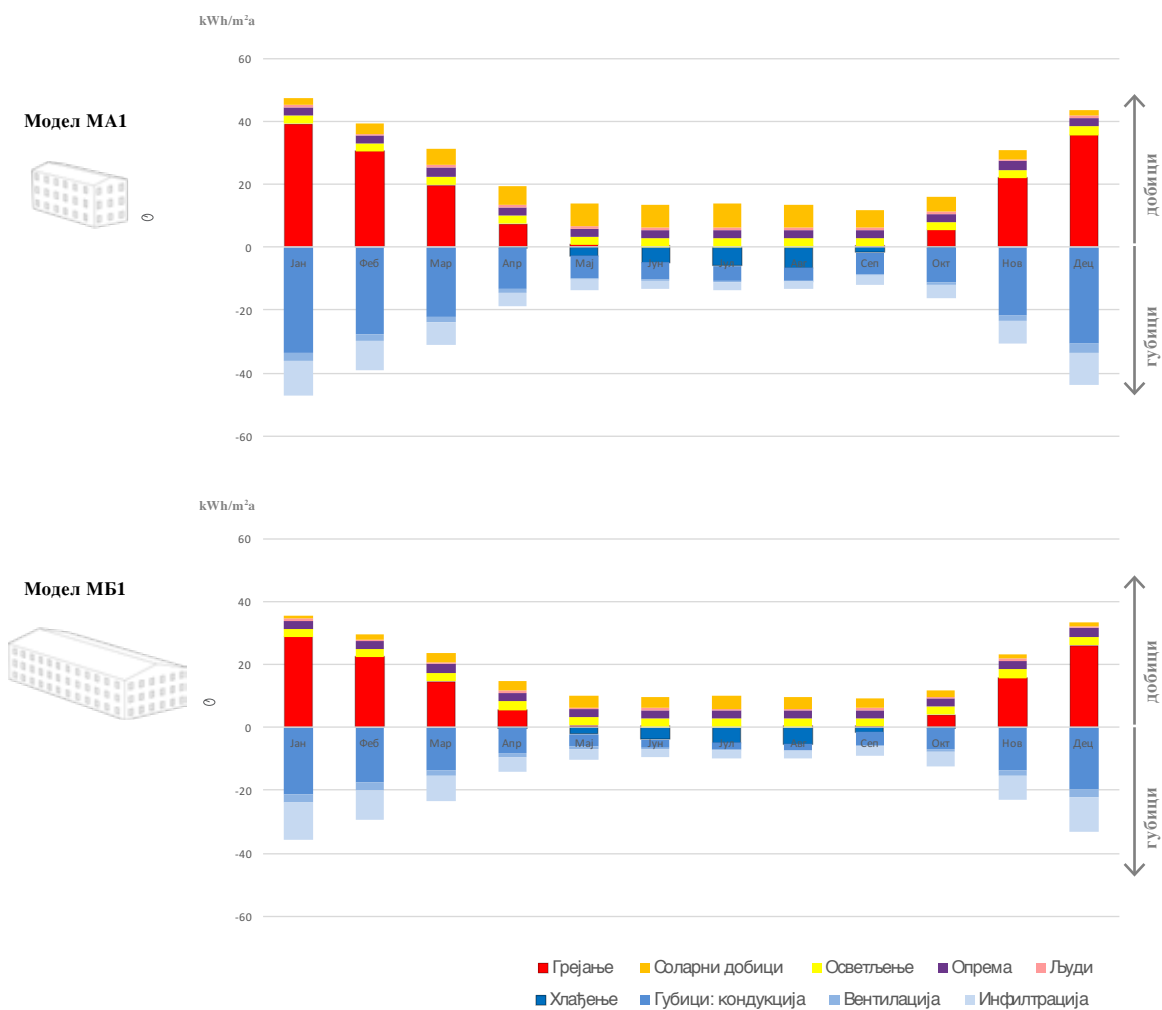
- МА: Температура ваздуха [°C]
- - - МА: Температура зрачења [°C]
- МБ: Температура ваздуха [°C]
- - - МБ: Температура зрачења [°C]
- 9:00-17:00, унутрашња добици од корисника, осветљења и опреме
- Зона комфора (ASHRAE 55-2010)
- Спољашња клима
- Температура спољашњег ваздуха [°C]
- Директна радијација [W/m²]
- - - Дифузна радијација [W/m²]

Дијаграм 5.1. Понашање модела МА1 и МБ1 без грејања и хлађења

Енергетски баланс референтних модела

Да би се разумели захтеви за грејањем и хлађењем, као и захтеви функције пословања (ефекат унутрашњих добитака и захтев за додатком спољашњег ваздуха) анализиран је енергетски баланс референтних модела (дијаграм 5.2).

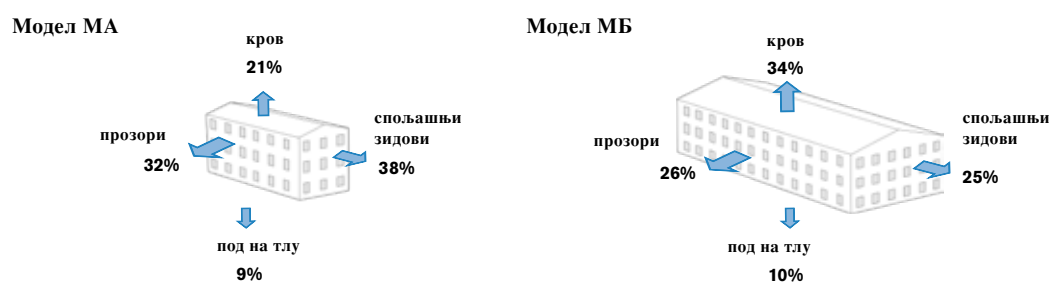
Модел МА1, због веће површине омотача у односу на површину пода има веће захтеве за грејањем и хлађењем простора. Специфична годишња потребна енергија за грејање модела МА1 је чак 161 kWh/m²a, а за хлађење 22 kWh/m²a. Модел МБ1 захтева 118 kWh/m²a за грејање и 18 kWh/m²a за хлађење.



Дијаграм 5.2 Енергетски баланс модела пре унапређења

У табели 5.4 дат је прорачун површинских трансмисионих губитака кроз елементе омотача зграде. За оба модела, удео површинских трансмисионих губитака је највећи кроз спољашње зидове.

Губици услед кондукције код модела пре унапређења највећи су кроз прозоре објекта (слика 5.2). Највећи добици су кроз спољашње зидове.



Слика 5.2 Удео топлотних губитака и добица појединачних елемената референтних модела

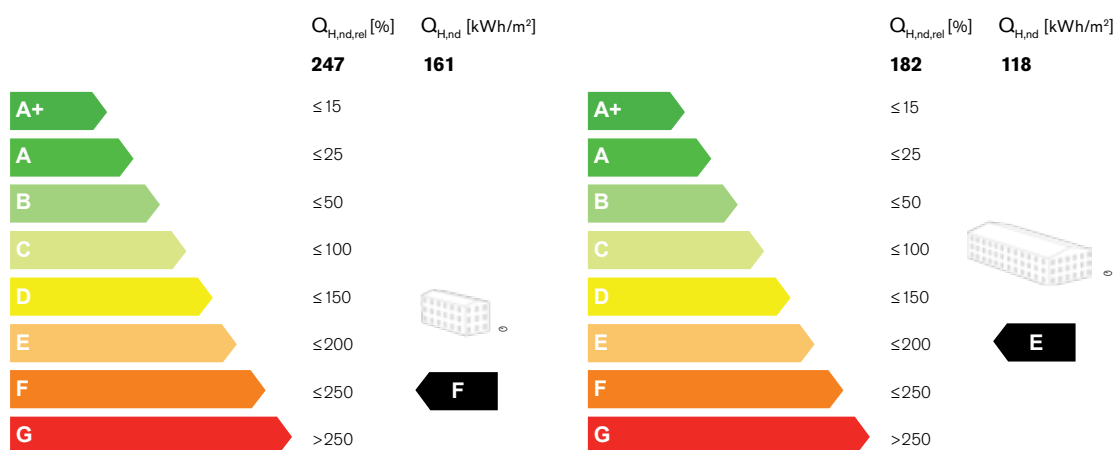
Табела 5.4 Прорачун трансмисионих губитака према Правилнику о енергетској ефикасности зграда

Површина термичког омотача зграде и површински трансмисиони губици								
	Површина A [m ²]		Коеф. пролаза топлоте U [W/(m ² K)]	Фактор корекције температуре F _{xi}	Површински трансмисиони губици H _{ts} [W/K]		Удео [%]	
Референтни модел	Модел А	Модел Б			Модел А	Модел Б	Модел А	Модел Б
Спољни зид приземље	336	544	1,0	1,0	336	544	9,7	15,8
Спољни зид спрат	720	1088	1,7	1,0	1224	1849,6	35,5	53,6
Коси кров изнад грејаног простора	368	1492	2,0	1,0	736	2984	21,3	86,5
Прозори	201,6	403,2	4,3	1,0	866,9	1733,7	25,1	50,2
Под на тлу	720	1440	0,8	0,5	288	576	8,3	16,7
Укупно ΣА	2345,6	4967,2	-	-	3450,9	7687,4	100,00	100,00
Трансмисиони губици топлоте								
	Модел А	Модел Б						
Линијски трансмисиони губици [W/K] H _{тв} = 0,1 × ΣА	234,56	496,72						
Укупни трансмисиони губици [W/K] H _т = H _{ts} + H _{тв}	3685,44	8184,08						
Специфични трансмисиони губици [W/(m ² K)] H _т ' = H _т / ΣА	1,57	1,65						
Дозвољени трансмисиони губици H _т ' _{max} [W/(m ² K)]	0,80	1,05						

Енергетски разред модела пре унапређења

Правилник о условима, садржају и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда (Сл. гласник РС, бр. 61/2011б) дефинише енергетски разред зграде изражен преко релативне вредности годишње потрошње финалне енергије за грејање (%) и представља процентуални однос специфичне годишње потрошње енергије за грејање $Q_{H,nd}$ [kWh/m²a] и максималне дозвољене енергије за грејање $Q_{H,nd,max}$ [kWh/m²a], која је за пословне зграде усвојена као 65 kWh/m²a.

Специфична годишња потрошња енергије за грејање референтног модела МА1 је 161 kWh/m²a, те $Q_{H,nd,rel}$ за овај модел је 247%, што га сврстава у енергетски разред „F” (слика 5.3). Специфична годишња потрошња енергије за грејање модела МБ1 је 118 kWh/m²a, а $Q_{H,nd,rel}$ 182%, и енергетски разред „E” (слика 5.3).



Слика 5.3 Енергетски разред модела пре унапређења

5.4 Мере унапређења термичких карактеристика спољашњих зидова

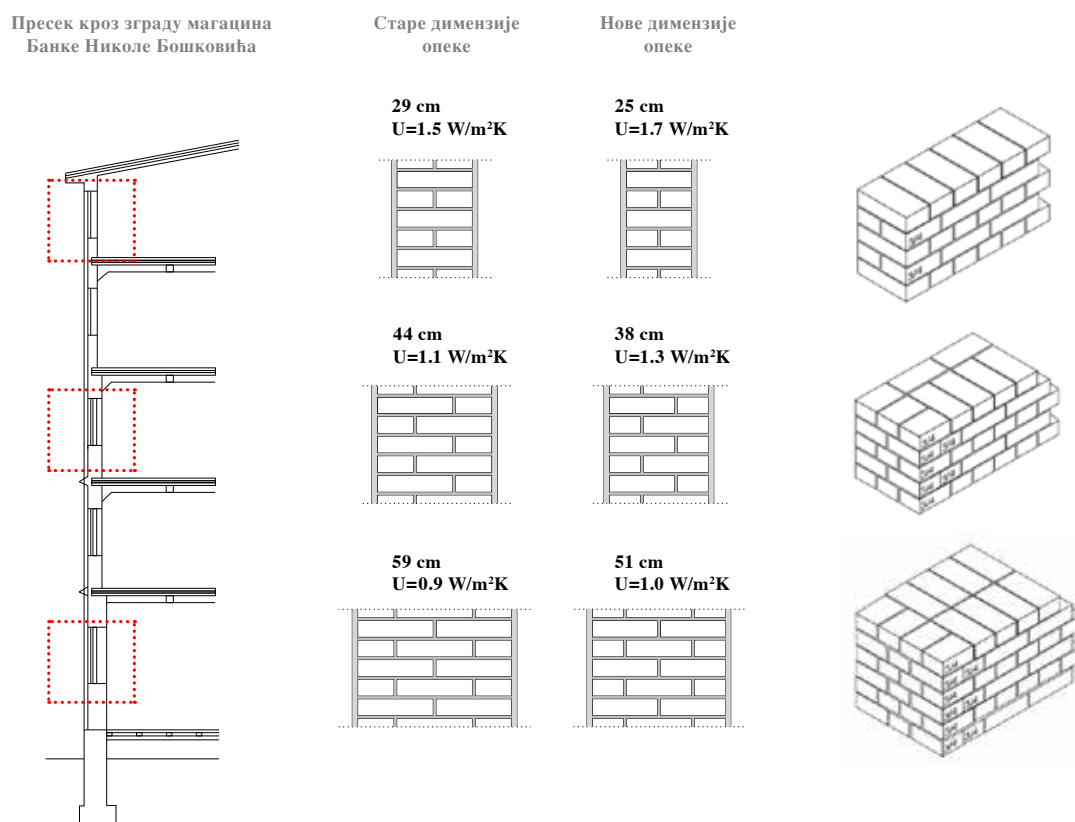
5.4.1 Термичке карактеристике постојећих зидова

Изглед спољашњих зидова често је један од најбитнијих аспеката постојећих зграда. Коришћени материјали зградама дају специфичне и често локалне карактеристике (Historic England, 2012).

Спољашњи зидови анализираних објеката на територији Београда већином су грађени од опеке. Димензије опеке варирају. Старе димензије опеке 29/14/6.5-7.5 cm замениле су нове 25/12/6.5 cm (слика 5.4).

Код вишеспратних објеката дебљина зида се смањује од приземља до последњег спрата (слика 5.4). Коефицијент пролаза топлоте (U) услед тога варира од 0,9 до 1,7 W/m^2K , што значајно утиче на термичко понашање различитих спратова.

У референтним моделима усвојено је да приземље има зид од опеке дебљине 51 cm ($1,7 W/m^2K$), а горњи спратови зид дебљине 25 cm ($1,7 W/m^2K$).



Слика 5.4 Карактеристике спољашњих зидова индустријских објеката
(Извор: Аутор према Историјски архив Београда, 2015)

5.4.2 Мере унапређења термичких карактеристика спољашњих зидова

Да би се задовољили захтеви Правилника о енергетској ефикасности зграда (Сл. гласник РС, бр. 61/2011а), коефицијент пролаза топлоте за зидове постојећих објеката треба да буде мањи или једнак $0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$. *EnePHit* сертификација задаје вредности мање од $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$, а *EnePHit⁺*, за зидове изоловане са унутрашње стране, задаје вредности мање од $0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$ (Passive House Institute, 2012).

При избору адекватне термоизолације треба размотрити следеће:

- позицију термоизолације
- топлотну проводљивост (λ), која ће означити дебљину термоизолације потребну да би се постигла тражена U вредност
- уграђену енергију материјала и
- цену.

Термичке карактеристике спољашњих зидова могу се побољшати додавањем термоизолације са спољашње или унутрашње стране зида.

Термоизолацију треба, где год је то могуће поставити са спољашње стране зида. Ово решење је боље из угла физике зграда, а обично технички једноставније и јефтиније.

Потенцијални проблеми у вези са постављањем термоизолације са унутрашње стране зида укључују: појаву кондензације, губитак топлоте кроз топлотне мостове (Крстић & Рајчић, 2000), поништавање ефекта термалне инерције зграде, естетске промене (оригинални зид од цигле не може више бити изложен ка унутрашњости), као и губитак нето корисне површине зграде.

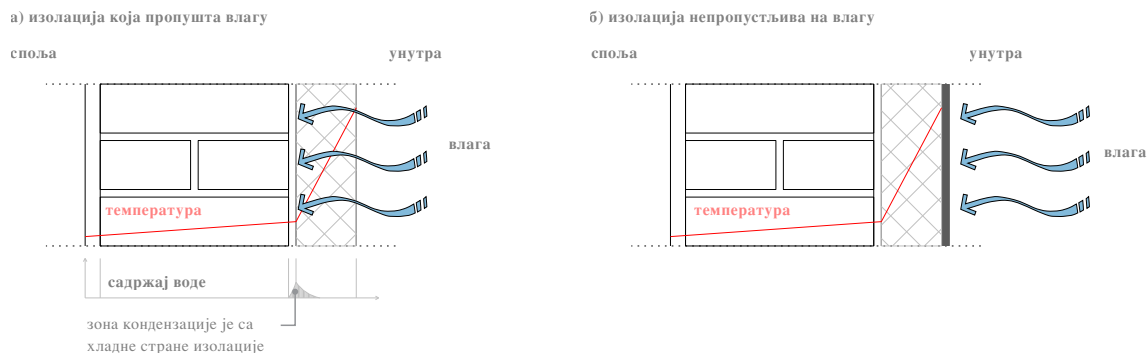
Постављање изолације са унутрашње стране зида је најчешће једина дозвољена опција за објекте под заштитом. Чак и уколико сама спољашња обрада фасаде није од значаја, додатак изолације са спољашње стране објекта променило би изглед објекта, његове димензије, односе димензија појединачних елемената фасаде, дубину прозорских отвора и сл. Због своје једноставности у обради ентеријера, заштита индустријских објеката је често фокусирана на екстеријер, и промене унутар просторија су често прихватљиве (интервју са Лизи Кушен, *Lizi Cushen*, АНММ). Постављање изолације са унутрашње стране објекта међутим често наилази на противљење инвеститора, посебно у зградама адаптираним за продају

или изнајмљивање (интервју са *Lizi Cushen*, АНММ). Термоизолација дебљине 10cm смањила би површину референтног модела МБ за 16,5 квадратна метра. Сваких додатних 5cm фасаде смањило би површину за око 8,3 m².

За употребу са спољашње стране зида могуће је користити широку палету материјала - од минералних вуна, преко експандираног перлита (*EPB*), експандираног полистирена (*EPS*), екструдираниог полистирена (*XPS*), полиуретанских табли (*PUR*), фенола, до дрвене вуне и плоча од плуте (Pfundstein, Gellert, Spitzner, & Rudolphi, 2008).

Избор врсте термоизолације од већег је значаја уколико је она постављена са унутрашње стране. Омотачи индустријских објеката грађени су да буду пропустљиви на влагу, што омогућава апсорпцију влаге, али и њено лако испарење. Зидови апсорбују кишу која касније може да испари. Са унутрашње стране, пропустљивост помаже стабилизовању нивоа влаге у просторији. Влага може проћи кроз зид и испарити било са унутрашње или спољашње стране. Додатком изолације ова равнотежа је нарушена. Како је контрола влаге главни задатак при изолацији зидова са унутрашње стране, добро је одабрати материјале који су пропустљиви на влагу и капиларно активни (Troï & Bastian, 2015). Пропустљиви материјали укључују: минералну пену, системе за унутрашњу изолацију од перлита, табле од плуте, калцијум силикатне плоче са унутрашњим слојем од вакуумских изолационих панела или полиуретанске пене (Troï & Bastian, 2015). Овакви материјали омогућавају да се међуслојна кондензација прошири кроз слојеве термоизолације услед њених капиларних својстава. Овим процесом се смањује укупна количина кондензације и убрзава процес исушивања (Troï & Bastian, 2015) (слика 5.5а). Битно је назначити да се пропустљиви материјали могу користити само у одређеним количинама, тј. до одређене дебљине, како кондензација не би прешла прихватљив ниво и како би могла да се исуши (Pfundstein et. al, 2008).

Ради уштеде простора (услед ниже топлотне проводљивости и мање потребне дебљине материјала), економских или практичних разлога, у пракси се често примењују и изолациони материјали непропустљиви на влагу (слика 5.5б). Уколико се користе непропустљиви материјали, парну брану треба поставити са собне стране, како влажан унутрашњи ваздух не би ушао у хладан зид и изазвао међуслојну кондензацију. Парне бране често нису потребне уколико се користи *XPS*, целуларно



Слика 5.5 Изолација зидова са унутрашње стране
(Извор: Troi & Bastian, 2015)

стакло, *EPS* или *PUR* са гипсаним плочама (Pfundstein et. al, 2008).

Детаљније смернице о избору термоизолационог материјала дате су у Прилогу 6.

Проблем топлотних мостова и појава кондензације

Топлотни мостови су места где се дешава локализовани, већи трансфер топлоте кроз елементе зграде. Ово се дешава у складу са различитим температурама спољашње и унутрашње површине зида. Зимом топлотни мостови повећавају губитак топлоте, што је повезано са нижим температурама површине елемената, и доводи до кондензације и појаве буђи. Дакле, поред утицаја на енергетску ефикасност, топлотни мостови утичу и на трајност елемената омотача и ниво хигијене.

Проблеми са кондензацијом настају на местима где долази до прекида изолације - спојевима зида који се изолује и осталих елемената конструкције (међуспратна конструкције, унутрашњих зидова, отвора и сл). На овим местима јављају се топлотни мостови на којима долази до стварања кондензације и појаве буђи. Ово је посебно видљиво у угловима просторија.

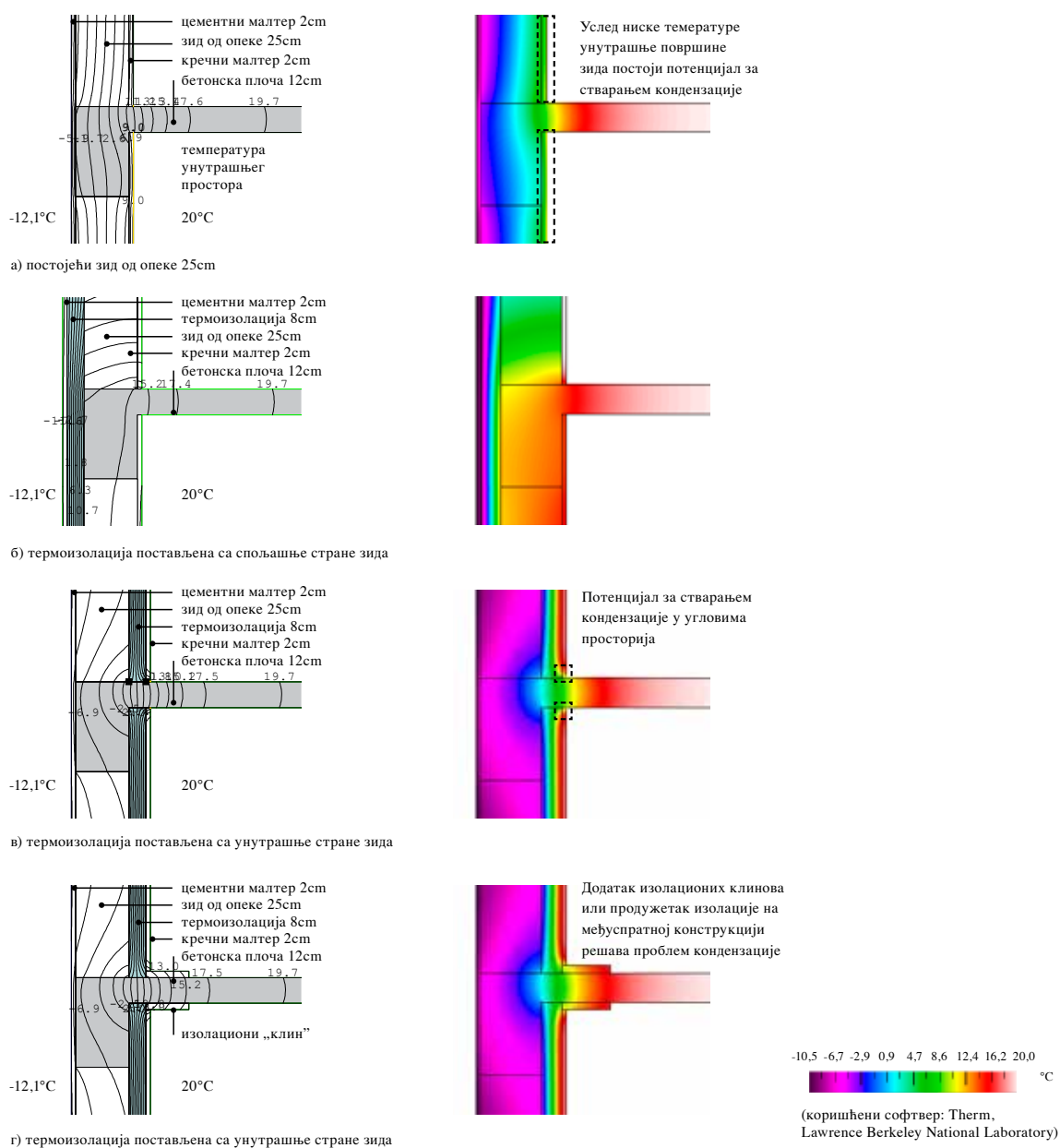
Дозвољена температура унутрашње површине спољне грађевинске конструкције на било ком месту мора да буде већа од температура тачке росе (θ_c), за дате пројектне услове (температура и релативна влажност ваздуха у просторији), да не би дошло до кондензације (Сл. гласник РС, бр. 61/2011а).

На слици 5.6 могу се уочити потенцијални проблеми са кондензацијом уколико се зидови изолују са унутрашње стране. За пример је коришћен пресек кроз спољашњи зид објекта Коста Шонда (Прилог 2). У случају постојећег зида (слика 5.6), постоји

потенцијал за стварање кондензације целом дужином зида јер је температура зида нижа од температуре тачке росе.

Уколико се објект изолује са спољашње стране (слика 5.6б), не постоји ефекат топлотних мостова, као ни потенцијални проблеми са кондензацијом.

Уколико се спољни зид изолује са унутрашње стране (слика 5.6в), потенцијална кондензација се јавља у угловима просторије. Да би се ублажили геометријски и конструктивни топлотни мостови, у угловима и на везама са унутрашњим зидовима или међуспратном конструкцијом треба продужити хоризонталну изолацију или применити изолационе „клинове” (слика 5.6г).



Слика 5.6 Потенцијални проблем појаве кондензације у типичном зиду

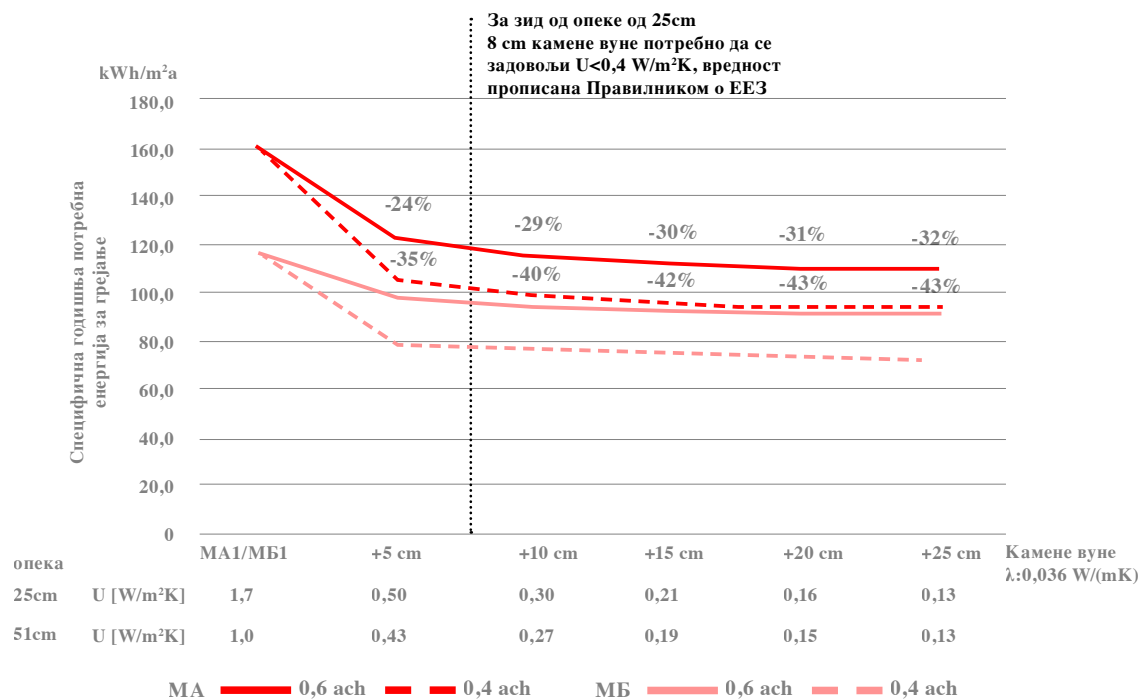
5.4.3 Ефекат унапређења енергетског баланса у зимском периоду

Термоизолација зидова је често најефикаснија појединачна стратегија унапређења енергетске ефикасности објеката. На примеру референтних модела, уз губитке кроз прозоре, топлотни губици кроз спољашње зидове имају највећи удео у укупним губицима услед кондукције (слика 5.2).

При одређивању количине термоизолације која би се поставила на спољашње зидове, значајно је нагласити да утицај на губитак топлоте није пропорционалан дебљини термоизолације. Са више изолације, коефицијент пролаза топлоте (U) се смањује, а са њим и топлотни губици. Међутим, након одређене дебљине, додаток термоизолације више неће имати значајан утицај на топлотне губитке.

На примеру референтних модела уградња 8cm камене вуне са спољашње стране смањила би енергију потребну за грејање за 27%, док би додатних 8 cm смањило за још само 3% (дијаграм 5.3). Уколико се узме у обзир да додаток термоизолације прати унапређење фасаде објекта, а самим тим и смањење инфилтрације спољашњег ваздуха, 8cm донело би уштеду енергије потребне за грејање од 3%, а додатних 8 cm од само 4%. Да би се задовољили захтеви *EnterPHit* система сертификације U вредност зида треба да буде мања од $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ (Passive House Institute, 2012). Уколико се претпостави исти ниво инфилтрације, уштеде енергије за грејање су само око 5% у односу на U вредност $0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ прописану домаћим Правилником (Сл. гласник РС, бр. 61/2011а). Уколико се ублажи ефекат топлотних мостова, потребна енергија за грејање била би слична за изолацију постављену са унутрашње стране зида.

Највећа дозвољена вредност коефицијента пролаза топлоте (U) прописана националним правилницима обично нуди баланс између смањења оперативне енергије и количине уграђене енергије (Hoogenboom, 2010). Уградња превише термоизолације има за резултат не само непотребне трошкове, већ количина уграђене енергије материјала може бити већа од потенцијалних уштеда (Hoogenboom, 2010).



Дијаграм 5.3 Утицај термоизолације на смањење специфичне годишње потребне енергије за грејање

Термичка инерција зграде

Положај термоизолације битно утиче на термичку инерцију зграде. Термичка маса помаже да се успори проток топлоте кроз материјал, што смањује температурне промене и ствара стабилнију температуру унутрашњег простора.

Спољашња позиција термоизолације смањује топлотне губитке и омогућава већи ефекат термалне масе у унутрашњем простору. Унутрашња позиција термоизолације укида утицај термичке масе спољашњег зида. У овом случају температура унутрашњег ваздуха има веће осцилације и временско закашњење у продору температуре кроз материјал је мање.

Уколико је термичка маса присутна само у зидовима (уколико ентеријер зграде има спуштене плафоне и подигнуте подове), значај ефекта зависи од пропорције зида према димензијама просторије, за случај термоизолације са спољашње стране.

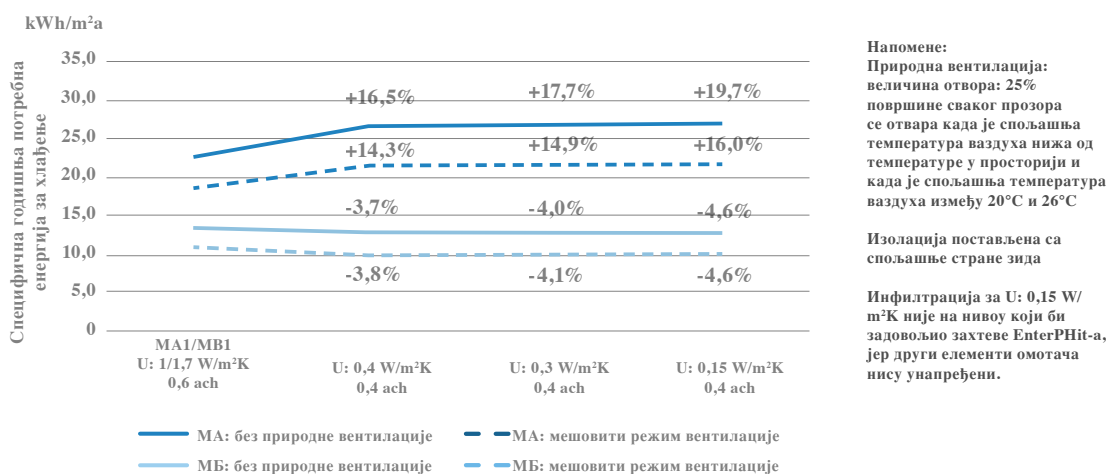
5.4.4 Ефекат унапређења енергетског баланса у летњем периоду

Да би температуре биле прихватљиве у току летњег периода, треба спречити соларне добитке, и колико је то могуће, смањити унутрашње добитке. Треба искористити разлике у температури у току двадесетчетворо часовног циклуса и максимизирати пасивно (природно) хлађење у току ноћи (Сл. гласник РС, број 61/2011а). Изолациони материјали помажу да се спречи проток топлоте од топлије спољашњости ка хладнијој унутрашњости.

На дијаграму 5.4 је приказано да са већом количином термоизолације, услед великих унутрашњих добитака, специфична енергија потребна за хлађење објеката постаје већа уколико се добици задржавају унутар зграде. Ово указује на неопходност добре вентилације простора.

Са природном вентилацијом, потреба за хлађењем се брже смањује уколико су зидови изоловани.

Термичка маса је од посебног значаја у летњим месецима, уколико је вентилација у току ноћи дозвољена јер се температура конструкције смањује (осигуравајућа друштва често забрањују ноћну вентилацију у градским локацијама из безбедносних разлога). Уколико је могуће комбиновати термичку масу у зидовима са масом у плафонима и унутрашњим носећим зидовима, ефекат је већи.



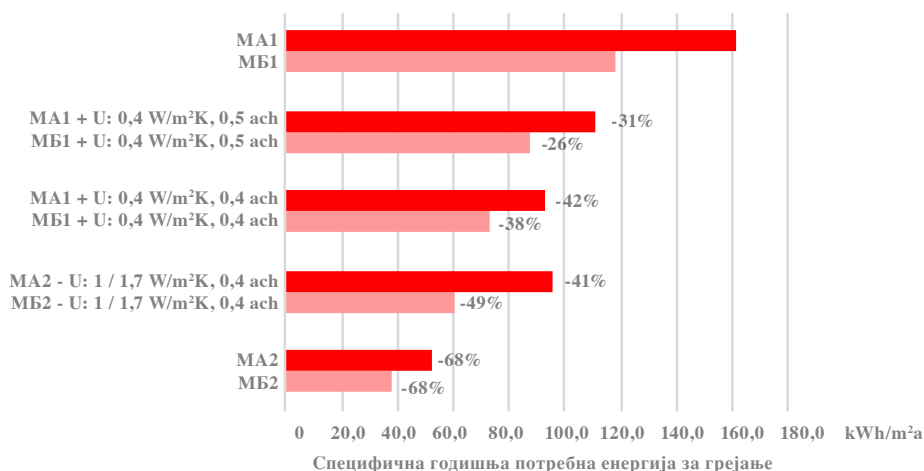
Дијаграм 5.4 Утицај термоизолације на специфичну годишњу потребну енергију за хлађење референтних модела

5.4.5 Значај унапређења термичких карактеристика спољашњих зидова

Значај изолације спољашњих зидова зависи од облика зграде. У референтном моделу МА1 37% топлотних губитака је кроз спољашње зидове, а у МБ1 30%. Ово указује на велики значај изолације спољашњих зидова као стратегије уштеде енергије за грејање оваквих објекта. На дијаграму 5.5 дато је поређење стања пре адаптације (МА1 и МБ1) и следећих сценарија:

- као МА1 и МБ1, али U вредност зидова $0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ уз побољшање инфилтрације ($0,4 \text{ ach}$),
- као МА1 и МБ1, али U вредност зидова $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ уз побољшање инфилтрације ($0,4 \text{ ach}$),
- као МА2 и МБ2, али без изолације зидова (U вредност зидова 1 и $1,7 \text{ W/m}^2\text{K}$), и
- МА2 и МБ2.

Из резултата се може закључити да унапређење термичких карактеристика спољашњих зидова, на примеру референтних модела, доноси једнаке уштеде енергије за грејање као све друге стратегије енергетске оптимизације омотача заједно.



Дијаграм 5.5 Значај унапређења термичких карактеристика спољашњих зидова

5.5 Мере унапређења крова

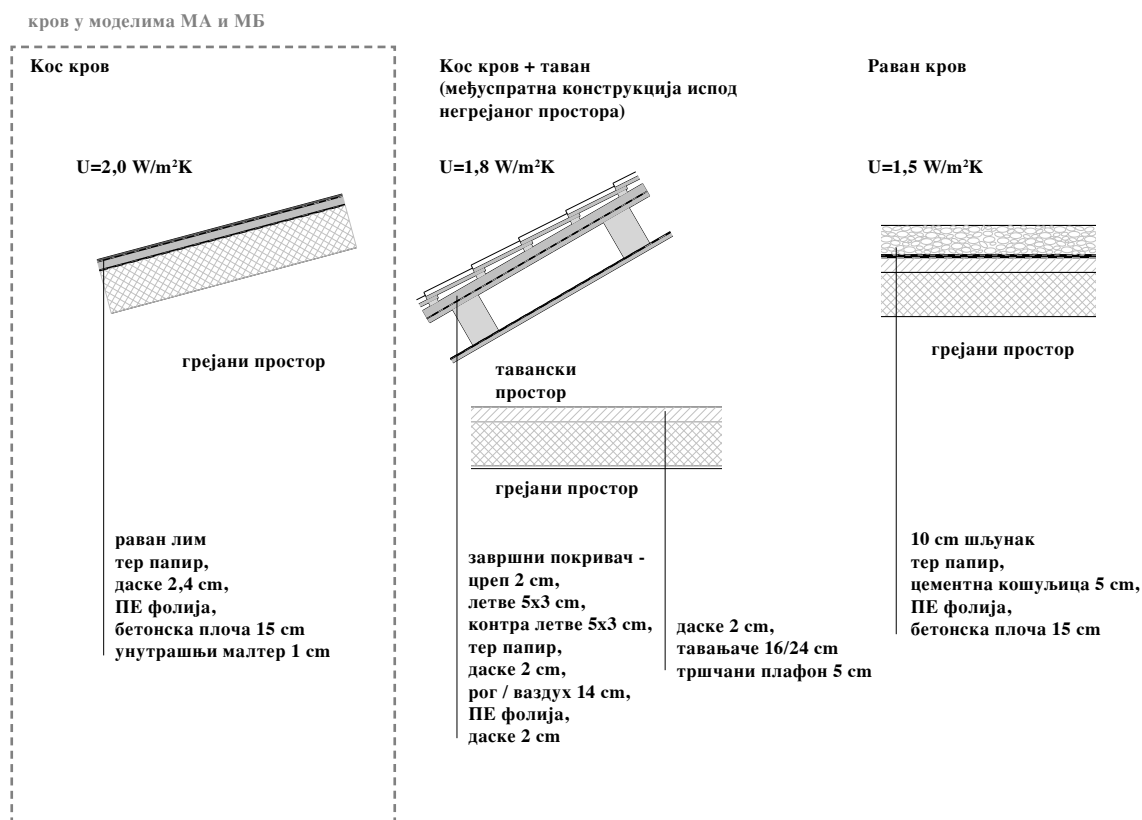
5.5.1 Термичке карактеристике постојећег крова

Кровови анализираних објеката београдског наслеђа су следећих типова (слика 5.7):

- малог нагиба, са бетонском конструкцијом и покривачем од лима,
- већег нагиба, са дрвеном конструкцијом или
- равни кровови.

Како су зграде које су фокус ове тезе грађене пре Другог светског рата и првог закона о физици зграда донетог 1967. године, оригинални кровови немају термоизолацију. Међутим, велики број зграда био је унапређен у периоду након 70их, па је доста кровова данас термоизоливано.

У референтним моделима МА и МБ не постоји тавански простор, већ се изнад корисног простора налази кров малог нагиба са бетонском конструкцијом, без термоизолације, и са покривачем од лима (слика 5.7).



Слика 5.7 Најчешће врсте крова код индустријских објеката погодних за пренамену у пословање (приказани без термоизолације)

5.5.2 Мере унапређења термичких карактеристика постојећег крова

Изолација крова је битна из два разлога - топлотних губитака и соларних добитака. Лоше изолован кров је извор великих топлотних губитака, услед утицаја ветра, великог конвективног преноса топлоте и губитака топлоте ноћу радијацијом према небу. Површина крова добија много већу количину сунчевог зрачења од било које вертикалне површине у летњем периоду (Прилог 4). Топлотни добици кроз кров имају велики утицај на енергију потребну за хлађење, посебно код приземних и зграда са мањим бројем спратова.

У индустријским објектима адаптираним у пословне, тавански простор се, кад год је то могуће користи. Уколико то услови визуелног комфора дозвољавају, простор се пренамењује у канцеларијски, ако не, користи се за пратеће функције или спаја са спратом испод.

Да би се задовољили захтеви Правилника о енергетској ефикасности зграда, максимални дозвољени коефицијент пролаза топлоте за адаптирани кров постојећих зграда је $0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ (Сл. гласник РС, бр. 61/2011а, табела 3.4.1.3). Захтеви EnterPHit-а налажу U вредност мању од $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ (Passive House Institute, 2012). Код адаптације према стандарду за пасивне куће, од посебног је значаја заптивеност простора. Ово се постиже непропусним мембранама унутар сваког елемента зграде (McLeod, Mead, & Standen, n.d.).

Избор термоизолационих материјала

Слично спољашњим зидовима (поглавље 5.4.2), за термичку изолацију крова може се користити широк спектар термоизолационих материјала.

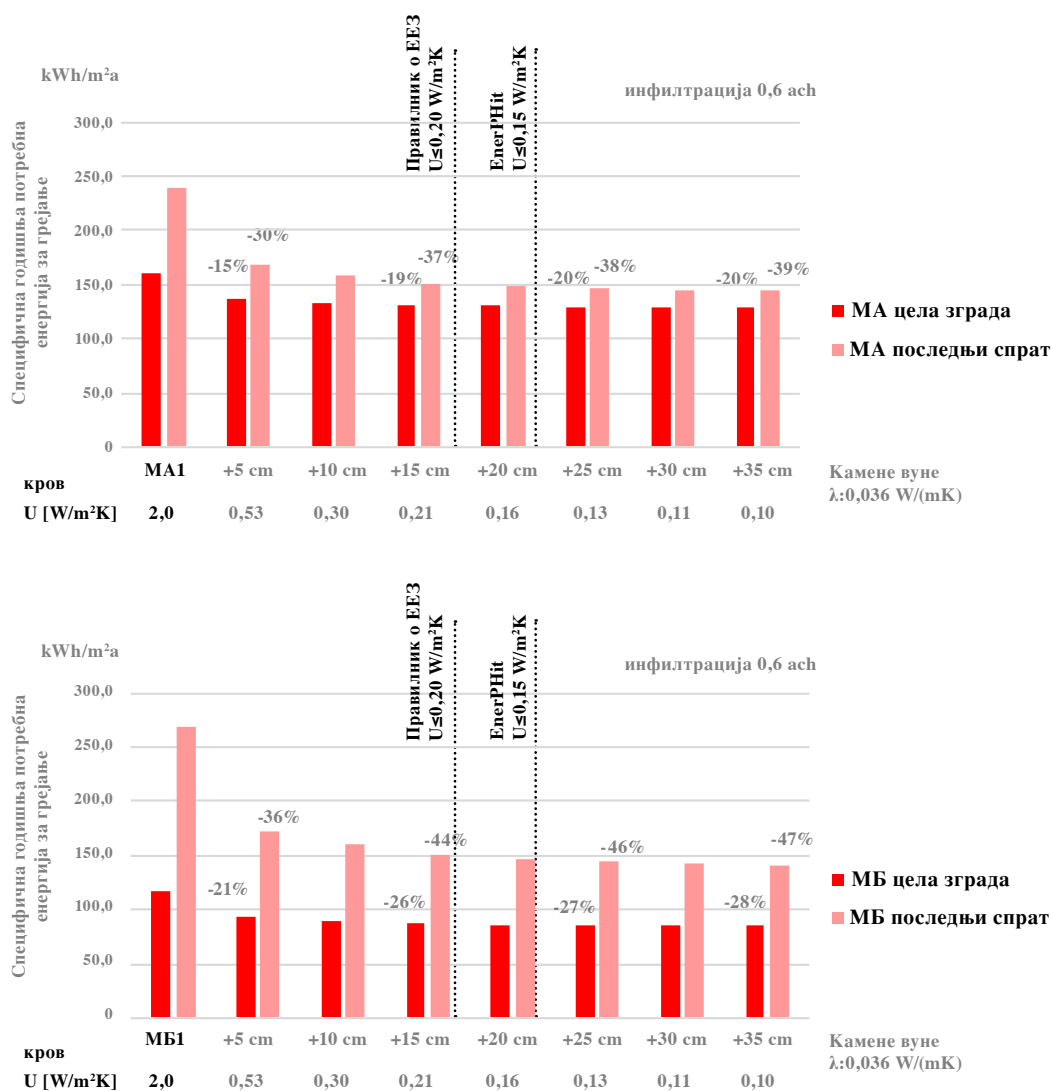
Топлотни мостови

Топлотни мостови у крововима најчешће настају код прекида термоизолације, на спојевима са димњаком и спољашњим зидовима.

5.5.3 Ефекат унапређења енергетског баланса у зимском периоду

Унапређење термичких карактеристика крова има видљив утицај на смањење енергије потребне за грејање. Слично спољашњим зидовима, ефекат унапређења U вредности након одређене количине термоизолације није сразмеран уштедама (дијаграм 5.6). Након 20-25 центиметара, додатак термоизолације донео би јако мале уштеде енергије.

Уколико је коефицијент пролаза топлоте крова мањи или једнак $0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ (максимална дозвољена вредност према Правилнику о ЕЕЗ), уштеда специфичне годишње потребне енергије за грејање целог објекта МА износила би око 19%. Уштеда енергије за грејање последњег спрата била би чак 37% (дијаграм 5.6). За



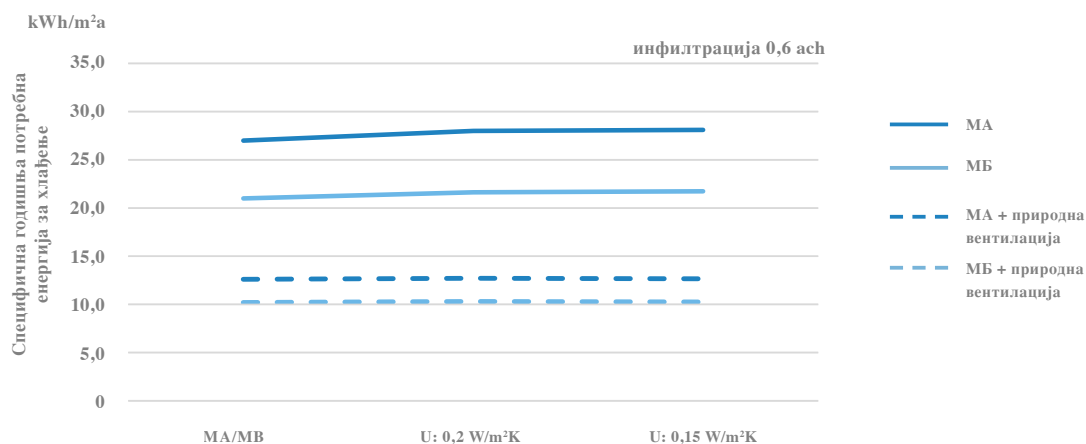
Дијаграм 5.6 Утицај термоизолације крова на енергију потребну за грејање целог модела и последњег спрата

објекат МБ, који има значајно већу површину крова, уштеде су значајније. Уколико би се кров изоловао до U вредности од $0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$, уштеда потребне енергије за грејање на нивоу целог објекта МБ била би 26%. Уштеда енергије на последњем нивоу била би 44%.

Анализама је доказано да поред облика зграде, и њена спратност значајно утиче на потребе за грејањем, кроз однос енергије потребне за грејање последњег спрата према укупним енергетским потребама зграде.

5.5.4 Ефекат унапређења енергетског баланса у летњем периоду

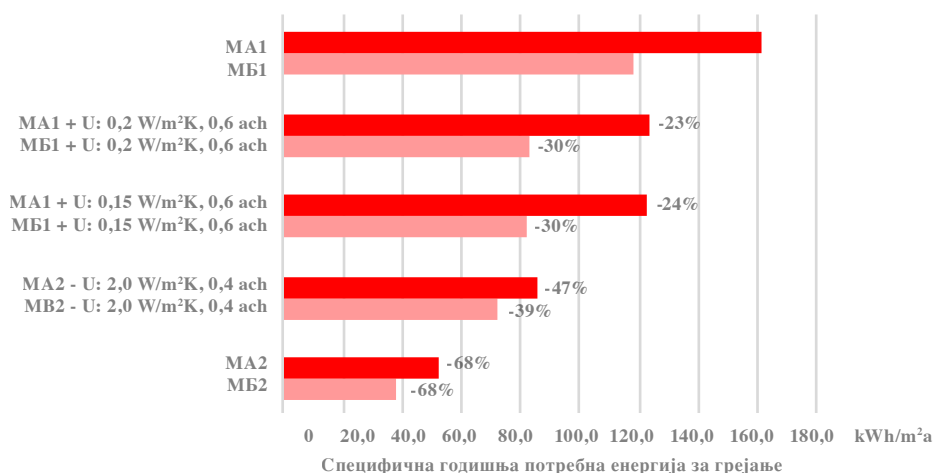
Топлотна изолација отежава губитак енергије кроз површину крова током ноћи када су ниже температуре у спољашњем простору, тако да у летњем периоду то неповољно утиче на потрошњу енергије за хлађење објекта. Природна вентилација је од посебног значаја, како би се умањила енергија потребна за хлађење објекта (дијаграм 5.7).



Дијаграм 5.7 Утицај термизолације крова на енергију потребну за хлађење референтних модела

5.5.5 Значај унапређења термичких карактеристика крова

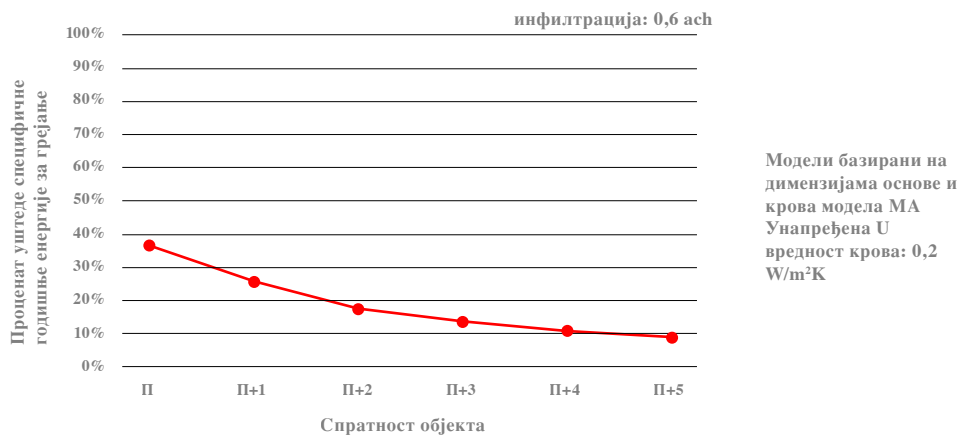
Унапређење термичких карактеристика крова има позитиван утицај на енергију потребну за грејање референтних објеката (дијаграм 5.8).



Дијаграм 5.8 Значај унапређења термичких карактеристика крова

Утицај спратности објекта

Како је утицај унапређења термичких карактеристика крова већином ограничен на спрат директно испод крова, бенефит стратегија унапређења на укупну потрошњу енергије зграде повезан је са бројем спратова (дијаграм 5.9). Обнова крова приземних објеката донела би на објекту основе 12 са 30 метара уштеде од 38%, а уколико зграда исте основе има 4 спрата, уштеде су око 15%.



Дијаграм 5.9 Утицај унапређења U вредности крова на укупну потрошњу енергије за грејање

5.6 Мере унапређења конструкција у тлу

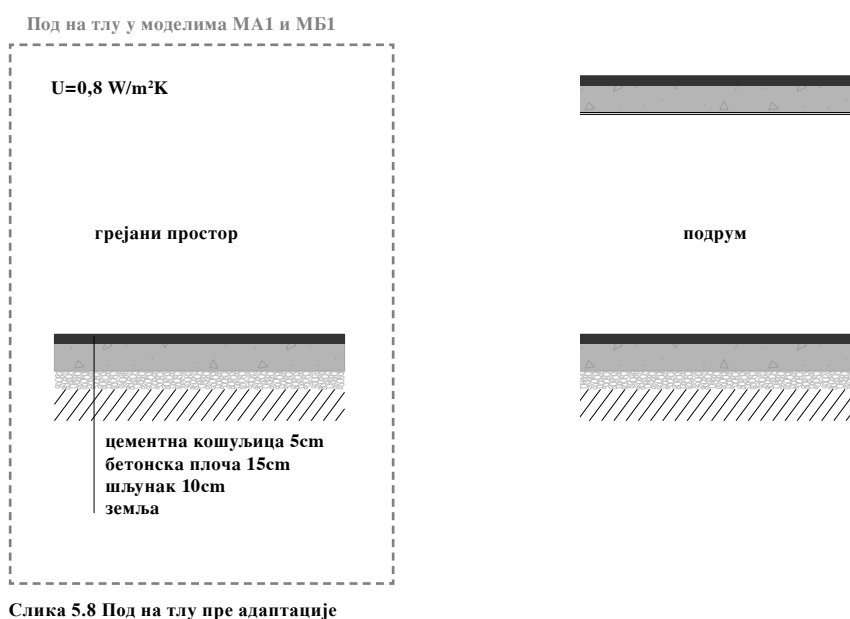
5.6.1 Термичке карактеристике постојећих конструкција у тлу

Коефицијент пролаза топлоте (U) пода на тлу у референтним моделима је $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ (слика 5.8). Међутим када се стварни губитак топлоте израчуна према SRPS EN ISO 13370, узимајући у обзир: површину и обим пода, проводљивост тла (усвојено 2 W/mK), дебљину спољашњих зидова, отпор пролазу топлоте слојева пода и у овом случају одсуство ободне изолације, добију се значајно мање вредности, $0,53 \text{ W/m}^2\text{K}$ за модел МА1 и $0,32 \text{ W/m}^2\text{K}$ за модел МБ1.

Референтни модели МА и МБ немају подрум. Ово је карактеристика за више од половине анализираних објеката београдског индустријског наслеђа.

У историјским зградама, подруми служе као тампон зона између тла и просторија у приземљу. Подрумски простори нису се грејали и најчешће су коришћени као складишта.

У оба модела до 10% укупних губитака услед кондукције су кроз под објекта.



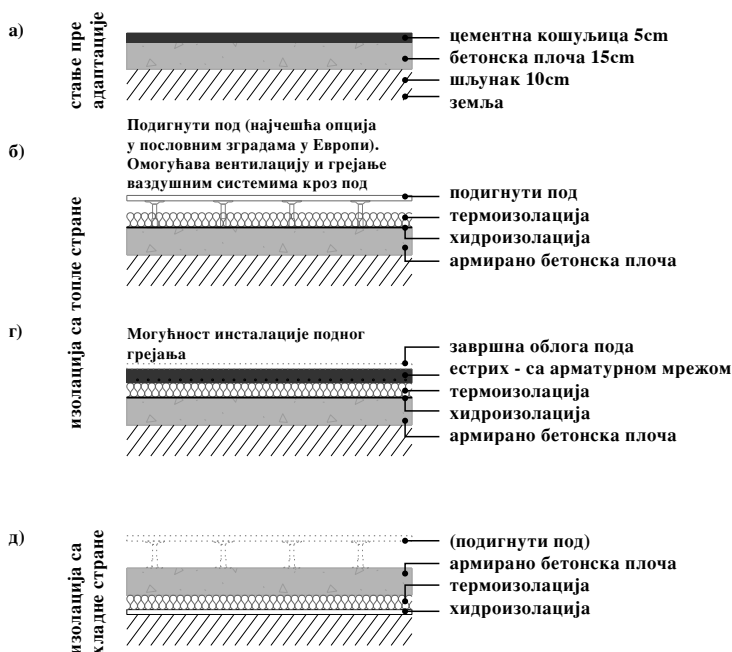
5.6.2 Мере унапређења термичких карактеристика конструкција у тлу

Код индустријских зграда које немају подрум, велика спратна висина омогућава да под приземља буде изоловано постављањем термоизолације преко постојеће плоче на терену (слика 5.9б, в). Код великих радова на адаптацији објеката, међутим често долази до замене плоче на тлу, што омогућава постављање изолације испод плоче (слика 5.9в).

Уколико се термоизолација постави изнад плоче укида се утицај термичке масе пода и мења термичку инерцију зграде. Постављањем армиране цементне кошуљице преко термоизолације може се увести довољно термичке масе, међутим како канцеларије најчешће имају подигнуте подове, или паркет као облогу, утицај термичке масе пода биће укинут. У овом случају термичку масу треба планирати у плафону или зидовима.

У случају већих објеката, коефицијент пролаза топлоте пода може бити довољно низак да се изолација пода као стратегија финансијски не исплати (Baker, 2011).

Правилник о енергетској ефикасности зграда (Сл. гласник РС, бр. 61/2011а) наводи за постојеће објекте максимални дозвољени коефицијент пролаза топлоте од $0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$. *EnerPHit* сертификација захтева да U вредност пода буде испод вредности $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ помножене са фактором корекције (*ground reduction factor*, Passive House Institute, 2012).



Слика 5.9 Опције изолације пода на тлу
(Извор: Аутор према Baker, 2011)

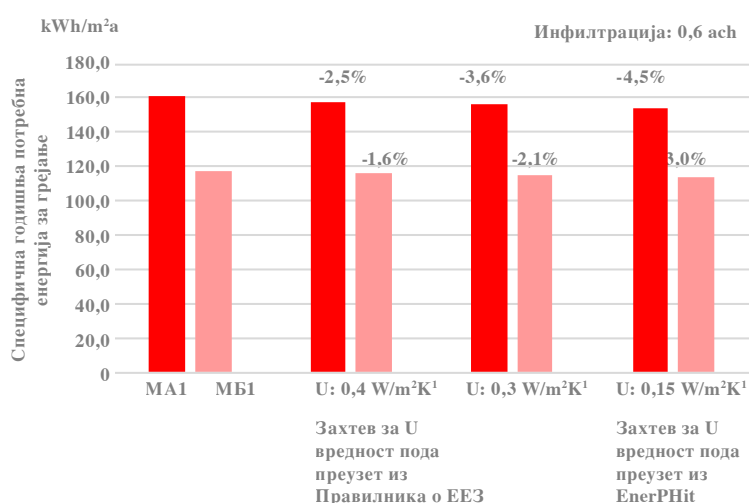
Зграде са подрумом

Уколико услед неповољних димензија или позиције подрумски простор не добије нову функцију и остане простор који се не греје, требало би изоловати међуспратну конструкцију између приземља и подрума. Правилник о ЕЕЗ (Сл. гласник РС, бр. 61/2011а) поставља за ове елементе исту максималну вредност коефицијента пролаза топлоте као и за под на тлу - $0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Како би се смањили проблеми топлотних мостова, поред изолације пода приземља са подрумске стране, треба где год је могуће термички изоловати зид са спољашње стране до бар 1 метар у земљу (Pfundstein et. al, 2008: 86).

5.6.3 Ефекат унапређења енергетског баланса у зимском периоду

Унапређење термичких карактеристика пода на тлу је појединачна стратегија са најмањим утицајем на енергетски баланс референтних модела. Унапређење према Правилнику (Сл. гласник РС, бр. 61/2011а, U вредност $0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$) донело би занемарљиву уштеду енергије потребне за грејање оба модела. Унапређење U вредности пода према захтевима *EnerPHit* сертификације донело би уштеде до 4,5% (дијаграм 5.10) (Passive House Institute, 2012).



Дијаграм 5.10 Утицај термоизолације пода на тлу на специфичну годишњу потребну енергију за грејање

5.6.4 Ефекат унапређења енергетског баланса у летњем периоду

Изолацијом пода нема значајан ефекат на смањење енергије потребне за хлађење објекта.

5.6.5 Значај унапређења термичких карактеристика конструкција у тлу

Установљено је да термоизолација пода има најмањи утицај на енергетске потребе зграде од свих мера унапређења појединачних елемената термичког омотача.

Утицај постављања термоизолације пода на уштеду енергије за грејање зависи пре свега од спратности објекта и од удела губитака кроз под на тлу у укупним губицима.

Код приземеног објекта, истих димензија приземља као модел МА, губици кроз под били би 15% укупних губитака услед кондукције, за модел димензија приземља као модел МБ, били би 13%. У случају објекта на 5 нивоа, проценат губитака кроз под на тлу је само 5% за оба модела. Уколико се, као мера унапређења, дода 5 cm изолације са топлотном пропустљивошћу од 0,036 W/mK, проценат губитака кроз под на тлу се смањује на 8% за приземне објекте, а на само 2-3% за објекат на 5 нивоа.

5.7 Мере унапређења транспарентних елемената

Топлотни губици

Површина отвора је код већине индустријских објеката мала у односу на површину спољашњег зида. Из угла термичких перформанси зграде,, у климатским условима у којима се у пословним зградама највећа количина енергије троши на грејање, ово није негативна ставка. Потенцијални губитак топлоте много је значајнији кроз транспарентне површине. На примеру референтних модела, зида од опеке и прозора са једноструким стаклом, топлотни губицу кроз 1 m² стакла су 3 до 4 пута већи од губитака кроз зидове. Сличан је однос и код унапређених објеката који задовољавају Правилником о ЕЕЗ прописане највеће дозвољене вредности коефицијента пролаза топлоте (1,5 W/m²K за прозор према 0,4 W/m²K за зид, Сл. гласник РС, бр. 61/2011а), као и код *EnerPHit* сертификације (0,85 W/m²K за прозор према 0,15 W/m²K за зид, Passive House Institute, 2012). Однос топлотних губитака се не мења ни инсталацијом троструког или четвороструког стакла и већом дебљином термоизолације зида.. У летњем периоду, при директном сунцу, прозори ће пропустити и 40 пута више топлотне енергије него зидови (Baker, 2009).

Дневно светло

Значај прозора је велики јер омогућавају продор дневне светлости у простор. Прозори омогућавају природно осветљење простора што пружа велики број предности у погледу комфора боравка у пословним зградама (поглавља 2.5.1 и 2.5.4). Поред тога, више енергије се у просеку троши на вештачко осветље него на хлађење и вентилацију пословних зграда (DECC, 2015а, слика 2.22). Кроз анализу референтних модела, уочено је да уколико се користи природна вентилација, количина енергије потребна за хлађење објекта је само сегмент енергије потребне за осветљење (поглавље 5.10).

Површина отвора

Више од половине анализираних индустријских објеката има површину отвора између 10 и 20 процената површине спољашњег зида (слика 4.76), 21% има између 20 и 30 површине спољашњег зида, а 14% испод 10% површине спољашњег зида.

Међународни стандарди налазе да су за пословне зграде адекватне вредности између 19 и 60%. Најновији *ANSI/ASHRAE* Стандард 90.1-2013, за основне моделе зграде са којом се пореди предложено пројектно решење наводи површину прозора од 19% површине спољашњег зида за пословне зграде мање од 465 m², 31% за просторе између 465 и 4650 m² и 40% за веће пословне зграде. Сматра се да ове вредности нуде добру равнотежу између топлотних добитака и губитака, без угрожавања потенцијала за адекватно природно осветљење. Ранија издања истог стандарда (*ANSI/ASHRAE* 2007, 2010) претпостављала су 40% површине зида за све функције, укључујући и пословну. У *WELL Building Standard*, у сегменту „Прозори за продор дневне светлости” (*Daylighting Fenestration*) наводе се као прихватљиве површине између 20 и 60 процената површине спољашњег зида (IWBI, 2015).

Стакло постојећих прозора

Прозори и њихови оквири дају карактер фасадама историјских зграда. Не би требало мењати њихове пропорције ни детаље јер су битни елементи оригиналног решења (Historic England, 2012). Дубина до које су прозорски оквири увучени у зид утиче на карактер зграде, те ово не треба мењати (Historic England, 2012).

Стакло примењивано у прошлости, како се у *Historic England* (2012) истиче, има одсјај који данашње равно стакло нема. Из овог разлога, уколико је у прихватљивом стању, оригинално стакло треба сачувати, а мере унапређења енергетске ефикасности треба тражити на другим елементима зграде. Иако прозори на старим заштићеним зградама не испуњавају савремене захтеве хигијене, комфора и енергетске ефикасности, низом пажљиво примењених стратегија њихове перформансе се могу значајно унапредити.



Слика 5.10 Прозори са оквирима од дрвета на машинском млину Бели Поток
(Извор: Куленовић, фото документација МИЈ)



Слика 5.11 Прозори са оквирима од челика на црној станици Борча
(Извор: Куленовић, фото документација МИЈ)

Оквир постојећих прозора

Прозори анализираних индустријских објеката имају оквире од челика или дрвета (слике 5.10 и 5.11).

Оквири од челика су се појавили у Енглеској током периода Регенства (*Regency Period*, 1811-1820) и испрва су примењивани у кућама и индустријским зградама, да би прешли у масовну производњу почетком 20. века (Historic England, 2012). Оквири од топло ваљаног челика су стабилни, танки и незапаљиви, што је од посебног значаја у индустријској производњи.

Дрво које се раније користило (до раног 20. века) за прозорске оквире било је постојано на временске утицаје, што се огледа у трајности. Након овог периода је почело да се користи дрво инфериорнијег квалитета, коме је требала хемијска обрада како би постало трајније (Historic England, 2012). Данас је јако тешко наћи дрво сличног квалитета, те где год је могуће прозоре треба само поправити и оставити у употреби (Historic England, 2012).

5.7.1 Термичке карактеристике постојећих транспарентних елемената

На коефицијент пролаза топлоте прозора (U_w) утичу коефицијент пролаза топлоте стакла (U_g) и оквира (U_f), топлотни мостови око оквира прозора и они настали услед уградње прозора, као и димензије појединачних елемената (површина, дужина) (Прилог 6б).

На термичко понашање прозора индустријских објеката значајно утиче изглед прозора. Код индустријских објеката чести су прозори са челичним оквиром и поделом на мање застакљене делове у оквиру једног прозорског оквира.. Овакво решење прозора има негативан утицај на коефицијент пролаза топлоте, топлотне мостове око оквира, појаву кондензације, количину светлости у простору, цену одржавања итд. Слика 5.12 приказује утицај поделе у оквиру прозора на његову U вредност.

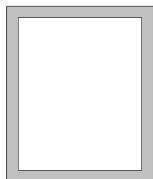
Прозори модела МА1 и МБ1 имају једноструко стакло и оквир од дрвета. Коефицијент пролаза топлоте стакла је $5,8 \text{ W/m}^2\text{K}$, а оквира $2 \text{ W/m}^2\text{K}$. Проценат оквира је 38% (дводелни прозор са хоризонталном пречком, слика 5.12). Коефицијент пролаза топлоте прозора (U_w) је $4,3 \text{ W/m}^2\text{K}$. Фактор пропустљивости сунчевог зрачења (g) стакла је 0,83.

Дрвени оквир

U стакла: 5,8 W/m²K

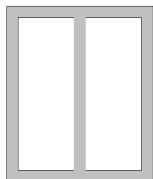
U оквира: 2,0 W/m²K

оквир: 25%



U_w: 4,8 W/m²K

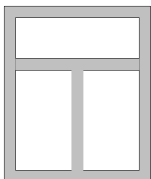
оквир: 32%



U_w: 4,6 W/m²K

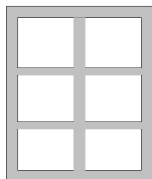
Прозор у моделима МА1 и МБ1

оквир: 38%



U_w: 4,3 W/m²K

оквир: 42%



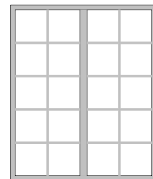
U_w: 4,2 W/m²K

Челични оквир

U стакла: 5,8 W/m²K

U оквира: 6,0 W/m²K

оквир: 20%



U_w: 5,8 W/m²K

Слика 5.12 Термичке карактеристике прозора индустријског наслеђа Београда

5.7.2 Мере унапређења термичких карактеристика транспарентних елемената

Након анализе стања прозорског стакла и оквира, као и његовог значаја за изглед објекта, потребно је размотрити и стратегије унапређења термичких карактеристика прозора. Оригинални прозор може се задржати, може му се додати секундарно застакљење или се може заменити новим, уколико је у лошем стању.

Мере унапређења постојећег прозора

Уколико се прозор задржава због квалитета стакла и историјске важности, једноставним мерама може се умањити нежељена инфилтрација ваздуха. За челичне и дрвене оквири, може се убризгати заптивач од силиконске гуме у отворе између стакла и оквира (слика 5.13а). Овакво решење је неупадљиво, показало се трајно и нуди добру изолацију (Historic England, 2012). Према утицају на смањење топлотних губитака, овакво унапређење термичких особина прозора са једноструким стаклом има сличан ефекат као додатак још једног стакла. У тестовима спроведеним на историјским објектима приметна су смањења топлотних губитака до 90% (Historic England, 2012).

Додатна стратегија је инсталација заптивача од различитих материјала који се постављају око допрозорника према зиду (слика 5.13б). Ови заптивачи побољшавају топлотне перформансе прозора на старим индустријским објектима, али и звучни комфор у просторијама. Најзад, са унутрашње стране стакла се могу инсталирати термоизолирајуће ролетне које би се користиле ноћу за спречавање топлотних губитака у зимском периоду, али и дању за спречавање прегревања у летњем периоду.

а)



б)



Слика 5.13 Мере унапређења постојећих прозора
(Извор: Historic England, 2015)

Замена стакла у постојећим оквирима и постављање секундарног застакљења

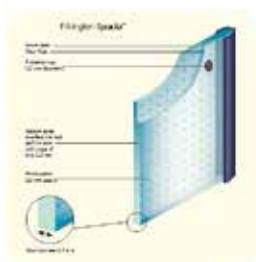
Данас се производе уска двострука (термоизолациона) стакла која могу да се поставе у оригиналне прозорске рамове на индустријским зградама. Оваква застакљења најчешће су дебљине око 10-12 mm, и укључују спољашње стакло дебљине 3-4 mm, празнину испуњену гасом (3-4 mm) и унутрашње ниско емисионо стакло дебљине 3-4 mm (слика 5.14). Тежина оваквих система је око 15 kg/m², а коефицијент пролаза топлоте око 1,5 W/m²K. Данас се на тржишту могу наћи и производи дебљине само 6,5 mm са коефицијентом пролаза топлоте 1,1 W/m²K (пример Pilkington Spacia™, прво широко доступно вакуумско стакло на свету, Pilkington, 2016). Овакав систем састоји се од 2 нискоемисиона стакла дебљине 3mm раздвојена простором од само 0,2 mm испуњеним вакуумом (слика 5.15). Међутим овај систем има нешто шири спој око оквира прозора него нека од решења која немају испуну од вакуума, те није увек визуелно најбоље решење.

Замена стакла постаје проблематична код прозора индустријских зграда који имају велики број хоризонталних и вертикалних пречки, са стаклом мањих димензија (слика 5.16). Најчешће је немогуће уградити двослојна (термоизолациона) стакла у танке профиле рамова, а да се њихов изглед и конструкција не измене. Услед поделе и великог броја рамова, а самим тим и топлотних мостова ако се постојећи профили задржавају, двоструко застакљење (термоизолационо) би дало слабије унапређење него када би се секундарно застакљење поставило иза оригиналног прозора (слика 5.16).

Институт за пасивне куће предлаже употребу троструког стакла у већини Европе (Troï & Bastian, 2015), међутим до скоро ово често није било могуће у историјским зградама. Троструко стакло је тешко (30 kg/m²) и значајне дебљине (>48 mm), што



Слика 5.14 Двоструко стакло-термоизолационо (d=10mm)
(Извор: Historic England, 2015)



Слика 5.15 Вакуумско стакло (d=6mm)
(Извор: Pilkington, 2016)



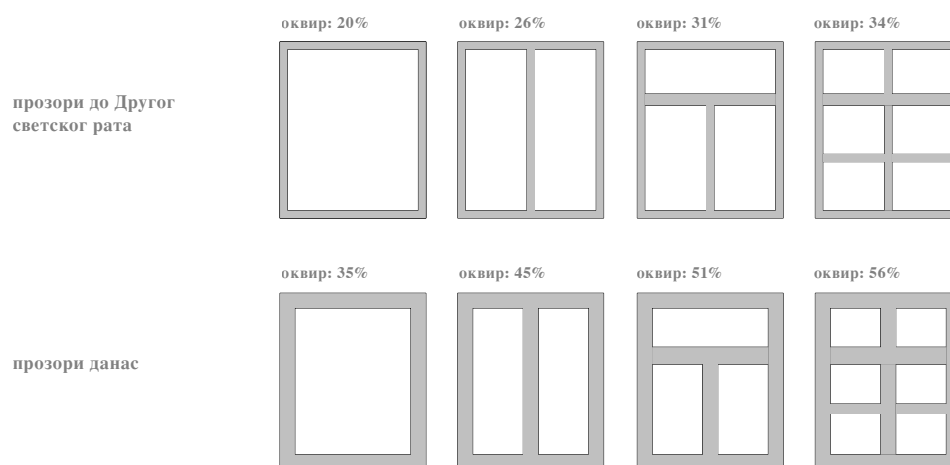
Слика 5.16 Секундарно застакљење иза прозора са једноструким стаклом
(Извор: Historic England, 2015)

се не уклапа у карактер нити стабилност/носивост рамова код старих индустријских објеката. Данас се развијају системи троструког стакла мање дебљине (Troï & Bastian, 2015).

Замена прозора

Оригинални прозори су у напуштеним зградама често оштећени толико да је њихова замена неминовна. Често је непрактично и нерационално направити прозоре истог дизајна и димензија као постојећи прозор, те извођачи приступају различитим решењима њихове замене. Ово је приметно на примерима адаптираних индустријских објеката у Београду. Код објеката који нису под заштитом државе, или код објеката који су касније дошли под привремену заштиту, прозори су замењени новим термоизолационим, са оквирима од алуминијума или PVC-а. Нови прозори имају много дебље оквире од оригиналних прозора (слика 5.17), нарушавају изглед фасаде, веће су тежине, што ствара, и трајност је обично мања у односу на трајност оригиналних прозора.

Уколико долази до замене прозора новим, омогућава се да се максимално унапреди термичка перформанса зграде. Треба размотрити употребу троструког стакла, уколико зидови могу да поднесу додатну тежину, што је чест случај код индустријских зграда.

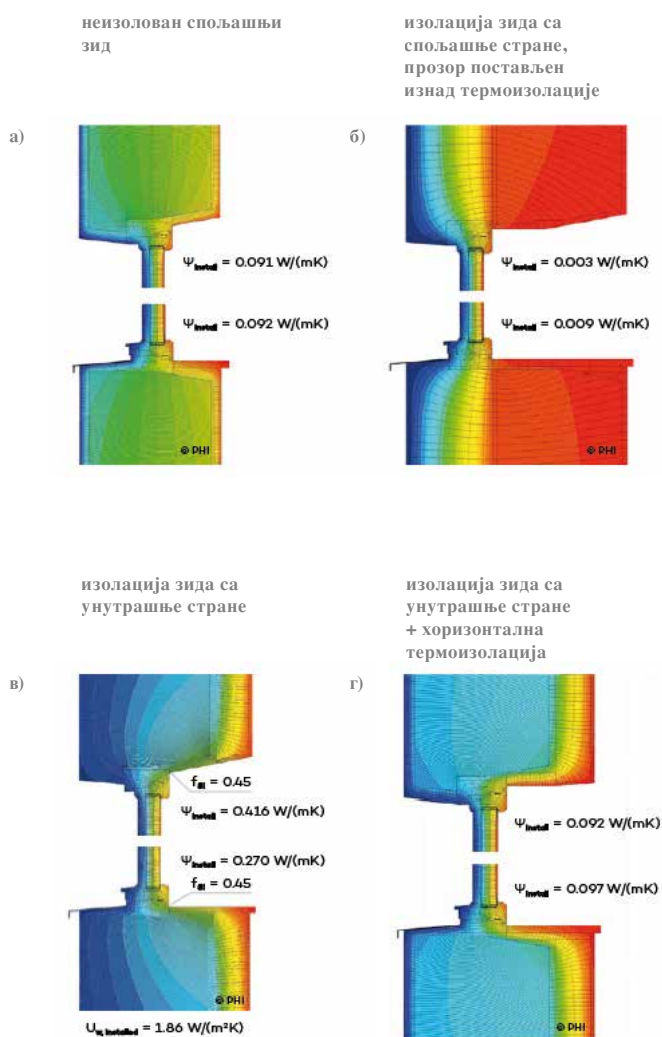


Слика 5.17 Величина оквира у прозорима направљеним пре Другог светског рата и савременим прозорима (Извор: Аутор према Troï & Bastian, 2015)

Топлотни мостови

Топлотни мостови јављају се унутар самог система прозора, али и на споју прозора и зида. Разлике у температури у многоме зависе од позиције прозора у односу на позицију термоизолације. Где год је то могуће, прозоре треба поставити у правцу термоизолације (слика 5.18б).

У историјским објектима уколико се положај прозора унутар отвора у зиду задржава, и уколико се користи унутрашња изолација, битно је изоловати хоризонталне поврпине до прозорског рама (слика 5.18г).



Слика 5.18 Топлотни мостови: положај прозора у односу на положај термоизолације (Извор: Troi & Bastian, 2015)

5.7.3 Ефекат унапређења енергетског баланса у зимском периоду

Површина прозора у референтним моделима је дефинисана као 20% површине спољашњег зида. Губици топлоте кроз прозоре услед кондукције су велики код оба модела (слика 5.2). Циљ при замени прозора је да се губици током зиме колико је то могуће смање избором прозора са мањим коефицијентом пролаза топлоте.

У овом поглављу анализиране су опције замене прозора референтних модела. Анализиране стратегије укључују додавање секундарног застакљења (иза оригиналног које се задржава) и инсталацију новог прозора (табела 5.5).

Табела 5.5 Термичке и соларне карактеристике прозора

	Стање пре адаптације	Постављање секундарног застакљења		Замена прозора новим				
	МА1, МБ1	Оригинално једноструко стакло, дрвени оквир		2 - струко, нискоемисионо, 4-15-4 mm (Ar)			3 - струко, нискоемисионо, 4-8-4-8-4 mm (Kr)	
	Дрвени оквир	+ 2 - струко, нискоемисионо, 4-15-4 mm (Ar) Оквир од алуминиума са термичким прекидом	+ 3 - струко, нискоемисионо, 4-8-4-8-4 mm (Kr) Оквир од алуминиума са термичким прекидом	Оквир од алуминиума, са термичким прекидом	Дрвени оквир, 50mm	Оквир PVC, 5-коморни	Оквир од алуминиума, са термичким прекидом	Специјални систем профила за пасивне куће
U вредност прозора [W/m²K]	4,3	1,3	1,0	1,5	1,5	1,3	1,1	0,6
U вредност стакла [W/m²K]	5,8 ¹	5,8 + 1,1	5,8 + 0,65	1,3 ¹			0,7 ¹	0,5 ¹
g вредност	0,83 ¹	0,51 ³	0,42 ³	0,61 ¹			0,48 ¹	0,5
Проценат оквира [%]	38	38 + 15	38 + 15	15	30	35	15	35
U вредност оквира [W/m²K]	2,0	2,0 + 2,8	2,0 + 2,8	2,8	2,0	1,3	2,8	0,8
Температура унутрашње површине стакла при температури ваздуха -12,1°C споља и 20°C унутра [°C] ²	-3,8	16,1	17,6	15,1			16,9	17,9

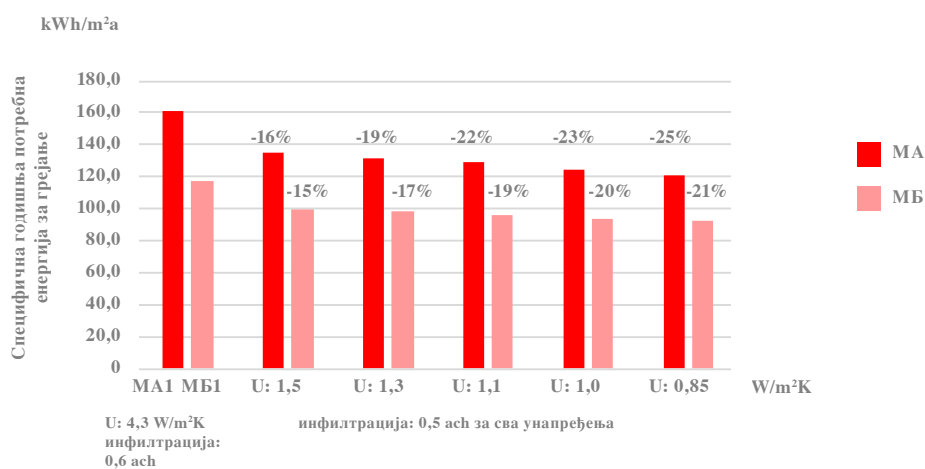
¹ Вредности преузете из Правилника о енергетској ефикасности зграда (2011)

² -12,1°C спољашња пројектна температура за град Београд, 20°C унутрашња температура

³ комбинована g вредност за оба прозора

Како се побољшањем U-вредности прозора топлотни губици смањују, замена прозора има позитиван утицај на смањење енергије потребне за грејање референтних модела (дијаграм 5.11).

Како је површина прозора према површини спољашњег зида само 20%, унапређења након што се испуни захтев Правилника о ЕЕЗ (Сл. гласник РС, бр. 61/2011а) за U вредност ($\leq 1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$) су око 16-25% за модел МА и 15-21% за модел МБ.



Дијаграм 5.11 Утицај замене прозора на специфичну годишњу потребу за грејањем

5.7.4 Ефекат унапређења енергетског баланса у летњем периоду

Заштита од сунчевог зрачења

Енергија потребна за хлађење објеката је у константном порасту. Заштита од сунчевог зрачења једна је од најбитнијих стратегија смањења прегревања у зградама у топлом периоду године. У случају старих индустријских објеката инсталација спољашњих сенила, светлосних полица и сл. обично није прихватљива јер би се оригинални изглед фасаде значајно изменио. Прихватљиве опције укључују сенила уграђена између спољашњег и унутрашњег стакла, или у самом новом стаклу (у шупљини-комори), као и унутрашње ролетне. Употреба унутрашњих ролетни има за циљ да пре свега умањи проблеме везане за појаву бљеска, с обзиром да сунчеви зраци пролазе кроз застакљење и соларни добици су остварени унутар простора.

Већина адаптираних објеката има венецијанер ролетне (слика 5.19). Када су ламеле ролетне у хоризонталном положају, коефицијент заштите од сунчевог зрачења (*shading coefficient*) је 0,61, а фракција кратко таласног зрачења (*short wave radiant fraction*) 0.3 (BRE, цитирано у IES Apache Tables, IES, n.d.). Уколико би њихова употреба зависила од корисника простора (уколико нису аутоматизоване), тешко је установити ниво уштеде енергије за хлађење објекта. Значај венецијанер ролетни је већи код једноструког стакла, са високом g вредношћу. У случају унапређења омотача према вредностима из Правилника о ЕЕЗ (Сл. гласник РС., бр. 61/2011а), а задржавања једноструког стакла, смањење енергије потребне за хлађење на примеру модела МА је 5% уколико се ролетне спуштају када је укупна соларна радијација већа од 600 W/m^2 . Уколико се венецијанер ролетне спуштају када је соларна радијација већа 300 W/m^2 , смањење је 16%. За модел МБ, уштеда је 4% и 12%. Уколико су венецијанер ролетне стално са ламелама у вертикалном положају, коефицијент заштите од сунца је 0,83 (ETSU data, цитирано у IES Apache Tables, IES, n.d.). На овај начин уштеда за примере са једноструким стаклом је 13% за објекат МА и 10% за објекат МБ.

Уколико су уграђени прозори са g вредности 0,4, смањење енергије потребне за хлађење за модел МА је само 2% за случај соларне радијације 600 W/m^2 и 6% за 300 W/m^2 . За објекат МБ уштеда је још мања, 1% и 4%.

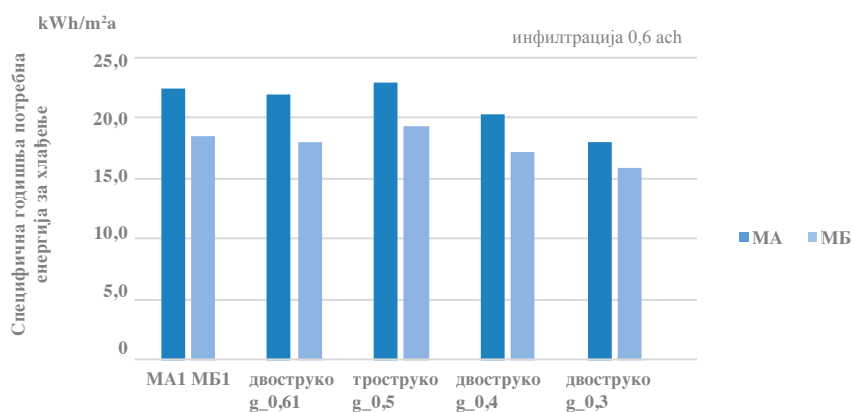


Слика 5.19 Унутрашње венецијанер ролетне у адаптираном магацину банке Николе Бошковића

Фактор пропустљивости сунчевог зрачења (g)

Како додавање спољашњих сенила није прихватљива опција код већине историјских зграда, главна стратегија контроле продора сунчевог зрачења постаје избор стакла. Фактор пропустљивости соларног зрачења (g) је прихватљиво смањити у мери у којој не би дошло до значајних измена оригиналног изгледа објекта. Нови типови стакла могу постићи ниске g вредности, а притом задржати изглед прозирног двоструког стакла. *Solarban 72+ Starphire* ниско емисионо стакло са соларном контролом постиже трансмисију видљиве светлости (VLT) од 71%, а притом има g вредност од само 0,3 (PPG Ideascapes). Прозирно двоструко стакло има трансмисију видљиве светлости од 79%, а g вредност од 0.71 (Сл. гласник РС., бр. 61/2011а). Однос трансмисије видљиве светлости и g вредности стакла *Solarban 72+Starphire* је чак 2,37, док је код прозирног двоструког стакла само 1,13.

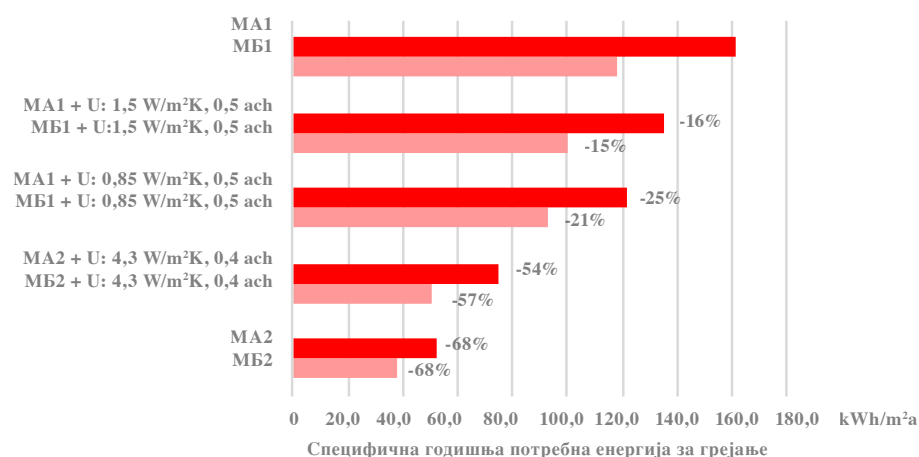
Анализама је оцењен утицај g вредности на специфичну годишњу потребну енергију за хлађење. Тестиране су g вредности: 0,83 (једноструко стакло), 0,61 (двоструко нискоемисионо стакло са испуном од Аргона), 0,48 (троструко нискоемисионо стакло са испуном од Аргона), 0,40 (препоручена вредност из ASHRAE 90.1, ASHRAE, 2010), 0,30 (најнижа g вредност стакла неутралне боје). Разлика у енергији потребној за хлађење је до 20% за објекат МА, а до 14% за објекат МБ (дијаграм 5.12).



Дијаграм 5.12 Утицај фактора пропустљивости соларног зрачења на специфичну годишњу потребну енергију за хлађење објекта

5.7.5 Значај унапређења термичких карактеристика транспарентних елемената

Познато је да је замена прозора значајно скупља стратегија од термоизолације нетранспарентних елемената омотача. Уколико се на референтним моделима прозори замене новим двоструким са U вредности $1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ (Сл. гласник РС, бр. 61/2011а), и смањење у инфилтрације на $0,5 \text{ ach}$ оствариле би се уштеде у специфичној годишњој енергији потребној за грејање објекта од 16% за модел МА и 15% за модел МБ (дијаграм 5.13). Ово су уштеде које указују на значај унапређења прозора као стратегије при адаптацији објеката.



Дијаграм 5.13 Значај замене прозора као стратегије при адаптацији

5.8 Стратегије унапређења енергетског баланса референтних модела

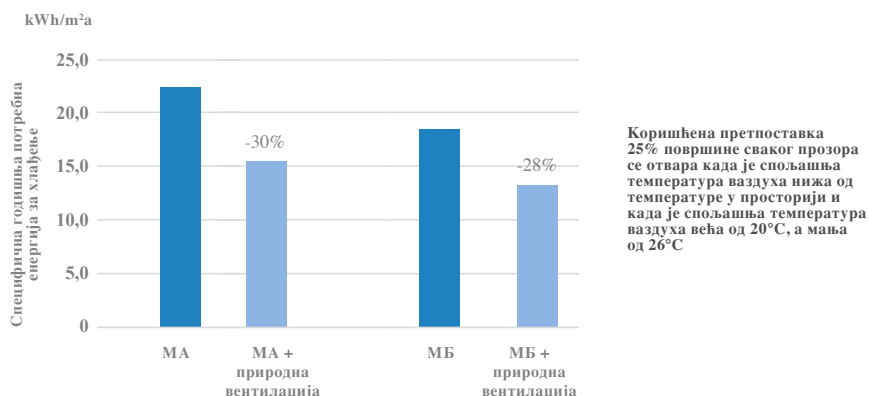
5.8.1 Природна вентилација

Сви индустријски објекти изграђени пре Другог светског рата имају природну вентилацију како би обезбедиле одговарајуће температуре унутрашњег ваздуха. Природна вентилација има велики број бенефита за кориснике пословних зграда укључујући виши квалитет ваздуха, позитиван утицај на продуктивност и осећај контроле над околином (уколико корисници контролишу отварање прозора, поглавље 2.5). Велика предност природне вентилације је и уштеда енергије потребне за хлађење објеката.

Природна вентилација се ослања на разлике у притиску које узрокују кретање ваздуха кроз зграду. На интензитет природне вентилације утичу оријентација и облик објекта, величина и карактеристике прозора, дубине просторије и услови локације (густина изграђености окружења, услови ветра на локацији и сл.).

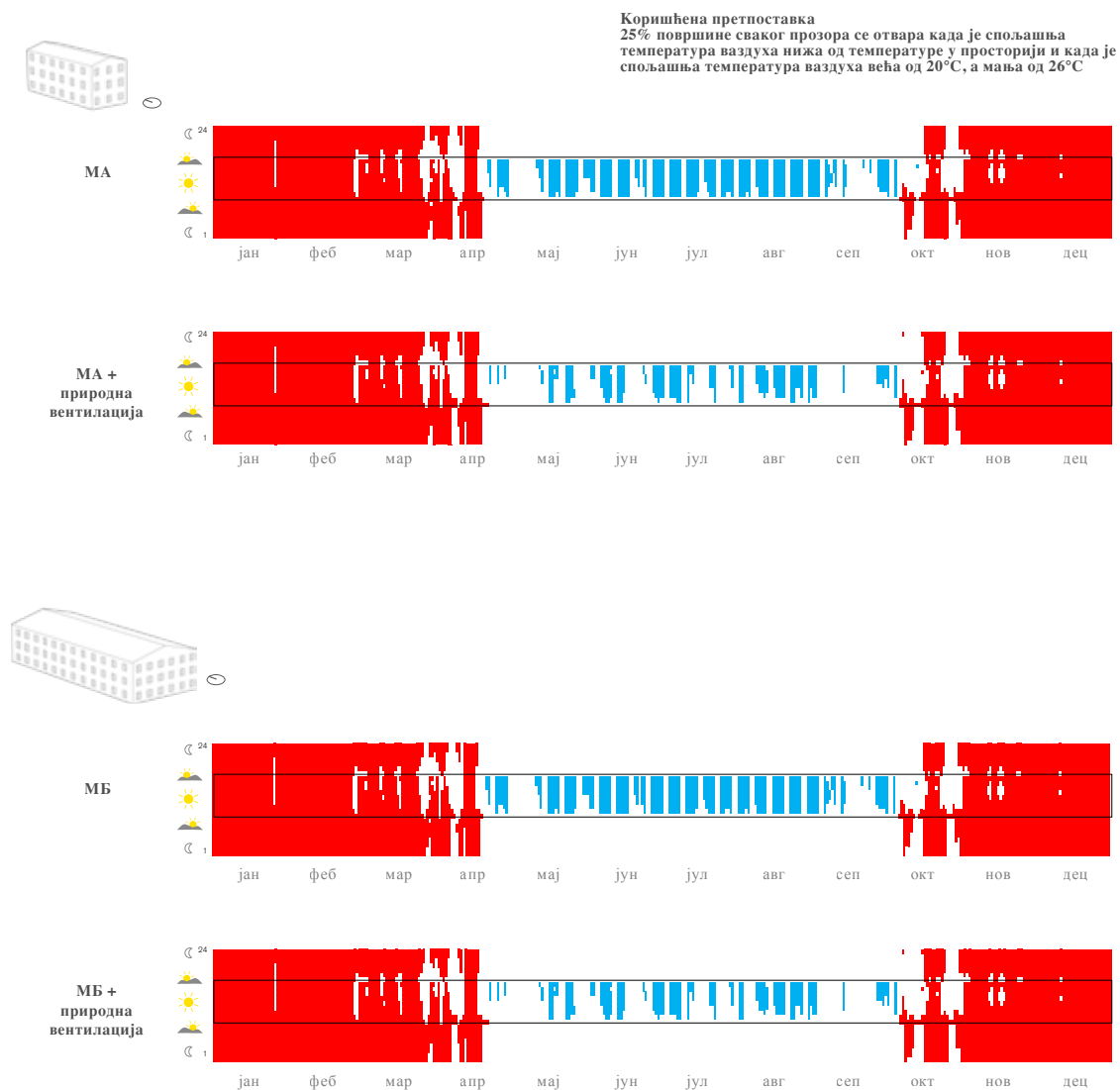
На примеру референтних модела, уколико би се до 25% површине прозора¹ отварало када су спољашње температуре ниже од унутрашњих, а између 20 и 26°C, могуће је остварити уштеде енергије потребне за хлађење референтних модела од око 30% (дијаграм 5.14).

Уз природну вентилацију хлађење је потребно углавном у поподневним часовима од јуна до августа (дијаграм 5.15).



Дијаграм 5.14 Утицај природне вентилације на специфичну годишњу потребну енергију за хлађење објекта

¹ 25% површине прозора је око 5% површине пода модела МА, док је код модела МБ ово само око 2,5% површине пода.



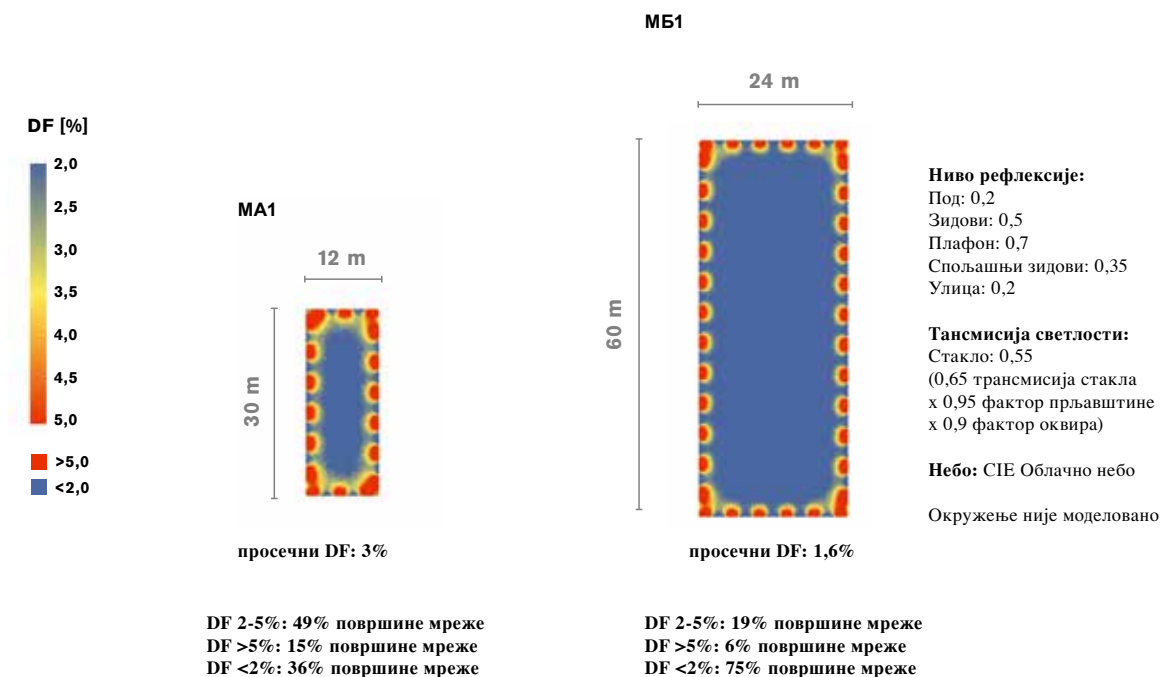
Дијаграм 5.15 Утицај природне вентилације на уштеду енергије за хлађење објекта

5.8.2 Природно осветљење

Вештачко осветљење је један од највећих потрошача енергије у пословним зградама (DECC, 2015a, DETR, 2000). У Правилнику о енергетској ефикасности зграда је истакнуто да се ефикасно коришћење енергије за расвету остварује првенствено коришћењем дневног светла (Сл. гласник РС, бр. 61/2011а, члан 16). Даље се наводи да у нестамбеним зградама „...треба обезбедити регулацију осветљености у зависности од интензитета дневне светлости и присуства корисника у просторији” (Сл. гласник РС, бр. 61/2011а, члан 16).

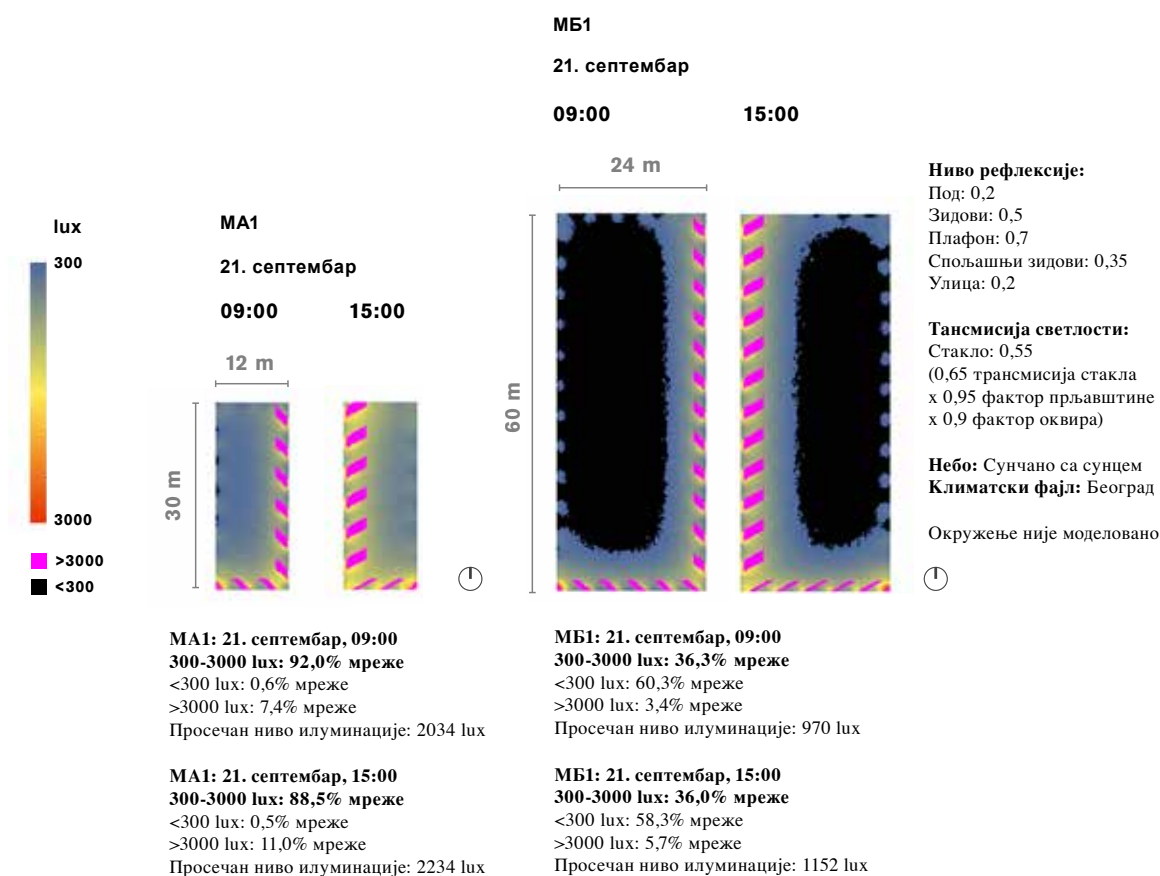
Да би се установио потенцијални ниво уштеде енергије за осветљење, анализирани су услови природног осветљаја референтних модела.

Просечан фактор дневне светлости анализираног референтног модела МА је 3%. Ово указује да објекти ширине основе испод 15 метара имају потенцијал да буду претежно осветљени дневном светлошћу (BS 8206-2). Модел МБ због својих димензија има просечни фактор дневног осветљаја испод 2% и ограничен потенцијал за уштеде енергије за осветљење (слика 5.20).



Слика 5.20 Фактор дневне светлости (DF) референтних модела

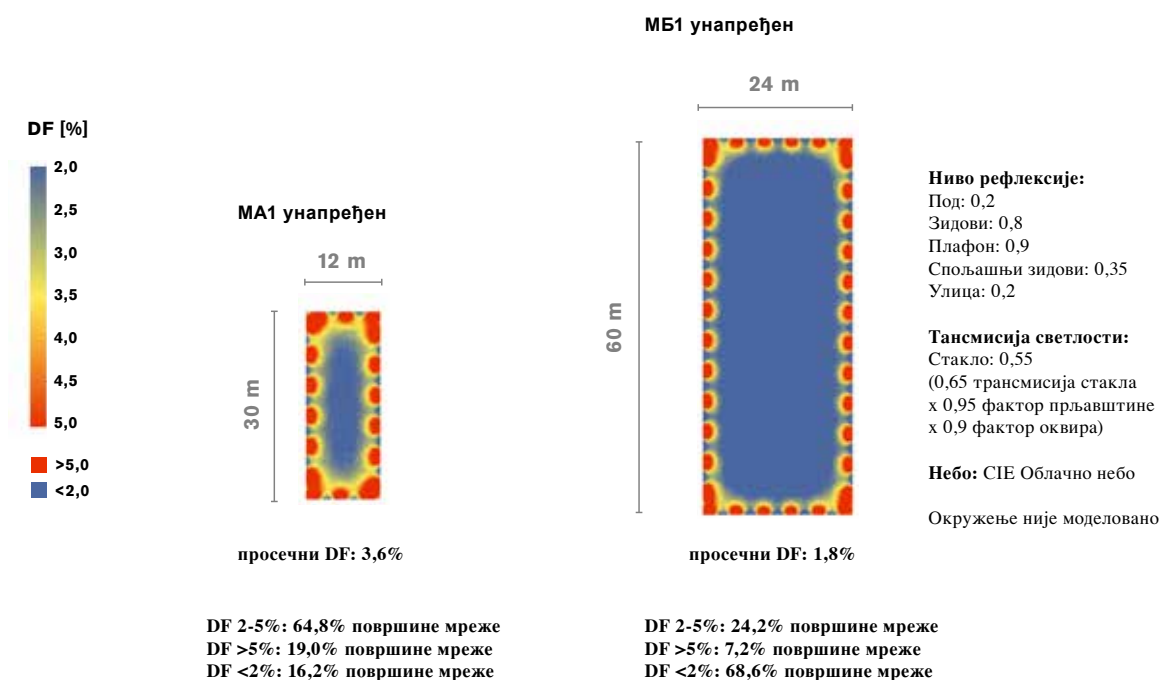
Да би се боље разумело понашање објекта специфично за његову географску локацију, анализиран је ниво осветљености (илуминације) референтних модела. За оцену потенцијала за добру осветљеност простора дневном светлошћу коришћени су параметри LEED v4 сегмент „Природно осветљење” (USGBC, 2013). Анализира се ниво илуминације при сунчаном небу 21. септембра у 9 и 15 часова. Да би се задовољили услови кредита, више од 55% стално коришћених површина зграде мора имати ниво осветљаја између 300 и 3000 lux. Симулације показују да модел МА би потенцијално могао да задовољи захтеве овог кредита (слика 5.21), док модел МБ нема потенцијала да задовољи минималне захтеве.



Слика 5.21 LEED v4: Ниво осветљености (илуминације) референтних модела

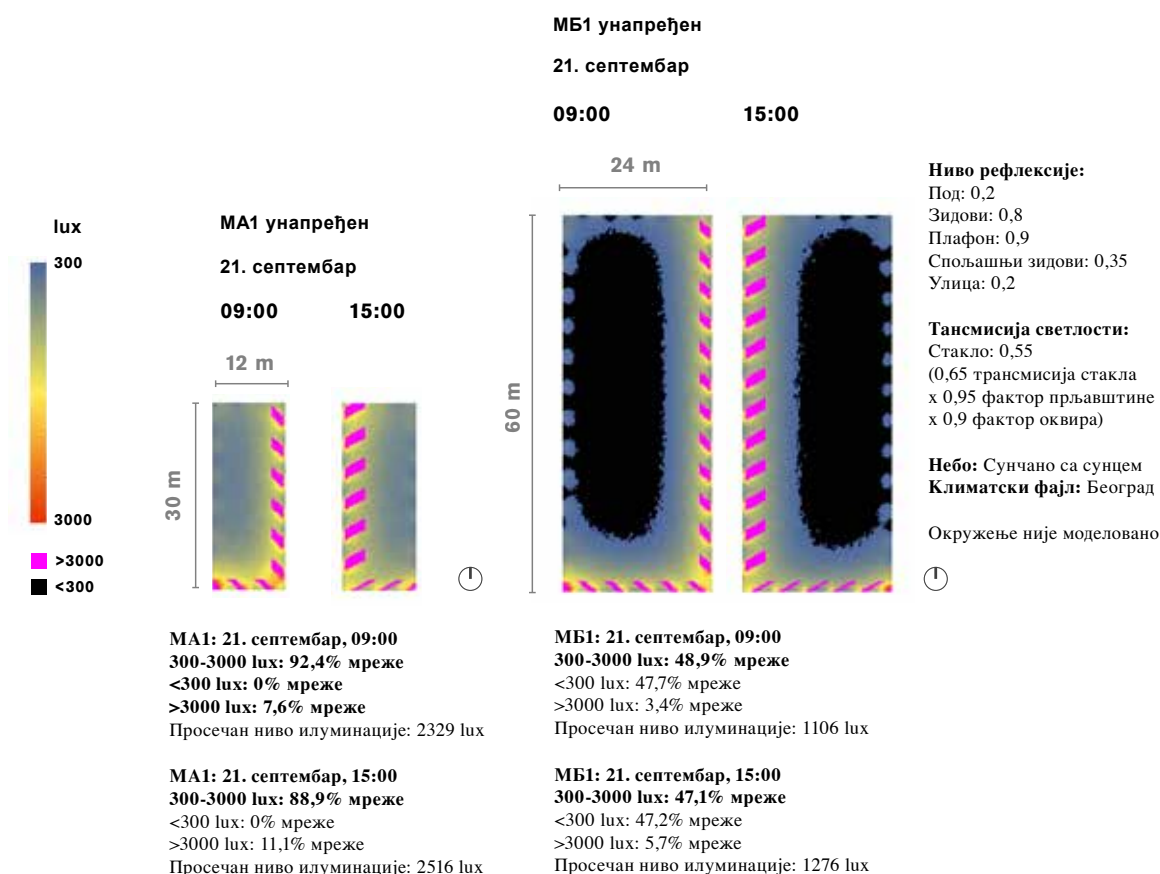
Мере унапређења

Како би се задржао оригинални изглед индустријских објеката, мере које би могле да повећају ниво осветљаја су јако ограничене. Спољашње светлосне полице или значајне измене површине вертикалних отвора нису стратегије које би биле прихватљиве за овај тип објеката. Најједноставнија мера унапређења природног осветљаја је повећање рефлексије унутрашњих површина. Уколико би се рефлексија површине унутрашњих зидова повећала са 0,5 на 0,8, плафона са 0,7 на 0,9, фактор дневног осветљаја модела МА1 би се повећао за 20%, а модела МБ1 за 12% (слика 5.22).



Слика 5.22 Фактор дневне светлости (DF) унапређених модела

Унапређење је видљиво и у анализама према захтевима LEED v4 кредита „Природно осветљење” (USGBC, 2013). Међутим, модел МБ1 не може да задовољи захтеве кредита (ниво осветљености између 300 и 3000 lux за преко 55% стално коришћених површина просторија) ни повећањем рефлексије унутрашњих површина (слика 5.23). За овакве објекте, могуће мере унапређења нивоа осветљаја укључују увођење атријума или кровних прозора, уколико то дозволе надлежни органи заштите. Треба напоменути да су анализе рађене без окружења, и да би стварни објекти сличних димензија имали нешто ниже нивое осветљаја услед висине и близине околних објеката (Stojkovic, Pucar, Krstić, 2016). Такође, анализе претпостављају да је целокупна основа објекта коришћена као канцеларијски простор отвореног типа. Распоред просторија у моделима адаптације би значајно утицао на расподелу осветљаја и коначне резултате. Опрезно пројектовање унутрашњег распореда је кључна стратегија за задовољавање услова овог кредита, као и повећање уштеда енергије за осветљење пословних зграда.



Слика 5.23 LEED v4: Ниво осветљености (илуминације) унапређених модела

Због значајног унапређења нивоа осветљености услед вишег нивоа рефлексије унутрашњих површина, ова стратегија је прихваћена као стратегија унапређења и биће коришћена у анализама потрошње енергије за осветљење и укупних енергетских потреба унапређених референтних модела (МА3 и МА4 и МБ3 и МБ4, поглавље 5.10).

Утицај природног осветљења на енергетски баланс референтних модела

Уштеда енергије за осветљење има утицај на целокупни енергетски баланс зграде. Мањи унутрашњи добици од осветљења повећали би потребе за грејањем у зимском периоду, док би у летњем периоду смањили потребе за хлађењем. Примарна енергија и емисије угљен-диоксида су значајније за електричну енергију него гас, уштеде енергије за осветљење пожељне су током целе године. Међутим, како се енергетски разред зграде тренутно оцењује само према енергији потребној за грејање објекта, уштеде енергије за осветљење, а самим тим и повећање енергије за грејање би се негативно одразили на енергетски разред зграде.

5.9 Интеграција обновљивих извора енергије

Системи који користе обновљиве изворе енергије, са потенцијалом за уградњу у постојеће зграде укључују фотонапонске модуле и ветрогенераторе, тј. ветротурбине за производњу електричне енергије, топлотне пријемнике сунчеве енергије, системе на биомасу и геотермалну енергију. Како пословни објекти имају велике потребе за електричном енергијом, и обично су на градским локацијама, фокус овог поглавља биће на интеграцији фотонапонских модула.

Код индустријских зграда, а посебно индустријских комплекса, могуће је наћи површине које нису сагледљиви за јавност и искористити их за интеграцију фотонапонских модула. Најчешћа је интеграција у кров зграде. Данас постоји велики број могућности интеграције без драстичног мењања изгледа крова (слика 5.24). Примери укључују цреп са соларним ћелијама или танкослојним соларним ћелијама, соларну шиндру и сл (Крстић, 2006). Интеграција је могућа и у кровне прозоре, инсталацијом семитранспарентног стакла са фотонапонским ћелијама (слика 5.25).

При обнови индустријских комплекса, PV панеле је најбоље инсталирати на крововима помоћних објеката, који су мање значајни и често мање видљиви.



Слика 5.24 Интеграција фотонапонских панела у кров зграде
(Извор: Зелена енергија, 2016, todayssolar.com, 2016)



Слика 5.25 Интеграција фотонапонских ћелија у кровне прозоре
(Извор: Troi, 2013)

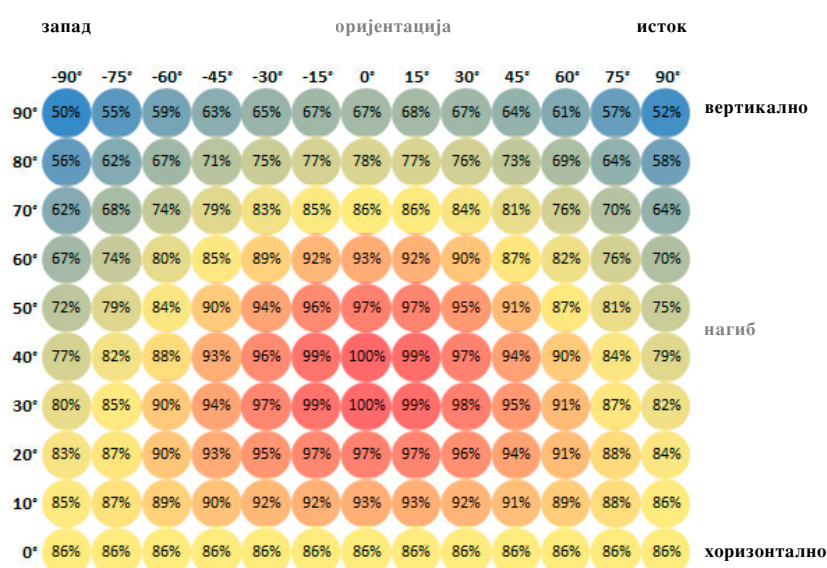
У неким случајевима фотонапонски модули се могу инсталирати и на фасаде објеката, уколико су мање проминентне од крова. Систем би требало да буде визуелно интегрисан - инсталиран у истом нивоу као фасада и исте боје као фасада. Troi (2013) наводи неке од аспеката козервације који се тичу инсталације фотонапонских панела у историјским објектима:

- конструкција крова мора бити довољно стабилна да поднесе додатну тежину панела,
- треба избегавати инсталације на главној фасади или доминантном делу крова и
- пре инсталације панела морају се добити потребне дозволе.

Систем треба пројектовати према потребама објекта, узимајући у обзир будуће потребе. Панеле увек треба инсталирати на најоптималнијој оријентацији и инклинацији. Они не смеју бити у сенци од околних објеката или дрвећа. Панели се морају чистити да би се задржала максимална ефикасност.

Оптимална оријентација и нагиб панела

За Београд оптимална оријентација је ка југу, а оптималан нагиб панела је 35 степени (израчунато према интензитету сунчеве радијације, дијаграм 5.16). Енергетски потенцијал сунчевог зрачења је добар, за око 30% виши него у Лондону (NREL, 2015).

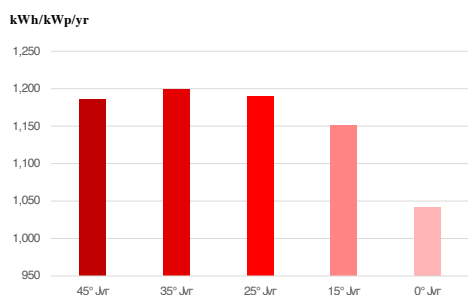


Дијаграм 5.16 Енергетски потенцијал различитих нагиба и оријентација панела

Енергетски потенцијал за кровове јужне оријентације и различитих нагиба приказан је на дијаграму 5.17 Максимална годишња производња електричне енергије за систем од 1kW (kWh/kW peak/yr) била би 1215 kWh/kWp за јужно оријентисан панел нагиба 35° уколико се користи стандардни панел ефикасности 15% (кристални силицијум) (NREL, 2015).

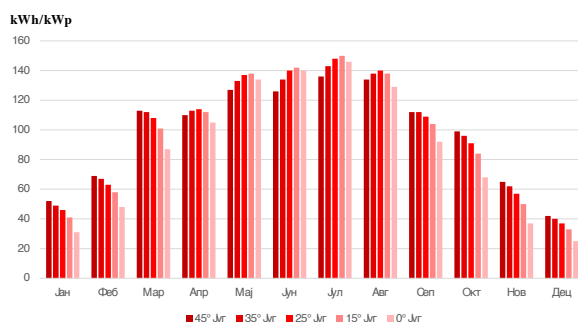
За различите нагибе крова ефикасност варира у току године (дијаграм 5.18), у складу са положајем сунца. Годишње варијације између панела са нагибом већим или мањим за 10 степени од оптималног резултира у разликама од око 1%. Нагиб од 15 степени на годишњем нивоу произвео би 4% мање, а хоризонтални панел 16% мање електричне енергије.

На дијаграму 5.19 приказана је разлика у потенцијалу генерисања енергије за панеле са оптималним нагибом (35°) и вертикалном позицијом за различите оријентације. Током летњих месеци, када је сунчево зрачење најинтензивније, енергија генерисана јужно оријентисаним панелом постављеним под 35 степени duplo је већа од енергије генерисане вертикално постављеним панелима.

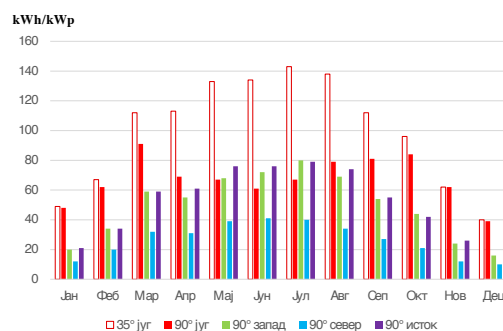


Дијаграм 5.17 Годишња енергија генерисана за различите нагибе за систем величине 1kW

Прорачун урађен коришћењем NREL PV Watts Calculator (pvwatts.nrel.gov) платформе
Коришћене вредности:
DC систем, величина: 1kW
Тип модула: стандардни (ефикасност 15%)
Климатски фајл: Београд
Нагиб панела (нагиб крова): 0°/15°/25°/35°/45°
Оријентација панела: ка југу
Губици система: 14%,
ефикасност инвертера/претварача: 96%;
DC у AC однос: 1,1



Дијаграм 5.18 Месечне вредности енергије генерисане за различите нагибе за систем величине 1kW



Дијаграм 5.19 Месечне вредности енергије генерисане за оптимални нагиб и различите оријентације вертикалних панела за систем величине 1kW

Интеграција фотонапонских модула у референтне моделе

Укупна количина енергије која би могла да се генерише током године на крову модела МА процењена је на око 20MWh (табела 5.5). Претпостављено је да се користе обе стране крова у површини до 50%. Како је у питању интеграција у постојећи објект и избор система који би се најбоље визуелно интегрисао је комплексан, за ефикасност PV модула је усвојено 10%. За модел МБ, уколико се користе исте претпоставке, генерисана енергија се поцењује на око 83MWh. Одабран је нагиб 15° да би PV модули били тешко уочљиви.

Табела 5.5 Укупна количина електричне енергије генерисане на крову референтних модела

Софтвер: <i>RETScreen Clean Energy Management Software</i> Коришћене вредности: Ефикасност модула: 10% Номинална оперативна температура ћелија: 45°C Температурни коефицијент [%/°C]: 0,11% Ефикасност инвертера: 95% Остали губици инвертера: 7%	МА 	МА 
Нагиб, оријентација	15°, запад	15°, запад
Укупна површина крова	184 m ²	746 m ²
Укупна површина модула (усвојено као 50% површине крова)	92 m ²	373 m ²
Капацитет (ефикасност 10%)	9,2 kW	37,3 kW
Количина електричне енергије	10,3 MWh	41,6 MWh
Нагиб, оријентација	15°, исток	15°, исток
Укупна површина крова	184 m ²	746 m ²
Укупна површина модула (усвојено као 50% површине крова)	92 m ²	373 m ²
Капацитет (ефикасност 10%)	9,2 kW	37,3 kW
Количина електричне енергије	10,3 MWh	41,6 MWh
Укупна количина електричне енергије:	20,6 MWh	83,2 MWh

5.10 Анализа укупних резултата енергетске оптимизације у процесима адаптације референтних модела

Анализом унапређења појединачних елемената омотача зграде, могућности за смањење енергије потребне за хлађење објекта уз помоћ природне вентилације и унапређења фактора дневне светлости, као и сагледавањем референтне вредности генерисања електричне енергије применом фотонапонских панела, сагледане су појединачне стратегије енергетске оптимизације референтних модела индустријских зграда у Београду. У овом поглављу ће се анализирати укупни ефекат комбинације горе поменутих појединачних стратегија на енергетске потребе референтних модела. Поредиће се енергетски разред зграде (базиран на специфичној годишњој потребној енергији за грејање), енергетски баланс зграде (однос енергетских добитака и губитака) и укупне емисије CO₂. Поређење ће бити између следећих модела:

- МА1 и МБ1: тренутно стање,
- МА2 и МБ2: карактеристике омотача усклађене са минималним вредностима коефицијента пролаза топлоте прописаних Правилником о ЕЕЗ (Сл. гласник РС, бр. 61/2011а), захтевима за природну вентилацију током дана, регулацији осветљености у зависности од интензитета дневне светлости,
- МА3 и МБ3: као МА2 и МБ2 + природна вентилација током ноћи, унапређене вредности рефлексије унутрашњих површина и генерисање електричне енергије применом фотонапонских панела, и
- МА4 и МБ4: као МА3 и МБ3 али са карактеристикама омотача усклађеним са захтевима *EnterPHit* система сертификације (Passive House Institute, 2012).

Преглед основних карактеристика анализираних модела дат је у табели 5.6.

Унапређени модели били би применљиви и на културна добра, само што би се, уколико је дозвољено, одабрала изолација са унутрашње стране зида, задржали постојећи прозори, уколико су у добром стању, а са унутрашње стране инсталирало секундарно застакљење. Оваквим стратегијама могу се постићи циљане вредности коефицијента пролаза топлоте примењене на моделе МА2-МА4 и МБ2-МБ4, те овакви објекти нису издвојени у посебан модел.

Табела 5.6 Карактеристике тестираних модела

Опис елемената	јединица	МА1	МБ1	МА2	МБ2	МА3	МБ3	МА4	МБ4
Спољни зид (приземље)	U [W/m²K]	1,0	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,15	0,15
Спољни зид (спрат)	U [W/m²K]	1,7							
Под на тлу	U [W/m²K]	0,8¹	0,4¹	0,4¹	0,4¹	0,4¹	0,4¹	0,15¹	0,15¹
Кров изнад грејаног простора	U [W/m²K]	2,0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,15	0,15
Прозори	U [W/m²K]	4,3	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	0,85	0,85
	g [-]	0,83	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,54	0,54
	површина [%]	20	20	20	20	20	20	20	20
	унутрашње ролетне	-	да	да	да	да	да	да	да
Инфилтрација ваздуха	[ach]	0,6	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,1	0,1
Природна вентилација	време отварања прозора	-	09:00-17:00	00:00-24:00	00:00-24:00	00:00-24:00	00:00-24:00	00:00-24:00	00:00-24:00
	површина отвора [% површине пода]	-	2,5%	2,5%	2,5%	2,5%	2,5%	2,5%	2,5%
	услови	-	$T_{\text{споља}} < T_{\text{унутра}} \text{ и } 20^{\circ} < T_{\text{споља}} < 26^{\circ}$	$T_{\text{споља}} < T_{\text{унутра}} \text{ и } 20^{\circ} < T_{\text{споља}} < 26^{\circ}$	$T_{\text{споља}} < T_{\text{унутра}} \text{ и } 20^{\circ} < T_{\text{споља}} < 26^{\circ}$	$T_{\text{споља}} < T_{\text{унутра}} \text{ и } 20^{\circ} < T_{\text{споља}} < 26^{\circ}$	$T_{\text{споља}} < T_{\text{унутра}} \text{ и } 20^{\circ} < T_{\text{споља}} < 26^{\circ}$	$T_{\text{споља}} < T_{\text{унутра}} \text{ и } 20^{\circ} < T_{\text{споља}} < 26^{\circ}$	$T_{\text{споља}} < T_{\text{унутра}} \text{ и } 20^{\circ} < T_{\text{споља}} < 26^{\circ}$
Регулација осветљењости према природној светлости	стална вредност + вредност која се регулише	-	0,3 300 lux	0,3 300 lux	0,3 300 lux	0,3 300 lux	0,3 300 lux	0,3 300 lux	0,3 300 lux
Под	рефлексија	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Унутрашњи зид	рефлексија	0,5	0,5	0,5	0,5	0,7	0,7	0,7	0,7
Плафон	рефлексија	0,7	0,7	0,7	0,7	0,9	0,9	0,9	0,9
Прозори	трансмисија видљиве светлости	0,7	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,45	0,45
Генерисање електричне енергије (фотонапонски панели)	MWh	-	-	-	-	20,4	83,2	20,4	83,2

Према извршеним нумеричким симулацијама (табела 5.7), модели МА2 и МА3 имају специфичну потребну енергију за грејање од 51, односно 51,9 kWh/m²a, што је 3 пута мање од модела МА1. Енергетски разред ових модела се унапредио са „F” на „C”. Слично томе, модели МБ2 и МБ3 имају специфичну потребну енергију за грејање од 39,8, односно 41 kWh/m²a, што је значајно мање од 119,8 kWh/m²a за модел МБ1. Енергетски разред ових модела се унапредио са „E” на „B”.

Овим се закључује да је унапређењем до максималних вредности коефицијента пролаза топлоте прописаних правилником задовољен захтев да енергетски разред постојеће зграде након радова на адаптацији буде побољшан за најмање један разред (Сл. гласник РС, бр. 61/2011б).

Модел МА4 има прорачунату специфичну потребну енергију за грејање од 8,7 kWh/m²a, а модел МБ4 од 4,2 kWh/m²a, што оба модела сврстава у енергетски разред „A+”.

Главни резултати анализа за све моделе дати су у табели 5.7.

Табела 5.7 Резултати симулација

	МА1	МБ1	МА2	МБ2	МА3	МБ3	МА4	МБ4
Годишња потребна финална енергија за грејање објекта [MWh/a]	174,9	517,5	55,0	172,0	56,1	177,2	9,4	18,2
Годишња потребна финална енергија за грејање објекта по јединици површине [kWh/(m ² a)]	162,0	119,8	51,0	39,8	51,9	41,0	8,7	4,2
Годишња потребна финална енергија за хлађење објекта [MWh/a]	162,0	119,8	11,0	40,6	6,12	23,8	10,7	36,3
Годишња потребна финална енергија за хлађење објекта по јединици површине [kWh/(m ² a)]	28,3	21,2	10,0	9,4	5,6	5,5	9,9	8,4
Топлотни добици од људи [MWh/a]	9,1	36,3	9,1	36,3	9,1	36,3	9,1	36,3
Топлотни добици од осветљења [MWh/a]	33,8	135,3	17,8	91,7	17,1	88,1	17,1	88,1
Топлотни добици од електричне опреме [MWh/a]	34,3	136,2	34,3	136,2	34,3	136,2	34,3	136,2
Годишњи топлотни губици кроз транспарентне површине омотача [MWh/a]	-70,1	-139,7	-21,8	-43,4	-19,9	-39,4	-16,5	-34,4
Годишњи топлотни губици кроз нетранспарентне површине омотача [MWh/a]	-106,0	-294,0	-28,2	-70,0	-25,4	-62,9	-17,6	-51,8
Годишњи топлотни губици кроз омотач укупно [MWh/a]	-176,1	-433,7	-50,0	-113,4	-45,3	-102,3	-34,1	-86,2
Годишњи топлотни губици од инфилтрације [MWh/a]	-69,6	-272,4	-48,5	-204,1	-44,3	-186,2	-13,6	-30,1
Годишњи топлотни губици од доставе ваздуха [MWh/a]	-16,7	-66,9	-15,8	-63,3	-15,4	-61,8	-17,8	-74,3
Годишња енергија за грејање објекта								
Финална [MWh/a]	174,9	517,5	54,9	172,0	56,1	177,2	9,4	18,2
Примарна [MWh/a], гас 1,1	192,4	569,2	60,4	189,2	61,7	194,9	10,3	20,0
Емисија CO ₂ [t], гас 0,20 kg/kWh	38478,0	113840,0	12080,0	37840,0	12342,0	38984,0	2068,0	4004,0
Емисија CO ₂ [kg/m ²]	35,6	26,4	11,2	8,8	11,4	9,0	1,9	0,9
Годишња енергија за хлађење објекта								
Финална [MWh/a]	162,0	119,8	11,1	40,6	6,1	23,8	10,6	36,3
Примарна [MWh/a], електрична енергија 2,5	405,0	299,5	27,7	101,5	15,2	59,5	26,5	90,7
Емисија CO ₂ [t], електрична енергија 0,53 kg/kWh	214650,0	158735,0	14681,0	53795,0	8082,5	31535,0	14045,0	48097,0
Емисија CO ₂ [kg/m ²]	198,7	36,7	13,6	12,5	7,5	7,3	13,0	11,1

5.11 Препоруке за остваривање енергетске оптимизације у процесима адаптације индустријских објеката

Постојећи објекти нису искључени из Правилника о енергетској ефикасности зграда (Сл. гласник РС, бр. 61/2011а). Поред примене у случајевима адаптације и енергетске санације постојећих објеката, он се примењује и на адаптацију културних добара и зграда у њиховој заштићеној околини, „...у складу са актом о заштити културних добара и са условима органа, односно организације надлежне за послове заштите културних добара” (члан 3, Сл. гласник РС, бр. 61/2011а). Постојеће индустријске објекте треба унапредити у мери у којој је то економски исплативо и технички изводљиво без негативног утицаја на стабилност, изглед и вредност објекта (HMG, 2015).

Анализом тренутног стања референтних зграда је закључено да, услед недостатка термоизолације, постојећи објекти имају велике потребе за грејањем.

Како индустријски објекти грађени пре Другог светског рата имају термичку масу, при адаптацији треба тежити инсталацији термоизолације са спољашње стране зида, како би термичка маса остала у вези са унутрашњим простором.

Унутрашња позиција термоизолације створила би потенцијалне топлотне мостове чије решавање тражи комплексан приступ и решења.

Избор термоизолације је од посебног значаја за зидове изоловане са унутрашње стране.

Индустријски објекти су обично компактне форме што смањује губитке енергије и позитивно утиче на енергетске потребе у зимском периоду. Облик зграде и њена спратност одређују којим стратегијама енергетске оптимизације у процесима адаптације објекта треба дати приоритет. Код приземних објеката изолација крова и пода на тлу је од много већег значаја него код вишеспратних.

Индустријски објекти углавном имају мале површине прозора што има позитиван утицај на енергију потребну за грејање и хлађење објекта. Анализама је међутим доказано да услови светлосног комфора у индустријским објектима ширине преко 15 метара не могу бити задовољени превасходно природним осветљењем. Ови објекти не могу да задовоље строге захтеве система сертификације за нивоом дневног осветљаја. Вредности природног осветљаја се могу побољшати повећањем рефлексије унутрашњих површина, али само ова стратегија није довољна. Прецизно планирање унутрашњег распореда просторија је кључно за ову врсту објекта. Додатне стратегије које би помогле да се побољша ниво осветљаја укључују увођење кровних прозора или светлосних тунела, као и увођење атријума. Међутим, у пракси адаптација које изводе комерцијални инвеститори, показало се да се постојећи атријуми често замењују међуспратним конструкцијама како би се повећала површина корисног простора (*Buckley Building*, поглавље 3.5.1).

Објекти дубине до 15 метара имају добар потенцијал да задовоље захтеве система сертификације који се односе на дневни осветљај. Овај потенцијал зависи од величине прозора и близине и висине околних објекта.

Количина дневне светлости која продире у унутрашњост објекта зависи и од особина прозора - избора стакла и оквира. Оквири имају вишеструко виши коефицијент пролаза топлоте од стакла, те повећавају потребу за енергијом за грејање објекта и могу смањити ниво дневног осветљаја, те их треба свести на минималне димензије. Како фасада даје карактер објекту, треба, где год је то могуће задржати постојеће прозоре, а инсталирати секундарно застакљење иза њих.

Природно осветљење је стратегија која је од директног значаја за уштеду енергије за осветљење, што индиректно смањује потребе објекта за хлађењем.

Енергија потребна за хлађење објекта добија на значају са климатским променама. Такође, истраживања пословних зграда показују да густина корисника је све већа, а самим тим и унутрашњи добици од људи и машина. Пословни објекти по природи имају високе унутрашње добитке и више потребе за хлађењем од других врсти објекта.

Стратегије смањења енергије потребне за хлађење објекта, поред већ поменутих стратегија унапређења нивоа дневног осветљаја укључују заштиту од сунчевог зрачења и природну вентилацију. Заштита од сунчевог зрачења може се постићи одабиром одговарајуће вредности соларног фактора (g) стакла. Данас на тржишту постоје стакла високог нивоа трансмисије видљиве светлости а ниске g вредности. Како су интервенције на фасади објекта ограничене, ово је најефикаснија стратегија. Међутим, како је потребно инсталирати ролетне за заштиту од бљеска (захтев у системима сертификације уколико се желе постићи кредити у вези са светлосним комфором), могу се одабрати покретљиве ролетне које спречавају упад сунчевих зрака у дубину просторије и тиме доприносе смањењу потребне енергије за хлађење објекта. За разлику од спољашњих сенила, ипак унутрашња сенила имају ограничен ефекат јер је топлотна енергија од сунчевог зрачења већ ушла у унутрашњост објекта.

Потенцијал за природном вентилацијом објекта зависи од оријентације и облика објекта, величине и карактеристика прозора, дубине просторије и услова локације (густина изграђености окружења, услови ветра на локацији и сл.).

Симулацијом пакета мера за енергетску оптимизацију закључено је да би се за објекте са карактеристикама сличним референтним моделима енергетски разред зграде могао побољшати за 2 разреда уколико се омотач унапреди према минималним стандардима прописаним Правилником о енергетској ефикасности зграда (Сл. гласник РС, бр. 61/2011). Уколико би се зграде унапредице према стандардима за пасивне куће, енергетски разред оба објекта могао би да буде „А+”.

6. ЗАКЉУЧАК

Велики број напуштених индустријских објеката на територији Београда требало би да претрпи адаптивну пренамену у нове функције. Како више од половине објеката није под заштитом, постоји ризик да ће бити срушени, те треба указати на њихов потенцијал за пренамену и значај за локалну заједницу.

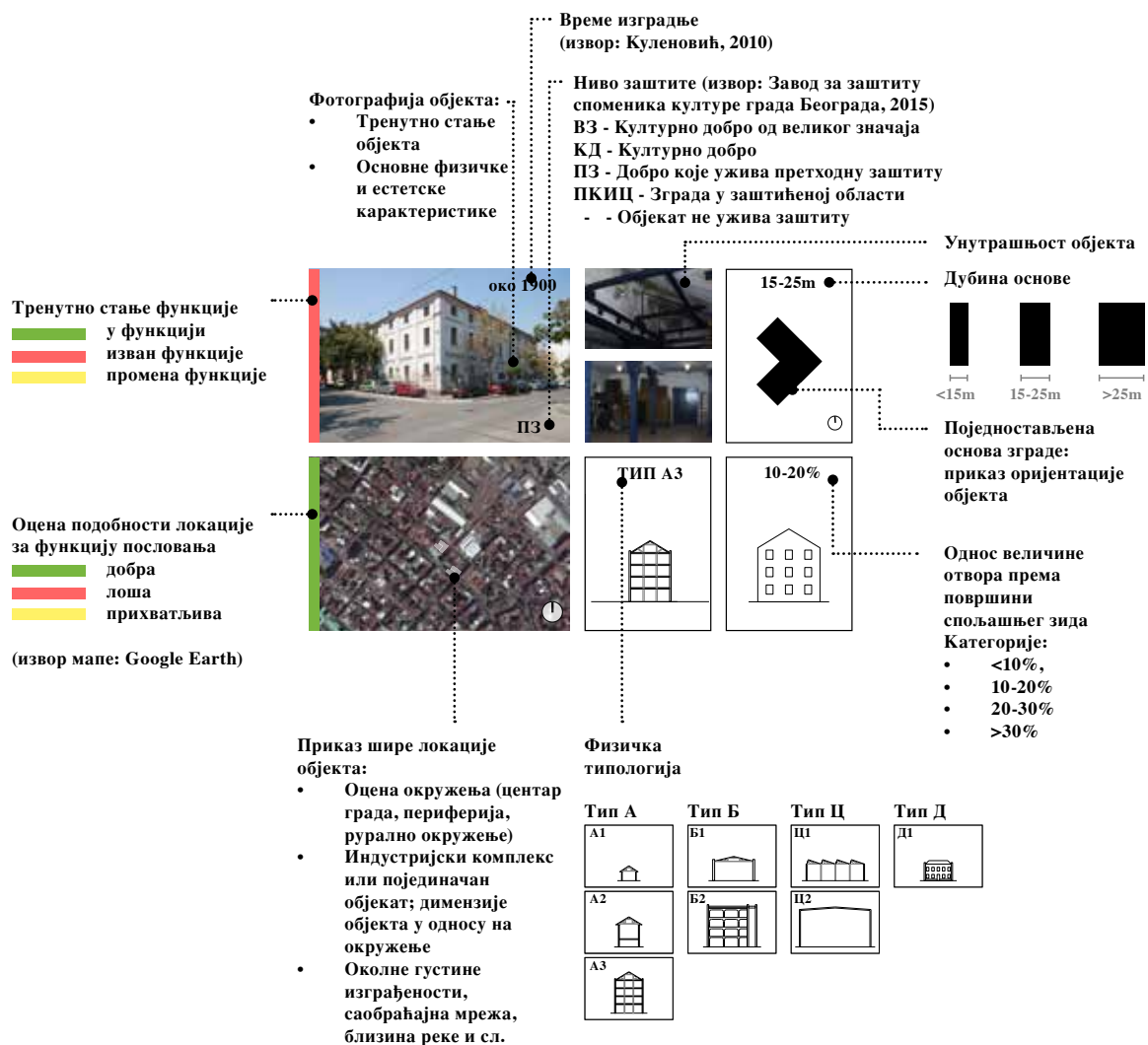
Овај рад представља истраживање индустријског наслеђа Београда и његовог потенцијала за адаптивну пренамену у функцију пословања. У раду је дат преглед постојећих концепата и техника за енергетску оптимизацију у процесима адаптације објеката, и развијена методологија за оцену подобности индустријских зграда за адаптивну пренамену у пословне објекте.

Основни циљ истраживања био је формирање референтних модела адаптације индустријских објеката, изграђених у Београду пре Другог светског рата, у пословне, који ће омогућити оптималне енергетске захтеве и према којима ће се процењивати квалитет будућих интервенција, односно вршити одабир мера унапређења.

Основни задатак истраживања био је да се прикажу могућности и значај адаптације индустријских објеката у пословне и укаже на то који типови индустријских објеката су најпогоднији за промену функције у пословање и формирање енергетски ефикасног пословног објекта.

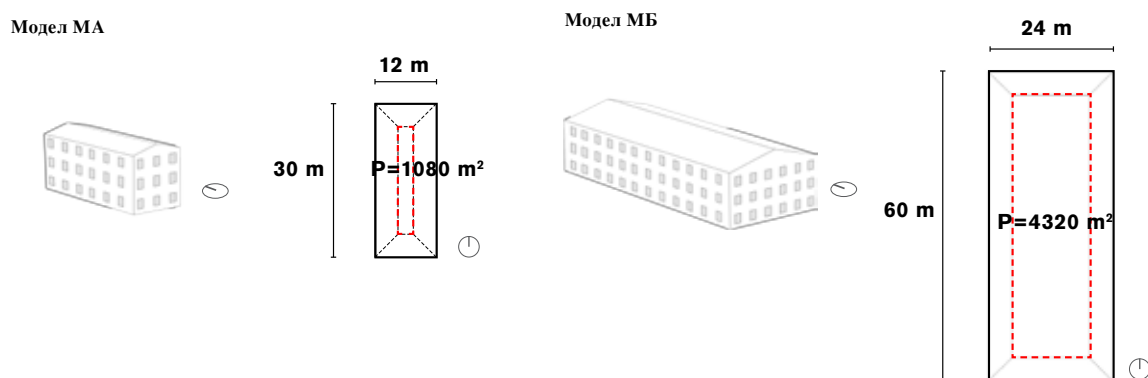
У раду је указано да је адаптивна пренамена најбољи вид заштите историјских објеката. Истакнут је значај одабира адекватне нове намене, те се поглавље 2 фокусира на захтеве пословних зграда (функционалне, захтеве комфора, захтеве животне средине, и др.), како би се установило који објекти имају највише потенцијала да их испуне. Дат је осврт на системе за сертификацију енергетски ефикасних и одрживих објеката, као и на системе који се фокусирају на здравље и благостање запослених.

Индустријско наслеђе Београда анализирано је са аспекта квалитета локације, тренутног стања објекта, облика и спратности, оријентације, дубине основе и величине прозора (слика 6.1). Наслеђе је првенствено класификовано по гранама индустрије, а затим по критеријумима за оцену подобности за пренамену у пословање.



Слика 6.1. Објашњење дијаграма индустријских објеката

Након класификације, усвојена су два референтна модела, са репрезентативним карактеристикама београдског индустријског наслеђа: модел МА и МБ (слика 6.2). Референтни модел „МА” има дубину основе мању од 15 метара, док модел „МБ” има дубину основе између 15 и 25 метара. Оба модела су исте спратности (П+2), имају исту оријентацију (главне фасаде су оријентисане ка западу и истоку) и исту површину вертикалних отвора (20% површине спољашњег зида).



Слика 6.2 Референтни модели индустријских објеката

Након дефиниције модела извршена је идентификација, анализе и систематизација потенцијалних ефеката мера енергетске оптимизације за моделе репрезентативних примера индустријских објеката у циљу адаптације у пословне објекте, уз сагледавање осим енергетског и еколошког аспекта.

Истраживање енергетских перформанси објеката спроведено је коришћењем нумеричких компјутерских симулација хипотетичких модела индустријских објекта, уз помоћ IES-VE симулационе платформе. Мере енергетске оптимизације су тестиране на појединачним елементима омотача зграде (спољашњи зид, кров, под на тлу и транспарентни елементи). Мере укључују повећање изолације објекта, смањење топлотних мостова, замену прозора, као и пасивне мере смањења прегревања објекта (промена фактора пропустљивости сунчевог зрачења, инсталација сенила и природна вентилација). У раду је дата и оцена потенцијала за природно осветљење простора.

Појединачни елементи омотача су унапређени до максималних дозвољених вредности коефицијента пролаза топлоте из Правилника о енергетској ефикасности зграда (Сл. гласник РС, бр. 61/2011а) и до максималних дозвољених вредности за *EnerPHit* стандард Института за пасивне куће.

Симулацијом пакета мера за енергетску оптимизацију закључено је да би се за објекте са карактеристикама сличним референтним моделима енергетски разред зграде могао побољшати за 2 разреда уколико се омотач унапреди према минималним стандардима прописаним Правилником о енергетској ефикасности зграда (Сл. гласник РС, бр. 61/2011). Уколико би се зграде унапредице према стандардима *EnerPHit* сертификације (Passive House Institute, 2012), енергетски разред оба објекта могао би да буде „А+”.

Испуњење циљева и задатака овог истраживања заокружено је предлозима за унапређење енергетских карактеристика модела и препорукама за пројектовање енергетски ефикасних адаптација индустријских објеката у пословне у београдским климатским условима. Овиме је потврђена полазна хипотеза: *Одабиром одговарајућих мера унапређења омотача и унутрашњости индустријских објеката, могли би се створити адекватни услови светлосног и топлотног комфора за функцију пословања уз ниске енергетске захтеве.*

Објекти са малом површином отвора према површини пода били би потенцијални кандидати за друге функције. Уколико испуњавају све остале захтеве (захтеве локације, функционалне захтеве и сл.), могу се користити за функцију пословања, али је у том случају унутрашњи распоред од изузетног значаја, како би се задовољили услови визуелног комфора уз минимално коришћење вештачког осветљења.

Помоћна хипотеза 1: *У зависности од гране индустрије за коју су оригинално грађени, индустријски објекти имају сет карактеристика које су у релацији са могућим новим наменама. Стога, за сваки индустријски објекат, са аспекта топлотног и светлосног комфора и потрошње енергије постоји ограничени опсег функција у које се може ефикасно конвертовати.*

Након анализе индустријског наслеђа Београда, закључено је да неке гране индустрије имају објекте веома разноврсних карактеристика, те се подобност за нову функцију не може претпоставити само познавањем оригиналне гране индустрије.

Помоћна хипотеза 2: *Кроз ураду успостављену методологију и критеријуме процене и оцене подобности адаптације могуће је установити који типови индустријских*

објекта су најподобнији са становишта промене функције у пословање.

Ова хипотеза је доказана прегледом потреба пословних зграда. Да би се захтеви топлотног и светлосног комфора задовољили пасивним мерама, објекат мора бити одређених димензија. За пословне зграде су разматрани само објекти ширине основе испод 25 метара, и површине прозора преко 20% површине спољашњег зида.

Помоћна хипотеза 3: *Одабране енергетски ефикасне мере адаптације би могле створити адекватне услове унутрашње климе, као и задовољити садашње термичке стандарде за функцију пословања.*

Уз опрезно решавање проблема потенцијалних топлотних мостова и проблема стварања кондензације, индустријски објекти могу створити адекватне услове унутрашње климе, задовољити домаће стандарде, па и постићи енергетски разред „А+”.

Научни допринос рада лежи у идентификацији и систематизацији карактеристика постојећих индустријских објеката које су релевантне за адаптацију и формирање енергетски ефикасног пословног објекта. Ово укључује оцену локације, оријентацију објекта, студије облика, карактеристике омотача, површину отвора, спратну висину и спратност објекта. Класификација индустријског наслеђа Београда није раније рађена према потенцијалу за енергетски ефикасну пренамену.

Дефинисањем референтних модела адаптације, постављени су модели чији резултати симулација могу бити примењиви на велики број индустријских објеката. Најефикаснија појединачна мера зависи од карактеристика објекта, понајвише од површине елемената омотача. За тестиране типичне објекте постављање термоизолације на спољашње зидове доноси највеће уштеде енергије за грејање објекта, док инсталација прозора са мањим соларним фактором комбинована са мешовитим режимом вентилације доноси највеће уштеде енергије за хлађење. Као најбоља мера унапређења фактора дневне светлости итиче се повећање нивоа рефлексије унутрашњих површина.

Ово истраживање пружа конкретне информације за планирање енергетски ефикасних адаптација историјских зграда. Такође даје процену уштеде енергије за грејање и хлађење објеката. Принципи и резултати су примењиви за објекте у сличним климатским условима.

Методологија коришћена у раду може се применити за анализе индустријских објеката у у другим деловима наше земље, као и у земљама са сличним климатским условима.

Правци даљег истраживања укључују креирање додатних модела типичних индустријских објеката, како би се добило разумевање о потенцијалу за пренамену целокупног наслеђа. Даљим анализама могле би се истражити опције увођења атријума или кровних прозора у модел МБ, како би се повећао ниво осветљености.

ИЗВОРИ И ЛИТЕРАТУРА

- ANSI/ASHRAE (2010). *ANSI/ASHRAE/IES Standard 90.1-2010. Energy standard for buildings except low-rise residential buildings*. Atlanta: ASHRAE
- ANSI/ASHRAE (2010). *ANSI/ASHRAE Standard 55-2010. Thermal environmental conditions for human occupancy*. Atlanta: ASHRAE
- ANSI/ASHRAE (2013). *ANSI/ASHRAE Standard 55-2013. thermal environmental conditions for human occupancy*. Atlanta: ASHRAE
- ANSI/ASHRAE (2013). *ANSI/ASHRAE Standard 169-2013. Climatic data for building design standards*. Atlanta: ASHRAE
- Андрејевић, Б. (2011). *Споменици Ниша, заштићена културна добра од изузетног и од великог значаја*, друго издање. Ниш: Просвета
- AHMM. (2010). *TEA Building Information pack*. Преузето са <http://www.ahmm.co.uk/resources/res.aspx?p=>
- ACE (The Association for the Conservation of Energy). (2003). *Energy Efficiency in Offices: Assessing the situation*. London: Rockwool Ltd. Преузето са <http://www.ukace.org/wp-content/uploads/2012/11/ACE-Research-2003-05-Energy-Efficiency-in-offices-Assessing-the-situation-report1.pdf>
- AJ. (2012, 21. септембар). Green Tea – Fit for the future?. *Architects Journal*. Преузето са <http://www.architectsjournal.co.uk/Journals/2012/09/21/a/i/m/Green-Tea.pdf>
- Baker, N.V. (2009). *A handbook of sustainable refurbishment: non-domestic buildings*. London: Earthscan,
- Ball, R.M. (1998). The use and re-use of vacant industrial premises: some initial findings from the EPSRC-Funded stoke-n-Trent project, *Journal of Property Research*, 19, 93-110.
- Ball, R.M. (1999). Developers, regeneration and sustainability issues in the reuse of vacant industrial buildings. *Building Research & Information* 27 (3) 140-148.
- Barlow, S. (2007). Occupant comfort in UK offices – How adaptive comfort theories might influence future low energy office refurbishment strategies. *Energy and Buildings*, 39 (7), 837-846.
- Bauman, F., Baughman, A., Arens, E. (1997). *PA Field Study of PEM (Personal Environmental Module) Performance in Bank of America's San Francisco Office Buildings*. Berkeley: University of California, Berkeley, Center for Environmental Design Research.
- Bernstein, H. M. (ed. 2013). *World green building trends. business benefits driving new and retrofit market opportunities in over 60 countries*. SmartMarket Report, McGraw Hill Construction. Преузето са http://www.worldgbc.org/files/8613/6295/6420/World_Green_Building_Trends_SmartMarket_Report_2013.pdf
- Best Practice Programme. (2000). *Energy consumption guide 19. Energy Use in Offices*. Bracknell: BRE Publications.
- Bloszies, C. (2012). *Old buildings, new designs. Architectural Transformations*. New York: Princeton Architectural Press.
- Bluehouse Capital: Sustainability*. (н.д.). Bluehouse Capital Advisor Ltd. Преузето 15. јуна 2015. године са <http://www.bluehousecapital.com/page.aspx?itemID=SPG57>
- Божанић, Д. & Гасперич, М. (2010). *Први извештај Републике Србије према оквирној конвенцији УН о промени климе*. Београд: Министарство животне средине и просторног планирања.
- Bordass, W. (2000). Cost and value: fact and fiction. *Building Research and Information*, vol. 28, issue 5/6, 338-352.

- Bordass, B. & Cassar, M. (Ed.). (1996). *Museum collections in industrial buildings. A selection and adaptation guide*. London: Museums & Galleries Commission. The Conservation Unit.
- Brand, S. (1994). *How buildings learn: what happens after they're built*. London: Penguin.
- BREEAM (2014). *The digest of BREEAM assessment statistics*, BRE Global Lt. Преузето са <http://www.breeam.org/filelibrary/Briefing%20Papers/BREEAM-Annual-Digest---August-2014.pdf>
- Brill, M., Weidemann, S., & BOSTI Associates (2001). *Disproving widespread myths about workplace design*. Jasper: Kimball International.
- BS EN 12665: 2011. *Light and lighting. Basic terms and criteria for specifying lighting requirements*. London: British Standards Institution.
- BSRIA (2009). *The illustrated guide to ventilation. A BSRIA Guide*. Bracknell: BSRIA
- Bullen, P. & Love, P. (2011). Factors influencing the adaptive re-use of buildings. *Journal of Engineering, Design and Technology*, vol. 9, no. 1, 32-46. DOI 10.1108/17260531111121459
- Burton, S. (2001). *Energy-efficient office refurbishment: Designing for comfort*. London: James & James.
- BCO. (2010). *The 24 degree study: comfort, productivity and energy consumption – a case study*. London: British Council for Offices.
- BCO. (2009). *2009 Guide to specification*. London: British Council for Offices.
- Вуковић, С. (2005, 30. новембар). Нини нови газда Срболека. *Вечерње новости*. Преузето са <http://www.novosti.rs/vesti/naslovna/hronika/aktuelno.291.html:176753-Nini-novi-gazda-Srboleka>
- Вучо, Н. (1981). *Развој индустрије у Србији у 19. веку*. Београд: САНУ.
- Giebler, G., Fisch, R., Krause, H., Musso, F., Petzinka, K-H., & Rudolphi, A. (2009). *Refurbishment manual: maintenance, conversions, extensions*. Basel: Birkhäuser.
- Gov. UK. (2015). *Energy consumption in the UK. Statistics*. Преузето 2. јуна 2014. године са <https://www.gov.uk/government/statistics/energy-consumption-in-the-uk>
- GreenBook Live. (2015). *Certified BREEAM Assessments*. Преузето 2. јуна 2014. године са <http://www.greenbooklive.com/search/scheme.jsp?id=202>
- De Carli, M., De Giuli, V. & Zecchin, R. (2008). Review on visual comfort in office buildings and influence of daylight on productivity. *Indoor Air Conference*. Copenhagen, Denmark.
- Department of Energy and Climate Change. (2015a). *Energy consumption in the UK*. Преузето 10. новембра 2015. године са <https://www.gov.uk/government/statistics/energy-consumption-in-the-uk>
- Derwent London. (2013). *The Buckley building brochure*. Преузето са http://www.derwentlondon.com/assets/uploads/pdf/The_Buckley_Building_brochure_June_13.pdf
- DETR. (2000). *Energy efficiency best practice programme energy consumption guide 19 - Energy use in offices*. Преузето са www.cibse.org/pdfs/ECG019.pdf
- Deforges, L. (2013). *The Buckley Building*. Преузето са http://www.derwentlondon.com/assets/uploads/pdf/The_Buckley_Building_brochure_June_13.pdf
- Димитријевић Марковић, С., & Сретеновић, И. (2008). Београдска „фабрика шећера” - могућности и проблеми рехабилитације. *Наслеђе*, 09, 267-276, УДК 725.4:664.1 (497.11) (091)
- Douglas, J. (2002). *Building Adaptation*. London: Butterworth-Heinemann publications.
- Driscoll, K. (2010). News and views about Hackney's built environment. *Spaces 2010*, 29(30), 1-8. Преузето 3. децембра 2015. године са http://www.hackneysociety.org/documents/29_30_spaces_web.pdf

Eley, P. & Worthington, J. (1984). *Industrial rehabilitation: the use of redundant buildings for small enterprises*. London: Architectural Press.

Energy Plus Weather Data, Belgrade 132720 (IWEC) Преузето са https://energyplus.net/weather-location/europe_wmo_region_6/SRB//SRB_Belgrade.132720_IWEC

English Heritage. (2012). *Energy efficiency and historic buildings. Application of Part L of the Building Regulations to historic and traditionally constructed buildings*. Birmingham: English Heritage.

Епо, Н. (2015, 13. јануар). Рудници. *Знаменитости Авале*. Преузето са <https://znamenitostiavale.wordpress.com/2015/01/13/rudnici/>

European Environment Agency (EEA). (2015a). *Final energy consumption by sector and fuel*. Преузето 21. октобра 2015. године са <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/final-energy-consumption-by-sector-9/assessment>

European Commission (EC). (2010). *EU Energy and transport in figures*. Преузето 15. фебруара 2015. године са http://ec.europa.eu/energy/publications/statistics/statistics_en

European Commission (EC). (2014). *EU energy in figures. Statistical pocketbook 2014*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

Завод за заштиту споменика културе града Београда. (н.д.). *Каталог непокретних културних добара на подручју града Београда. Зграда Државне штампарије*. Преузето са http://beogradskonasledje.rs/kd/zavod/savski_venac/zgrada_drzavne_stamparije.html

Завод за заштиту споменика културе града Београда. (2016). Списак културних добара по општинама. Преузето 1. фебруара 2016. са <http://beogradskonasledje.rs/arhiva-2>

Zeller, Jr., T. (2010, 26. септембар). Beyond fossil fuels: can we build in a brighter shade of green? *New York Times*, BU1.

Zold, A. & Szalay, Z. (2007). What is missing from the concept of the new European Building Directive? *Building and Environment*, 42, 1761-1769.

Imbrie, R., Loretta, L., Raco, M. (Ed.). (2009). *Regenerating London: Governance, sustainability and community in a global city*. Oxon: Routledge.

IES-VE Integrated Environmental Solutions - Virtual Environment software. (thermal modelling software). *IES Apache-Tables: Virtual Environment 5.9*. Integrated Environmental Solutions Limited. Преузето 1. јула 2015. године са <https://www.iesve.com>

Институт за стандардизацију Србије. (2010). *Стандард SRPS EN ISO 13790:2010 Енергетске перформансе зграда – Прорачун енергије која се користи за грејање и хлађење простора*. (2010). Београд: Институт за стандардизацију Србије.

International Energy Agency (IEA). (2000). *Daylight in Buildings: A Source Book on Daylighting Systems and Components, Solar Heating and Cooling Programme, Energy Conservation in Buildings & Community Systems*. Berkley: Lawrence Berkeley National Laboratory publications.

International Standards Organisation (ISO). (2005). *ISO 7730: Ergonomics of the thermal environment: Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria*. Geneva: International Standards Organisation.

International Council on Monuments and Sites (ICOMOS). (2011). Joint ICOMOS – TICCIH Principles for the conservation of industrial heritage sites, structures, areas and landscapes: The Dublin principles.

International Well Building Institute (IWBI). (2015). *The WELL Building Standard v1*. September 2015. New York: International Well Building Institute.

International Well Building Institute (IWBI). (n.d.). *WELL Projects*. Преузето 10. јануара 2015. године са <https://www.wellcertified.com/projects>

Jiang, P. & Tovey, N.K. (2009). Opportunities for low carbon sustainability in large commercial buildings in China. *Energy Policy*, 37, 4949–4958.

Јовановић, Т. (2010). *Празни простори Србије*. Београд: Завод за проучавање културног развика.

JRC PV GIS, <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php#>

Kincaid, D. (2002). *Adopting buildings for changing uses: Guidelines for change of use refurbishment*. London: Spon Press.

Кнежевић, Н. (2007). Ревитализација термоелектране „Снага и светлост” у Београду. *Наслеђе*, 8, 209-222. УДК 725.41.025.4 (497.11).

Kohler, N., König, H., Kreissig, J. & Lützkendorf, T. (2010). *A life cycle approach to buildings: Principles - calculations - design tools*. Munich: Architektur-Dokumentation GmbH & Co.

Крстић, А. (2006). Мултифункционалне кровне структуре енергетски ефикасних зграда. *Архитектура и урбанизам*, 18(19), 34-47.

Krstic, A. & Rajcic, A. (2000). Improvement of thermal performances of external walls aimed to produce energy rational buildings. Proceedings of the *3rd International Conference for Teachers of Architecture, School of Architecture*, Oxford: Oxford Brookes University.

Куколеча, С. М. (1941). *Индустрија Југославије 1918-1938*. Београд: Балканска Штамп.

Куленовић, Р. (2010). *Индустријско наслеђе Београда*. Београд: Музеј науке и технике.

Куленовић (2015). *Индустријско наслеђе Београда*. Музеј историје Југославије (необјављена истраживања)

Laing, A., Duffy, F., Jaunys, D. & Willis, S. (1998). *New environments for working: the re-design of offices and environmental systems for new ways of working*. London: Taylor & Francis.

LBNL, Therm software, Lawrence Berkeley National Laboratory (modelling software), https://windows.lbl.gov/software/therm/6/t6_download6_3_46.asp

Leyten, J.L., & Kurvers, S. R. (2010). Robust design as a strategy for higher workers' productivity: A reaction to Rehva Guide No. 6. Indoor Climate and Productivity in Offices. Proceedings of Conference on Adapting to Change: *New Thinking on Comfort*, Cumberland Lodge, Windsor, UK, 9-11 April 2010, London: Network for Comfort and Energy Use in Buildings.

Leaman, A. (2003). Productivity improvement. In Best, R., Langston, C., & De Valence, G. (Eds.), *Workplace strategies and facilities management: Building in value*, vol. 3. London: Spon Press.

Leaman, A., & Bordass, B. (2000a). Productivity in buildings: The “killer” variables. In D. Clements-Croome (Ed.), *Creating the Productive Workplace*. London: E. & F. N. Spon.

Leaman, A., & Bordass, W. (2000b). Keeping occupants “satisfied”. *Energy and Environmental Management*, 2nd Quarter, 23-27.

Leaman, A., & Bordass, W. (2007). Are users more tolerant of green buildings? *Building Research and Information*, 35(6), 662-667.

Loewen, L. J., & Suedfeld, P. (1992). Cognitive and arousal effects of masking office noise. *Environment and Behaviour*, Vol 24, No 3, 381-395.

Loures, L. & Burley, J. (2012). Post-Industrial land transformation - an approach to sociocultural aspects as catalysts for urban redevelopment. In Burian, J. (Ed.). *Advances in spatial planning*, 223-246. Rijeka: InTech.

Loftness, V., Hartkopf, V., Gurtekin, B., Hua, Y., Qu, M., Snyder, M., Gu, Y., & Yang, X. (2012). *Building investment decision support (BIDS): Cost-benefit tool to promote high performance components, flexible infrastructure and systems integration for sustainable commercial buildings and productive organizations*. Pittsburgh: Carnegie Mellon University. Преузето са http://www.aia.org/aiaucmp/groups/ek_public/documents/pdf/aiap080050.pdf

Mansfield, K.P. (2008). *British Standards, Lighting for buildings – Part 2: Code of practice for daylighting, BS 8206-2:2008*. BSi, British Standards

MacKenzie, F., Pout, C., Shorrock, L., Matthews, A. & Genderson, J. (2010). *Energy efficiency in new and existing buildings: Comparative costs and CO₂ savings*. Watford: BRE Press.

Macmillian, S. (Ed.). (2003). *Designing Better Buildings – Quality and Value in the Built Environment*. London: E&FN Spon Press.

Министарство привреде Република Србија. (n.d.). Фабрика гумених производа Рекорд Холдинг друштвено предузеће. Преузето 3. фебруара 2016. године са <http://www.priv.rs/Ministarstvo-privrede/90/FGP-REKORD-HOLDING-DP--U-STECAJU.shtml/companyid=386>

Ministry of Energy, Development and Environmental Protection. (2013). *Energy sector in Serbia and EU accession process*. [презентација], Београд 15. април 2013. Преузето са <http://www.sistemapaese.esteri.it/NR/rdonlyres/157AA6EA-5740-4A3F-B39D-E7A15B228133/67078/ENERGYSECTORINSERBIA.pdf>

Ministry of Environment and Spatial Planning. (2010). *Initial national communication of the Republic of Serbia under the United Nations Framework Convention on Climate Change*. Belgrade: Ministry of Environment and Spatial Planning.

Михајлов, С. (2011). Настанак и развој индустријске зоне на десној обали Дунава у Београду од краја 19. до средине 20. века. *Наслеђе*, 12, 91-116.

Михајлов, С., & Мишић, Б. (2008). Палата Главне поште у Београду. *Наслеђе*, 9, 239-264.

McLeod, R., Mead, K., & Standen, M. (n.d.). *Passivhaus primer: Designer's guide. A guide for the design team and local authorities*. Watford: BRE

Nicol, F., Humphreys, M., & Roaf, S. (2012). *Adaptive thermal comfort*. New York: Routledge.

Nicol, F. & Pagliano, L. (2007). Allowing for thermal comfort in free-running buildings in the new European Standard EN15251. *PALENC*, 2, 708-711.

Nicol, F., & Wilson, M. (2010). *An overview of European Standard EN 15251*. Proceedings of Conference: *Adapting to Change: New Thinking on Comfort*. Cumberland Lodge, Windsor, UK, 9-11 April 2010. London: Network for Comfort and Energy Use in Buildings.

NRC (2016). RETScreen Software Suite, National Resources Canada, <http://www.nrcan.gc.ca/energy/software-tools/7465>

Nugent, R. (2012). *The Re-use of industrial buildings*. Преузето са <http://www.buildingconservation.com/articles/indusbltdgs/indusbltdgs.htm>

NCM (2014). *National Calculation Methodology (NCM) modelling guide (for buildings other than dwellings in England)*. 2013 Edition, April 2014.

Office for National Statistics. (2014). *Full Report: Sickness Absence in the Labour Market, February 2014*. Преузето са http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20160105160709/http://www.ons.gov.uk/ons/dcp171776_353899.pdf

Olesen, W. (2010). Why specify indoor environmental criteria as categories? Proceedings of Conference: *Adapting to Change: New Thinking on Comfort*. Cumberland Lodge, Windsor, UK, 9-11 April 2010. London: Network for Comfort and Energy Use in Buildings.

Oseland, N. (2001). To what extent does workplace design and management affect productivity? Преузето са www.officeproductivity.co.uk.

Пантић, Б. (2006, 6. јул). Закупци купују БВК. *Време*, бр. 809. Преузето са <http://www.vreme.com/cms/view.php?id=458396>

Passive House Institute. (2012). *EnerPHit and EnerPHit+1. Certification criteria for energy retrofits with Passive House components*. Darmstadt: Passive House Institute.

Persson Waye, K., Rylander, R., Benton, S., & Leventhall, H.G. (1997). Effects on performance and work quality due to low frequency ventilation noise. *Journal of Sound and Vibration*, 205(4), 467-474.

Петровић, Д. (2006). *Историја индустрије Београда, Развој и размештај индустрије Београда у XIX и XX веку*. Београд: Српско географско друштво.

Poseidon Group. (n.d.) Capitol Park Rakovica - Retail Park (фабрика гума Рекорд). Преузето 4. априла 2016. године са <http://poseidon-gp.com/property/capitol-park-rakovica/>

Пошта Србије. Кратак преглед историје Поште. (н.д.). Преузето 4. априла 2015. године са <http://www.posta.rs/struktura/lat/o-nama/istorijat.asp>

Price, M. (2012, 21. септембар). Green Sky Thinking: Green Tea – Fit for the future? *The Architects' Journal*. Преузето 30. априла 2015. године са <http://www.architectsjournal.co.uk/Journals/2012/09/21/a/i/m/Green-Tea.pdf>

Pfundstein, M., Gellert, R., Spitzner, M. & Rudolphi, A. (2008). *Detail Practice, Insulating Materials*. Basel: Birkhäuser.

Reed, R. & Krajinovic-Bilos, A. (2013). An Examination of International Sustainability Rating Tools: an Update. *Proceedings of the 19th Annual Pacific Rim Real Estate Society Conference*, 13-16 October 2013, Melbourne.

Реке и индустријско наслеђе. Могућности (ре)активације заштићених индустријских објеката у Србији: Изазови и праксе. (2008). Преузето са <http://www.kulturklammer.org/view/126>

Републички хидрометеоролошки завод. (н.д.). *Метеорологија: Београд*. Преузето 18. јула 2015. године са http://www.hidmet.gov.rs/ciril/meteorologija/stanica_sr.php?moss_id=13274

Riley, M. & Cotgrave, A. (2011). *Construction Technology 3: The Technology of Refurbishment and Maintenance*. London: Palgrave Macmillan

Richarz, C., Shulz, C. & Zeitler, F. (2007). *Detail Practice: Energy-Efficient Upgrades*. Basel: Birkhäuser.

Rogic, T. (2009). *Converted industrial buildings: Where past and present live in formal unity* (Doctoral dissertation). Delft University of Technology, Delft, Netherlands. Преузето са <http://repository.tudelft.nl/view/ir/uuid%3A20de163d-db70-415d-b89a-670c38bce5dd/pdf>

Romero, M. de A., Goncalves, J., & Dilonardo, L. (1999). Retrofit in buildings in Brazil: What is possible to do? The Electrical Sector and the possibility of retrofitting with two case studies. In Steemers, K., & Yannas, S. (Eds.). *Architecture, City, Environment: Proceedings of PLEA 2000*, 284-285. London: James & James.

Romm, J., & Browning, W. (1995). *Greening the building and the bottom line: Increasing productivity through energy-efficient design*. Rocky Mountain Institute, Colorado. Преузето са http://www.rmi.org/Knowledge-Center/Library/D94-27_GreeningBuildingBottomLine

Ryu, H. (2014). *Sustainable building refurbishment process based approaches with the Hotel Klaus K refurbishment case* (Master's thesis), Aalto University School of Arts, Design and Architecture. Retrived from https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/13071/master_Ryu_Haeyeon_2014.pdf?sequence=1

Сзекерес, И. (2013, 2. новембар). *Нове технологије и рјешења за одрживе кровне површине*. Зелена енергија. Преузето са <http://www.zelenaenergija.org/clanak/nove-tehnologije-i-rjesenja-za-odrzive-krovne-povrsine/5512>

Симоновић, Д., & Вујичић, Т. (2014). Значај валоризације и реактивације индустријског наслеђа XX вијека за културни идентитет Републике Српске. *АГТ+ часопис за архитектуру, грађевинарство, геодезију и сродне научне области*, 2(1), 16-30.

Синестезиа. (н.д.). *Београдски вунарски комбинат*. Преузето 19. фебруара 2016. године са <http://sinestezia.com/sr/beogradski-vunarski-kombinat/>

SLL. (2012). *The SLL Code for Lighting*. London: The Society of Light and Lighting.

Службени гласник РС, бр. 50/92, 76/92, 84/92 *Закон о становању*

Службени гласник РС, бр. 71/94, 52/2011, 99/2011, *Закон о културним добрима*.

Службени гласник РС, бр. 72/2009, 81/2009, 64/2010, 24/2011, 121/2012, 42/2013, 50/2013, 98/2013, 132/2014, 145/2014, *Закон о планирању и изградњи*

Службени гласник РС, бр. 61/2011а, *Правилник о енергетској ефикасности зграда*

Службени гласник РС, бр. 61/2011б, *Правилник о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетској ефикасности зграда*

Сл. лист града Београда, бр. 27/03, 25/05, 34/07, 63/09, 70/14. *Генерални план Београда 2021*.

Stirling, C. (2002). *Thermal insulation: Avoiding risks (3rd edition)*. London: BRE Press.

Stojković, M., Pucar, M., Krstić-Furundžić, A. (2016). Daylight Performance of Adapted Industrial Buildings. *Facta Universitatis, Series: Architecture and Civil Engineering*, 1, 2016

Стратегија развоја енергетике Републике Србије до 2025. године са пројекцијама до 2030. године. Предлог стратегије. 2014. Преузето са http://www.parlament.gov.rs/upload/archive/files/lat/pdf/akta_procedura/2014/113-14Lat.pdf

Stratton, M. (2000). *Industrial buildings: Conservation and regeneration*. London: E & FN Spon publishers.

Tea Building. Energy Efficiency. (n.d.). Преузето 09. априла 2015 године са <http://teabuilding.co.uk/view/full-article/press/energy-efficiency>

Tetty, U.Y.A, Dodoo, A., & Gustavsson, L. (2014). Primary energy implications of different wall insulation materials for buildings in a cold climate. *Energy Procedia*. 61, 1204–1207.

Тодоровић, М., Шумарац, Д., Јовановић-Поповић, М., Рајчић, А., Бајц, Т., Ћорић, С., & Петровић, З. (н.д.). *Пример елабората енергетске ефикасности*. Преузето 23. августа 2015. године са http://www.ingkomora.org.rs/strucniispiti/download/ee/Primer_elaborata_energetske_efikasnosti.pdf

Troi, A. (2013). *Solar solutions in the historic context*. Преузето 11. јула 2015. године са <http://www.3encult.eu/en/deliverables/Documents/Solar%20systems.pdf>

Troi, A. & Bastian, Z. (2015). *Energy Efficiency Solutions for Historic Buildings: A Handbook*. Basel: Birkhäuser

Туфегџић, А. (2014). *Три века војвођанских пивара: контекст и континуитет* (Докторска дисертација). Архитектонски факултет Универзитета у Београду, Београд.

Thayer, B. (1995). Daylighting & Productivity at Lockheed. *Solar Today*, Vol 9, 26-29.

United Nations Environment Programme (UNEP). (2009). *Buildings and Climate Change. Summary for Decision-Makers*. Paris: UNEP.

URS Corporation (2010). *London's industrial land baseline prepared for London Development Agency and Greater London Authority*. London: URS Corporation Ltd.

Urquhart, D. (2007). *Conversion of traditional buildings application of the Scottish Building Standards: Part 1 – Principles and practice, for the Scottish Building Standards Agency*. Edinburgh: Historic Scotland.

U.S. Green Building Council (USGBC). (2013). *Leadership in Energy & Environmental Design LEED Reference Guide for Building Design and Construction v4*. Washington: U.S. Green Building Council.

- USGBC (2015a). Green Building Facts. Преузето 23. августа 2015. године са <http://www.usgbc.org/articles/green-building-facts>
- USGBC (2015b). Projects . Преузето 23. августа 2015. године са <http://www.usgbc.org/projects?keys=serbia>
- Ferreira, J., Manuel de Pinheiro, J, (2013). Refurbishment decision support tools review: Energy and lifecycle as key aspects to sustainable refurbishment projects. *Energy Policy*, 62, 1453–1460.
- Hagart, G. & Knoepfel, I. (2008). *The value of environmental and social issues to real estate investors. Mistra Report*. Преузето са http://srv29.tophost.ch/~onvalue1/images/publications/08-08_Mistra_real_estate_12Jun08_report.pdf
- Hall, H., Leaderer, B., Cain, W., & Fidler, A. (1991). Influence of building-related symptoms on self-reported productivity. Proceedings of *Healthy Buildings/IAQ* Conference, Washington, DC, 33-35.
- Hammond, G., & Jones, C. (2008). *Inventory of carbon and energy (ICE)*. Bath: University of Bath.
- Hackney, London Borough (2009). *South Shoreditch Conservation Area Appraisal*. Преузето 23. марта 2015. године са <http://www.hackney.gov.uk/Assets/Documents/south-shoreditch-caa.pdf>
- Historic England. (2015). *Traditional Windows. Their Care, Repair and Upgrading*. Birmingham: Historic England.
- HMG. (2013a). *Energy Performance Certificate. 49 Clerkenwell Green. Report Reference Number: 0270-8914-0327-3290-3004*. (Buckley Building).
- HMG. (2013b). *Recommendation Report. Tea Building unit 3.03. Report Reference Number: 9830-4097-0172-0300-2425*. (Buckley Building).
- HMG. (2015a). *Energy Performance Certificate. Tea Building unit 3.03. Report Reference Number: 9406-3002-0557-1109-7725*.
- HMG. (2015b). *Recommendation Report. Tea Building unit 3.03. Report Reference Number: 0749-0145-0579-6022-7106*.
- HMG. (2016a). *The Building Regulations 2010. Conservation of Fuel and Power. Approved Document L2A Conservation of fuel and power in new buildings other than dwellings*, HM Government.
- HMG. (2016b). *The Building Regulations 2010. Conservation of Fuel and Power. Approved Document L2B Conservation of fuel and power in existing buildings other than dwellings*. HM Government.
- Hoogenboom, K. (2008). *Adaptively Reusing London's Existing Industrial Fabric: Derelict to Domestic The impact of environmental design tactics to reduce energy consumption in residential structures* (Master's thesis), Architectural Association, London
- Chartered Association of Building Engineers (CABE). (2011). *The Impact of Office Design on Business Performance*. London: British Council for Offices.
- CEN (2007). Standard EN15251. Indoor Environmental Input Parameters for Design and Assessment of Energy Performance of Buildings: Addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics. Brussels: Comité Européen de Normalisation.
- CIBSE. (2002). *Guide to building services for historic buildings: Sustainable services for traditional buildings*. London: Chartered Institution of Building Services Engineers.
- CIBSE. (2004). *CIBSE Guide F: Energy efficiency in buildings*. London: Chartered Institution of Building Services Engineers.
- CIBSE. (2008). *CIBSE TM46: Energy benchmarks*. London: Chartered Institution of Building Services Engineers.
- CIBSE. (2013a). *CIBSE TM52: The limits of thermal comfort: avoiding overheating in European buildings*. London: Chartered Institution of Building Services Engineers.

CIBSE. (2013b). *CIBSE TM53: Refurbishment of non-domestic buildings*. London: Chartered Institution of Building Services Engineers.

CIBSE. (2015). *CIBSE Guide A: Environmental design*. London: Chartered Institution of Building Services Engineers.

Ciravoglu, A. (2004). A critical approach towards the idea(l) of sustainable architecture. The 21st Conference on Passive and Low Energy Architecture. Eindhoven, The Netherlands, 19 - 22 September 2004

Clements-Croome, D. (Ed.). (2000). *Creating the Productive Workplace*. London: E&FN Spon.

Чубриловић, В. (1974). *Историја Београда 1-3*. Београд: Просвета.

Шурдић, Б. (2009). Индустијско наслеђе – културна платформа XXI века, ЕРИХ – европски пут индустијског наслеђа, *Гласник ДКС*, 33, 13-20

Watson, M. (2010). Embodied energy in the rehabilitation of old industrial buildings in Scotland. In: Babalis, D. (Ed.) *Chronocity: Sensitive interventions in historic environment*, 56-59. Perugia: Alinea International.

Wilson, C. A. (2010). *Adaptive reuse of industrial buildings in Toronto, Ontario: Evaluating criteria for determining building selection*. Kingston: Queen's University. Преузето 16. новембра 2015. године са https://qspace.library.queensu.ca/bitstream/1974/5540/1/Wilson_Corey_A_201001_MPL.pdf

World Green Building Council (WGBC). (2013). *The business case for green building: A review of the costs and benefits for developers, investors and occupants*. World Green Building Council

Wyon, D. (1994). Economic benefits of a healthy indoor environment. Proceedings of *Healthy Air*, Budapest.

ПРИЛОГ 1

Подела индустрије Краљевине Југославије по индустријским гранама

ПРИЛОГ 1

Подела индустрије Краљевине Југославије по индустријским гранама

(Извор: Статистика индустрије Краљевине Југославије са адресаром индустријских предузећа, Београд 1941. цитирано у Куленовић, 2010)

01. Индустрија екстративних и везивних материјала

Индустрија каучука и гуме:

- творнице гумене обуће
- творнице пнеуматика
- творнице гас маски
- творнице гумених производа за индустрију
- творнице гумених играчака и ситне робе (-адхезиви)
- (-пластичне масе)
- (-сировине за гуму и пластичне масе)

02. Металургија

Топионице и рафинерије метала:

- топионице руда олова и цинка
- творнице алуминијума
- топионице гвожђа
- печење магнезита
- рафинерије осталих метала
- ваљаонице гвожђа
- творнице жице
- ваљаонице жице
- ваљаонице црног лима
- творнице цеви

Индустрија легирања гвожђа и других метала:

- творнице феромангана
- творнице феросилицијума
- творнице силикомангана

03. Прерада метала

Машинске радионице и ливнице:

- машинске радионице
- ливнице гвожђа
- ливнице метала
- ковнице

Машинске радионице за израду разних производа:

- творнице радијатора
- творнице израда од жице
- творнице клинаца, закивака и завртњева
- творнице ланаца
- творнице грађевинских и браварских окова
- творнице алата
- творнице за израду разних машинских делова
- творнице племенитих метала (једаћи прибор, медаље итд)

Творнице машина и мотора:

- творнице пољопривредних машина
- творнице осталих машина
- творнице мотора

-творнице водених турбина

-радионице за оправке

Индустрија гвоздених конструкција:

- творнице котлова и лимених радијатора
- творнице посуђа
- творнице лимених израђевина
- творнице лимене амбалаже
- творнице нирнбершке робе
- творнице арматура за котлове
- творнице арматура за водовод и канализацију

Електротехничка индустрија:

- творнице електричних машина
- творнице каблова и проводника
- творнице изолационог материјала
- творнице акумулатора, батерија и електрода
- творнице сијалица
- радионице заоправку електричних машина

Индустрија саобраћајних средстава

- творнице локомотива и вагона
- бродоградилишта
- творнице авиона
- творнице вагонета и железничког материјала
- радионице за оправку возила

Ратна индустрија:

- творнице оружја
- творнице муниције

Индустрија прецизне механике, апарата и инструмената:

- индустрија апарата и инструмената за научне и медицинске сврхе
- творнице наочара

04. Индустрија керамике и стакла

Керамичка индустрија:

- творнице мајолике и порцелана
- творнице керамичких цеви и глинене робе
- творнице шамотног материјала и керамичких пећи
- цигане и црепаре

Индустрија стакла:

- творнице стакла
- творнице огледала и обрађеног стакла

05. Дрвна индустрија

Стругаре:

- Индустрија фурнира и паркета:
- творнице фурнира и укоченог дрвета
- творнице паркета
- Творнице амбалаже:

- Творнице сандука
- творнице буради и бачви
- Творнице намештаја и столарија:
- грађевинска столарија
- творнице мртвачких сандука
- Творнице каросерија, кола и колица:
- Творнице за разну осталу механичку обраду дрвета:
- творнице калупа и дрвених клинаца
- творнице дрвених потпетица и обуће
- творнице канцеларијског и школског прибора
- творнице штапова
- творнице ролетни
- творнице љушеног дрвета
- Плетарска индустрија:
- творнице четака и метала
- Индустрија обраде плуте:
- Индустрија за импрегнасање дрвета:

06. Индустрија хартије (са штампаријама)

Фабрикација хартије:

- творнице дрвовине
- творнице картона
- хемијска обрада хартије
- творнице шмиргла

Конфекционирање хартије:

- творнице конфекција од хартије
- картонаже

(Графичка индустрија:)

- (-штампарије)
- (-штампарије са књиговезницама)
- (-остала графичка индустрија)
- (-књиговезнице)

07. Хемијска индустрија

Велика хемијска индустрија:

- творнице сумпорне киселине
- творнице соне киселине и сулфата натријума
- творнице плавог камена и других сулфата
- творнице вештачког ђубрета
- творнице калциниране, кристалне и каустичне соде
- творнице поташе калијевог ђубрета
- творнице калцијумкарбида и калцијумцијанамида
- творнице воденог стакла
- творнице хлора и електролизе кухињске соли
- творнице компримованих гасова
- творнице сирћетне киселине (без врења)
- творнице алуминијевог оксида
- творнице аурових чарапица

Индустрија минералних уља и дестилерије уља и дрвета:

- дестилерије и рафинерије нафте
- плинаре
- дестилерије угља и катрана
- дестилерије дрвета
- дестилерије шкриљаца
- индустрија паљења чаци
- индустрија воскова, смола и масти
- творнице вештачких производа и свећа
- творнице разних масти за чишћење и апретуру
- творнице коломаси и мазива
- творнице туткала и желатина
- творнице сапуна и глицерина
- индустрија боја и лакова
- творнице минералних боја
- творнице боја и лакова

Индустрија експлозива:

- творнице пиротехничких производа

Индустрија целулозе и пластичних маса:

- творнице целулозе
- творнице израда од вештачке свиле (Индустрија каучука и гуме:)
- (-творнице гумене обуће)
- (-творнице пнеуматика)
- (-творнице гас маски)
- (-творнице гумених производа за индустрију)
- творнице гумених играчака и ситне робе

Индустрија хемијско-фармацеутских производа:

- творнице козметичких средстава
- творнице дезинфекционих средстава
- творнице прераде лековитог биља и етеричних уља
- творнице опијума и других алкалоида
- творнице серума
- творнице винске киселине

Индустрија хемијско-техничких производа:

- творнице прашкова за домаћинство
- творнице мастила
- творнице тканина
- творнице средстава против штеточина

08. Прехрамбена (и пољопривредна индустрија)

Млинови и израда од брашна:

- млинови жита
- млинови паприке
- љуштионице пиринча и јечма
- творнице скроба и декстрина
- парне пекаре
- творнице тестенина
- творнице кекса итд.
- електричне пекаре

Индустрија шећера, чоколаде и слаткиша:

- творнице шећера и рафинерије
- творнице бомбона, слаткиша и чоколаде
- творнице чоколаде

Индустрија врења:

- пиваре
- творнице слада
- творнице и рафинерије шпиритуса
- творнице квасца
- творнице алкохолних пића
- творнице сирћета
- творнице етера

Индустрија безалкохолних пића и воде:

- творнице воћних сокова и есенције
- творнице сода-воде и вештачких минералних вода
- експлоатација природних минералних вода (-водоводи)
- творнице леда и хладњаке

Индустрија уља:

- творнице биљних уља (са рафинеријом)
- творнице биљних уља (без рафинерије)
- рафинерије биљних уља
- сулфирање биљних уља
- творнице фирниса

Индустрија разних млечних производа:

- творнице млечних производа

Кланице и индустрија прераде меса:

- кланице
- творнице сухомеснате робе
- творнице саламе
- кланице живине и извоз живине и јаја

Индустрија конзерви:

- творнице меснатих конзерви
- творнице рибљих конзерви

- творнице конзервираног воћа и поврћа
- етиваже шљива
- конзервирање хмеља
- конзервирање јаја

Остале индустрије:

- творнице цикорије и сурогата кафе
- творнице сенфа и зачина
- сушење кукуруза
- пречишћавање семена (траве, детелине итд)
- прерада црева

09. Пољопривреда

- иреверзибилне црпне станице
- канални
- уставе

10. Текстилна индустрија

Индустрија прераде сирових влакана:

- куделаре
- влажаре вуне
- прерада коњске длаке
- прерада перја

Предионице:

- предионице памука
- предионице лана
- предионице кудеље
- предионице јуте
- предионице вуне
- предионице природне свиле
- предионице конца

Ткачнице:

- ткачнице памука
- ткачнице лана
- ткачнице кудеље
- ткачнице јуте
- ткачнице кокосовог влакна и сисала
- ткачнице вуне
- ткачнице природне свиле
- ткачнице вештачке свиле

Трикотаже:

- творнице трикотажне робе
- творнице чарапа

Конфекције:

- творнице рубља
- творнице одела
- творнице туљака, шешира и капа
- творнице галантеријске робе
- творнице чипака
- творнице позамантерије
- творнице трака и фитиља
- творнице еластичне робе
- творнице кишобрана

Творнице специјалних израда:

- творнице ћилимова
- творнице завеса и тепиха
- творнице филца
- творнице вате и завојног материјала
- творнице душека и јоргана
- прерада текстилних отпадака и сортирање крпа
- творнице падобрана

Творнице цакова и ужарије:

- творнице цакова и цирада
- творнице ужарије
- творнице мрежа

Припрема и завршавање текстилија:

- радионице за бељење и апертирање
- радионице за штампање тканина
- радионице за бојење и чишћење

11. Индустрија коже и крзна

Творнице чињене коже:

Творнице за бојење коже и крзна:

Творнице обуће:

Творнице седларских ременарских израда:

Конфекције од коже:

Творнице крзна:

Творнице крзнених производа:

12. Електричне централе (Електропривреда)

Калоричне и хидро-централе:

Калоричне централе:

Хидро-централе:

Трансформаторске станице:

13. Саобраћај

Железнички саобраћај:

- железничке станице (и магацини)
- мостови, вијадукти и тунели
- трасе

Друмски саобраћај:

- аутобуске станице (и магацини)
- мостови, вијадукти и тунели
- трасе

Ваздушни саобраћај:

- аеродромске зграде (и магацини)
- писте и хангари
- контрола летења

Саобраћај на води:

- луке, пристаништа и пристани (и магацини)
- сигнализација - светионици и остало
- (-бродоградилишта)

14. Водовод и канализација

- црпне станице
- филтерска постројења
- системи за «транспорт» воде
- системи за «транспорт» канализације

15. Дуванска индустрија

- творнице дувана
- откупне станице

16. Штампарије

Графичка индустрија:

- штампарије
- штампарије са књиговезницама
- остала графичка индустрија
- књиговезнице

17. Магацини

18. Рударство и рудници

ПРИЛОГ 2

Фабрика чоколаде Коста Шонда

ПРИЛОГ 2

Фабрика чоколаде Коста Шонда

Адреса:	Цара Уроша 62-64, Стари град
Период изградње:	1900-1910
Ниво заштите:	добро које ужива статус претходне заштите
Претходне функције:	прехрамбена индустрија, графичка школа, производња сувенира Народна радиност
Тренутна функција:	пословни, производни и магацински простор модне куће Мона
Година обнове:	2007.
Опис радова:	обнова фасадних зидова, замена прозора, радови на ентеријеру, замена термотехничких система



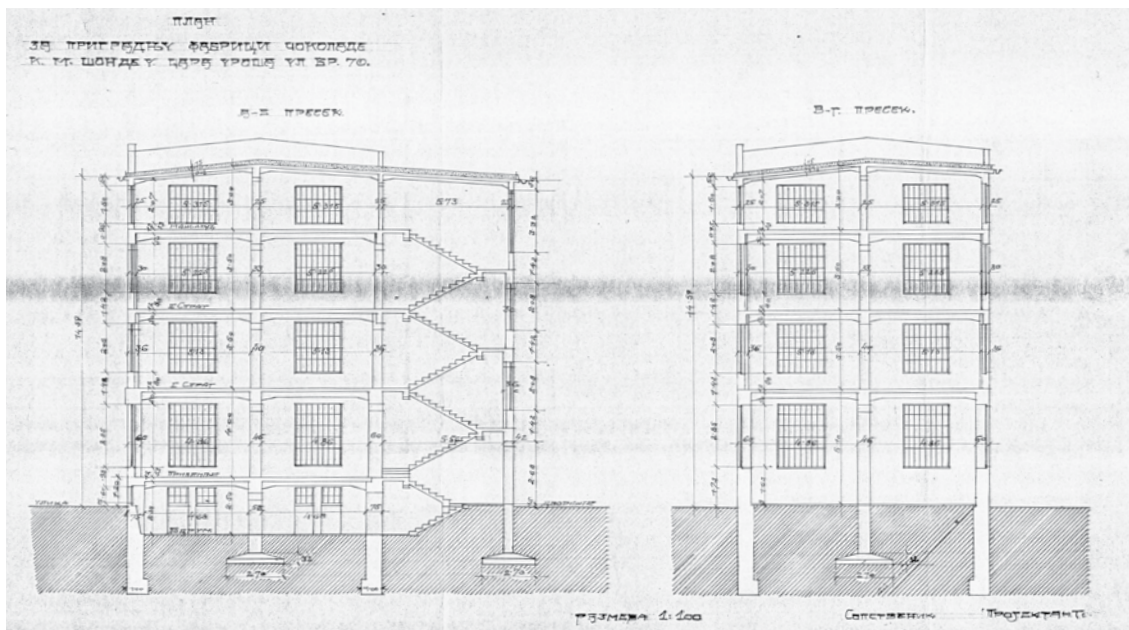
Слика 1: Локација
(Извор: Аутор према Google Earth)



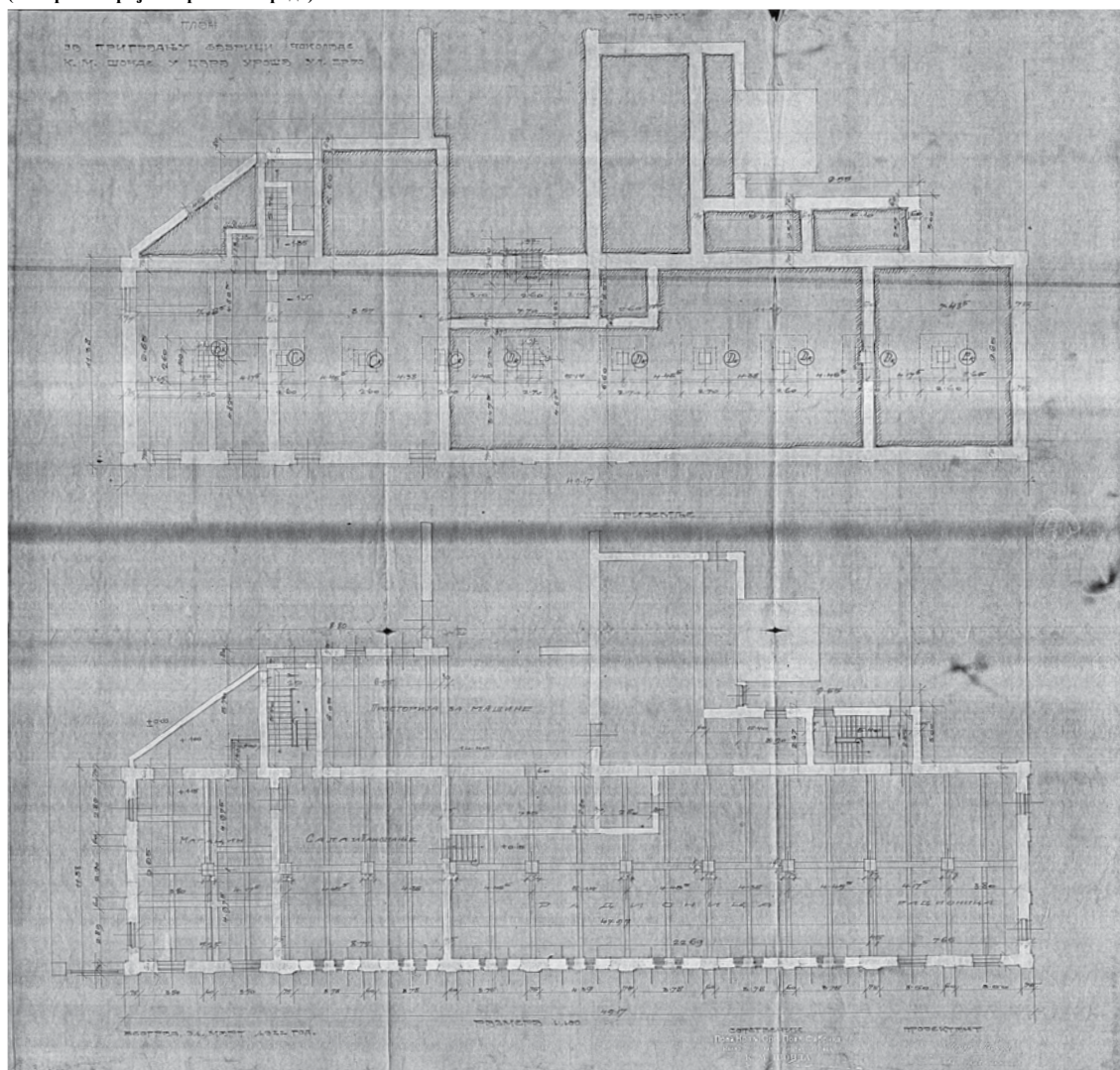
Слика 2: Изглед пре адаптације
(Извор: Куленовић, Фото документација МИЈ)



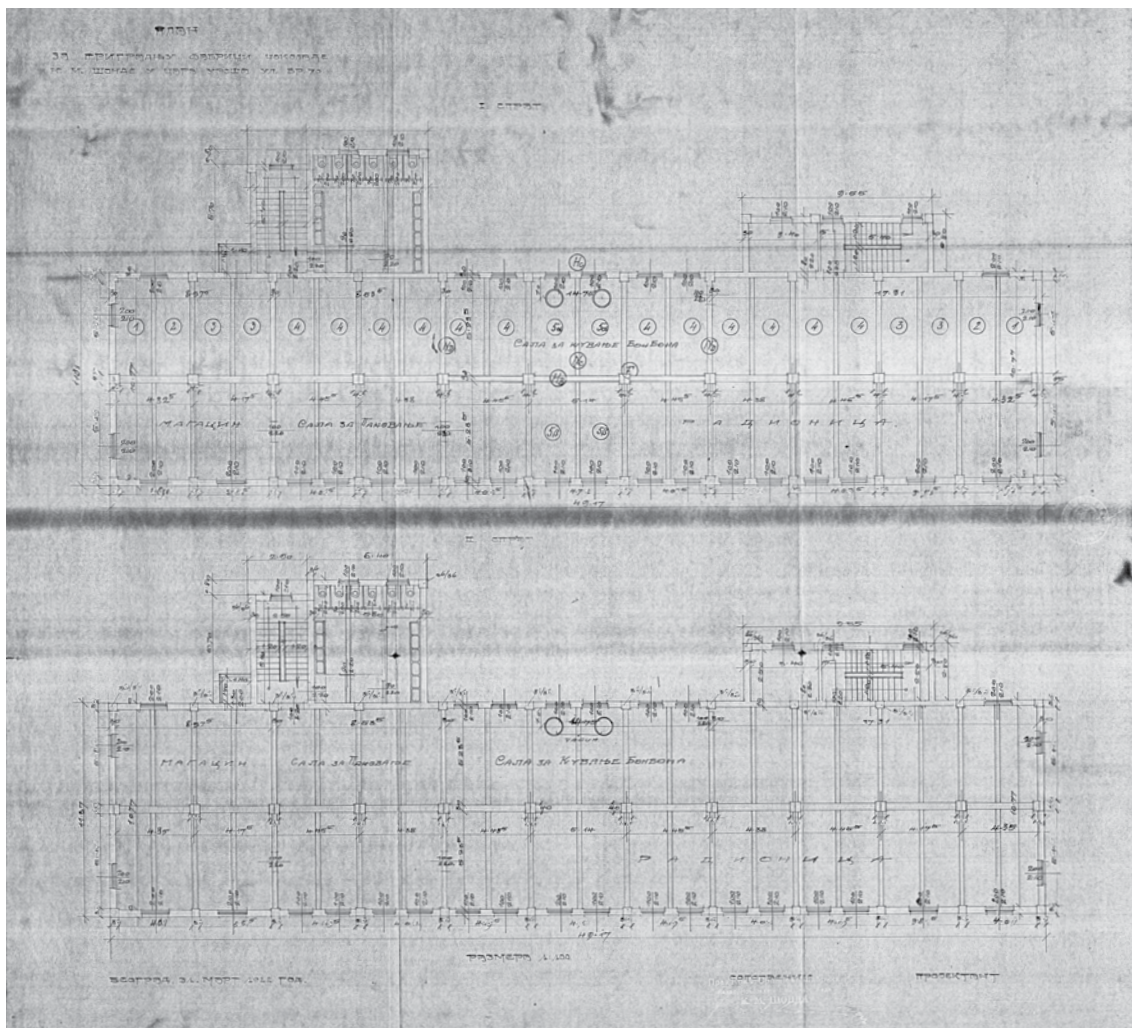
Слика 3: Фасада објекта у улици Цара Уроша и пресек кроз фасаду
(Извор: Аутор према: Историјски архив Београда)



Слика 4: Пресек
(Извор: Историјски архив Београда)



Слика 5: Основа подрума и приземља
(Извор: Историјски архив Београда)



Слика 6: Основа првог и другог спрата
(Извор: Историјски архив Београда)

ПРИЛОГ 3

Магацин банке Николе Бошковића

ПРИЛОГ 3

Магацин банке Николе Бошковића

Адреса:	Јеврејска 32, Стари град
Период изградње:	око 1920
Ниво заштите:	добро које ужива статус претходне заштите
Претходне функције:	магацин, канцеларијски простор
Тренутна функција:	канцеларијски и магацински простор Информатика АД
Година обнове:	2000.
Опис радова:	обнова конструкције, фасадних зидова, замена прозора, радови на ентеријеру, замена механичких система



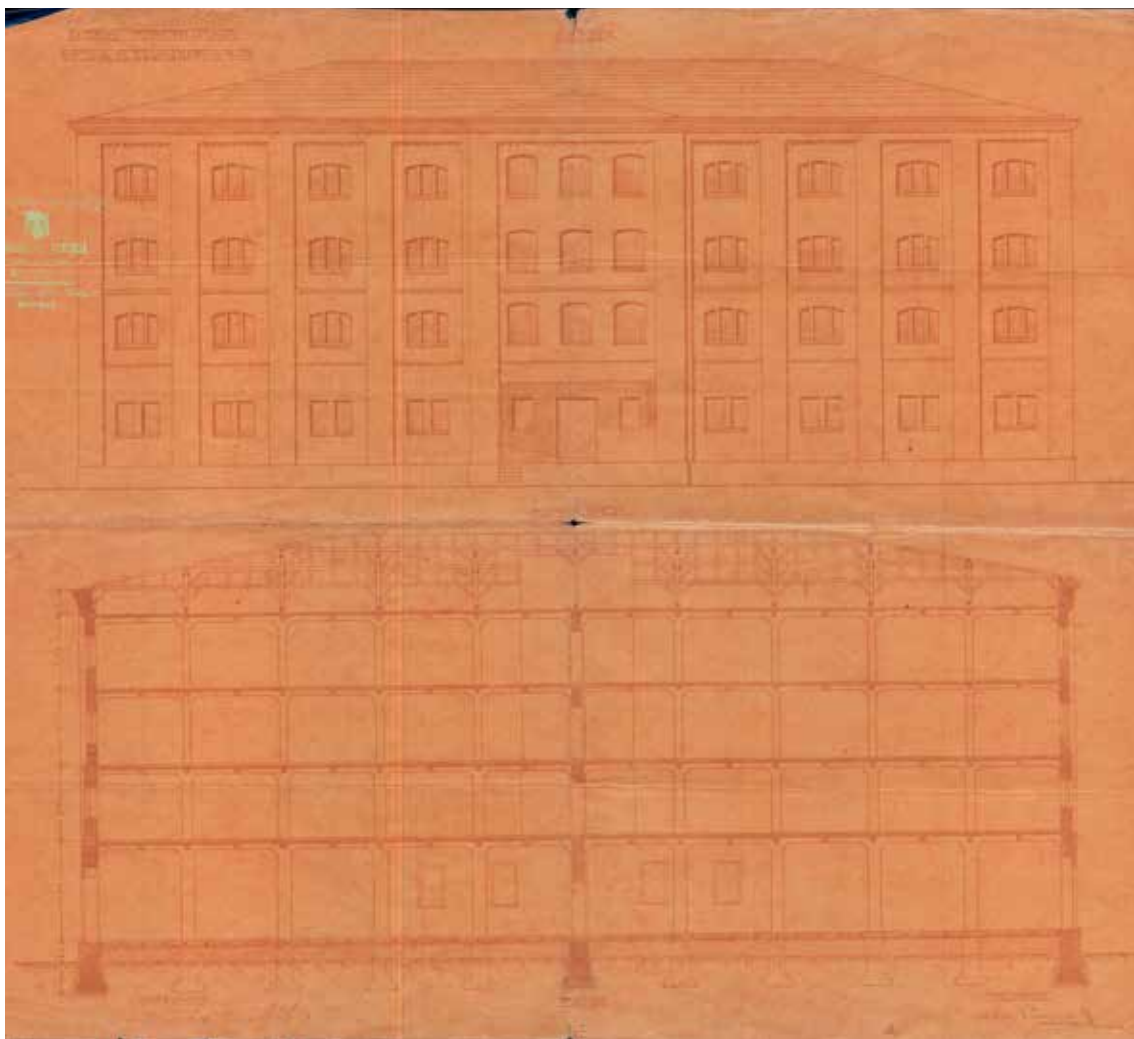
Слика 1: Локација
(Извор: Аутор према Google Earth)



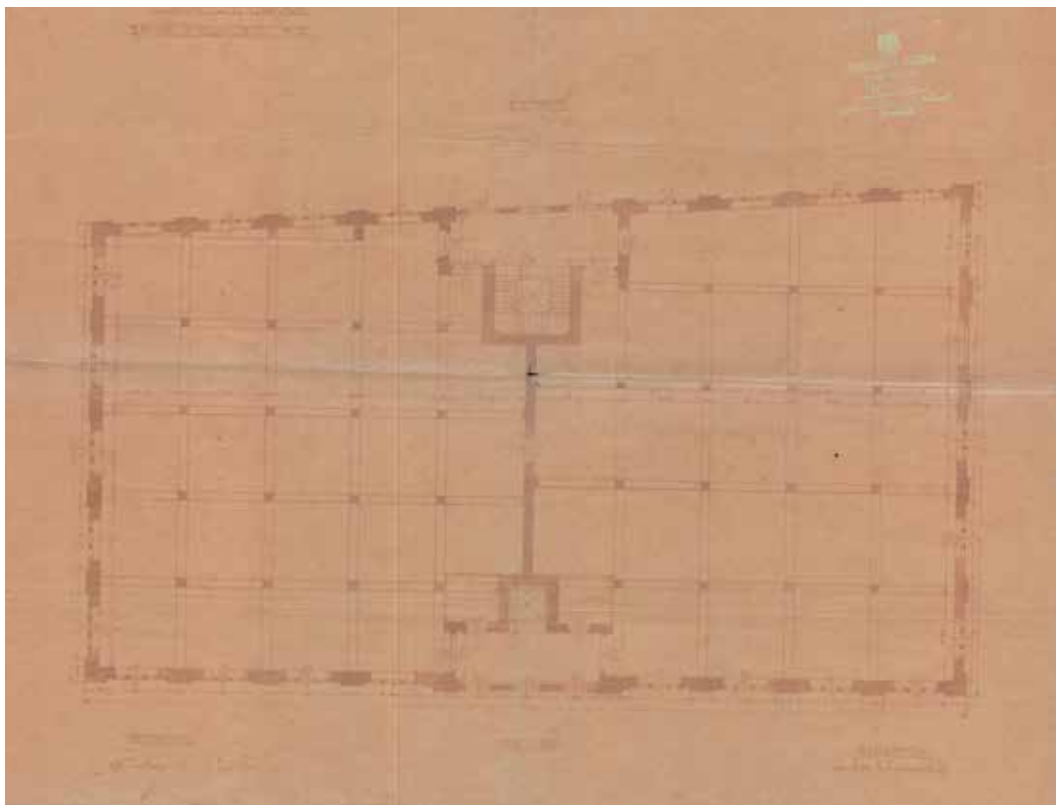
Слика 2: Изглед пре адаптације
(Извор: Куленовић, Фото документација МИЈ)



Слика 3: Фасада објекта у улици Цара Уроша и пресек кроз фасаду
(Извор: Аутор према: Историјски архив Београда)



Слика 4: Оригинални изглед и пресек зграде
(Извор: Историјски архив Београда)



Слика 5: Основа првог спрата
(Извор: Историјски архив Београда)

ПРИЛОГ 4

Климатске карактеристике Београда

ПРИЛОГ 4

Климатске карактеристике Београда

Клима Београда (44°N, 20°E) је умерено континентална, са четири годишња доба. Према Köppen-Geiger-овој подели Београд спада у влажну суптропску климатску зону (Cfa).

Београд спада у ASHRAE климатску зону 4A. Термалне климатске зоне (0-8) се одређују према броју степен дана за грејање и хлађење. Зоне влажности (А, В и С) су влажна (А), сува (В) и морска (С).

Опште климатске карактеристике

Просечна годишња температура ваздуха је 12,5°C. Екстремно високе или ниске температуре нису ретке и годишњи температурни опсег је веома широк (21,3 K). Најтоплији месец је јул са 23,0°C, а најхладнији јануар са 1,4°C (табела 1.). Број дана са температуром изнад 30°C је у просеку 31, а дана са температуром изнад 25°C је 95 годишње. Ово указује на потенцијалне проблеме прегревања током трећине године. Број дана са температуром испод 0°C је 21.

Укупно глобално хоризонтално зрачење је 1348 kWh/m². Месечне вредности глобалног хоризонталног зрачења варирају од 31 kWh/m² у децембру до 196 kWh/m² у јуну (табела 2.). Вертикалне површине оријетисане према југу добијају више зрачења од других оријентација у периоду од августа до априла.

Велики део радијације која пада на вертикалне површине је дифузна (дијаграм 1.). Неба су ведрa и сунчана 40% године, умерено облачна 28% и облачна 32% године. Проценат облачних дана је беома низак, нарочито у летњим месецима (дијаграм 1.). Средња годишња брзина ветра за Београд је 3,6 m/s, са малим сезонским варијацијама. Ветар углавном дува са запада (од јуна до августа) и југо-истока (од септембра до маја) (слика 1). Кошава, југоисточни и источни ветар који дува у јесен и зиму има просечну брзину између 7-12 m/s, а понекад може да достигне брзину од 36 m/s.

Просечна количина падавина је 669,5 mm. Највећа количина падавина је у мају и јуну. Снег пада у просеку 27 дана годишње.

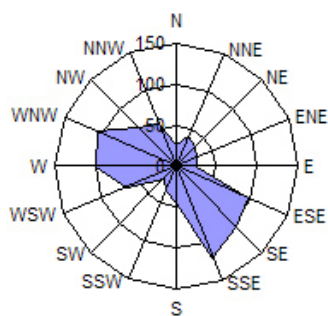
Средња релативна влажност ваздуха је 68%.

Табела 1. Основне карактеристике климе Београда
(Извор: Републички хидрометеоролошки завод)

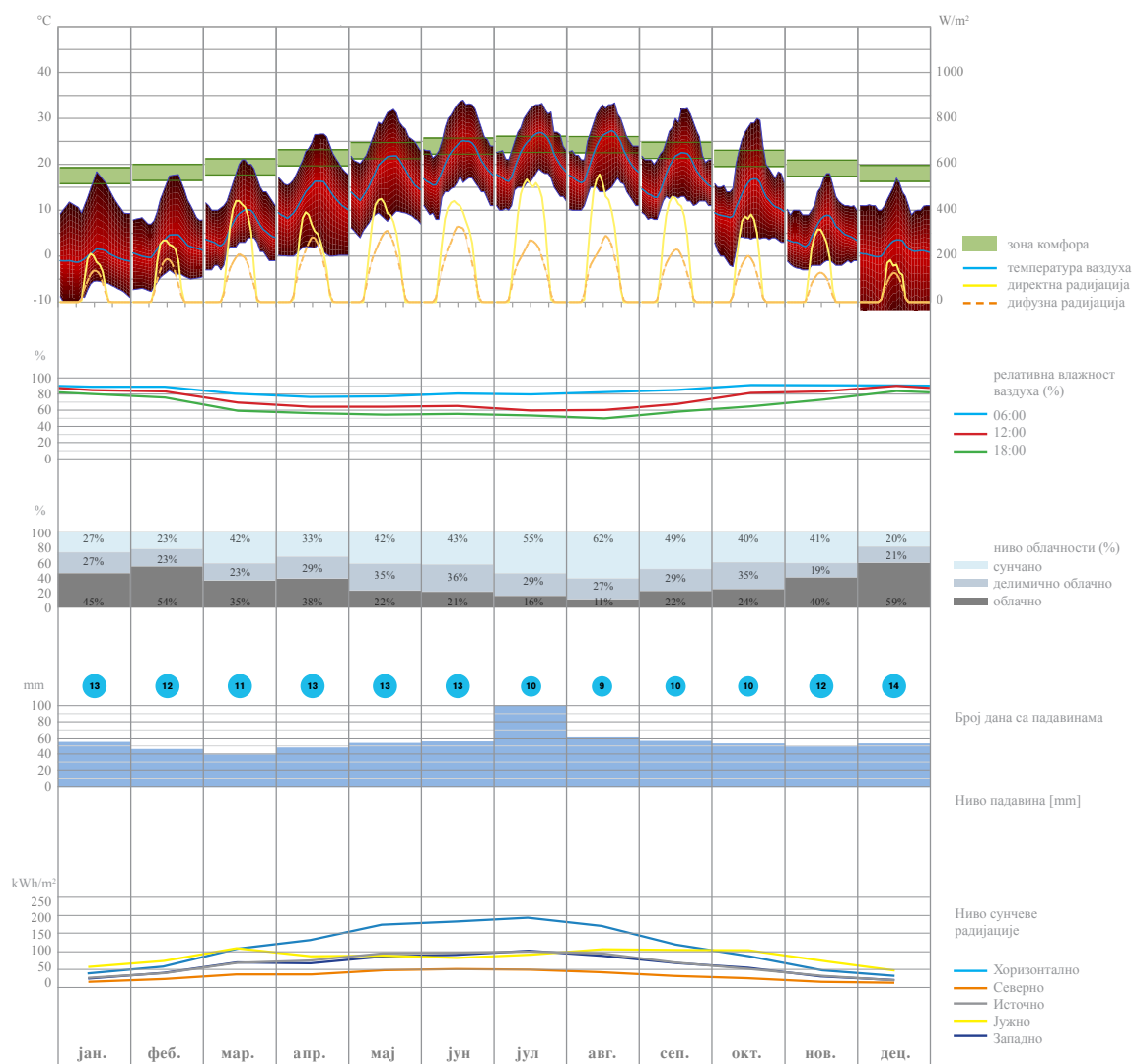
	јан	феб	мар	апр	мај	јун	јул	авг	сеп	окт	нов	дец	год.
ТЕМПЕРАТУРА °C													
Средња максимална	4,6	7,0	12,4	18,0	23,5	26,2	28,6	28,7	23,9	18,4	11,2	5,8	17,4
Средња минимална	-1,1	-0,1	3,7	8,3	13,0	15,8	17,5	17,6	13,5	9,0	4,2	0,2	8,5
Нормална вредност	1,4	3,1	7,6	12,9	18,1	21,0	23,0	22,7	18,0	12,9	7,1	2,7	12,5
Апсолутни максимум	20,7	23,9	28,8	32,2	34,9	37,4	43,6	40,0	37,5	30,7	28,4	22,6	43,6
Апсолутни минимум	-18,2	-15,4	-12,4	-3,4	2,5	6,5	9,4	6,7	4,7	-4,5	-7,8	-13,4	-18,2
Ср. бр. мразних дана	18	14	5	0	0	0	0	0	0	0	5	15	58
Ср. бр. тропских дана	0	0	0	0	2	7	12	12	3	0	0	0	36
РЕЛАТИВНА ВЛАГА (%)													
Просек	78	71	63	61	61	63	61	61	67	71	75	79	68
ТРАЈАЊЕ СИЈАЊА СУНЦА													
Просек	72,2	101,7	153,2	188,1	242,2	260,9	290,8	274,0	204,3	163,1	97,0	64,5	211,9
Број ведрих дана	3	5	5	4	5	6	11	12	8	7	4	3	75
Број облачних дана	14	10	9	8	6	5	4	3	6	7	11	15	99
ПАДАВИНЕ (mm)													
Ср. месечна сума	46,9	40,0	49,3	56,1	58,0	101,2	63,0	58,3	55,3	50,2	55,1	57,4	690,9
Мах. дневна сума	33,2	39,1	36,8	64,2	56,4	94,0	80,1	75,6	41,9	43,7	51,8	39,9	94,0
Ср. бр. дана ≥ 0.1 mm	13	12	11	13	13	13	10	9	10	10	12	14	139
Ср. бр. дана ≥ 10.0 mm	1	1	1	2	2	3	2	2	2	2	2	2	21
ПОЈАВЕ (број дана са....)													
снегом	10	7	4	1	0	0	0	0	0	0	3	8	33
снежним покривачем	13	10	4	0	0	0	0	0	0	0	3	10	39
маглом	5	3	1	1	0	0	0	0	0	2	4	6	24
градом	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Табела 2. Релативне честине ветра по правцима и тишине у промилима и средње брзине ветра у m/s, 1981-2010.
(Извор: Републички хидрометеоролошки завод)

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C
рел.честине (%)	25	38	31	28	25	97	105	121	44	32	22	65	99	106	66	55	42
средње брзине (m/s)	2,3	2	2	1,9	2,4	3,1	3	2,9	2,2	1,8	1,7	2	2,2	2,3	2,3	2,3	



Слика 1. Ружа ветрова за град Београд
(Извор: Републички хидрометеоролошки завод)



Дијаграм 1. Основне климатске карактеристике Београда
(Извор: Weather Tool, климатски фајл Belgrade 132720 IWEC, Energy Plus)

Климатске карактеристике локације на основу којих се израђује елаборат енергетске ефикасности према важећем Правилнику о енергетској ефикасности зграда (Сл. гласник РС, бр. 61/2011а) су спољна пројектована температура (-12,1°C за град Београд), број степен дана грејања (2520 за град Београд), средња температура грејног периода (5,6°C за град Београд), број дана грејне сезоне (175 за град Београд), средње суме сунчевог зрачења и средње месечне температуре спољашњег ваздуха (табела 3). У обзир се узима и утицај ветра на објекат.

Табела 3. Климатски подаци за Београд
(Извор: Сл. гласник РС, бр. 61/2011)

Месец	јан	феб	мар	апр	мај	јун	јул	ауг	сеп	окт	нов	дец	зима
Средња месечна температура [°C]	0,9	3,0	7,3	12,5	17,6	20,6	22,3	22,0	17,7	12,7	7,2	2,6	5,6
HDD (2520)	585	458	370	102	0	0	0	0	0	101	373	531	
Средње суме сунчевог зрачења													
Хоризонтална површина [kWh/m ²]	42,75	60,35	103,86	133,65	170,43	181,23	192,83	170,43	127,58	88,94	45,50	33,87	398
Југ [kWh/m ²]	64,25	76,98	96,43	86,73	86,28	81,43	90,31	99,43	107,38	109,22	66,52	52,80	455
Исток, запад [kWh/m ²]	32,57	55,35	79,80	96,05	112,90	116,78	125,22	114,37	91,32	67,21	34,67	25,53	310
Север [kWh/m ²]	17,42	22,38	36,04	44,64	55,69	56,88	58,27	52,83	38,78	29,16	17,93	14,31	145

Климатске промене

Сценарио климатских промена A1B¹ Међувладиног панела за климатске промене (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) предвиђа повећање просечних температура ваздуха за период 2001-2030 у току летњих месеци између 1,2 и 1,4°C, док исти сценарио предвиђа повећање између 3,2 и 3,6°C за период 2071-2100 (Ministry of Environment and Spatial Planning (MESP), 2010: 74). За сценарио A2¹, средње температуре у летњем периоду би порасле за 4,2 - 4,6°C (MESP, 2010, p.74).

Према нешто радикалнијем сценарију A2¹, број сати са спољашњом температуром ваздуха већом од 30°C може порастати са тренутних 100 на 385 (2020. године), 717 (2050. године) и чак 1157 (2080. године)² Ово указује да би променом климе енергија потребна за хлађење објеката добила на значају.

Сценарији такође предвиђају пораст температура у зимском периоду. Пораст за A1B¹ је између 0,5-1°C за 2001-2030 и 1.8-2,2°C за 2071-2100. A2¹ предвиђа пораст од 2,6-3,6°C за 2071-2100 (MESP, 2010: 74).

Климатске промене указују да ће се баланс између енергије потребне за грејање и хлађење пословних зграда умногоме изменити у наредном периоду и да се мора ставити акценат на стратегије за смањење енергије потребне за хлађење објеката.

¹ Сценарио A1 предвиђа свет брзог економског раста, глобалне популације која је највећа средином века, а затим креће да се смањује. Овај сценарио такође предвиђа брзо увођење нових и ефикаснијих технологија. A1 сценаријо има 3 групе: A1F1 фосилна горива, A1T нефосилна горива и A1B баланс између различитих горива (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2000, p. 4) Сценарио A2 предвиђа хетероген свет у коме ће се сачувати локални идентитети, а фокус ће бити на регионалном развоју, уз спорији економски раст и константни пораст популације (IPCC, 2000, p. 5)

² Према адаптацији климатског фајла за Београд, коришћењем CCWorldWeatherGen Истраживачке групе о одрживој енергији Универзитета у Саутхамптону (SERG Sustainable Energy Research Group, University of Southampton).

ПРИЛОГ 5

Прорачун енергетске оптимизације референтних модела

ПРИЛОГ 5: Прорачун енергетске оптимизације референтних модела

Прилог 5а

Параметри значајни за симулације мера енергетске оптимизације

Noogenboom (2010) упућује на расправу о разликама између теоретског и стварног нивоа уштеде енергије у процесима енергетске санације зграда. Ово је од значаја јер се одлуке о обнови зграда доносе на основу симулација и прорачунате уштеде енергије, што се понекад не потврди у пракси. У студији Hong-a (2006) додатак спољне изолације је имао предвиђени утицај на уштеду енергије од 27%, а стварна уштеда је само 8%.

Ове разлике су најчешће последица претпостављене вредности инфилтрације ваздуха која је битно различита од стварне, ефекта топлотних мостова, као и самог начина коришћења простора.

Инфилтрација ваздуха / заптивеност зграде

Инфилтрација ваздуха дефинише се као количина ваздуха која под амбијенталним условима улази у зграду кроз пукотине и шупљине у омотачу зграде. Старост зграде, типологија, детаљи омотача и климатски услови неки су од фактора који утичу на специфичан ниво инфилтрације ваздуха одређене зграде. Ово ствара услове за претерано поједностављење у симулацијама, и чини ниво инфилтрације компликованим за квантификовање у симулацијама.

Правилник о енергетској ефикасности зграда (Сл. гласник РС, бр. 61/2011) / SRPS EN ISO 13789 (2010) наводе за веома заптивен положај (применљив за зграде просечне висине, у центру града), за изложеност од више од једне фасаде број измена ваздуха од 0,6 за зграде лоше заптивености, 0,5 за зграде просечне и добре заптивености (табела 1).

CIBSE Guide A (2015) квантификује емпиријске вредности инфилтрације према изложености, броју спратова и врсти вентилације. За природно вентилисане пословне зграде од 4 спрата и 2000 m² ова вредност је у просеку 0,55 за зграде лоше заптивености (максимална вредност 0,75). Према *CIBSE* (2015) лоша заптивеност је дефинисана за пропустљивост ваздуха од 20 m³/m² на 50 Pa. Емпиријске вредности инфилтрације ваздуха у фабрикама, халама и радионицама су 0,65 за објекте

површине 500 m² (5 m висина објекта), 0,45 за објекте површине 1500 m² (10 m висина објекта) (табела 1).

Пасивне куће постављају захтев да инфилтрација не може бити већа од 0,6 ach на 50 Pa за нове и 1 ach на 50 Pa за адаптацију постојећих објеката (Taylor, 2011). За референтни модел МА, ова вредност би према *CIBSE* емпиријским вредностима из табеле 1 била око 0,1 ach, а за модел МБ око 0,05 ach.

Табела 1 Ниво инфилтрације (ach)
(Извор: Сл. гласник РС, бр. 61/2011а, *CIBSE*, 2015)

Правилник о енергетској ефикасности зграда			заптивеност: лоша	заптивеност: средња	заптивеност: добра
Правилник о ЕЕЗ (2011) / SRPS EN ISO 13789 (2007)	веома заклоњен положај, изложеност ветру: више од једне фасаде	просечна вредност	0,6	0,5	0,5

CIBSE Guide A (нормално изложене локације зими)			Пропустљивост ваздуха: 20 m ³ /m ² на 50Pa	Пропустљивост ваздуха: 10 m ³ /m ² на 50Pa	Пропустљивост ваздуха: 7 m ³ /m ² на 50Pa	Пропустљивост ваздуха: 5 m ³ /m ² на 50Pa	Пропустљивост ваздуха: 3 m ³ /m ² на 50Pa
CIBSE Guide A (2015), табела 4.16 пословна зграда са природном вентилацијом	површина: 500 m ² (2 спрата)	просечна вредност	0,70	0,35	0,25	0,20	0,10
		највећа вредност	0,95	0,50	0,35	0,25	0,15
	површина: 2000 m ² (4 спрата)	просечна вредност	0,55	0,30	0,20	0,15	0,10
		највећа вредност	0,75	0,40	0,25	0,20	0,15
	површина: 3000 m ² (6 спратова)	просечна вредност	0,55	0,30	0,20	0,15	0,10
		највећа вредност	0,75	0,40	0,30	0,20	0,15
CIBSE Guide A (2015), табела 4.20 индустријска зграда (фабрике, радионице, хале)	површина: 500 m ² (25 m x 20 m x 5 m)	просечна вредност	0,65	0,35	0,25	0,20	0,10
		највећа вредност	1,0	0,50	0,30	0,20	0,15
	површина: 1500 m ² (50 m x 30 m x 10 m)	просечна вредност	0,45	0,25	0,15	0,15	0,10
		највећа вредност	0,75	0,40	0,25	0,20	0,15
	површина: 5000 m ² (100 m x 50 m x 20 m)	просечна вредност	0,35	0,20	0,15	0,10	0,05
		највећа вредност	0,55	0,30	0,20	0,15	0,10

Топлотни мостови

Постојање топлотних мостова други је главни разлог разлике између резултата симулације и стварног перформанса стратегија унапређења енергетске ефикасности. Симулације претпостављају константну примену изолације преко материјала омотача. У реалности, посебно при адаптацији постојећих зграда, ово није случај због сложености постојећег омотача, природе изолационог материјала или квалитета радова. Чести су и компликовани детаљи додира омотача и конструктивних елемената зграде који отежавају интеграцију изолације. Ови топлотни мостови значајно утичу на енергетске потребе зграде.

Симулација топлотних мостова је компликована. NCM (2014) препоручује повећање укупне површинске U вредности појединачних елемената омотача зграде за 10% како би се укључио ефекат топлотних мостова или примену прорачуна прописаног BS EN ISO 14683.

Начин коришћења простора

Претпостављени и стварни унутрашњи добици често варирају. Ово је од посебног значаја за објекте грађене за издавање. Број корисника и добици од опреме значајно варирају за различите врсте канцеларија (поглавље 2.4). Чак и исте фирме услед организационих и других промена могу доживети велике измене у начину коришћењу простора. Трендови коришћења канцеларијског простора указују на значајно смањење површине простора по кориснику, што са собом носи и повећане добитке од опреме. Све наведене промене имале би значајан утицај на енергетски баланс зграде и потребе за грејањем и хлађењем.

ПРИЛОГ 6

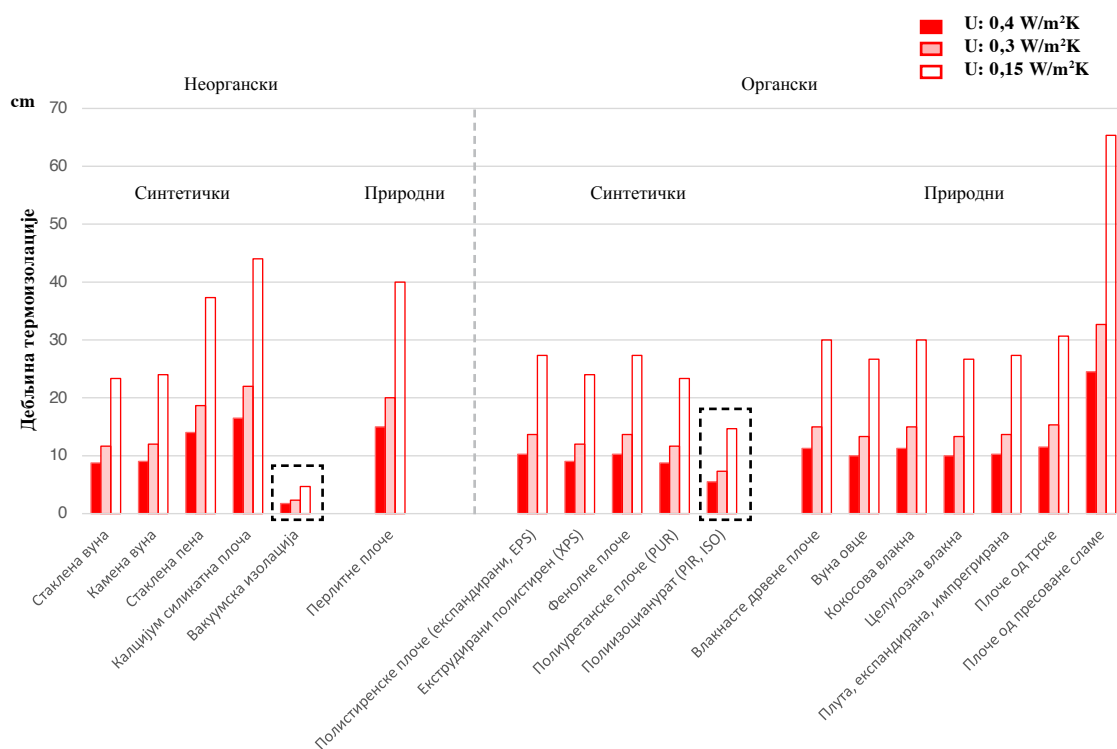
Карактеристике термоизолационих материјала и прозора

ПРИЛОГ 6: Карактеристике термоизолационих материјала и прозора

Прилог 6а: Карактеристике термоизолационих материјала

Топлотна пропустљивост

Топлотна проводљивост варира од 0,001 за вакуумске плоче до 0,06 за перлитне плоче. Дијаграм 1 пореди дебљину термоизолације потребне да се постигне коефициент пролаза топлоте од 0,4 W/m²K.



Дијаграм 1 Дебљина термоизолације за U вредности 0,4 W/m²K, 0,3 W/m²K и 0,15 W/m²K

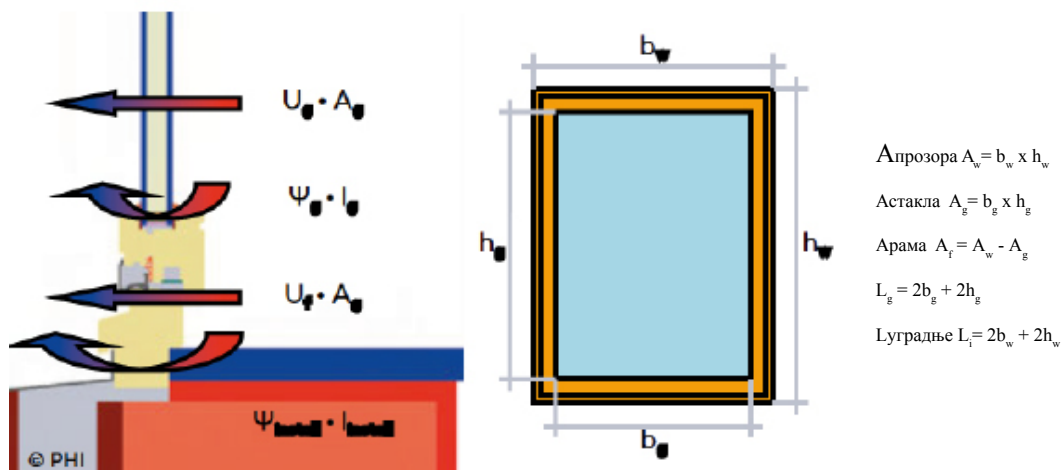
Дебљина термоизолације потребна да се постигне вредност коефицијента пролаза топлоте од $0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ варира од испод 2cm за вакуумску изолацију, 5,5 cm за PIR, 8-10cm за најчешће коришћене материјале (минералне вуне и полистиренске плоче), до 24,5 cm за плоче од пресоване сламе (дијаграм 1). Дебљина за конкретне примере зависи од слојева постојећег зида.

Дебљина термоизолације је често фактор који одлучује који материјал би се користио (на централним локацијама цена радова на адаптацији и потребних материјала је јако мала у односу на цену квадрата).

Прилог бб: Термичке карактеристике транспарентних елемената

На коефицијент пролаза топлоте прозора (U_w) утичу коефицијент пролаза топлоте стакла (U_g), рама (U_f), топлотни мостови око рама прозора и они настали услед уградње прозора, као и димензије појединачних елемената (површина, дужина) (слика 1).

$$U_w = \frac{U_g \cdot A_g + U_f \cdot A_f + \Psi_g \cdot L_g + \Psi_i \cdot L_i}{A_g + A_f}$$



Слика 1. Термичке карактеристике прозора
(Извор: Troi & Bastian, 2015)

Према Правилнику о ЕЕЗ (Сл. гласник РС, бр. 61/2011а) једноструко стакло има U вредност од $5,8 \text{ W/m}^2\text{K}$, двоструко стакло од $2,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ до $3,2 \text{ W/m}^2\text{K}$, а троструко $1,9 \text{ W/m}^2\text{K}$. Нискоемисиона стакла испуњена нереактивним гасом могу имати U вреднос од само $0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$ за двоструко и $0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ за једноструко стакло.

Прозорски оквири имају већи коефициент пролаза топлоте од стакла (осим једноструког) (табела 1).

Табела 1. Коефициент пролаза топлоте оквира
(Извор: Сл. гласник РС, бр. 61/2011а, табеле 3.4.1.5, 3.4.1.6, 3.4.1.7)

Дрвени оквир	дебљина d_f [mm]	U_f [W/m ² K] меко дрво (500 kg/m ³), $\lambda = 0,13 \text{ W/(mK)}$ / тврдо дрво (700 kg/m ³), $\lambda = 0,18 \text{ W/(mK)}$
	30	2,3 / 2,7
	50	2,0 / 2,4
	110	1,4 / 1,6
PVC оквир (шупљи профили)	тип оквира	U_f [W/m ² K]
	2-коморни	2,2
	3-коморни	1,7 - 1,8
	5-коморни	1,3 - 1,5
	6-коморни	1,2 - 1,3
Метални оквир	тип оквира	U_f [W/m ² K]
	челични са термичким прекидом	4,0
	челични без термичког прекида	6,0
	алуминијумски, са термичким прекидом	2,8 - 3,5
	алуминијумски, побољшани	1,4 - 1,5
	специјални системи профила за пасивне куће	0,7 - 0,8

БИОГРАФИЈА АУТОРА

Милена Стојковић, MArch (AA), дипл. инж. арх, ARB, RIBA, LEED AP BD+C, рођена је у Београду 18.06.1984. године, где је завршила основну школу као ученик генерације и III београдску гимназију као носилац Вукове дипломе. Звање Инжењер архитектуре, Bachelor, стиче 2006. године завршивши основне академске студије на Архитектонском факултету Универзитета у Београду, са просечном оценом 8.83. Дипломирала је у јулу 2008. године на усмерењу архитектура, са просечном оценом 9.95 у току студија и оценом 10 на финалном Мастер пројекту са темом „Reuse као начин унапређења ромских насеља” (ментор доцент мр Иван Куцина), чиме стиче звање Дипломирани инжењер архитектуре, Мастер архитектуре. Исте године уписује последипломске Мастер студије на Архитектонској асоцијацији у Лондону, смер Еколошки одрживо пројектовање (Sustainable Environmental Design). Звање Мастер архитектуре добија 2010. године након одбране теза под називом „Обнова префабрикованих стамбених насеља у Београду” (ментор проф. др Симос Јанас (Simos Yannas)). Докторску тезу под називом „Енергетска оптимизација у адаптацији индустријских објеката” пријављује 2012. године на Архитектонском факултету Универзитета у Београду. Кандидат 2013. године постаје акредитовани професионалац за LEED систем сертификације за пројектовање и изградњу зграда. Годину дана касније, 2014. године, стиче Напредну диплому за професионалну праксу у архитектури издату од Краљевског института британских архитеката (RIBA), чиме стиче право коришћења титуле архитекта у Великој Британији. Током студија добија више стипендија и награда.

Кандидат је запослена у пројектном бироу Foster + Partners у Лондону на позицији архитектке и вишег истраживача за еколошки одрживо пројектовање. Учествовала је на више од 30 пројеката и конкурса на 5 континената.

Кандидат је школске 2007/2008 учествовала на настави Департамента за архитектуру Архитектонског факултета Универзитета у Београду, као студент демонстратор на предмету Простор и облик, код доцента Милоша Ненадовића. Од 2011. до 2013. је запослена на Институту за архитектуру и урбанизам Србије у Београду у звању истраживач-сарадник, на научно-истраживачком пројекту Министарства науке Републике Србије „Просторни, еколошки, енергетски и друштвени аспекти развоја насеља и климатске промене - међусобни утицаји” (ТП 36035), руководиоца

др. Миле Пуцар.

Милена Стојковић је од 2013. LEED акредитовани професионалац. Од 2014. године је регистрована у Енглеском регистру архитеката (ARB) и пуноправни члан Краљевског института британских архитеката (RIBA).

БИБЛИОГРАФИЈА РАДОВА

Рад у међународном научном часопису (M24):

1. Stojković, M., Pucar, M., Krstić-Furundžić, A.: Daylight Performance of Adapted Industrial Buildings, - Facta Universitatis, Series: Architecture and Civil Engineering No. 1, 2016, (ISSN 0354-4605)

Рад у монографији националног значаја (M44):

1. Stojković, M.: Energetski efikasno unapređenje prefabrikovanih naselja u Beogradu kao strategija ublažavanja efekta klimatskih promena, у Pucar, M., Dimitrijević, B., Marić (ed.), Klimatske promene i izgrađeni prostor: politika i praksa u Škotskoj i Srbiji. Climate Change and the Built Environment: policies and practice in Scotland and Serbia, Institut za arhitekturu i urbanizam Srbije, Beograd, Srbija (ISBN 978-86-80329-72-7), str. 346-367, 2014

Радови објављени у зборницима радова са међународних научних скупова (M33):

1. Nenković-Riznić, M., Stojković, M., Pucar, M.: “Key Issues of Environmentally Sustainable Urban and Spatial Development under Climate Change Conditions”, - Proceedings of the Regional development, spatial planning and strategic governance conference - RESPAG, Belgrade, Serbia, 2013., pp. 852-870
2. Stojković, M., Kyrkou, D., Žerjav, B.: “Sustainability Assessment Systems – The Issue of Scale in Sustainable Design”, - Proceedings of the Regional development, spatial planning and strategic governance conference - RESPAG, Belgrade, Serbia, 2013., pp. 1144-1157

ИЗЈАВА О АУТОРСТВУ

Потписани-а _____ Милена Стојковић _____

број индекса _____

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

_____ ЕНЕРГЕТСКА ОПТИМИЗАЦИЈА _____

_____ У АДАПТАЦИЈИ ИНДУСТРИЈСКИХ ОБЈЕКТА _____

- 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.

Потпис докторанда

У Београду, _____

ИЗЈАВА О ИСТОВЕТНОСТИ ШТАМПАНЕ И ЕЛЕКТРОНСКЕ ВЕРЗИЈЕ
ДОКТОРСКОГ РАДА

Име и презиме аутора _____ Милена Стојковић _____

Број индекса _____

Студијски програм _____ Архитектура и урбанизам _____

Наслов рада _____ ЕНЕРГЕТСКА ОПТИМИЗАЦИЈА _____

_____ У АДАПТАЦИЈИ ИНДУСТРИЈСКИХ ОБЈЕКТА _____

Ментор проф. _____ др Александра Крстић-Фурунџић _____

Потписани/а _____ Милена Стојковић _____

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, _____

1. Ауторство - Дозвољавање умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.
2. Ауторство – некомерцијално. Дозвољавање умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.
3. Ауторство - некомерцијално – без прераде. Дозвољавање умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.
4. Ауторство - некомерцијално – делити под истим условима. Дозвољавање умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.
5. Ауторство – без прераде. Дозвољавање умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.
6. Ауторство - делити под истим условима. Дозвољавање умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.